

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ochrany lesa a entomologie

Vyhodnocení zdravotního stavu proveniencí douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Mirb./Franco) na výzkumné ploše Hůrky v jižních Čechách

Diplomová práce

Autor: Michal Samek

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

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Samek

Lesní inženýrství

Název práce

Vyhodnocení zdravotního stavu proveniencí douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Mirb./Franco) na výzkumné ploše Hůrky v jižních Čechách.

Název anglicky

Evaluation of health status of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb./Franco) provenances on research plot Hůrky in southern Bohemia.

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnotit výskyt a význam houbových patogenů na mezinárodní provenienční ploše douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Mirb./Franco) na lokalitě Hůrky v jižních Čechách.

Metodika

Na mezinárodní provenienční ploše douglasky tisolisté na lokalitě Hůrky v jižních Čechách bude v průběhu vegetační sezóny na všech stromech zhodnocen jejich zdravotní stav, a to stanovením míry defoliace. V jarních měsících bude instalován lapač spor Burkardova typu, pro sledování biologie sypavek (*Rhabdocline pseudotsugae*, *Phaeocryptopus gaeumannii*, *Rhizosphaera* sp.). Termín výskytu spor bude porovnán s literárními údaji o době rašení různých proveniencí douglasky a aktuálním hodnocením míry defoliace. Zdravotní stav douglasek bude rovněž porovnán s klimatickými charakteristikami z oblasti původu provenience a recentním měřením kvantitativních znaků. Výsledky budou zpracovány vhodnými statistickými metodami.

Doporučený rozsah práce

50-60 stran

Klíčová slova

douglaska tisolistá, provenience, defoliace, houbový patogen

Doporučené zdroje informací

- Hood I. A., Kimberley M. O. 2005. Douglas fir provenance susceptibility to Swiss needle cast in New Zealand. 34: Australasian Plant Pathology: 57-62
- Kšíř J., Beran F., Podrázský V., Novotný P., Dostál J., Kubeček J. 2015. Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii*/ Mirb./Franco) na lokalitě Hůrky v jižních Čechách ve věku 44 let. Zprávy lesnického výzkumu 60 (2): 104-144
- Kubeček J., Štefančík I., Podrázský V., Longauer R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*/ Mirb./Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. Lesnický časopis – Forestry Journal 60: 116-124
- Pešková V. 2003. Rhabdocline pseudotsugae Sydow. Skotská sypavka douglasky. Lesnická práce 82 (11): 4 s.
- Schmid M., Pautasso M., Holdenrieder O. 2014. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. European Journal of Forest Research 133: 13-29
- Slodičák M., Novák J., Mauer O., Podrázský V. (eds.) 2014. Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 272 s.
- Šika A. 1975. Rozdíly v odolnosti proveniencí douglasky vůči zimnímu vysychání. Práce VULHM, vol. 46: 171-184
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Konzultant

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 2. 5. 2016

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2017

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vyhodnocení zdravotního stavu proveniencí douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Mirb./Franco) na výzkumné ploše Hůrky v jižních Čechách 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 diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V..... dne

Podpis autora:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vítězslavě Peškové Ph.D., za odbornou pomoc a cenné připomínky, díky kterým bylo možné práci úspěšně zkompletovat. Dále mé poděkování patří Ing. Romanu Modlingerovi Ph.D. za jeho věcné připomínky a pomoc se statistickou částí výsledků diplomové práce. Rovněž poděkování patří Školnímu polesí Hůrky, především p. Milanu Koptíkovi a celému kolektivu zaměstnanců za jejich vstřícnost, ochotu a technickou pomoc při výzkumu biologie sypavek v porostech douglasky.

Abstrakt

Jedním z potencionálních problémů douglaskových porostů by mohly být houbové patogeny. Kromě dřevokazných hub jako jsou *Armillaria* spp. nebo *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., mohou představovat riziko především sypavky, které napadají asimilační orgány a způsobují chlorotizaci, opad jehlic a řidnutí koruny. Cílem práce bylo zhodnocení zdravotního stavu výzkumné provenienční plochy Hůrky, především z pohledu fytopatologických rizik (zejména sypavek). Jako ukazatel poškození byla zvolena defoliace. Ke statistickým účelům byly využity výška, tloušťka, objem a výškové postavení jedince. Pro zhodnocení zdravotního stavu byl použit statistický model regresního typu podle PEKÁR et BRABEC (2009). Též byla vytvořena shluková analýza sjednocující provenience do shluků podle jejich podobnosti. U sypavek byla sledována pomocí lapače spor Burkardova typu intenzita a doba jejich sporulace. Bylo zhodnoceno celkem 704 jedinců z 25 různých proveniencí Severní Ameriky včetně 5 standardů IUFRO. Průměrná výška všech jedinců byla 30,1 m s výčetní tloušťkou 30,5 cm. Průměrný objem kmene byl 1,09 m³ s.k. Nejlépe rostoucí byly provenience 1069 a 1075, naopak nejhůře 1028 a 1067. Z 704 jedinců bylo zhodnoceno 633 jako vitálních a 71 jako odumírajících nebo zcela odumřelých. Výsledek průměrné defoliace ukazuje mírně zhoršený zdravotní stav výzkumné plochy. Jako nejvhodnější provenience byly vybrány 1061 - Louella, 1069 – North Bend, 1075 – Enumclaw a 1089 – Cathlamet, všechny pocházející z Washingtonu, které byly produkčně kvalitní s nezměněným tloušťkovým přírůstem oproti poslednímu měření v roce 2011 a bez výraznějšího poškození sypavkami. Naopak provenience 1104 – Brookings, která byla z výzkumu pro nedostatečný počet stromů odstraněna a provenience 1010, 1021 a 1067, které byly silně defoliované, by měly být z dalších výzkumů vynechány. Na provenienční ploše byl potvrzen výskyt skotské sypavky douglasky a švýcarské sypavky douglasky. Nejvyšší sporulace byla zjištěna v květnu a červnu.

Klíčová slova: *Pseudotsuga menziesii*, *Phaeocryptopus gaeumanni*, *Rhabdocline pseudotsugae*, provenienční výzkum, zdravotní stav

Abstract

One of the potential problems of Douglas-fir stands could be fungal pathogens. Except wood-decaying fungus such as *Armillaria* spp. or *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. may be the risk especially needle cast that attack assimilative organs and cause chlorotization, lost of needles and thinning crown. The aim of the work was to try to assess the health condition of research area Hůrky, especially in view of phytopathological risks (particularly needle cast). The defoliation was chosen as an indicator of damage. Height, DBH and volume height position were used for statistical purposes. To assess the health status was used statistical regression model type according to PEKAR et BRABEC (2009). Cluster analysis unifying provenance into clusters according to their similarity was also created. Spore trap Burkard-type was used for monitoring intensity and duration of the sporulation. It was evaluated 704 trees from 25 different provenances of North America including 5 IUFRO standards. The average height of all trees was 30.1 m with DBH 30.5 cm. The average volume was 1.09 m³. Best growing provenances were 1069 and 1075, contrariwise the worst were 1028 and 1067. From 704 trees were 633 assessed as vital, and 71 as dying or even dead. Result shows the average defoliation moderately impaired health condition of research area. As a best provenance were selected 1061 - Louella, 1069 - North Bend, 1075 - Enumclaw, 1089 - Cathlamet, all originate from Washington, which have production-quality with an unchanged measurement increment compared to the previous measurement in 2011 and without significant damage caused by needle cast. Conversely, provenance 1104 - Brookings which was removed from research for an insufficient number of trees and provenances 1010, 1021 and 1067, which were heavily defoliated should be removed from further research. Sporulation of needle cast confirmed the occurrence of rhabdocline and swiss needle cast on the area of research, especially in May and June.

Keywords: *Pseudotsuga menziesii*, *Phaeocryptopus gaeumanni*, *Rhabdocline pseudotsugae*, provenance test, health condition

Obsah

1. Úvod	11
2. Rozbor problematiky	14
2.1 Douglaska – <i>Pseudotsuga</i>	14
2.2 Provenienční výzkumy	20
2.3 Přehled škodlivých činitelů na douglasce	23
3. Metodika	32
3.1 Hodnocení na mezinárodní provenienční ploše Hůrky	40
3.2 Statistické zpracování dat	41
4. Výsledky	43
4.1 Vyhodnocení sporulace sypavek	43
4.2 Výsledky hodnocení zdravotního stavu mezinárodní výzkumné plochy	45
5. Diskuze	55
6. Závěr	63
7. Seznam literatury a použitých zdrojů	65
8. Seznam příloh	73
9. Přílohy	74

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Seznam obrázků

Obr. 1. Areál přirozeného výskytu douglasky tisolisté v Severní Americe; zdroj - BASTIEN et al., 2013.....	16
Obr. 2. Skotská sypavka; zdroj - PEŠKOVÁ 2003.....	25
Obr. 3. Švýcarská sypavka; zdroj - PEŠKOVÁ 2003.....	28
Obr. 4. Mycelium houby <i>Armillaria ostoyae</i> nalezené na douglasce potvrzující její výskyt; zdroj - http://forestrydev.org/diseases/CTD/Group/Root/root1_e.html	30
Obr. 5. Plodnice houby <i>Phaeolus schweinitzii</i> nalezená na výzkumné ploše Hůrky; foto - R. Modlinger.....	30
Obr. 6. LHC s vyznačenou mezinárodní výzkumnou plochou Hůrky; zdroj – LHP 2009	33
Obr. 7. Provenienční plocha Hůrky (železné kůly značí hranice jednotlivých proveniencí); foto - R. Modlinger	35
Obr. 8. Lapač spor na polesí Hůrky; foto – R. Modlinger	36
Obr. 9. Lapač spor Burkard; zdroj - http://www.burkard.co.uk/7dayst.htm	37
Obr. 10. Askospora houby <i>Phaeocryptopus gaeumanii</i> (zachycená 6. 6. 2016).....	39
Obr. 11. Vřecko s askosporami houby <i>Rhabdocline pseudotsugae</i>	39
Obr. 12. Plán rozložení jednotlivých proveniencí a jejich opakování na mezinárodní ploše Hůrky; zdroj – archiv VÚLHM	40
Obr. 13. Počty zachycených spor skotské sypavky douglasky za den a průběh průměrné denní teploty	44
Obr. 14. Počty zachycených spor švýcarské sypavky za den a průběh průměrné denní teploty	45
Obr. 15. Bodový graf závislosti procenta defoliace stromu na jeho objemu.....	49
Obr. 16. Krabicový graf míry defoliace zjištěné u jednotlivých proveniencí, střední linie v krabicovém grafu reprezentuje polohu mediánu, konec úseček 1,5 násobek interkvartilového rozpětí.....	49
Obr. 17. Vztah defoliace vůči tloušťkovému přírůstu mezi lety 2011 a 2016.....	50
Obr. 18. Vztah objemu a průměrného tloušťkového přírůstu mezi lety 2011 a 2016	53
Obr. 19. Dendrogram se třemi shluky, který byl vytvořen metodou shlukové analýzy .	54

Seznam tabulek

Tabulka 1. Seznam houbových patogenů s potvrzeným výskytem na douglasce	31
Tabulka 2. Charakteristika sledovaných proveniencí na ploše Hůrky; zdroj – KŠÍR et al., 2015	34
Tabulka 3. Termíny odběrů vzorků větví	36
Tabulka 4. Stupně defoliace.....	40
Tabulka 5. Použitá klasifikace výškového postavení jedince podle KONŠELA (1931)...	41
Tabulka 6. Vyhodnocení sporulace sypavek z jehlic.....	43
Tabulka 7. Zjištěné průměrné kvantitativní znaky	46
Tabulka 8. Úplný gama model pro druhé interakce nezávisle proměnných.....	47
Tabulka 9. Změna Akaikeho informačního kritéria při zjednodušení modelu	48
Tabulka 10. Výsledný, zjednodušený gama model defoliace.....	48
Tabulka 11. Porovnání proveniencí podle kontrastů	51
Tabulka 12. Porovnání interakce mezi objemem a defoliací pomocí kontrastů.....	52
Tabulka 13. Výběr nejméně pravděpodobnější metody shlukování	54

1. Úvod

Douglaska tisolistá je považována za jednu z nejdůležitějších dřevin Severní Ameriky. Jedná se o dřevinu s velice širokým areálem přirozeného výskytu a vysokou proměnlivostí. Výhod, které nám může její pěstování poskytnout, je celá řada. I proto je v současnosti považována za nejperspektivnější a nejdůležitější taxon, který bývá v Evropě a Česku jako introdukovaný využíván (HERMANN et LAVENDER, 1990; MUSIL et HAMERNÍK, 2007; LAVENDER et HERMANN, 2014; SCHMID et al., 2014). V Česku činí její výměra 5 818 ha, se středním věkem dřeviny 39 let. Její porostní zásoba je 1 436 877 m³ b.k.¹, což představuje zhruba 0,2 % celkové zásoby porostů ČR (VAŠÍČEK, 2014; KŠÍR et al., 2015). Využívána bývá zejména z důvodu nadprůměrné produkce a to i cenných sortimentů při vhodném způsobu pěstování, ale také jako prvek stabilizace lesních porostů (ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004; PODRÁZSKÝ et al., 2013). Dalším důvodem je potencionální snaha zvýšit produkční parametry lesního hospodářství (KŠÍR et al., 2015). Nejvíce se s ní, ale setkáváme v současnosti jako s možnou a více než plnohodnotnou náhradou za smrk z důvodu zhoršujícího se zdravotního stavu smrkových porostů, u kterého se předpokládá snižování podílu na těžbě v následujících letech (PODRÁZSKÝ et KUBEČEK, 2014). Důvodů, proč douglasku volit jako alternativu do poškozených porostů, zejména pak těch smrkových, je několik. Nezhoršuje koloběh látek v porostu, její vliv na půdní podmínky a zejména tvorbu humusu není tak negativní jako v případě smrku, uváděn je i nižší potenciál acidifikace půdního prostředí než u smrku ztepilého a lze ji využívat poměrně dobře ve smíšených porostech, kde je schopna se při vhodném pěstování přirozeně obnovovat (ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004; PODRÁZSKÝ et REMEŠ, 2008; KANTOR et ŠACH, 2014; PODRÁZSKÝ et al., 2014; PODRÁZSKÝ et KUBEČEK, 2014).

Na druhou stranu introdukce a pěstování nepůvodních dřevin sebou nese potencionální rizika a problémy. Některé z nich ve své práci zmiňují ŠINDELÁŘ et BERAN (2004):

- Problematika vhodného reprodukčního materiálu
- Využití disponibilních zdrojů (místního osiva), i když například přirozená obnova je na řadě míst ČR efektivní a velice úspěšná (BUŠINA, 2007; HART et al., 2010)
- Rozsah a další pěstování douglasky v ČR

¹ bez kůry

- Genetický vliv při pěstování douglasky tisolisté
- aj.

Bohužel v Česku zatím nebývá využíváno osivo z místních uznaných porostů pro sběr osiva zejména z důvodu nízké klíčivosti semen a nepravidelně bohaté úrody. Často také dochází k velkým škodám na úrodě způsobených krásenkou douglaskovou, a tak k nám osivo bývá dováženo ze Severní Ameriky. Podmínky využití osiva z nemístních zdrojů jsou řešeny legislativně Vyhláškou č. 139/2004 Sb. V současnosti je tato vyhláška doplněna ještě o Metodickou informaci (Metodická informace k pravidlům přenosu reprodukčního materiálu douglasky tisolisté a jedle obrovské z USA a Kanady, 2016), která zohledňuje výsledky provenienčních výzkumů a transformace semenářských oblastí, ze kterých lze přenášet reprodukční materiál douglasky tisolisté a jedle obrovské na území ČR (BERAN et al., 2016).

Stejně tak jako jiné dřeviny i douglaska je ovlivňována řadou faktorů, které růst a její životní cyklus nepříznivě ovlivňují. Jedná se zejména o abiotické vlivy a biotické škodlivé činitele, které zmiňují např. KOCH et THOMSEN (2003); ŠINDELÁŘ et BERAN, (2004); MUSIL et HAMERNÍK, (2007) či LAVENDER et HERMANN (2014). Z biotických činitelů to jsou např. sypavky, konkrétně *Rhabdocline pseudotsugae* Sydow a *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petr, které zatím nebyly na území Česka příliš sledovány a jejich výskytem a vlivem na douglasku se zabývá předložená práce. Ve světě se touto problematikou zabývali například GERNANDT et al. (1997); HOOD et KIMBERLEY (2003); ŁAKOMY et IWAŃCZUK (2010) či KIMBERLEY et al. (2011).

Phaeocryptopus gaeumannii a *Rhabdocline pseudotsugae*, které byly objeveny v 30. letech 20. století ve Švýcarsku (KIMBERLEY et al., 2011) resp. ve Skotsku a jejich výskyt byl potvrzen již v minulém století, respektive v roce 2003 i v ČR (PEŠKOVÁ, 2003), napadají a poškozují asimilační orgány douglasek, u kterých dochází ke chlorotizaci, řídnutí a následné defoliaci. První problémy způsobily v druhé polovině minulého století v plantážích vánočních stromků, kdy se začalo v USA přecházet z výběru stromků z porostů k jejich plošnému pěstování. Problém, ale především díky využití a schopnosti fungicidů patogen potlačit, odezněl. Přesto v následující dekádě sloužil jako dobrý vzor, co může patogen v nepůvodních porostech způsobit (HANSEN et al., 2000). Sypavkám, tak přestala být věnována dostatečná pozornost. V současnosti, je ale situace jiná a byly již publikovány články zkoumající dopad patogenu v různých růstových fázích porostu (HOOD et KIMBERLEY, 2005; ŁAKOMY et IWAŃCZUK, 2010;

KIMBERLEY et al., 2011). Nejvíce ohrožené jsou v současnosti porosty Severní Ameriky – v západním Oregonu napadeno 120 tis. ha porostů (HANSEN et al., 2000; MANTER et al., 2005) a na Novém Zélandu (HOOD et KIMBERLEY, 2005; KIMBERLEY et al., 2011).

Cílem této práce bylo zhodnotit zdravotní stav proveniencí douglasky tisolisté na výzkumné ploše Hůrky spadající do kompetence ŠLP Písek, která byla založena v rámci výzkumu IUFRO na začátku 80. let. Hlavním cílem výzkumu bylo zhodnocení výskytu a významu houbových patogenů, zejména sypavek rodu *Rhabdocline* a *Phaeocryptopus*. V rámci práce byly zjišťovány další houbové patogeny a stanoven jejich vliv na zdravotní stav douglasky. Jedná se například o houby rodu *Armillaria* či *Phaeolus*. Pro stanovení intenzity a doby sporulace sypavek byl instalován lapač spor Burkardova typu (AMET, Velké Bílovice), který zachytával spory, šířící se větrem. Byl zhodnocen zdravotní stav jednotlivých proveniencí pomocí defoliace. K výpočtům (především statistickým) byly použity dendrologické veličiny (výška, výčetní tloušťka) a výšková klasifikace podle Konšela. Získané výsledky byly zpracovány vhodnými statistickými metodami.

Výsledky práce by měly poskytnout údaje o současném zdravotním stavu douglasky na provenienční ploše Hůrky, potvrdit či případně vyvrátit výskyt sypavek a vhodnost určitých proveniencí, které byly hodnoceny v práci KŠÍR et al. (2015). Dílčím cílem bylo ukázat potencionální rizika, která mohou představovat další houbové patogeny.

2. Rozbor problematiky

2.1 Douglaska – *Pseudotsuga*

Rod Douglaska své jméno získal po skotském botanikovi Davidu Douglasovi, který jako první v roce 1827 zaslal semeno douglasky do Evropy. Než byl rod poprvé v roce 1867 otevřen, objevovali se jeho zástupci pod různými rodovými jmény (SLODIČÁK et al., 2014). Rod zahrnuje jednodomé, vysoké, vždyzelené stromy, které mají průběžný kmen a velmi silnou, rozpraskanou borku. Jehlice jsou na letorostech uspořádány spirálovitě, s podélnou rýhou na horní ploše a na spodní ploše s dvěma pruhy průduchů. V optimálních podmínkách jehlice opadávají po 5 až 8 letech, kdy po jejich opadu zůstávají na letorostech obkrouhlé jizvy. Počty popsanych druhů se podle řady autorů liší. MUSIL et HAMERNÍK (2007) uvádí, že je známo 5 - 6 druhů, které rostou roztroušeně v oblastech S. Ameriky, Číny, Tchaj-wanu a Japonska, LAVENDER et HERMANN (2014) uvádí 8 - 12 druhů rostoucích v USA, Kanadě, Mexiku, Číně, Taiwanu a Japonsku. Z lesnického a sadovnického hlediska je nejdůležitějším druhem douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*). Dalším zástupcem je například *Pseudotsuga macrocarpa*, která roste v jihozápadním USA a pyšní se největšími šiškami z rodu *Pseudotsuga* (MUSIL et HAMERNÍK, 2003; 2007).

Před samotnou charakteristikou douglasky tisolisté, je na místě zmínit pohled na její členění. V severní Americe (a často to platí i u nás) se rozlišují dvě hlavní variety, a to *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii* a *Pseudotsuga menziesii* (Beissn.) Franco var. *glauca*. První, kdo rozlišil dvě geograficky rozdílné variety, byl v roce 1869 britský botanik Murray (LAVENDER et HERMANN, 2014). Variety jsou od sebe odlišné barvou jehlic a některými morfologickými znaky. První jmenovaná má jehlice zelené, a proto je taky často nazývána pobřežní či zelená, var. *glauca* též nazývaná sivá má pak jehlice sivé a vyskytuje se v horských a vnitrozemských oblastech (HERMANN et LAVENDER, 1990). Hlavní rozdíly mezi varietami, ale nacházíme ve fyziologických vlastnostech, mezi které řadíme rychlost růstu či jeho rytmus, odolnost vůči klimatickým extrémům, chorobám a biotickým škůdcům, schopnost dorůst větší výšky a tloušťky nebo dožít se odlišného věku (LAVENDER et HERMANN, 2014; SLODIČÁK et al., 2014). Na základě porovnání 103 různých populací, se díky determinaci průměrných genetických rozdílů předpokládá, že tyto dvě variety již existují půl milionu let, což řadí jejich rozdělení někde do období středního Pleistocénu. Od tohoto období

je douglaska považována za jednu z hlavních a nejdůležitějších dřevin lesů Severní Ameriky (BASTIEN et al., 2013; LAVENDER et HERMANN, 2014).

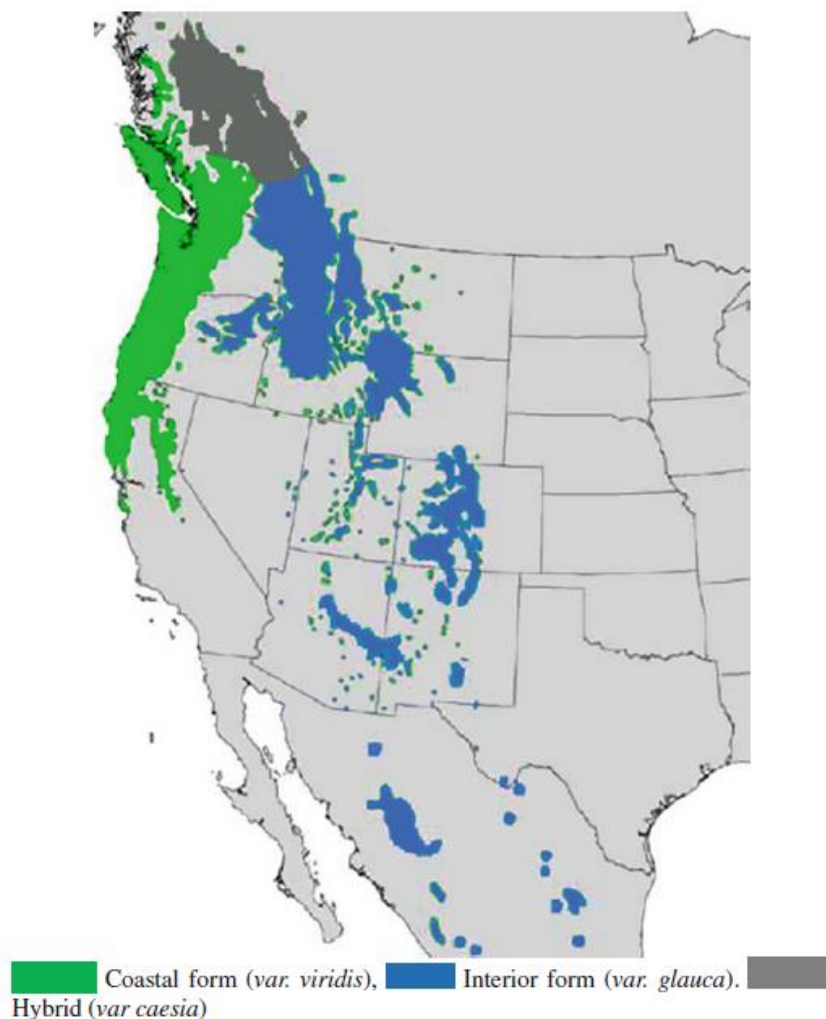
Douglaska tisolistá – *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco

Poprvé byla douglaska tisolistá objevena Archibaldem Menziesem (1754 - 1842), který ji našel na západním pobřeží ostrova Vancouver. Od té doby prošla změnami vědeckých označení až do dnešní podoby, kterou jí určil portugalský botanik Franco (BASTIEN et al., 2013; LAVENDER et HERMANN, 2014). V Česku je nejvíce pěstovanou alochtonní severoamerickou dřevinou (SLODIČÁK et al., 2014). Patří do čeledi *Pinaceae*, ve které má jako jediná diploidní chromozomové číslo rovno 26 (LAVENDER et HERMANN, 2014). Existuje řada různých variet, není však vůbec jasné kolik, či jaká je jejich genetická stálost, nebo jakou systematickou hodnotu jim lze přisuzovat (HERMANN et LAVENDER, 1990). Areál přirozeného výskytu, jak je patrné z Obr. 1, je velice rozsáhlý. Z oblasti Yosemitekého národního parku její areál směřuje na sever v délce téměř 2200 km podél pacifického pobřeží až do střední části Britské Kolumbie. Nejsevernější výskyty jsou ve vnitrozemí u řeky Fraser, nejj jižnější naopak v oblastech Sacramento či v Sierra Madre v Mexiku (výskyt je zde však ojedinělý). Na východ se vyskytuje zhruba po nejvyšší hřebeny Sierra Nevady a Kaskádového pohoří. V Kanadě, kde dochází ke spojování areálů douglasky tisolisté a sivé, bývá obecně definována jako hranice výskytu hřeben Pobřežních hor a Kaskád, v přírodě to ale bývá z důvodu řady přechodů jinak (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; SLODIČÁK et al., 2014; LAVENDER et HERMANN, 2014).

Nalézt ji můžeme v nadmořských výškách od hladiny moře až do 1830 m. n. m. (v ojedinělých případech i 2300 m. n. m.). Obecně platí, že v severní části přirozeného výskytu se nachází ve výškách nižších (0 - 760 m. n. m.), na jihu pak vyšších (610 - 1830 m. n. m.) (MUSIL et HAMERNÍK, 2007). V oblastech pobřežní části areálu bývá v klimatu přímořském s mírnou vlhkou zimou, kde je relativně suché léto a krátké mrazivé období. V oblastech Kaskádového pohoří je klima drsnější. Vyskytovat se, ale může jak v oblastech s krátkým létem a dlouhou zimou, tak i v opačném případě (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; SLODIČÁK et al., 2014).

Jedná se po sekvoji o nejvyšší americký druh, který může v pralesích dosahovat výšek 55 - 76 (100) m, s průměrem $d_{1,3}$ 1,5 - 1,8 (3,05) m a dožívat se vysokého věku 500 - 750 let (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; LAVENDER et HERMANN, 2014). Nejstarší

douglasce, která byla nalezena u Mount Vernon v blízkosti Washingtonu, bylo 1375 let (LAVENDER et HERMANN, 2014).



Obr. 1. Areál přirozeného výskytu douglasky tisolisté v Severní Americe; zdroj - BASTIEN et al., 2013

Koruna bývá v mládí nejprve kuželovitá, později zaokrouhlená a nahoře může být až nepravidelně zploštěná. Kmeny u starých jedinců bývají přirozeně vyvětvené až do velkých výšek, u mladých jedinců se, ale čistí špatně. Odhaduje se, že průměrný roční přírůst může být na chudých stanovištích až $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, na nejlepších až $28 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (MUSIL et HAMERNÍK, 2007). V ČR se přírůst této dřeviny za posledních deset let pohyboval v hodnotách 10,8 až $12,4 \text{ m}^3 \text{ b.k. na } 1 \text{ ha}$. Pro porovnání přírůst všech ostatních dřevin ve stejném období byl 7,8 až $8,3 \text{ m}^3 \text{ b.k. na } 1 \text{ ha}$, z čehož vyplívá nadprůměrná produkční schopnost této dřeviny (VAŠÍČEK, 2014).

Borka mladších jedinců je hladká, u starých může narůst do tloušťky větší než 30 cm, bývá také často robrázděna na silné, červenohnědé hřebeny, které jsou odděleny nepravidelnými prasklinami (MUSIL et HAMERNÍK, 2007).

Kořenový systém má douglaska typicky srdčitý, velice podobný modřínu, ale narozdíl od něj bývá intenzivněji prokořeněna a má méně mělkých probíhajících kořenů (KRAHL-URBAN, 1959; MAUER et HOUŠKOVÁ, 2014). V mládí dochází nejprve k vytváření kulového kořenu, což končí většinou kolem 10. roku života. Ve věku 30 - 40 let bývá kořenový systém již plně dorostlý, vyvinutý, srdčitého charakteru (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; MAUER et HOUŠKOVÁ, 2014).

Douglaska roste rychle, v 10 letech může dosahovat výšky 3,6 - 4,6 m, kulminace výškového přírůstu je pak mezi 20-30 rokem (výjimečně může být zachován až do 200 let). Na dobrých stanovištích může ve věku 40 let dosahovat až 30 m výšky s průměrnou zásobou 600 - 800 m³/ha (BASTIEN et al., 2013). K zastínění zpočátku bývá poměrně tolerantní, v době dospívání je ale na světlo středně náročná. Špatně roste pouze v extrémních podmínkách, ať na suchých, mokřích či příliš chudých půdách. Nejvhodnější podmínky pro růst bývají v půdách čerstvých humózních písčitých nebo hlinitopísčitých s průměrnými ročními srážkami přes 800 mm a v nadmořské výšce do 900 m. n. m. (BASTIEN et al., 2013). Reakce půd, kterou preferuje se pohybuje v rozmezí 4,8 - 5,2 pH (V H₂O). Daří se jí tedy lépe na půdách kyselých (HOFMAN, 1964; MUSIL et HAMERNÍK, 2007). Podobné hodnoty pH (5 - 5,5) potvrzují i další autoři (TARRANT, 1956; LAVENDER et HERMANN, 2014). Obecně se dá ale říci, že douglaska je schopna růst na různých stanovištích. Svědčí o tom její schopnost růst na teplých a suchých stanovištích či v temperátním lese s průměrnými ročními srážkami téměř 4 500 mm. V Česku roste v kategoriích lesních typů vysychavých, kyselých svěžích, bohatých, obohacených, vhlkých i oglejených (ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004; LAVENDER et HERMANN, 2014).

Bývá dřevinou proměnlivou, a to jak ve směru horizontálním, tak i vertikálním. Například přímořské proveniencie rostou nejlépe, u nás jsou však choulostivé na zimní vysychání a vytranspirování jehlic. Zpočátku bývá poměrně tolerantní vůči zastínění, tudíž je možné při obnově využít clonné seče. Jako mladá vytváří rozsáhlé monokultury, které jsou později doplňovány náletem ještě více světlomilných dřevin, jako jsou v pohoří Sierra Nevada například *Abies concolor* či *Pinus ponderosa* (MUSIL et HAMERNÍK, 2007).

Obecně se o pěstování douglasky v našich podmínkách dá říci, že se nedoporučuje ji pěstovat v nesmíšených porostech, přesto tomu v praxi bývá u menších porostních skupin jinak. Občas se totiž můžeme setkat s porosty, kde je hlavní dřevinou douglaska s příměsí ostatních dřevin do 10 % (SLODIČÁK et al., 2014a). Při využití douglasky v rámci porostních směsí se doporučuje pracovat zejména se smrkem, modřínem nebo

bukem (HOFMAN, 1964; ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004; KANTOR et al., 2010). Důležité je na základě znalosti bonit na jednotlivých stanovištích ji mísit s dřevinami, které ji nejsou schopné na určité lokalitě předrůst (HOFMAN, 1964). Výsledky práce NOVÁK et al. (2014) poukazují na fakt, že je možné douglasku využívat na širším spektru stanovišť než jen ve středních polohách jako alternativu chřadnoucích smrků. Důležité je při tvorbách směsí zohlednit často rozdílné ekologické nároky používaných dřevin a zejména jejich hospodářské cíle, využívat při zalesňování bývalých zemědělských a narušených půd publikované postupy a stanovit hospodářské cíle v nově zakládaných porostech při volbě jednotlivého smíšení douglasky (NOVÁK et al., 2014).

Do Česka byla poprvé introdukována koncem třicátých let 19. století. Jeden z prvních doložených výskytů se nachází na Zelenohorsku (SLODIČÁK et al., 2014). LAVENDER et HERMANN (2014) datují ve své práci začátky pěstování douglasky v našich podmínkách do šedesátých let 19. století, především jako solitérní jedince v arboretech nebo uskupení menších pokusných ploch. Z výsadeb provedených v 19. století je důležité zmínit například tu z panství Navarov (Jesenný), kde se pěstováním douglasky zabýval R. Freudenberg, či výsadby z panství Orlík (Schwarzenberský majetek), ze kterých se již hospodářsky rozpracované porosty zachovali dodnes. Kvalitní porosty je dnes možné také nalézt v oblasti Lesů města Písek či v oblastech Opočenska a Dobříšska (SLODIČÁK et al., 2014). Blížší náhled do historie pěstování douglasky u nás vytvořil NOŽIČKA (1961). Problémem těchto historických výsadeb je zejména neznalost původu osiva, která znemožňuje určení vhodných proveniencí k pěstování. Kvůli tomuto problému začali být prováděny provenienční výzkumy, hledající vhodné provenience k pěstování v našich podmínkách (SLODIČÁK et al., 2014).

K tomu, abychom mohli douglasku na našem území pěstovat, potřebujeme dostatek osiva. V Česku je k tomuto účelu určeno více než 170 ha uznaných porostů, ze kterých téměř třetina spadá do fenotypové kategorie A. Porosty jsou, ale poměrně málo využívány, protože kvalita a počet plných semen je velmi nízká, semena bývají často napadena krásenkou douglaskovou – *Megastigmus spermotrophus* a jejich klíčivost bývá obdobně jako u semen pocházejících z Evropy oproti těm ze Severní Ameriky téměř dvakrát nižší (BERAN, 2014). Problémem mohou být také vysoké finanční náklady a obtížný sběr semen v dospělých porostech (ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004). Z výše zmíněných důvodů vyplívá povinnost osivo do Česka dovážet a vzhledem k tomu, že se jedná o introdukovanou dřevinu, musí osivo splňovat určité podmínky vycházející z legislativy. V současné chvíli je tato problematika řešena Vyhláškou

č. 139/2004 Sb. stanovující podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin a evidenci o původu RM₂ a podrobnosti o obnově lesních porostů. Nově je vyhláška také doplněna o Metodickou informaci vycházející z textu BERAN et al. (2016). V rámci původní vyhlášky byly stanoveny doporučené provenience z těchto tří oblastí: Nižší polohy Kaskád – Washington; Britská Kolumbie – vnitrozemí; Britská Kolumbie – pobřežní část.

Jelikož došlo v minulosti k transformacím semenářských oblastí a byly publikovány výsledky hodnocení výzkumných ploch mezinárodního pokusu IUFRO (BERAN, 2014; KŠÍR et al, 2015), tak došlo k vypracování návrhu, který je již platný a pozměňuje pravidla pro import reprodukčního materiálu. Hlavní změnou je uvažování o využití v běžném provozu pouze variety pobřežní zelené a pro účely výzkumné či šlechtitelské i osivo variety sivé pocházející zejména ze Skalistých hor (BERAN et al, 2016). V textu je dobře popsáno a vysvětleno, které oblasti by měly být nadále využívány, a to do jaké nadmořské výšky a v jakých LVS. Hlavní změnou je přidání lokality Oregon, ze které lze v Česku využít osivo ze šesti semenářských pozitivně ověřených oblastí a vytvoření větších semenářských oblastí zahrnujících více oblastí z původního rozdělení (BERAN et al, 2016). Tento krok je možné částečně podložit výsledky hodnocení proveniencí, které bylo provedeno v roce 2011. Například u provenience 1102 – Upper Soda, pocházející z Oregonu, byl zjištěn jedinec s největší tloušťkou $d_{1,3}$ (52,5 cm) ze všech měřených na mezinárodní ploše, či u provenience 1100 – Grand Ronde byla stanovena zásoba na $700\text{m}^3 / \text{ha}$, kterou lze považovat za nadprůměrnou (KŠÍR et al, 2015).

Další variantou reprodukce může být v douglaskových porostech využití přirozené obnovy. Tou se v našich podmínkách zabývala celá řada autorů, jen namátkou BUŠINA (2007), HART et al. (2010), KANTOR et al. (2010) či KANTOR et ŠACH (2014). Základní podmínkou pro úspěšnou přirozenou obnovu je přítomnost kvalitních jedinců v mateřských porostech, které plodí často a pravidelně. Nejvhodnější variantou k podpoře obnovy je využití clonných a okrajových sečí s rychlou první redukcí hustoty v první fázi s následným zásahem po 5 letech, tak aby na počátku fáze mlazin nebyla hustota porostu vyšší než 5 tisíc stromků na 1 ha. Rozhodujícím faktorem pro úspěšné nasazení a odrůstání jsou světelné podmínky (zakmenění minimálně 0,7 - 0,8) (KANTOR et ŠACH, 2014). Konkrétně na polesí Hůrky, jehož provenienční plocha je předmětem šetření této práce, se douglaska spontánně a přirozeně obnovuje na kyselých stanovištích

² Reprodukční materiál

2. a 3. lesního vegetačního stupně. Pokud není využita podpora obnovy, která je charakterizována výše může docházet k negativním dopadům na jejich stabilitu či k přeštíhlení nárostů (KANTOR et al., 2010). Potvrzená je také schopnost douglasky úspěšně se přirozeně obnovovat na živných stanovištích pahorkatin (KANTOR et ŠACH, 2014).

Z hlediska využití bývá dřevo douglasky všestranně upotřebitelné a kvalitní. Je pevné, dobře se opracovává a suší. Nevýhodou může být horší impregnace. Nejčastější využití je na výrobu řeziva, překližek či vlákniny (KUBEČEK et al., 2014). Často se z něj staví a mohou se z něj vyrábět lepené nosníky (BASTIEN et al., 2013). Jeho využití je srovnatelné s ostatními jehličnany jako je smrk či borovice, a to i po stránkách mechanického a chemického zpracování. Náhrada smrku douglaskou by tedy z hlediska využití dřeva neměla být problémem, ba naopak může poskytnout nové příležitosti a přínosy (KUBEČEK et al., 2014).

Douglaska sivá – *Pseudotsuga glauca* Mayr

Druhým nejvýraznějším zástupcem rodu *Pseudotsuga* je *Pseudotsuga glauca*, která je často považována pouze za varietu *P. menziesii*. Je to dřevina menší a pomaleji rostoucí než *P. menziesii*, kontinentálnějšího rázu a využívána bývá zejména jako okrasná dřevina v parcích (například kultivary „Fletcheri“ nebo „Pendula“), v lesních porostech pak minimálně (MUSIL et HAMERNÍK, 2007).

Oproti douglasce tisolisté ji je možné nalézt ve vyšších polohách (až 3260 m n. m.) a spíše ve vnitrozemí. Snáší také větší zastínění a sucho. ŠIKA (1981) ve své publikaci zmiňuje zejména tyto rozdíly: *P. menziesii* roste rychleji, má větší produkci, bývá odolnější vůči sypavkám, ale bývá citlivější na zimní vytranspirování či náročnější na půdní vlhkost.

Douglasku sivou můžeme často nalézt oproti douglasce tisolisté i v aridních územích například ve spojení s *Pinus ponderosa*. Její výška zřídka kdy dosahuje 40 m a tloušťka 1 m. Málodky se dožívá vyššího věku než 400 let. Je dřevinou mrazuvzdornou a otužilejší, ale pro naše hospodářství není vhodná zejména z důvodu pomalého a málo výkonného růstu (MUSIL et HAMERNÍK, 2007).

2.2 Provenienční výzkumy

Jak je zřejmé z cíle práce, hlavním smyslem je zhodnotit mezinárodní provenienční plochu, na které již několik desítek let probíhají výzkumy, proto si nejprve definujeme

provenience a provenienční výzkum. Provenience je v Lesnickém naučném slovníku (1994) definována jako zeměpisný původ osiva dřeviny nebo porostu. Za vhodnou provenienci můžeme osivo označit, dochází-li ke krytí základních růstových podmínek původní oblasti s podmínkami místa určení. Provenienci tedy můžeme chápat dvojitým způsobem. Buď se jedná o vztah k místu v geografickém smyslu, nebo představuje označení reprodukčního materiálu určitého původu. V Česku původ bývá určen LO³, VS⁴ či definovanou lokalitou, ze které reprodukční materiál pochází (BERAN, 2014).

Podle PAULEHO (1992) mezi hlavní cíle provenienčních výzkumů patří:

- Získání informace o geneticky podmíněné proměnlivosti a adaptační schopnosti dílčích populací ověřované dřeviny jako základ zjištění, která provenience může být pro využití nejvhodnější.
- Na základě toho dochází k zjištění, jaký vliv na proměnlivost druhu mají klimatické podmínky v rámci areálu, či zda nedochází k vytváření ekotypových variant.
- Dalším cílem je zjištění ekovalence (neboli stanovištní tolerance) provenience, která slouží jako základní údaj pro rajonizaci reprodukčního materiálu. Ekovalenci je možné zjistit pouze při založení série provenienčních ploch v různých podmínkách, které poskytnou poznatky, jaké provenience můžeme v určitých ekologických podmínkách využít.
- Kromě výše zmíněných cílů mohou být plochy využívány, jako zdrojové populace pro další šlechtění, řízkování či explantové kultury, nebo jako jeden z prvků při opatřeních sloužících pro záchranu populací, které jsou ohroženy.

Výzkumy by měly poskytnout informace o kvalitě osiva pocházejícího z různých částí Severní Ameriky ze stanovištně odlišných podmínek (EDWARDS, 1956). Setkat se můžeme s výzkumy menšího rozsahu, zejména za účelem zjištění genetické variability douglasek. Hlavní podíl ale představují výzkumy většího rozsahu a s delším časovým horizontem, jako jsou například již zmíněné provenienční výzkumy (LAVENDER et HERMANN, 2014).

Ve většině porostů založených v 19. a první polovině 20. století v nepůvodním areálu rozšíření douglasky bylo využíváno osivo neznámého původu. Z tohoto důvodu začaly být v celosvětovém měřítku zakládány provenienční výzkumné plochy zabývající

³ Lesní oblast

⁴ Vegetační lesní stupeň

se jeho řešením. Určitým impulsem bylo také přání evropských lesníků, získat co nejvíce informací o vhodných zdrojích osiva pro využití douglasky jako introdukované dřeviny. Většina z těchto prvních výzkumů měla dva nedostatky. Prvním byla určitá nepřesnost v geografické přesnosti určení, odkud osivo pochází, druhým byl velice úzký rozsah pokrytí skutečného přirozeného areálu rozšíření douglasky. Jednou z prvních zemí, která výzkumné plochy založila, bylo v roce 1910, v oblasti východního Berlína (Chorin), Německo (BASTIEN et al., 2013; LAVENDER et HERMANN, 2014).

V Česku sahají počátky provenienčního výzkumu do 60. let minulého století. První výzkum byl založen dr. Vincentem v roce 1959 na lokalitě Horní Lhota a Studená Loučka. Bylo použito 11 (2 z Britské Kolumbie, 5 z Washingtonu, 4 z Oregonu) resp. 9 (chybí 2 oregonské provenience) proveniencí získaných od firmy Manning Seed Company (LAVENDER et HERMANN, 2014). Na obou plochách, které sloužily především pro zjišťování základních růstových veličin stále probíhají hodnocení. V roce 1960 následovala první dvě, třetí plocha v této sérii založená doc. Hofmanem ve Varvažově, která ale z důvodu mrazové kotliny ve středu plochy a nadměrným ztrátám byla z hodnocení vyloučena (BERAN, 2014).

Druhá série ploch byla zakládána Hofmanem mezi lety 1961 - 1963, ale do současnosti se nedochovala ani jedna (zejména škody zvěří či mrazem a suchem) (BERAN, 2014).

Třetí série byla zakládána v letech 1966 - 1971, za přispění organizace IUFRO (mezinárodní provenienční pokus). Mezinárodní výzkum, založený v roce 1965, umožnil získat nejen osivo s přesně známým původem, ale také možnost v budoucnosti porovnat výsledky ostatních zemí. Pro účel tohoto pokusu bylo mezi roky 1966 - 1969 v USA a Kanadě sesbíráno 326 kg osiva ze 182 autochtonních porostů douglasky. K roku 1973 byly vzorky osiva poskytnuty 45 institucím v 30 různých zemích (LAVENDER et HERMANN, 2014). U nás tento výzkum organizoval Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště-Strnady objednáním nejprve 20 proveniencí, které byly ještě doplněny o rok později dalšími pěti proveniencemi vybranými organizací IUFRO jako základní. V roce 1971 pak z tohoto osiva byly založeny tři zkusné plochy – Hůrky (25 proveniencí); Jizbice (16 proveniencí) a Jíloviště, Cukrák složená z 8 proveniencí (BERAN, 2014). Ze zmíněných ploch jsou nejdůležitější Hůrky, které se staly předmětem šetření této práce a budou charakterizovány v metodice.

Po této sérii ploch vznikly ještě další, například v roce 1991 vznikly dvě plochy na různých stanovištích (vysýchavé x více oglejené stanoviště), ale ani jedna plocha nebyla součástí současného hodnocení provenienčních ploch (BERAN, 2014).

2.3 Přehled škodlivých činitelů na douglasce

Obdobně jako jiné dřeviny i douglaska bývá poškozována řadou abiotických faktorů a biotických škůdců. V oblastech přirozeného areálu je nejvážnějším škodlivým činitelem požár, který je zároveň i důležitým ekologickým činitelem napomáhajícím obnově. Jeho působením dochází často ke vzniku téměř čistých douglaskových porostů. Douglaska je, ale na rozdíl od jiných dřevin, díky tlusté borce a adventivním kořenům schopna lépe ohni odolávat. Je dosti možné, že bez působení ohně, by douglaska na většině svého areálu byla postupně nahrazena dřevinami tolerantnějšími k zastínění (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; LAVENDER et HERMANN, 2014).

Oheň není jediným abiotickým vlivem, který může představovat pro douglasky potencionální riziko. Dalším z faktorů je například mráz. Jeho působením dochází k poškozování douglaskových porostů ze všech abiotických faktorů nejčastěji (LAVENDER et HERMANN, 2014). Následky, které může způsobit, začali být problémem zejména v oblastech nepůvodního areálu výskytu. Důkazem je jeho působení ke konci 19. století v Německu, kde významně poškodil douglaskové porosty (DANCKELMANN, 1884) či jeho dopad na výzkumné plochy u nás (BERAN, 2014). Problém představuje především pro varietu zelenou, která je vůči jeho působení méně odolná než varieta sivá (SAKAI et WEISER, 1973). Napadení se nejčastěji projevuje na jehlicích, které po 24 až 72 hodinách po opětovném návratu teplot nad bod mrazu, mění svoji původní barvu a stávají se červenohnědými. Poškození představuje problém zejména pro sazenice a semenáčky rostlin, dospělé stromy nebývají v takové míře ohroženy. Dopad mrazu se neprojevuje usmrcením jedince v krátkém časovém horizontu, spíše dochází k jeho oslabení a strom poté bývá stresován a méně odolný vůči dalším vlivům (LAVENDER et HERMANN, 2014).

S mrazem souvisí i další abiotický faktor, který je typický zejména pro oblasti střední Evropy a projevuje se nejčastěji začátkem jarních měsíců. Jedná se o tzv. vytranspirování. K tomuto jevu dochází v situaci, kdy půda zůstává stále zmrzlá, ale jehlice působením slunce odpařují vodu. Nedostatek vody, který by obvykle řešily přísunem vody z půdy, není díky zmrzlé půdě možný. Tento problém bývá častější u mladších jedinců, kteří mohou být poškozeni až do takové míry, že dochází k jejich odumření (LAVENDER et HERMANN, 2014). Riziko představuje transpirace také

pro bývalé zemědělské půdy, kde při zalesňování douglaskou, může v kombinaci transpirace se sypavkou docházet k odumření jedinců i ve stádiu tyčkovin (BARTOŠ et KACÁLEK, 2011).

Z dalších faktorů je tu například sucho, které může komplikovat v Severní Americe přirozenou obnovu a způsobovat snížení přírůstu, které je potvrzeno řadou autorů (BORER, 1982 ex LAVENDER et HERMANN, 2014; WHITE, 1987 ex LAVENDER et HERMANN, 2014). Ve výsadbách je přežití sazenic či semenáčků závislé především na schopnosti kořenů prorůst do hloubky alespoň 30 cm (LAVENDER et HERMANN, 2014).

Posledním abiotickým faktorem je vítr, jehož dopad je závislý na zvoleném způsobu hospodaření (konkrétně druhu a typu těžby) a pěstování. Jeho působením došlo k historicky nejvýznamnějším škodám v roce 1962 v západním Oregonu a Washingtonu, kdy byly škody vyšší než 26 milionu m³ (LAVENDER et HERMANN, 2014).

Z biotických škůdců v našich podmínkách jsou pro douglasku vážným problémem škody zvěří, dále houbové patogeny, zejména sypavky. Jedná se o dva druhy: *Rhabdocline pseudotsugae* a *Phaeocryptopus gaemannii* (PEŠKOVÁ, 2003; MUSIL et HAMERNÍK, 2007). Vyskytují se i další houbové patogeny, které mohou způsobit škody na dřevní hmotě, kořenech či reprodukčním materiálu.

Skotská sypavka douglasky – *Rhabdocline pseudotsugae* Sydow

Skotská sypavka byla poprvé nalezena v roce 1917 Weirem v Severní Americe. V následujících letech byla objevena ve Skotsku, díky čemuž dostala i svůj název. Odsud se rozšířila do Anglie a do dalších států v Evropě a koncem 30. let 20. století byla zjištěna i v západních Čechách v Československu (PEŠKOVÁ, 2003). Sypavku může způsobovat až pět zástupců rodu *Rhabdocline* (CATAL et al., 2010). V Evropě je znám výskyt pouze jediného druhu, a to *Rhabdocline pseudotsugae*, vyskytující se jenom na douglaskách a způsobující zasychání a následný opad jehlic (GERMANDT et al., 1997). V současné chvíli je její výskyt potvrzen ve 14 evropských zemích, včetně sousedních států jako jsou Polsko či Německo. Dá se ale předpokládat, že se vyskytuje ve všech zemích, kde se pěstují variety více náchylné vůči působení patogenu (MORGENSTERN et al., 2016). U nás byla opakovaně nalézána zejména na Dobříšsku, Jindřichohradecku a Rožmitálsku (PEŠKOVÁ, 2003). Poškozovány bývají především douglasky ve věku 2 - 30 let, vyskytovat se může jak v kulturách a mlazinách, tak i ve starších porostech (BUTIN, 1995; PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015).

Charakteristika houby

Jedná se o vřeckatou houbu patřící do řádu *Helotiales* a čeledi *Hemiphacidiaceae*. Životní cyklus (Obr. 2), který začíná na přelomu května a června, kdy dozrávají žlutooranžové až hnědé plodnice z loňského roku (MORGENSTERN et al., 2016), trvá v našich podmínkách jeden rok. Při zralosti plodnic dochází k nadzvedávání pokožky jehlic, čímž se uvolňují výtrusy, které se následně šíří a infikují letošní jehlice douglasek. Po dozrání plodnic (ke konci léta či na podzim) napadené jehlice z loňského roku odumírají a opadávají. Zpravidla tak opadává celý ročník napadených jehlic (BUTIN, 1995; PEŠKOVÁ, 2003).



Obr. 2. Skotská sypavka; zdroj - PEŠKOVÁ 2003

První příznaky se objevují na podzim ve formě drobného žlutého tečkování na nových jehlicích, které se následně během zimy zbarvuje do hnědofialova (PEŠKOVÁ, 2003; MORGENSTERN et al., 2013). Příští rok na jaře dochází k vytváření červenohnědého mramorování, které je nejtypičtější příznak výskytu skotské sypavky. V některých případech může dojít k dvouletému cyklu vývoje, ale to se týká pouze u poddruhů vyskytujících se v Severní Americe (BUTIN, 1995). Pokud dojde k silné infekci po několik let za sebou, dojde ke snížení přírůstu hostitelské dřeviny, vytvoří se pouze krátké výhony a může docházet k odumírání větví či v nejhorším případě celých stromů (PEŠKOVÁ, 2003; MORGENSTERN et al., 2013). Askospory bývají zprvu jednobuněčné a bezbarvé, poté přecházejí v dvou buněčné, světle hnědé barvy o velikosti 18 - 20 x 6,5 - 7,5 μm (BUTIN, 1995). Možnosti infekce se zvyšují působením abiotických vlivů, především vysoké vzdušné vlhkosti, či při mrazovém vysychání (PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015). Současná morfologie a životní cyklus patogenu je založena

na makroskopických a mikroskopických pozorováních především plodnic, které houba vytváří. To potlačuje možnost zjistit přítomnost patogenu i bez výskytu typických morfologických stop. O možnosti, jak doložit výskyt patogenu na základě DNA a zjištění genetické variability se již zahraniční autoři pokouší (MORGENSTERN et al., 2013; 2016).

Možnost obrany

Obrana proti sypavkám je obecně velice obtížná. Základní opatření jsou totožné jako u všech houbových chorob. Bývají především preventivního charakteru a důraz je potřeba klást i na dodržování lesopěstebních opatření, které snižují riziko výskytu. Jedná se například o výběr rezistentnějších proveniencí či výběr teplejších poloh, kdedouglaska netrpí na mrazy a nedochází ke snižování odolnosti. Pokud k napadení dojde, je potřeba vybírat silně napadené jedince a odstraňovat je z porostu (zejména před dozráním plodnic, tudíž do konce března) či prořezávat porosty, čímž dojde ke změně mikroklimatu na méně příznivé podmínky pro šíření. Toto opatření, ale nemusí být vždy úspěšné, jelikož se patogen může šířit i ze slabě napadených jedinců (PEŠKOVÁ, 2003).

Z hlediska chemického opatření, je možné využít při silnějším výskytu fungicidní přípravky. Jedná se zejména o přípravky na bázi chlorothalonilu a mancozebu. Přípravky musí být uvedeny v Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu lesa. Tyto zásahy se využívají převážně jen ve školkách (PEŠKOVÁ, 2003) či plantážích vánočních stromků (HANSEN et al., 2000).

Švýcarská sypavka douglasky – *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petr

Švýcarská sypavka douglasky obdobně jako skotská způsobuje zasychání a opadávání jehlic. V iniciálním stádiu může dojít u těchto patogenů dokonce k záměně. Řadí se mezi houby vřecovýtrusné, třídy *Dothideomycetes* a řádu vředovcotvarých (PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015). Patogen byl poprvé popsán v roce 1926 ve Švýcarsku (PEŠKOVÁ, 2003), jeho přirozený výskyt je však v Severní Americe. Sypavka byla potvrzena v řadě evropských zemí, například v sousedním Polsku (ŁAKOMY et IWAŃCZUK, 2010) či Německu (MORGENSTERN et al., 2016). Také je její výskyt potvrzen v Bulharsku (PETKOVA et al., 2014) či na Novém Zélandu (HOOD et KIMBERLEY, 2005; KIMBERLEY et al., 2011). U nás nebyla do roku 2002 zjištěna, první nález je uváděn z června 2002 na Rožmitálsku (PEŠKOVÁ, 2003).

Charakteristika houby

K nákaze dochází na přelomu května a června na právě vyrůstajícím jehličí. Následující rok se začne objevovat žlutozelené mramorování (které se však objevit nemusí a plodnice mohou i přesto vyrůst), a během léta může přecházet až do červenohnědé barvy (Obr. 3). Na spodní straně jehlic dochází k vytváření plodnic v místech průduchů, které dorůstají až na jaře příštího roku. Výtrusy se od *R. pseudotsugae* liší zejména tím, že jsou dvoubuněčné. K vytváření plodnic dochází na 1 a 2-letém jehličí. Askospory bývají zpravidla dvou buněčné, 9 - 10 x 3,5 - 6 μm velké, zpočátku bezbarvé a postupem času dochází k jejich zbarvení dohněda (BUTIN, 1995; HANSEN et al., 2000; PEŠKOVÁ, 2003).

Sypavka se nejprve objevuje ojediněle na jednotlivých stromech a teprve později dojde k jejímu šíření v porostu, přičemž napadá všechny věkové třídy, nejvíce ale bývá patrná v 10 až 30 letých výsadbách (HANSEN et al., 2000). Pokud dojde k silné, opakované infekci, může zejména ve výsadbách, infikovaný jedinec zcela odumřít. Šíření patogenu vzduchem, při kterém dochází k přenosu spor, nebývá jedinou možností, jak k přenosu dochází. Určitým rizikem je školkařský materiál, který představuje další zdroj šíření houby zejména na dlouhé vzdálenosti (MORGENSTERN et al., 2013).

Hlavním problémem je ale snížení rezistentních schopností douglasky, která se není schopná bránit sekundárním činitelům, mezi které patří např. další biotičtí škůdci včetně dřevokazných hub (PEŠKOVÁ, 2003).

Nejvhodnějším přístupem, jak zamezit šíření je hledat a vybírat geneticky odolné jedince a porosty, resp. najít provenience odolnější vůči tomuto typu poškození (HOOD et KIMBERLEY, 2005) Obranná opatření jsou totožná jako u skotské sypavky a byla popsána již v kapitole zabývající se obranou proti *Rhabdocline pseudotsugae*. Kromě nich je také vhodné vyhýbat se při zakládání porostů dlouhodobě zamokřeným lokalitám či mrazovým kotlinám (PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015).

Sypavku je možné zaměnit s dalšími problémy, se kterými se douglaska potýká. Jedná se zejména o náchylnost douglasek pro časné podzimní mrazy či vytranspirování (vyschnutí) za nepříznivého počasí. K záměně však může dojít většinou pouze v počátečním stádiu a při využití chemických analýz či mikroskopických vyšetření je možné specifikovat přesnou příčinu problému (PEŠKOVÁ, 2003).



Obr. 3. Švýcarská sypavka; zdroj - PEŠKOVÁ 2003

Další houbové patogeny

Sypavky nejsou jediným houbovým onemocněním, které může v douglaskových porostech škodit. V rámci fytopatologických šetření po celém světě byla publikována řada článků zabývajících se touto problematikou (HANSEN, 1985; HOLAH et al., 1997; OGRIS et JURC, 2013; LAVENDER et HERMANN, 2014; DIMINIĆ et al., 2016). Seznam významnějších patogenů je v Tabulce 1.

HANSEN (1985) ve své práci zmiňuje dva potenciální škodlivé patogeny vyskytující se v USA, které by mohly ohrozit lesy Velké Británie. Prvním je *Verticicladiella wagneri* W.B. Kendr., která způsobuje odumírání douglasek či borovic v USA. Typickým znakem tohoto napadení je černá kresba letokruhů uprostřed ve spodní části kmene. Druhým patogenem pak může být hniloba, která je způsobována houbou *Phellinus weirii* (Murrill) Gilb.. Jeho působením dochází k poškození hlavního kořenového systému, které vede ke snížení příjmu živin a vody. Následkem toho napadení jedinci často odumírají. Hlavními symptomy onemocnění je prosychání a žloutnutí koruny či tvorba červeno oranžových plodnic, které mohou být dobrým poznávacím znakem. Houba způsobuje voštinovitou hnilobu dřeva, která nápadně připomíná laminátové pásy. Tento patogen může ve spojení s větrem způsobovat i významné ekonomické škody. Ročně dochází jeho působením ke ztrátám na dřevní produkci až 4,4 milionu m³ (THIES et STURROCK, 1995). Podrobněji se patogenem zabýval HOLAH et al. (1997), který zejména poukazuje na fakt, že patogen podobně jako další (*Armillaria* sp., *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – způsobuje problémy spíše v mladých porostech, které byly poškozeny větrem (KOCH et THOMSEN, 2003)), nezpůsobuje větší disturbance v krátkém časovém horizontu a jedná se spíše o problém dlouhodobého rázu. Patogen je považován za vůbec nejnebezpečnější u mladých výsadeb v Britské Kolumbii,

napadení jedinci odumírají 1-3 roky po prvních symptomech poškození (LAVENDER et HERMANN, 2014).

Výskytem houbových patogenů se zabývali ve Slovinsku OGRIS et JURC (2013), kteří hodnotili lesní porosty v letech 1982 - 2012. Součástí výzkumu byly také douglasky, na kterých byly zjištěny následující zástupci: *Armillaria* sp., *Botrytis cinerea* Pers., *Hypholoma fasciculare* (Huds.) Quél., *Phacidium coniferarum* (G. G. Hahn) DiCosmo, Nag Raj & W. B. Kendr.. Ze zmíněných zástupců může v našich podmínkách například *Botrytis cinerea* způsobovat problémy především ve školkařském provozu či na uskladněném osivu (PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015).

Hlavní problém mohou, ale představovat houby rodu *Armillaria* sp., konkrétně *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink (Obr. 4), která je považována za jedno z nejnebezpečnějších houbových onemocnění severní části Skalnatých hor. Nejvíce ohrožena jsou teplá, zamokřená stanoviště, ale problém může způsobit i na suchých a chladných výše položených lokalitách. Symptomy napadení jsou obdobné jako u smrku. Ty se následně mohou projevovat ve dvou fázích: akutní (napadený jedinec v průběhu několika let umírá) či chronický (strom může umírat i desítky let) (HAGLE, 2010).

Další houbový patogen, který může způsobovat hnilobu a vyskytuje se v douglaskových porostech je *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. (KOCH et THOMSEN, 2003) (Obr. 5). Působením této houby, dochází ke vzniku tzv. hnědé hniloby, která značně znehodnocuje dřevo a snižuje jeho kvalitu. Výskyt v douglaskových porostech je doložen zejména v oblasti Skalnatých hor v USA, ale také například na mezinárodní výzkumné ploše Hůrky (PEŠKOVÁ et MODLINGER *in verb*). Hlavním problémem je zejména vytvoření vhodných podmínek pro další škodlivé činitele, jako jsou například výše zmíněné houby rodu *Armillaria*. Může dojít také ke snížení odolnosti stromu, a tím zvýšení jeho náchylnosti vůči působení větru. Jedním z možných řešení může být odstraňování napadených jedinců či snížení doby obmýtí (*Schweinitzii* Root and Butt Rot, 2011).



Obr. 4. Mycelium houby *Armillaria ostoyae* nalezené na douglasce potvrzující její výskyt; zdroj - http://forestrydev.org/diseases/CTD/Group/Root/root1_e.html

Obr. 5. Plodnice houby *Phaeolus schweinitzii* nalezená na výzkumné ploše Hůrky; foto - R. Modlinger

V Chorvatsku byl potvrzen výskyt patogenu *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton. Jedná se o vůbec první nález douglasky, která odumřela následkem působení tohoto patogenu. K tomuto zjištění došlo v práci, která se věnovala výskytu houbových patogenů a jejich dopadu na zdravotní stav stromů mezi lety 2001 - 2005 v Chorvatsku (DIMINIĆ et al, 2016). Vzhledem k tomu, jaké škody tento patogen působí v našich lesích v borových porostech, tak je na něj potřeba nahlížet jako na potenciální riziko poškozující douglaskové porosty, i když nebyly zatím doloženy zásadnější škody způsobené tímto patogenem (PEŠKOVÁ et al., 2016).

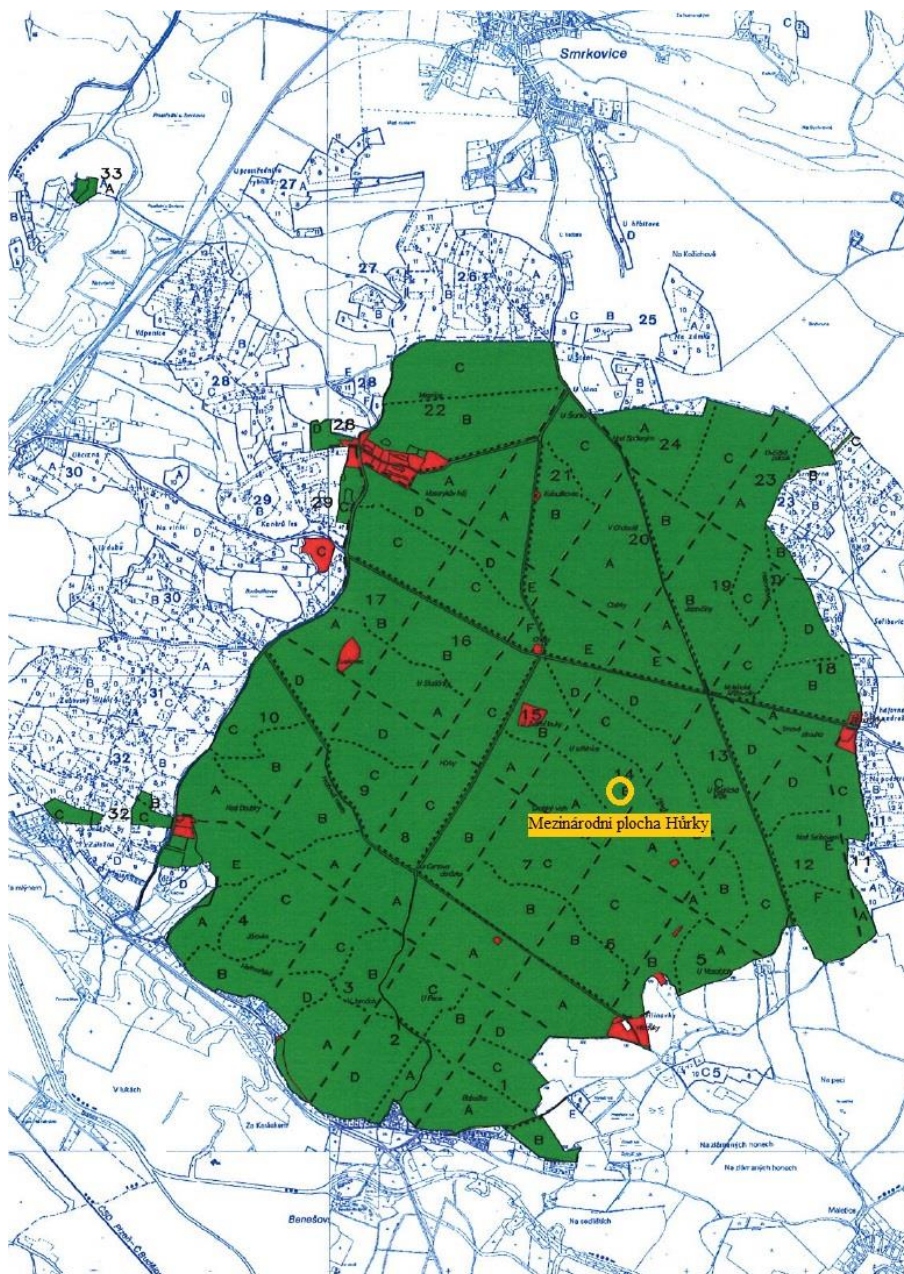
Kromě výše uvedených patogenů můžou ještě působit problémy na osivu např. houby rodu *Fusarium* či v dospělých porostech *Fomes pini* (Brot.) P. Karst. (LAVENDER et HERMANN, 2014).

Tabulka 1. Seznam houbových patogenů s potvrzeným výskytem na douglasce

Název houby	Obl. nálezu	Zdroj
<i>Rhabdocline pseudotsugae</i>	Sev.Amerika, Evropa (i ČR)	GERNANDT et al. 1997
<i>Rhabdocline parkeri</i>	USA, Kanada	GERNANDT et al. 1997
<i>Rhabdocline weirii</i>	USA, Kanada	GERNANDT et al. 1997
<i>Phellinus weirii</i>	USA	HOLAH et al. 1997
<i>Heterobasidion annosum</i>	Dánsko	KOCH et THOMSEN 2003
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	Dánsko, ČR	KOCH et THOMSEN 2003
<i>Phaeocryptopus gaeumanii</i>	USA, Evropa (i ČR)	TEMEL et al. 2004
<i>Fomitopsis pinicola</i>	Německo	DEFLORIO et al. 2008
<i>Kretzschmaria deusta</i>	Německo	DEFLORIO et al. 2008
<i>Ganoderma resinaceum</i>	Německo	DEFLORIO et al. 2008
<i>Ganoderma adspersum</i>	Německo	DEFLORIO et al. 2008
<i>Ganoderma applanatum</i>	Německo	DEFLORIO et al. 2008
<i>Trametes versicolor</i>	Německo, USA	DEFLORIO et al. 2008
<i>Pholiota sp.</i>	USA	KISER et al. 2011
<i>Gymnopilus hybridus</i>	USA	KISER et al. 2011
<i>Beauveria bassiana</i>	USA	KISER et al. 2011
<i>Armillaria sp.</i>	USA, Slovinsko, ČR	OGRIS et JURC 2013
<i>Botrytis cinerea</i>	Slovinsko	OGRIS et JURC 2013
<i>Hypholoma fasciculare</i>	Slovinsko	OGRIS et JURC 2013
<i>Phacidium coniferarum</i>	Slovinsko	OGRIS et JURC 2013
<i>Dothistroma septosporum</i>	Lotyšsko	DRENKHAN et al. 2016
<i>Dothistroma pini</i>	neuveđen	DRENKHAN et al. 2016
<i>Pythium sp.</i>	USA	PAUDEL et al. 2016
<i>Sphaeropsis sapinea</i>	USA, Chorvatsko	DIMINIĆ et al. 2016
<i>Leptographium wageneri</i>	USA	HESSBURG et HANSEN 2000
<i>Phytophthora ramorum</i>	USA	SCHMID et al. 2014

3. Metodika

Předmětem výzkumu byla mezinárodní provenienční plocha Hůrky (Obr. 6), která se nachází v lesním hospodářském celku (LHC) Hůrky (Krajské školní hospodářství České Budějovice, Školní polesí Hůrky). Hůrky, které byly založeny na území bývalého Školního polesí VOŠL a SLŠ B. Schwarzenberga Písek, se nachází v PLOs 15 – Jihočeské pánve. V celkem 672,29 ha plochy, na které se Hůrky rozkládají, jsou vylišeny dva vegetační stupně: bukodubový (zhruba 5,4 %) a dubobukový (94,6 %). Typologicky se jedná převážně o kyselá stanoviště s jednoznačně převažujícím souborem lesních typů kyselá dubová bučina (3K). Klimaticky náleží Hůrky k oblasti teplé (mírně vlhká podoblast), kde svahy jižní a jihozápadní mají klima mírně teplé, pahorkatina, která je chladnější je odlišná zejména působením převládajících větrů, které ovlivňují teplotu a průměrné srážky. Všechny lesy jsou zařazeny do kategorie lesů zvláštního určení podle zákona 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů, jelikož slouží k praktické výuce žáků a jsou na něm realizovány vědecké a výzkumné programy (LHP, 2009). Nejzásadnější změny v hospodářských podmínkách nastaly na přelomu 19. století, kdy došlo k přeměně listnatých porostů na jehličnaté, zejména borové monokultury. Porovnání LHP (2009) – procentické zastoupení douglasky 14 % a údajů KŠÍRA et al. (2015) – 17,9 % (zhruba 33 093 m³) potvrzuje trend zvyšování zastoupení douglasky v porostech LHC. Hlavní rozvoj zavádění douglasky do porostů na polesí Hůrky začal počátkem 20. let 20. století. Zastoupena je téměř v polovině porostních skupin (175). Jako monokulturní se vyskytuje v 17 skupinách o výměře 4,73 ha (KANTOR et al., 2010).



Obr. 6. LHC s vyznačenou mezinárodní výzkumnou plochou Hůrky; zdroj – LHP 2009

Provenienční plocha 256 – Hůrky

Plocha 14B4b o velikosti 1 ha složená ze 100 dílců o rozměrech 10 x 10 m byla založena v roce 1971 po smýcení smrkového porostu. Nadmořská výška provenienční plochy se průměrně pohybuje kolem 445 m. n. m., v převážně severovýchodní expozici a na velmi mírném svahu. Průměrná teplota bývá v rozmezí 7,3 až 7,5 °C a roční srážky mezi 550 až 575 mm. Z půdního hlediska se jedná o oligotrofní hnědozem a lesním typem je 3K7. Hlavní dřevinou je na výzkumné ploše douglaska (98 %), která je místy doplněna o jedli obrovskou (2%), jež zde byla sázena jako náhrada za ztracené jedince. Absolutní

bonita douglasky je 36 m se zásobou 467 m³ / ha (LHP, 2009; BERAN, 2014; KŠÍR et al., 2015).

Na ploše o velikosti 1 ha bylo vysazeno 25 proveniencí (Obr. 7) z těchto oblastí: 11 z Britské Kolumbie; 10 z Washingtonu a 4 z Oregonu (LAVENDER et HERMANN, 2014; KŠÍR et al., 2015). Jedná se o celkem dobrou reprezentaci oblastí původního rozšíření douglasky. Pro usnadnění a porovnání výzkumů vybralo IUFRO tzv. pět standardů (provenience 1028, 1078, 1081, 1102, 1104), které jsou zastoupeny na většině ploch včetně Hůrek zabývajících se mezinárodním výzkumem (ŠÍKA, 1974).

Tabulka 2. Charakteristika sledovaných proveniencí na ploše Hůrky; zdroj – KŠÍR et al., 2015

Stát	Provenience	Oblast provenience	Nadmořská výška [m]	Severní šířka	Západní délka		
Britská Kolumbie	1004	Stuie	Maritime	230	52° 22'	126° 00'	
	1010	Barriere	Cariboo Trans.	612	51° 12'	120° 10'	
	1012	Klina Kliny	Maritime	3	51° 07'	125° 36'	
	1013	Revelstoke	Nelson	600	51° 00'	118° 12'	
	1021	D'Arcy	Submaritime	275	50° 33'	122° 30'	
	1025	Nimkish	Maritime	90	50° 19'	126° 53'	
	1028×	Merrit	Zone Not Def.	870	50° 04'	120° 51'	
	1030	Squamish	Maritime	15	49° 47'	123° 09'	
	1033	Forbidden	Maritime	610	49° 40'	125° 09'	
	1036	Alberni	Maritime	140	49° 19'	124° 51'	
	1043	San Juan	Maritime	215	48° 35'	124° 05'	
	Washington	1049	Bacon Point	7-Skagit	500	48° 36'	121° 23'
		1050	Marblemount	7-Skagit	120	48° 35'	121° 24'
		1058	Lake Crescent	1-Hoh	305	48° 04'	124° 00'
1061		Louella	1-Hoh	457	48° 00'	123° 05'	
1067		Skykomish	5-Kitsap	305	47° 42'	121° 20'	
1069		North Bend	8-Snoqualmie	150	47° 28'	121° 45'	
1075		Enumclaw	5-Kitsap	240	47° 16'	121° 56'	
1078×		Cle Elum	8-Snoqualmie	640	47° 13'	121° 07'	
1081×		Alder Lake	9-Toutle	430	46° 48'	122° 17'	
1089		Cathlamet	3-Twin Harbors	200	46° 18'	123° 16'	
Oregon	1100	Grand Ronde	6	200	45° 06'	123° 36'	
	1102×	Upper Soda	12	1000	44° 23'	122° 12'	
	1103	Cooquille	2	100	43° 12'	124° 10'	
	1104×	Brookings	1	300	42° 07'	124° 12'	

× standardní provenience IUFRO/IUFRO standards

Sázeny byly tři leté školkované sazenice, kromě standardních proveniencí, které byly sázeny jako dvou leté. Rohy jednotlivých dílců jsou vytčeny stabilizovanými

železnými kůly (Obr. 7). Spon využitý v lichých řadách byl 1,1 m, v sudých 2 m a mezi řadami také 2 m. Při samotném sázení bylo použito celkem 3700 sazenic.



Obr. 7. Provenienční plocha Hůrky (železné kůly značí hranice jednotlivých proveniencí); foto - R. Modlinger

Stanovení sporulace sypavek z lapače spor a z odebraných infikovaných větví

V LHC Hůrky byl instalován lapač spor (AMET, Velké Bílovice; Obr. 8). Místo umístění lapače pro výzkum bylo vybráno na základě silného napadení douglasek sypavkami, které tak mohlo zajistit dostatečný infekční tlak pro lapání spor lapačem. Lapač spor byl vyroben podle principu Burkardova lapače spor (<http://www.burkard.co.uk>). Dále byly pro posouzení sporulace sypavek v měsíčních intervalech káceny vzorníky douglasek (18. 4. - 15. 7. 2016). Z pokácených stromů byly odebírány větve z horní a dolní části koruny (Tab. 3). Vzorky byly převezeny do laboratoře a následně byla na jehlicích douglasek zjišťována přítomnost sypavek. Pokud byly pod binokulární lupou Olympus 110AL1,5xW061 (4 x zvětšení) nalezeny plodnice hub byl zhotoven preparátor, který sloužil k potvrzení přítomnosti konidií či askospor. U jehlic byla stanovena intenzita výskytu následujícím způsobem: žádný; slabý – 1 či 2 plodnice na 1 cm plochy jehlice; střední – 3 plodnice na 1 cm plochy jehlice a silný výskyt – 4 a více plodnic na 1 cm plochy jehlice.

Tabulka 3. Termíny odběrů vzorků větví

Datum odběru	Počet pokácených vzorníků
18. 04. 2016	3
10. 05. 2016	1
24. 05. 2016	2
25. 05. 2016	1
15. 06. 2016	2
15. 07. 2016	1

Z odebraných vzorníků větví bylo možné rovněž zjišťovat napadení jehlic sypavkami v minulých letech. Na koncových výhonech u deseti větví byly počítány jizvy po opadaných jehlicích a zbylé jehlice. V případě infekce následně dochází k opadu jehlic a je možné, tak posoudit rozsah infekce v předchozích letech. Vzorky byly počítány z výhonů ze stejných větví, u kterých byla zjišťována sporulace sypavek.



Obr. 8. Lapač spor na polesí Hůrky; foto – R. Modlinger

Automatický lapač spor Burkardova typu (AMET, Velké Bílovice)

Postupy lapání spor a laboratorního zpracování získaného materiálu vychází z metodiky „Signalizace výskytu fomové hniloby brukvovitých/fomového černání stonku řepky v řepce olejce ozimé“ (PLACHKÁ et POSLUŠNÁ, 2012).

Princip automatického lapače spor je následující: vzduch se sporami je nasáván malým otvorem, za kterým je na otočném válci umístěna záchytná Melinex páska. Páska je potírána vazelínou, která slouží k zachycení spor. Její výměna probíhá v sedmidenních intervalech ve stejnou hodinu. Na tuto tenkou vrstvu se zachytí spory hub.

Mezi hlavní prvky lapače (Obr. 9) patří: ventilátor pro nasávání vzduchu, rotační válec s hodinovým strojkem pro posouvání Melinex pásky a mechanismus, který nastavuje lapací otvor proti větru. Základní princip lapače je následující: Uvnitř přístroje se nachází rotační válec, na kterém je umístěna Melinex páska, která se během dne otáčí. Na tuto pásku se zachytávají nasáté spory, které se dostali dovnitř společně se vzduchem malým otvorem. Na pásku je možné zachytávat spory v sedmidenním intervalu, poté je potřeba ji odstranit a nahradit novou. Ventilátor je poháněn z elektrické sítě (220/230 V) nebo baterií (12 V) a k otáčení hodinového strojku dochází mechanicky.

Pásky byly vyměňovány od 15. 4. do 31. 8. 2016, kdy se předpokládá sporulace sypavek vyskytujících se na douglaskách. V rámci studie biologie jsme se zaměřili na sezónní výskyt vzdušného inokula (askospor, popř. konidií).



Obr. 9. Lapač spor Burkard; zdroj - <http://www.burkard.co.uk/7dayst.htm>

Zpracování vzorků z lapače spor a infikovaných větví douglasek

K přípravě trvalých preparátů z lapače spor byl vytvořen fixační roztok, který obsahuje bavlníkovou modř a gelvatol. Tento roztok se hojně využívá pro trvalé krycí barvení houbových vláken a hyalinních spor.

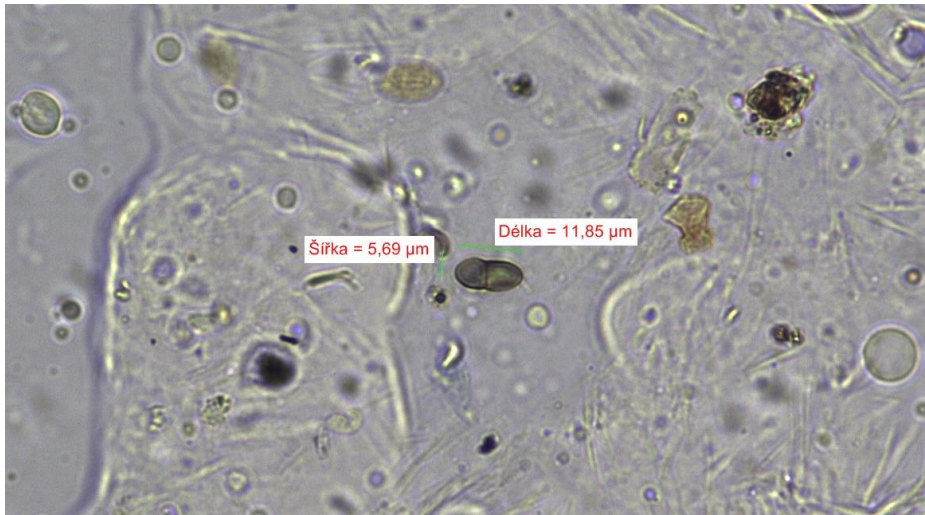
Složení:

- Gelvatol (35 g Gelvatol; 80 ml destilovaná voda; 50 ml glycerol; 2 g laktofenol)
- Bavlníková modř (20 ml destilovaná voda; 0,16 bavlníková modř)

Nejprve se smíchalo 80 ml destilované vody, 35 g Gelvatolu a 2 g laktofenolu a tato směs se nechala přes noc odstát. Další den byla v nové kádince smíchána a rozpuštěna směs 0,16 g trypanové modři s 20 ml destilované vody. Do roztoku z prvního dne bylo přidáno 50 ml glycerolu a následně došlo k smíchání s bavlníkovou modří. Směs bylo potřeba ještě homogenizovat varem v mikrovlnné troubě. Takto upravená a vytvořená směs je již vhodná pro tvorbu preparátů.

Při přípravě preparátů byla nejprve páska rozdělena na 7 stejných segmentů, které byly cca 48 mm dlouhé (vychází to z posunu 2 mm / hod). První den záhytu spor neboli první segment je označen datem výměny pásky. Na podložní sklíčko se nanese kapka destilované vody (pro lepší fixaci pásky) a byl na něj přiložen segment pásky lepicí stranou nahoru. V dalším kroku došlo k rozetření fixačního roztoku po krycím sklíčku a následném přiložení na sklíčko podložní včetně vytlačení přebytečného roztoku z prostoru mezi sklíčky. Sklíčka byla opatřena jednotlivými daty pro snadné zjištění, ze kterého dne nález pochází. Tyto preparáty zůstali zpravidla 24 hodin schnout v laboratoři (nutné alespoň 12 hodin) a poté byly připraveny pro mikroskopování.

Mikroskopování stejně jako zbytek laboratorních činností proběhl ve fytopatologické laboratoři na Lesnické a dřevařské fakultě. K tomu byl využit mikroskop Olympus, typ BX41 s okulárem Olympus WH10X/22. Hlavním cílem mikroskopování všech vytvořených preparátů bylo zjistit přítomnost konidií a askospor sypavek. Jednalo se o druhy *Phaeocryptopus gaeumanii* (Obr. 10) a *Rhabdocline pseudotsugae* (Obr. 11). Stanovení termínu sporulace má význam pro zjištění biologie hub v našich klimatických podmínkách.

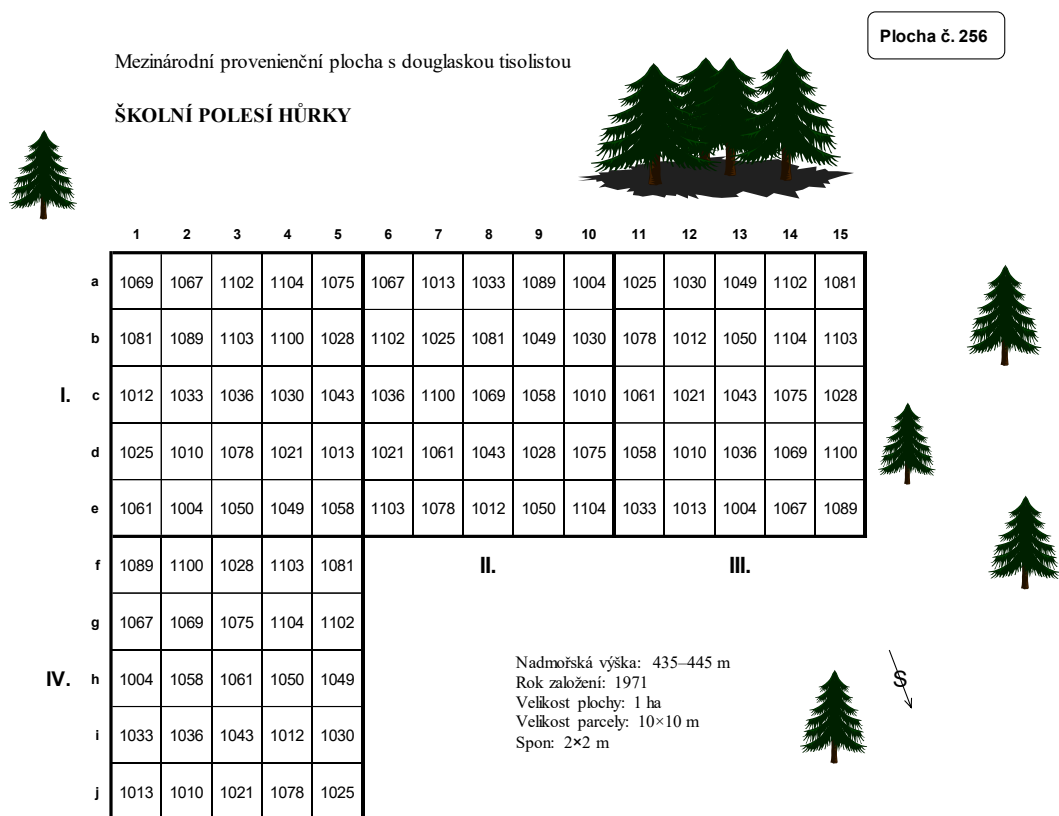


Obr. 10. Askospora houby *Phaeocryptopus gaeumanii* (zachycená 6. 6. 2016)



Obr. 11. Vřecko s askosporami houby *Rhabdocline pseudotsugae*

3. 1 Hodnocení na mezinárodní provenienční ploše Hůrky



Obr. 12. Plán rozložení jednotlivých proveniencí a jejich opakování na mezinárodní ploše Hůrky; zdroj – archiv VÚLHM

V rámci terénních prací, byl na mezinárodní ploše (Obr. 12) zhodnocen zdravotní stav stromů. Jako jeden z ukazatelů zdravotního stavu je stanovení defoliace, která je hodnocena vizuálně. Tento ukazatel byl využit pro hodnocení výzkumné plochy v této práci. Hodnoceny byly všechny stromy, zvláště pro každou provenienci. Tab. 3 uvádí stupně defoliace vycházející z metodiky SANASILVA Kronenbilder (1986), podle které probíhalo hodnocení.

Tabulka 4. Stupně defoliace

Popis poškození	Defoliace koruny v %
Nepoškozený strom	0
Slabě poškozený strom	1 – 25
Středně poškozený strom	26 - 50
Silně poškozený strom	51 – 75
Odumírající strom	76 – 100
Odumřelý strom	100

V terénu byla všechna data (provenience, opakování, číslo stromu, defoliace) zaznamenávána do vytvořených zápisníků. Na provenienční ploše byl také sledován výskyt dalších houbových patogenů.

Pro účely statistických výpočtů byla na ploše provedena ještě další měření. Jednalo se o tyto veličiny: výška, výčetní tloušťka, objem hroubí s.k. a výškové postavení jedince (Tab. 5) v porostu. Data byla na ploše zjišťována v roce 2016 a pro účely práce poskytnuta Ing. F. Beranem z VÚLHM.

Tabulka 5. Použitá klasifikace výškového postavení jedince podle KONŠELA (1931)

1	Předrůstavé
2	Úrovňové
3	Vrůstavé nebo ustupující
4	Zastíněné, životaschopné
5	Odumírající nebo odumřelé

3.2 Statistické zpracování dat

Před statistickým zpracováním dat byly všechny údaje zjištěné v terénu převedeny do digitální tabulkové podoby pro jejich následné využití.

Pro porovnání zdravotního stavu proveniencí byl použit statistický model regresního typu dle PEKÁRA et BRABCE (2009). Jako závisle proměnná byla zadána defoliace stromu, kategoričnou vysvětlující proměnnou byla provenience a kvantitativními vysvětlujícími proměnnými byly objem kmene a rozdíl tlouštěk mezi měřeními v letech 2011 a 2016. Jelikož získaná data závisle proměnné neodpovídala svým charakterem Gaussovu normálnímu rozdělení, bylo nutné hledat alternativu v zobecněném lineárním modelu. Přestože míra defoliace nabývala konkrétního a relativně malého počtu hodnot (přesnost stanovení defoliace 5 %), nebyla aproximace Poissonovým rozdělením dostatečně věrohodná. Protože veličina defoliace nabývala pozitivních hodnot a její histogram byl pravostranně sešikmený, bylo k aproximaci použito gama rozdělení.

Do analýzy byly zahrnuty pouze stromy měřené při obou hodnoceních (2011 i 2016) tvořící úroveň porostu – třídy 1, 2 a 3 dle KONŠELA (1931). Z hodnocení byly vyloučeny případy přesahující v diferenci tlouštěk 1,5 násobek interkvartilového rozpětí (celkem 46 jedinců), u kterých byl značný tloušťkový přírůst vyvolán pravděpodobně

uvolněním zápoje v jejich okolí (zpravidla odumřením sousedního stromu). Z důvodu vysoké mortality byla obdobně jako u předešlých hodnocení této plochy vypuštěna provenience 1104 – Brookings (KŠÍR et al., 2015). Vypuštěny byly též dvě parcely ve 4. opakování, provenience 1081 – Alder Lake a provenience 1103 – Cooquille.

Jako transformační funkce pro gama model byla ponechána implicitně nastavená inverze $1/\mu$. Do počátečního modelu byly zahrnuty dvojné interakce mezi faktory. Zjednodušení modelu probíhalo podle postupu dle CRAWLEY (2007) a PEKÁR et BRABEC (2009). Významnost faktorů modelu byla zjišťována analýzou rozptylu prostřednictvím konzervativního F-testu na obvyklých hladinách významnosti $\alpha < 0,05$, $\alpha < 0,01$, $\alpha < 0,001$. Výsledný model byl vybrán pomocí minimalizace Akaikeho informačního kritéria, s ohledem na princip Okamovy břitvy, který říká, že nejlepší modely jsou ty nejjednodušší (CRAWLEY, 2007). U statisticky významných kategoriálních proměnných byly dále vzájemně porovnány úrovně faktoru pomocí „treatment“ kontrastů (CRAWLEY, 2007; PEKÁR et BRABEC, 2009), kde jako srovnávací byla nastavena provenience 1102. Regresní analýzy se uskutečnily v prostředí R 3.3.2. (R Core Team 2016).

Ke stanovení podobnosti resp. odlišnosti jednotlivých proveniencí byla použita analýza shluků (Cluster analysis, CLU) v programu NCSS 8.0.13 (HINTZE, 2012). Jako třídící proměnné byly pro každou provenienci zadány průměrné hodnoty: diference tlouštěk mezi měřeními v roce 2011 a 2016, objemu a defoliace, a to za celou provenienční plochu. K zobrazení výsledků shlukování byl použit horizontální dendrogram. Při volbě způsobu shlukování, který by nejlépe odpovídal struktuře objektů, byla posuzována míra věrohodnosti pomocí kofenetického korelačního koeficientu (CC) a míra přetvoření pomocí parametrů delta ($\Delta_{0,5}$ a Δ_1). Pomocí CC je zjišťována korelace mezi skutečnou a predikovanou vzdáleností založenou na dendrogramu. Čím je CC vyšší, tím je model věrohodnější, hodnoty nad 0,75 ukazují na užitečnost shlukování (MELOUN et al., 2005). Kritériem Δ je měřen stupeň přetvoření struktury dat porovnáním vzdálenosti původní matice dat s maticí získanou z dendrogramu. Je žádoucí, aby obě kritéria ($\Delta_{0,5}$ a Δ_1) byly co nejnižší (MELOUN et al., 2005). V dendrogramu jsou podobné objekty zobrazeny v izolovaných shlucích, míra podobnosti objektů je větší čím je menší vzdálenost na horizontální ose. Pokud podobnost objektů v shluku nepřesahovala mezní hodnotu 1, byl shluk odlišen náhodně zvolenou barvou.

4. Výsledky

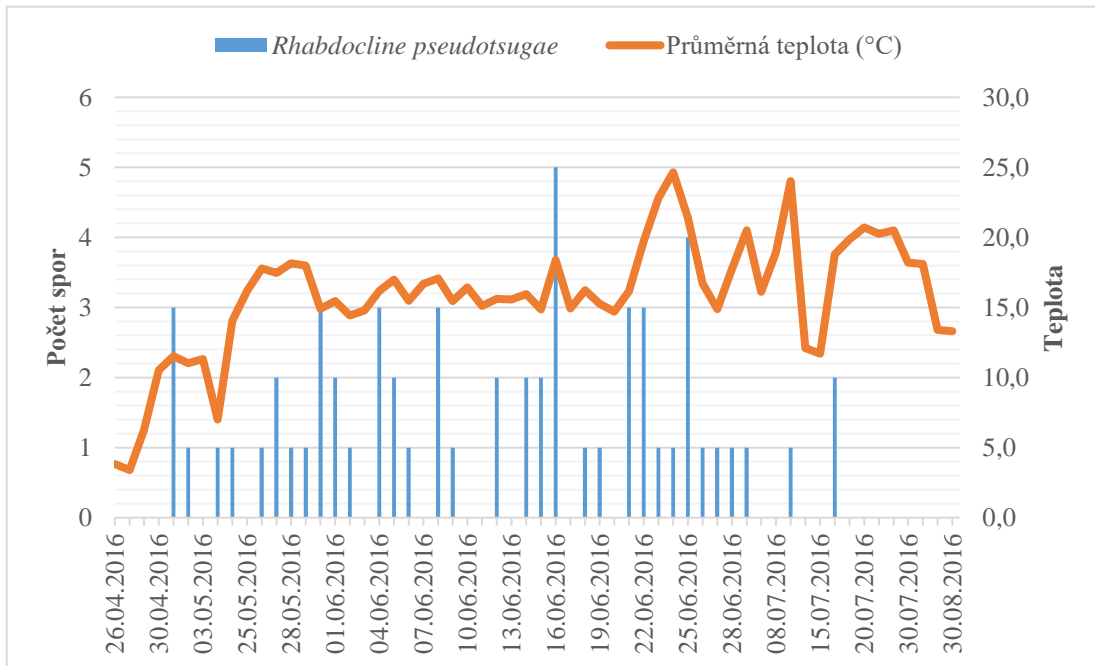
4.1 Vyhodnocení sporulace sypavek

K posouzení sporulace sypavek z infikovaných větví bylo odebráno celkem 20 vzorků z 10 pokácených vzorníků. Konidie skotské sypavky douglasky byly nalézány velmi sporadicky a pouze v jediném termínu. Askospory byly izolovány ze vzorníků mnohem častěji, nejvíce v období května. Askospory švýcarské sypavky douglasky byly zaznamenány na každém vzorníku a ve všech termínech odběrů s výjimkou dubna. Nejvíce spor bylo izolováno v období května a července (Tab. 6)

Tabulka 6. Vyhodnocení sporulace sypavek z jehlic

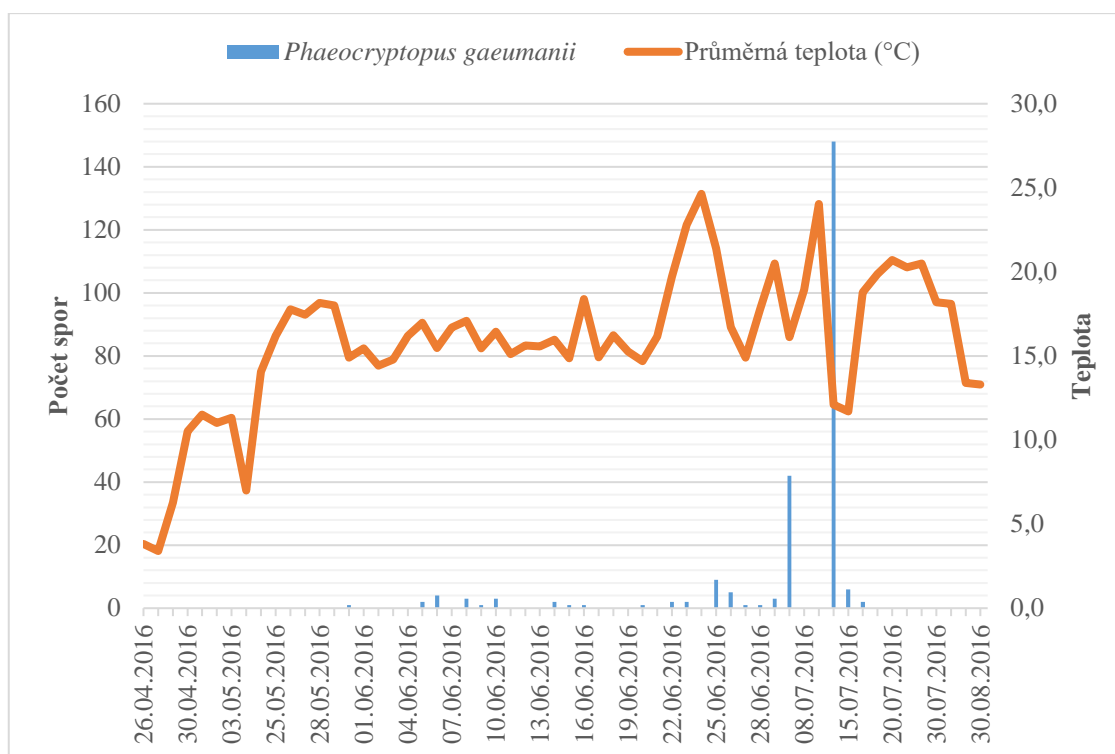
Datum odběru	Dolní / horní koruna	konidie <i>Rhabdocline pseudotsugae</i>	askospory <i>Rhabdocline pseudotsugae</i>	askospory <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i>	Ztráta jehlic (%)
18. 04. 2016	horní 01	ne	slabý	slabý	42,46
18. 04. 2016	dolní 01	ne	slabý	střední	11,08
18. 04. 2016	tenká dolní 02	ne	nezralé	slabý	23,24
18. 04. 2016	tenká horní 02	ne	nezralé	žádný	21,25
18. 04. 2016	horní 03	ne	ne	žádný	19,74
18. 04. 2016	dolní 03	ne	slabý	střední až silný	8,47
10. 05. 2016	dolní 01	sporadicky	střední	střední až silný	36,60
10. 05. 2016	horní 01	ne	slabý	střední	26,86
24. 05. 2016	dolní 01	ne	slabý	slabý	19,76
24. 05. 2016	horní 01	ne	střední	střední	11,53
24. 05. 2016	horní 02	ne	ne	slabý až střední	2,10
24. 05. 2016	dolní 02	ne	ne	slabý až střední	18,26
25. 05. 2016	horní	ne	slabý	střední	7,56
25. 05. 2016	dolní	ne	silný	silný	13,20
15. 06. 2016	dolní 01	ne	ne	slabý až střední	24,41
15. 06. 2016	horní 01	ne	slabý	střední	11,06
15. 06. 2016	horní 02	ne	ne	slabý	55,43
15. 06. 2016	dolní 02	ne	ne	chybí jehlice	64,81
15. 07. 2016	dolní	ne	ne	střední	68,99
15. 07. 2016	horní	ne	ne	střední až silný	44,59

Na celkem 52 trvalých preparátech z období 26. 4. - 31. 8. 2016 bylo zachyceno 59 spor skotské sypavky douglasky. Počty zachycených spor (Obr. 13) během tří měsíců jsou poměrně konzistentní. Nejvíce spor bylo zachyceno 16. 6. 2016 a to 5 (průměrná teplota 18,4 °C). V červenci již byla přítomnost patogenu zjišťována minimálně, obdobně jako nalezené plodnice z odebraných vzorků větví. Nejvíce spor bylo zachyceno v červnu (více než 40 spor). Nejoptimálnější teplota, kdy docházelo k šíření patogenu, byla mezi 15 - 20 °C.



Obr. 13. Počty zachycených spor skotské sypavky douglasky za den a průběh průměrné denní teploty

Výskyt švýcarské sypavky douglasky byl podle počtu zachycených spor na lepoých páskách mnohem častější (240 spor). K největšímu šíření spor docházelo v období června a července, kdy bylo zachyceno více jak 200 spor. Ke sporulaci došlo později než v případě skotské sypavky douglasky. První nález byl zjištěn až z konce května. Nejvíce spor bylo zachyceno 14. 7. – 148 (průměrná teplota 12,1 °C). Z grafu (Obr. 14) je patrné, že k šíření patogenu dochází především ke konci června a začátkem července a při nižších teplotách než u skotské sypavky douglasky (12 - 16 °C).



Obr. 14. Počty zachycených spor švýcarské syravky za den a průběh průměrné denní teploty

4.2 Výsledky hodnocení zdravotního stavu mezinárodní výzkumné plochy

V rámci terénních prací bylo zhodnoceno celkem 704 stromů. Nejnižší počet jedinců byl zaznamenán u proveniencí 1028 – Merrit; a 1081 – Alder Lake (17). Nejvíce jedinců (45) bylo zjištěno u provenience 1067 – Skykomish.

Průměrná výška všech jedinců na výzkumné ploše byla 30,1 m (Tab. 7). Nejvyšších výšek dosahovaly provenience 1075 – Enumclaw (33,5 m), 1069 – North Bend (32,7 m) a 1103 – Coquille (32,4 m). Ještě několik dalších proveniencí (konkrétně 5) dosahovalo výšky více než 32 m. Nejnižší průměrné výšky byly zjištěny u proveniencí 1028 – Merrit (18,3 m), 1067 – Skykomish (25,2 m) a 1078 – Cle Elum (25,9 m). Dvě ze tří proveniencí, u kterých byla zaznamenána nízká výška patří mezi standard IUFRO. Nejvyšší jedinec byl zjištěn u provenience 1075 v prvním opakování a měřil 40,4 m. Nejnižší žijící jedinec byl pak zjištěn u provenience 1067 (16,2 m).

Průměrná tloušťka všech stromů na provenienční ploše dosahovala hodnoty 30,5 cm (Tab. 7). Nejnižší hodnoty vitálních jedinců byly zaznamenány u proveniencí 1078 (11,8 cm) a 1025 – Nimkish (13,7 cm). Nejvyšší naopak u proveniencí 1102

(55,9 cm), 1013 (53,9 cm), 1103 a 1075. Průměrné hodnoty vykazovaly nejvyšší provenience 1075 (37,7 cm) a 1069 (35,3 cm). Nejnižší naopak 1067 a 1028 (15,9 cm).

Celkový objem hroubí s.k byl 765,84 m³. Nejvyšší průměrný objem byl u provenience 1075 (1,72 m³), nejnižší u 1028 (0,21) a 1067 (0,48 m³).

Vyhodnocení zdravotního stavu prostřednictvím posouzení defoliace ukazuje oproti měření z roku 2011 zhoršený zdravotní stav výzkumné plochy Hůrky. Průměrná defoliace dosahovala hodnoty 37 %. Nejhorší zdravotní stav vykazovala provenience 1028 (90 %), vyšší hodnoty vykazovaly rovněž provenience 1010 (61 %) a 1067 (53 %). Naopak nejlépe z hodnocení vycházela provenience 1069 – North Bend (23 %) a 1089 – Cathlamet s průměrnou defoliací 24 % (Obr. 16).

Tabulka 7. Zjištěné průměrné kvantitativní znaky

Stát	Provenience	Počet stromů	Výška [m]	Výčetní tloušťka [cm]	Objem hroubí s.k. [m ³]	defoliace [%]	Počet 100 % defoliovanych	Počet stromů s vřávkou	Počet stromů s <i>Phaeolus schwentzii</i>
Britská Kolumbie	1004 Stuie	27	32	31,9	1,16	34	2	2	x
	1010 Barriere	32	26	25,1	0,64	61	10	9	x
	1012 Klina Kliny	27	31,3	31,4	1,12	31	1	1	x
	1013 Revelstoke	40	31,4	32,6	1,22	28	1	1	x
	1021 D'Arcy	24	28,7	29,8	0,95	48	3	1	1
	1025 Nimkish	30	30,6	29,2	0,99	32	2	2	x
	1028x Merrit	15	18,3	15,9	0,21	90	14	11	x
	1030 Squamish	36	32,2	30,5	1,2	36	3	x	1
	1033 Forbidden	38	30,5	29,5	1,01	36	5	4	2
	1036 Alberni	27	32,3	34	1,36	34	1	1	x
	1043 San Juan	32	29,9	29,6	1,02	38	3	2	x
Washington	1049 Bacon Point	31	30,6	30,9	1,1	33	1	1	x
	1050 Marblemount	31	32,2	32,1	1,18	30	1	1	x
	1058 Lake Crescent	31	32,1	32,7	1,26	28	0	x	x
	1061 Louella	21	30,6	33,5	1,35	37	3	2	x
	1067 Skykomish	45	25,2	22,4	0,48	53	7	7	x
	1069 North Bend	29	32,7	35,3	1,42	23	0	x	x
	1075 Enumclaw	30	33,5	37,7	1,72	27	1	1	x
	1078x Cle Elum	28	25,9	25,7	0,70	46	5	4	x
	1081x Alder Lake	18	31,5	32,8	1,29	31	0	x	x
	1089 Cathlamet	31	31,9	33,5	1,27	24	0	x	x
Oregon	1100 Grand Ronde	26	30,8	33,0	1,21	34	3	2	x
	1102x Upper Soda	31	28,8	30,4	1,07	39	4	4	x
	1103 Coquille	19	32,4	31,8	1,22	37	1	x	x
	1104x Brookings	5	29,5	31,5	1,01	26	0	x	x
∑ Průměr		704	30,1	30,5	1,09	37	71	56	4

Celkem 71 jedinců bylo ohodnoceno maximální defoliací 100 %. S tímto zjištěním úzce koreluje výskyt václavky jako sekundárního škodlivého činitele v téměř 80 % případech (václavka zjištěna u 56 jedinců). Výskyt houby *Phaeolus schweinitzii* byl potvrzen ve 4 případech (z toho 2 x u provenience 1033 – Forbidden).

Prvním krokem statistických výpočtů bylo zadání faktorů objem, provenience, diference tloušťky, počet stromů a jejich druhé interakce do úplného gama modelu defoliace. Analýzou rozptylu byly shledány jako významné faktory objem, provenience a diference tloušťky, dále tři dvojnásobné interakce (viz Tab. 8), zatímco interakce provenience a počtu stromů na parcele byla na hranici statistické významnosti. Dalším zjednodušováním byly postupně z modelů odstraněny interakce provenience:dif_tloušťka, objem:počet, dif_tloušťka:počet, provenience:počet a nakonec i faktor počet. Zjednodušením modelu došlo ke snížení Akaikeho informačního kritéria z původních 3801,082 na 3771,144 (Tab. 9). Výsledný model se třemi základními faktory a dvěma interakcemi je uveden v Tab. 10.

Tabulka 8. Úplný gama model pro druhé interakce nezávisle proměnných

```
> ms.24<-glm(defoliace~(objem+provenience+dif_tloustka+poCet)^2, data=MSDP10, family = Gamma )
> anova(ms.24, test="F")
Analysis of Deviance Table

Model: Gamma, link: inverse

Response: defoliace

Terms added sequentially (first to last)
```

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
NULL			558	86.412		
objem	1	42.627	557	43.785	738.8802	< 2.2e-16 ***
provenience	22	4.908	535	38.878	3.8666	1.775e-08 ***
dif_tloustka	1	3.933	534	34.945	68.1685	1.575e-15 ***
poCet	1	0.122	533	34.823	2.1164	0.1464069
objem:provenience	22	2.872	511	31.951	2.2626	0.0009933 ***
objem:dif_tloustka	1	1.345	510	30.606	23.3081	1.877e-06 ***
objem:poCet	1	0.061	509	30.546	1.0551	0.3048705
provenience:dif_tloustka	22	0.912	487	29.633	0.7188	0.8216627
provenience:poCet	22	1.942	465	27.692	1.5298	0.0593359 .
dif_tloustka:poCet	1	0.285	464	27.407	4.9348	0.0268026 *

```
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabulka 9. Změna Akaikeho informačního kritéria při zjednodušování modelu

```
> AIC(ms.24,ms.25,ms.26, ms.27, ms.28, ms.29)
      df      AIC
ms.24 96 3801.082
ms.25 74 3781.375
ms.26 73 3783.433
ms.27 72 3781.906
ms.28 50 3771.336
ms.29 49 3771.144
```

Tabulka 10. Výsledný, zjednodušený gama model defoliace

```
> anova(ms.29, test="F")
Analysis of Deviance Table

Model: Gamma, link: inverse

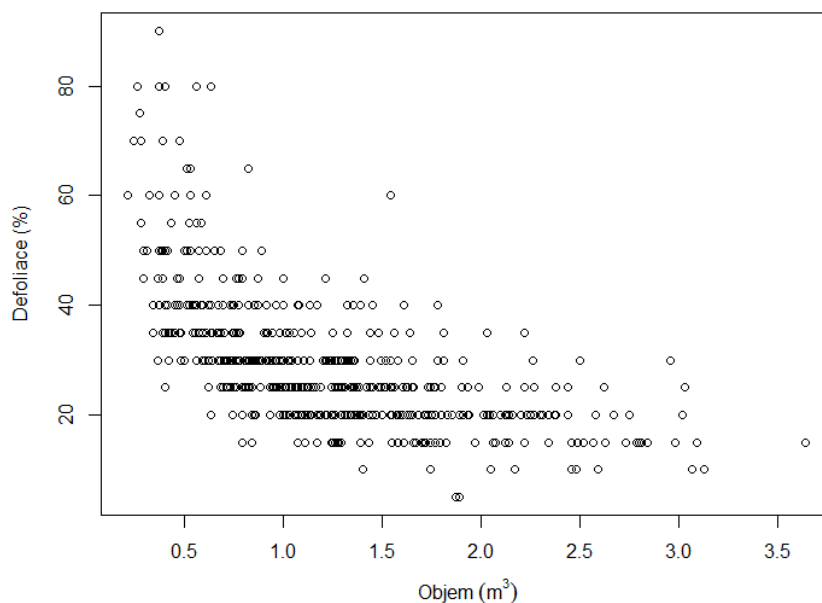
Response: defoliace

Terms added sequentially (first to last)

              Df Deviance Resid. Df Resid. Dev      F      Pr(>F)
NULL                               558      86.412
objem             1    42.627     557    43.785 728.4870 < 2.2e-16 ***
provenience      22     4.908     535    38.878   3.8122 2.233e-08 ***
dif_tloustka     1     3.933     534    34.945  67.2096 1.983e-15 ***
objem:provenience 22     2.903     512    32.042   2.2552   0.001 ***
objem:dif_tloustka 1     1.337     511    30.705  22.8495 2.294e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

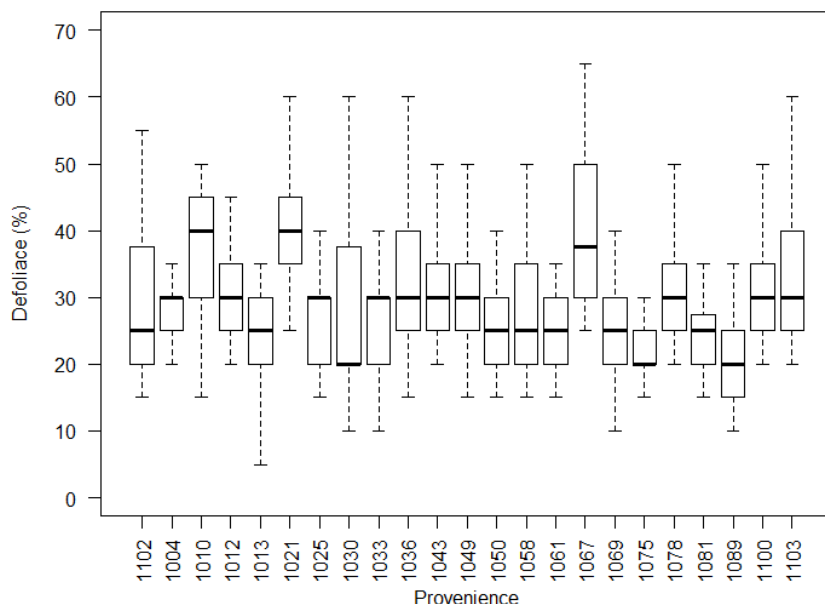
Defoliace koruny byla významně ovlivněna objemem hodnoceného stromu (Gama GLM: $df=1$; $p<0,001$; Tab. 10), přičemž tento vztah měl nepřímo úměrný charakter. S rostoucím objemem se snižovala míra defoliace (Obr. 15). Nejvíce defoliované

stromy měly objem pod 1 m³, průměrný objem plochy zjištěný při měření v roce 2016 pak činil 1,09 m³.



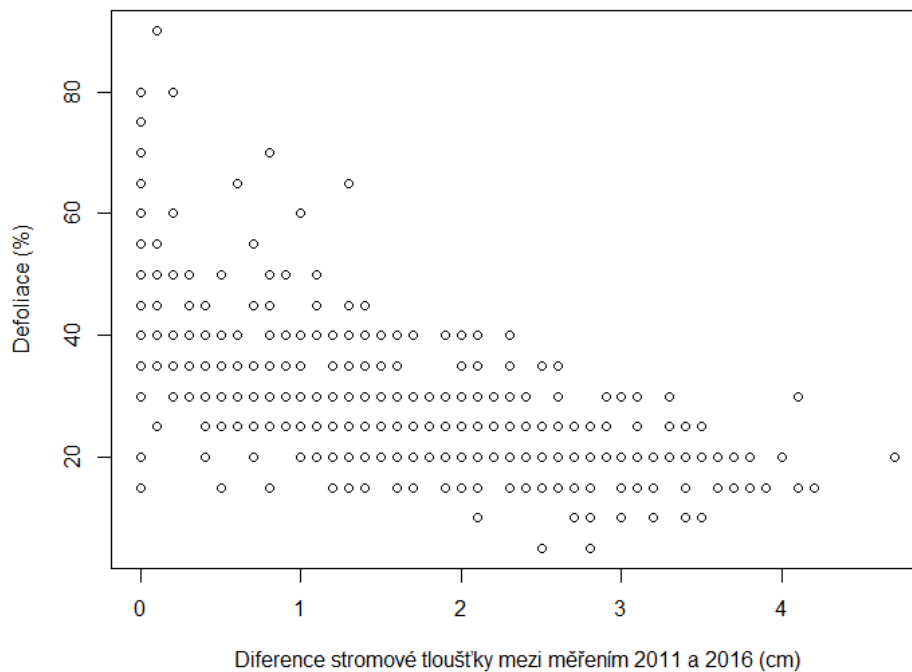
Obr. 15. Bodový graf závislosti procenta defoliace stromu na jeho objemu

Rozdíly v míře defoliace mezi proveniencemi byly rovněž statisticky významné (Gamma GLM: df=22; $p < 0,001$; Tab. 10). Mezi nejvíce defoliované provenience patřily 1010 – Barriere; 1021 – D'arcy a 1067 - Skykomish (Obr. 16).



Obr. 16. Krabicový graf míry defoliace zjištěné u jednotlivých proveniencí, střední linie v krabicovém grafu reprezentuje polohu mediánu, konec úseček 1,5 násobek interkvartilového rozpětí.

Vliv difference stromové tloušťky mezi měřeními 2011 a 2016 na úroveň defoliace byl rovněž statisticky významný. Stromy, které v posledních letech méně přirůstaly, vykazovaly vyšší míru defoliace (Obr. 17).



Obr. 17. Vztah defoliace vůči tloušťkovému přírůstu mezi lety 2011 a 2016

Při porovnání proveniencí podle kontrastů byla statisticky odlišná provenience 1030 (Tab. 11). Významná interakce objemu a provenience ukazuje na odlišný trend

v míře defoliace u některých proveniencí. Při porovnání pomocí kontrastů byly statisticky signifikantně odlišné provenience 1021 a 1030 (Tab. 12).

Tabulka 11. Porovnání proveniencí podle kontrastů

```
> summary(ms.29)

Call:
glm(formula = defoliace ~ objem + provenience + dif_tloustka +
     objem:provenience + objem:dif_tloustka, family = Gamma, data = MSDP10)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.18747  -0.15464  -0.03061   0.11562   0.74710

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.268e-02  2.766e-03  4.584 5.75e-06 ***
objem        1.677e-02  2.953e-03  5.678 2.28e-08 ***
provenience1004  7.765e-03  5.869e-03  1.323  0.18638
provenience1010 -2.157e-03  4.192e-03 -0.515  0.60711
provenience1012  3.627e-03  5.136e-03  0.706  0.48044
provenience1013 -9.187e-04  3.834e-03 -0.240  0.81070
provenience1021  6.102e-03  4.523e-03  1.349  0.17791
provenience1025  1.933e-03  4.947e-03  0.391  0.69618
provenience1030 -6.821e-03  3.246e-03 -2.102  0.03608 *
provenience1033 -5.600e-03  4.060e-03 -1.379  0.16842
provenience1036 -1.341e-03  3.609e-03 -0.371  0.71046
provenience1043  1.146e-03  3.767e-03  0.304  0.76117
provenience1049  2.913e-03  4.069e-03  0.716  0.47437
provenience1050 -2.794e-03  4.565e-03 -0.612  0.54080
provenience1058  3.390e-03  4.117e-03  0.823  0.41069
provenience1061 -1.125e-03  4.439e-03 -0.253  0.80003
provenience1067  4.979e-03  4.634e-03  1.074  0.28311
provenience1069  2.351e-03  5.217e-03  0.451  0.65250
provenience1075 -7.520e-03  4.638e-03 -1.622  0.10552
provenience1078  8.692e-03  5.866e-03  1.482  0.13903
provenience1081 -5.058e-03  4.354e-03 -1.162  0.24593
provenience1089 -5.707e-03  5.885e-03 -0.970  0.33262
provenience1100  4.485e-03  4.668e-03  0.961  0.33710
provenience1103 -7.616e-03  5.483e-03 -1.389  0.16544
dif_tloustka  7.723e-03  9.113e-04  8.475 2.53e-16 ***
```

Tabulka 12. Porovnání interakce mezi objemem a defoliací pomocí kontrastů

```

objem:provenience1004 -9.572e-03  4.981e-03  -1.922  0.05519 .
objem:provenience1010 -1.652e-03  5.086e-03  -0.325  0.74543
objem:provenience1012 -3.293e-03  4.884e-03  -0.674  0.50051
objem:provenience1013  5.011e-03  3.747e-03  1.337  0.18177
objem:provenience1021 -1.410e-02  4.737e-03  -2.976  0.00306 **
objem:provenience1025  1.415e-03  4.980e-03  0.284  0.77636
objem:provenience1030  9.010e-03  3.423e-03  2.632  0.00874 **
objem:provenience1033  5.644e-03  4.192e-03  1.347  0.17873
objem:provenience1036 -2.386e-03  3.392e-03  -0.703  0.48219
objem:provenience1043 -1.353e-03  3.779e-03  -0.358  0.72041
objem:provenience1049 -2.323e-03  3.943e-03  -0.589  0.55595
objem:provenience1050  2.267e-03  4.272e-03  0.531  0.59582
objem:provenience1058 -2.603e-03  3.825e-03  -0.681  0.49646
objem:provenience1061  8.188e-05  3.747e-03  0.022  0.98257
objem:provenience1067 -5.802e-03  7.210e-03  -0.805  0.42135
objem:provenience1069 -2.225e-04  4.183e-03  -0.053  0.95759
objem:provenience1075  5.241e-03  3.655e-03  1.434  0.15219
objem:provenience1078 -7.445e-03  6.704e-03  -1.110  0.26731
objem:provenience1081  5.980e-03  4.253e-03  1.406  0.16031
objem:provenience1089  9.876e-03  5.372e-03  1.838  0.06660 .
objem:provenience1100 -7.040e-03  4.004e-03  -1.758  0.07927 .
objem:provenience1103  1.414e-03  5.060e-03  0.279  0.78007
objem:dif_tloustka   -3.552e-03  7.325e-04  -4.849  1.65e-06 ***
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.05851469)

```

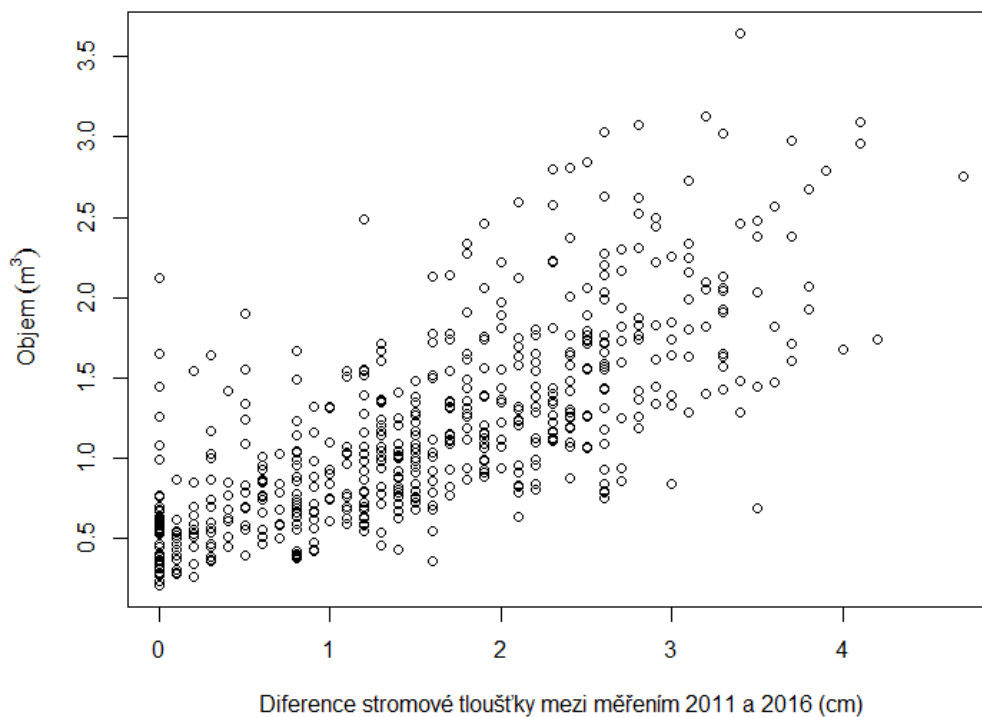
Null deviance: 86.412 on 558 degrees of freedom
Residual deviance: 30.705 on 511 degrees of freedom
AIC: 3771.1

```

Number of Fisher Scoring iterations: 5

Provenience 1021 vykazovala průměrné hodnoty objemu, které by odpovídaly střední míře defoliace, avšak skutečně zjištěná defoliace byla velice vysoká. U provenience 1030 se projevuje podobný trend, kdy tato provenience patří z hlediska objemu mezi vůbec nejlépe rostoucí, čemuž by měla odpovídat i nízká míra defoliace, která je však spíše průměrná. Na hranici statistické významnosti se ještě nacházely provenience 1004, 1089 a 1100. V případě proveniencí 1004 a 1100 jde opět o produkčně kvalitní sorty, které vykazují relativně vyšší míru defoliace. U provenience 1089 byl objem kmene poněkud nižší než u proveniencí 1004 a 1100 (přesto nadprůměrný), ale defoliace byla velice nízká. Poslední v modelu statisticky významnou interakcí byl vztah objemu a difference tloušťek k míře defoliace. Mezi objemem a tloušťkovým

přírůstem v letech 2011 až 2016 existuje zřetelný přímo úměrný vztah (Obr. 18). Některé stromy s vyšším objemem však v posledním období nepřirůstaly a projevovala se u nich silná defoliace (dominantně způsobená činností sypavek).



Obr. 18. Vztah objemu a průměrného tloušťkového přírůstu mezi lety 2011 a 2016

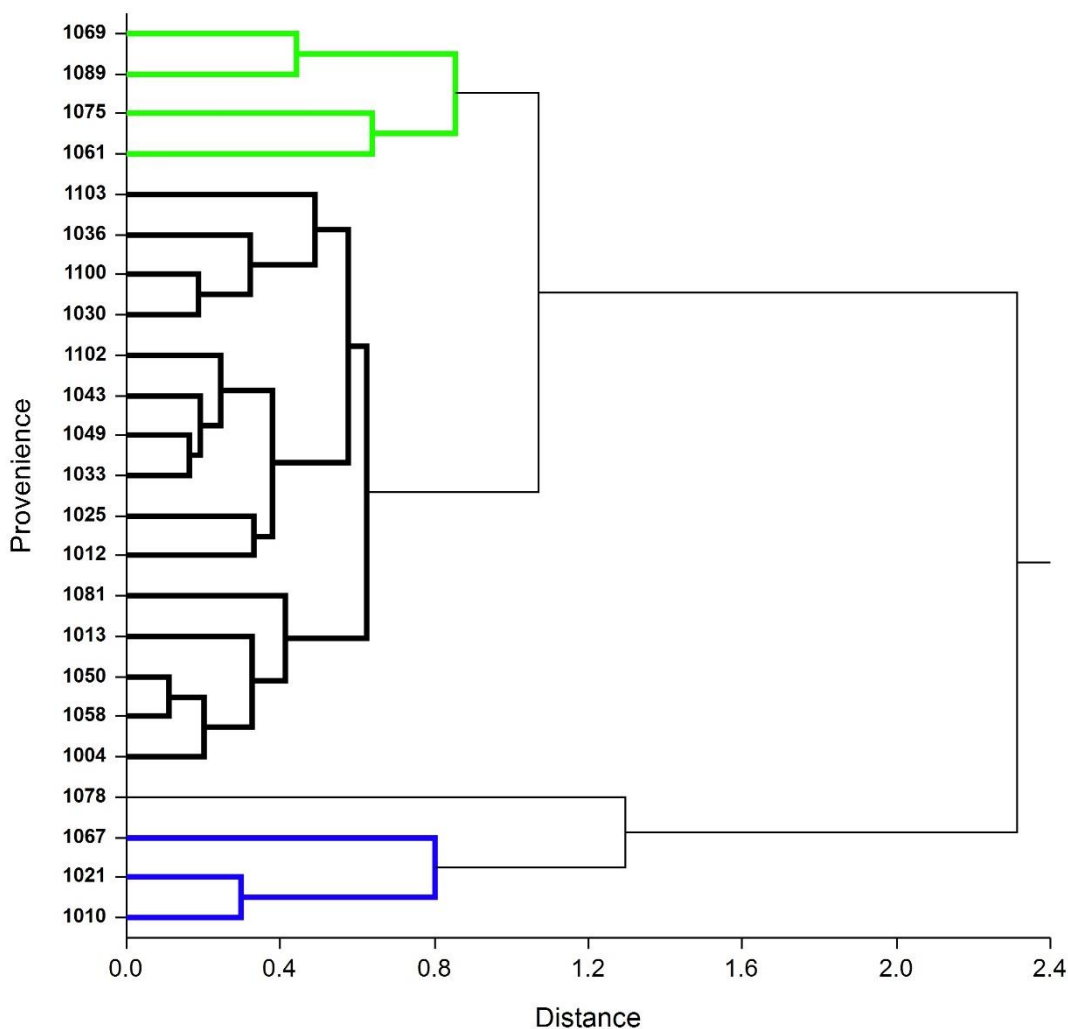
Za nejvěrohodnější metodu pro shlukování dat (Tab. 13) z provenienční plochy Hůrky byl vybrán dendrogram (Obr. 19). Ten je výsledkem shlukové analýzy, shrnující podobné objekty do izolovaných shluků, které byly v rámci mezinárodní plochy zjištěny tři – zelený, černý a modrý. Čím byla mezi jednotlivými shluky zjištěna větší vzdálenost, tím se jednalo o méně podobné objekty. Zelený shluk byl tvořen proveniencemi produkčně kvalitními, u kterých nebyl od posledního měření snížen tloušťkový přírůst a sypavkami nebyly téměř ovlivněny. Všechny tyto provenience pocházejí z Washingtonu. Černý shluk byl tvořen proveniencemi průměrnými s patrnou mírou defoliace a potvrzeným vlivem sypavek. Modré byly provenience s vysokou mírou defoliace a v posledních pěti letech s minimálními tloušťkovými přírůsty. Tyto provenience se jeví vhodné v následujících letech z budoucích šetření vypustit a neuvažovat o jejich dalším využití. Dendrogram potvrzuje předchozí výsledky, které vyzdvihují provenience 1061, 1069, 1075 a 1089.

Tabulka 13. Výběr nejméně vhodných metod shlukování

Clustering Method	Cophenetic Correlation (CC)	Delta(0.5)	Delta(1.0)
Single Linkage (Nearest Neighbor)	0,89102	0,916321	1,081709
Complete Linkage (Furthest Neighbor)	0,850923	0,428915	0,484159
Simple Average (Weighted Pair-Group)	0,859537	0,231693	0,296684
Group Average (Unweighted Pair-Group)	0,864767	0,231721	0,30168
Median (Weighted Pair-Group Centroid)	0,763483	0,483538	0,646577
Centroid (Unweighted Pair-Group Centroid)	0,763929	0,541923	0,73111
Ward's Minimum Variance	0,757203	0,804413	0,827226
Flexible Strategy	0,810421	0,789812	0,798104

Distance Type: Euclidean

Scale Type: Standard Deviation



Obr. 19. Dendrogram se třemi shluky, který byl vytvořen metodou shlukové analýzy

5. Diskuze

Výsledky sporulace na lokalitě Hůrky ukázaly, že k šíření skotské sypavky douglasky docházelo již koncem dubna, ale nejvyšší sporulace probíhala v období května a června. Toto zjištění koresponduje s výsledky prací BUTINA (1995) či MORGENSTERNA et al. (2013), podle kterých dochází k šíření spor *Rhabdocline pseudotsugae* v období května až července. CATAL et al. (2010), v průběhu dvou letého výzkumu s využitím Burkadova lapače spor v Britské Kolumbii zjistil nejvyšší sporulaci skotské sypavky douglasky v obou letech především v prvním týdnu června. Spory byly, ale zaznamenávány, již od první poloviny května, což koresponduje se zjištěnými výsledky této práce. Metodika výzkumu byla obdobná jako v předložené práci – lapač byl instalován do stejné výšky, v podobných podmínkách (větrné proudění, míra infekčního tlaku v minulosti), pouze v případě CATALA et al. (2010) byl využit originální lapač spor Burkard. Přesto jsou počty zachycených spor zcela odlišné. Není možné zatím jednoznačně stanovit hlavní příčiny rozdílu, lze předpokládat částečně odlišné klimatické podmínky, méně účinný gel na Melinex páskách nebo nižší účinnost lapače spor. Nicméně výsledky našeho výzkumu na mezinárodní výzkumné ploše Hůrky potvrzují vysokou sporulaci skotské sypavky douglasky a je nutné s tímto patogenem počítat jako potencionálním rizikem douglaskových výsadb a porostů zejména u proveniencí pocházejících z vnitrozemí (SCHMID et al., 2014).

U švýcarské sypavky docházelo k nejvyššímu výskytu spor až koncem června resp. začátkem července. Výsledky částečně odpovídají tvrzení BUTINA (1995), podle kterého dochází k šíření spor švýcarské sypavky douglasky v průběhu května a června a shodují se zjištěnou sporulací sypavky v Polsku autory ŁAKOMY et IWAŃCZUK (2010), podle kterých dochází k největší na přelomu června a července. ŁAKOMY et IWAŃCZUK (2010) zároveň uvádí, že produkce a šíření spor je podmíněna teplotou, vhodným prouděním větru a vzdušnou vlhkostí. Výsledky práce s tímto tvrzením korespondují, zejména pokud jde o vliv teploty. Obdobně je tomu i u vzdušné vlhkosti. V Evropě se sypavka vyskytuje více na lokalitách s větším množstvím srážek a vyšší vzdušnou vlhkostí (KIMBERLEY et al., 2011). Nejvíce spor bylo zjištěno ve dnech s téměř 99 % vlhkostí. V Severní Americe to potvrzuje řada autorů, např. HOOD (1982) v Britské Kolumbii zjistil, že šíření patogenu úzce koreluje s vlhkostí na jaře resp. v létě, hlavně pak při pobřeží, kde jsou srážky nižší, ale mlha hustší, mraky níže položené, tudíž dochází ke vzniku ideálních podmínek pro šíření patogenu. Taktéž potvrzuje

domněnky dalších autorů (HANSEN et al., 2000; HOOD et KIMBERLEY, 2005), že je rozsah infekce závislý i na dalších klimatických a topografických faktorech.

Řada autorů se shoduje, že intenzita výskytu plodnic se zvětšuje s věkem jehlic (HANSEN et al., 2000; HOOD et KIMBERLEY, 2005; PETKOVA et al., 2014). Důsledkem pak bývá u nejvíce napadených jedinců přítomnost pouze posledního ročníku jehlic, starší ročníky již kvůli vysokému infekčnímu tlaku s obsazením více než 50 % průduchů bývají opadané (HOOD et al., 1990; HANSEN et al., 2000; ŁAKOMY et IWAŃCZUK, 2010). S vyšším výskytem plodnic na starších jehlicích se častěji setkáváme v mladších porostech (HOOD, 1982).

Sypavky působí vážné problémy nejen v Severní Americe, kde je douglaska přirozenou dřevinou (HANSEN et al., 2000; TEMEL et al., 2004; BLACK et al., 2010; CATAL et al., 2010), ale také Nového Zélandu (HOOD et KIMBERLEY, 2005; KIMBERLEY et al., 2011), či našich sousedních států – Polska (ŁAKOMY et IWAŃCZUK, 2010) a Německa (MORGENSTERN et al., 2016). Největším problémem je, ale v současné době neznalost provenience, která by byla vůči působení patogenu imunní. Jediným možným řešením může být volba a preferování variet pobřežních vykazujících v našich podmínkách nadprůměrný růst, které bývají infikovány méně, díky schopnosti vyprodukovat větší objem asimilačního aparátu a jejich přirozené resistantní vlastnosti odolávat infekčnímu tlaku (HOOD et al., 1990; BASTIEN et al., 2013). Vzhledem ke změnám klimatu, ke kterým v Evropě dochází, je ale i toto řešení neefektivní a o to obtížnější bude vhodnou provenienci najít.

Kromě sypavek představuje velké riziko i fyziologické sucho. Snížení v dostupnosti vodních zdrojů je právem považováno za hlavní hrozbu následujících desetiletí. Hlavním důsledkem působení sucha je snížení produktivity a stability lesních porostů v Evropě (EILMANN et al., 2013) a v Severní Americe jeho působením dochází k problémům s přirozenou obnovou (LAVENDER et HERMANN, 2014). V případě douglasky a její odolnosti vůči působení sucha velmi záleží na geografickém původu (podobně jako v případě sypavek). Částečným řešením by mohly být vnitrozemské variety pocházející ze sušších oblastí severozápadní části USA (LAVENDER et HERMANN, 2014), které jsou sice méně produktivní, ale vykazují vyšší odolnost vůči suchu. Jejich nevýhodou, je při pěstování v Evropě vyšší náchylnost vůči sypavkám (zejména skotské sypavce douglasky). EILMANN et al., (2013), který hodnotil mezinárodní plochu IUFRO v Nizozemsku dospěl k závěru, že žádná provenience nesplňovala požadovaná kritéria (vysoká produktivita a vysoká odolnost vůči působení sucha). Z výsledků vyplývá, že na

lokalitách s menší pravděpodobností suchých období, by bylo možné pěstovat severnější provenience a naopak na suchých lokalitách by bylo vhodné preferovat jižnější provenience. Z 18 zkoumaných proveniencí byly 4 zastoupeny i na lokalitě Hůrky (1025, 1050, 1069, 1100). Provenience 1050 a 1100 byly vůči suchu poněkud odolnější i když v tamních podmínkách průměrně rostoucí. Obecně se dá, ale říci, že byly výsledky proveniencí v tamních a zdejších podmínkách opačné, nejspíše kvůli přírodním poměrům. Studie BORER (1982) ex LAVENDER et HERMANN (2014) ukázala, že poškození suchem, které není na první pohled patrné, může způsobit poškození snížením přírůstu. Vzhledem k výsledkům těchto výzkumů by bylo vhodné uvažovat o dovozu proveniencí spíše z vnitrozemí s vyšší odolností vůči suchu a alespoň průměrnou produktivitou.

Mezinárodní výzkumná plocha Hůrky již byla v minulosti několikrát hodnocena. Výsledky publikoval například BERAN (1995) či KŠÍR et al. (2015). Jednalo se především o hodnocení růstových a produkčních schopností jednotlivých proveniencí. Chybí však hlubší pohled na zdravotní stav jednotlivých proveniencí. A to bylo hlavním předmětem této práce.

V minulosti došlo k největším ztrátám jedinců v letech 1972/73 a 1975/76 zejména z důvodu mrazů a vytranspirování. Nejvíce byly poškozeny pobřežní provenience z Oregonu a Washingtonu, naopak nejméně provenience z vnitrozemí například z Britské Kolumbie, které vykazují relativně dobrý růst (LAVENDER et HERMANN, 2014). Odpovídá tomu i tvrzení MUSIL et HAMERNÍK (2007), že populace pocházející z oblastí s kontinentálnějším klimatem bývají vůči mrazu a zimnímu vysychání výrazně odolnější než provenience přímořské, které ale naopak vykazují vyšší tloušťkový a výškový růst.

Při porovnání výsledků z měření v roce 2011 (ve věku 44 let), které provedl KŠÍR et al. (2015) bylo zaznamenáno snížení počtů jedinců na výzkumné ploše. Těch bylo v roce 2016 na ploše 704 (oproti 721) ze kterých bylo 633 jedinců vitálních a 71 odumírajících či suchých, což ukazuje nárůst odumírání jedinců v porovnání s 33 suchými či odumřelými jedinci z roku 2011. KŠÍR et al. (2015) v rámci své práce nehodnotil defoliaci, nebylo tedy možné porovnat její změnu mezi lety 2011 a 2016. Současný zdravotní stav, který byl hodnocen na základě metodiky SANASILVA Kronenbilder (1986), je ale možné považovat za mírně zhoršený napříč proveniencemi a to spolupůsobením sypavek a sucha. Nejnižší tloušťkový přírůst a nejvyšší defoliaci vykazovaly provenience 1010, 1067 a obdobně jako u KŠÍRA et al. (2015) 1021 – D'arcy. Všechny tři byly vyhodnoceny jako nevhodné pro následující využití v podmínkách výzkumné plochy Hůrky. Naopak provenience 1069 – North Bend, 1075 – Enumclaw

a 1089 – Cathlamet, které byly vybrány již v minulém hodnocení za vhodné je možné doporučit pro další využití především díky nadprůměrně kvalitní produkci, s nezměněným tloušťkovým přírůstem a minimálním poškozením způsobeným sypavkami během zkoumaného období. Na ploše se též nacházela i řada proveniencí vykazující nadprůměrné produkční schopnosti, například 1036 – Alberni či 1061 – Louella, ale vykazující zhoršený zdravotní stav. Vzhledem k jejich původu z přímořských oblastí Britské Kolumbie a Washingtonu, které bývají náchylnější vůči suchu a mrazům se dá očekávat zhoršování i v budoucích letech. I přes toto zjištění je na základě výsledků metody SimpleAverage možné využití provenience 1061 doporučit.

Z dalších kvantitativních znaků, které byly v minulosti zjišťovány bylo možné porovnat trend vývoje výškového přírůstu. V roce 2011 byly KŠÍREM et al. zjištěny jako nejnižší provenience 1028 a 1078. Výsledky práce s tímto korespondují a též potvrzují i slabší růst dalších proveniencí jako jsou například 1067 – Skykomish či 1010 – Barriere. Při porovnání faktoru průměrný objem se výsledky měření taktéž shodují (nejvyšší objem zjištěn u provenience 1075), naopak druhý nejmenší průměrný objem (nejnižší 1028 – 0,21 m³) byl nově zjištěn u provenience 1067 – Skykomish namísto 1078 – Cle Elum.

Některé provenience zkoumané v rámci výzkumné plochy Hůrky jsou zastoupeny například v Nizozemí. EILMANN et al. (2013) zjišťoval vhodnost proveniencí vzhledem k budoucím změnám klimatu. 4 z 18 zkoumaných proveniencí, které se nacházejí i na Hůrkách (1025, 1050, 1069, 1100) byly hodnoceny zcela opačně vůči našim podmínkám, nejspíše z důvodu odlišných přírodních poměrů. Provenience 1025, která na Hůrkách patřila spíše k podprůměru, byla v Nizozemí vybrána jako jedna z potencionálních variant díky vysoké produktivitě. Její nevýhodou byla ale nižší odolnost vůči suchu. Jedna z vhodných proveniencí pro budoucí využití 1069 – North Bend, naopak vykazovala vysoké ovlivnění suchými periodami.

Provenienčními výzkumy se zabývali také v Bulharsku (PETKOVA, 2011; PETKOVA et al., 2014; POPOV, 2014). Z posledních výsledků zhodnocení zdravotního stavu 24letého porostu je patrné, že pobřežní variety a variety pocházející z Oregonu a Washingtonu prokazují v tamních podmínkách lepší růst než provenience vnitrozemské. Mezi nejlépe hodnocené patří Newhalem či Darrington, které obě pochází z pro nás doporučených semenářských oblastí Skagit v západní části Kaskád (původní semenářské oblasti 402, 403). Obě se jeví v Bulharsku jako vhodné pro budoucí zalesňování. Kromě nadprůměrného růstu byla u těchto proveniencí zjištěna i větší odolnost vůči napadení

sypavkami (PETKOVA et al., 2014). Podobných výsledků dosahovala i pobřežní provenience Brookings ze semenářské oblasti 1 v Oregonu, ze které ale není vhodné osivo do našich podmínek importovat. Sypavky jsou limitujícím faktorem pro pěstování douglasek na výzkumných plochách v Bulharsku. Poprvé byly nalezeny skotská i švýcarská sypavka na zkoumané ploše v 17 letech (GEORGIEVA, 2009). Výskyt byl potvrzen především u vnitrozemských proveniencí. V 24letém porostu již byla švýcarská sypavka potvrzena napříč celou plochou (PETKOVA et al., 2014). Poškozeny byly hlavně vnitrozemské provenience (téměř jedna třetina stromů již odumřela) a 10 % jedinců bylo hodnoceno defoliací více jak 60 %. Mezi nejhorší hodnocené provenience patřili Keremeos, Whitefish, Bates či Canyon City, které ale nepocházely z doporučených semenářských oblastí pro import do Česka. Všechny vykazovaly typické symptomy napadení sypavkou jako jsou chlorotizace, řídnutí koruny a snížená vitalita (PETKOVA et al., 2014).

Ze sousedních států hodnotili dopad švýcarské sypavky ŁAKOMY et IWAŃCZUK (2010) v Polsku. I přesto, že se u nich nejedná o důležitý taxon z hlediska lesního hospodářství, byla švýcarská sypavka nalezena na 3 z 11 zkoumaných ploch. Ve vysoce infikovaných porostech došlo u 90 % stromů k defoliaci větší než 45 %. Zajímavým zjištěním bylo, že větší infekční tlak byl v porostu starším (35 let) než mladším (17 let). To nekoresponduje s častým tvrzením autorů o hlavním výskytu v mladších porostech, především ve věku 10-30 let (BUTIN, 1995; HANSEN et al., 2000; MAGUIRE et al., 2002). Částečně to potvrzují i výsledky této práce, kde u některých proveniencí docházelo k vysokému infekčnímu tlaku i ve věku téměř 50 let. Zároveň to nevyvrací tvrzení, že švýcarská sypavka je nejnebezpečnějším faktorem pro mladé výsadby douglasek, což je podloženo i řadou publikovaných výsledků (HANSEN et al., 2000; MAGUIRE et al., 2002, HOOD et KIMBERLEY, 2005). Také ŁAKOMY et IWAŃCZUK (2010) našli obdobně jako na výzkumné ploše Hůrky odumírající jedince či jedince již odumřelé. Je ale potřeba uvést, že k odumírání stromů nedošlo pouze působením sypavek, ale dlouhodobým stresem, který je v posledních letech na porost vyvíjen (suchem či dalšími patogeny).

Názory autorů o skutečném dopadu patogenu na zdravotní stav a růst douglasek se často rozcházejí. Na řadě míst bylo snížení přírůstu pozorováno (například Německo či USA). Pro představu HANSEN et al. (2000) resp. MAGUIRE et al. (2002) tvrdí snížení přírůstu na území Severní Ameriky (Oregon) v mladých douglaskových porostech o 25 - 35 %. Na Novém Zélandu KIMBERLEY et al. (2011) přes 30 %. Samozřejmě není možné tyto hodnoty porovnávat, zejména z důvodu odlišného klimatu (například

i nejnižší průměrné srážky na Novém Zélandu převyšují srážky pobřežních částí Severní Ameriky) a jiných například topografických podmínek, ale pro představu k jaké redukci přírůstu působením sypavek může docházet postačují. Vliv sypavky na přírůst byl nepřímo potvrzen i v rámci této práce, kdy byl zjištěn statisticky významný vliv mezi diferencí tloušťkového přírůstu a defoliací, který ukázal, že více defoliované proveniencie vykazují nižší přírůst. Kromě tohoto vlivu byla defoliace koruny významně ovlivněna objemem hodnoceného stromu, přičemž tento vztah měl nepřímo úměrný charakter. V některých případech stromy s vyšším objemem ve zkoumaném období nepřirůstaly a projevovala se u nich silná defoliace.

V zcela odlišných podmínkách byl hodnocen dopad patogenu i na Novém Zélandu (HOOD et KIMBERLEY, 2005; KIMBERLEY et al., 2011). HOOD et KIMBERLEY (2005), kteří hodnotili v období, kdy se švýcarská sypavka stále šířila Novým Zélandem (v severní části ostrova trvala expanze 10 let, v jižní 20), vybrali 7 proveniencí a 7 lokalit (jedna proveniencie byla vybrána velice podprůměrná pro zobrazení kontrastu výsledků). Na 4 lokalitách byla zjištěna silná infekce patogenem (na více jak 80 % jehlic byly nalezeny plodnice). Jednalo se zejména o lokality v severní části ostrova. Výsledek uvádí téměř nulové rozdíly mezi odolností proveniencí vůči patogenu, lišila se pouze innzita napadení posledního ročníku jehlic. Práce též potvrdila tvrzení HANSENA et al. (2000), podle kterého dochází vytvářením většího množství plodnic a ucpáním průduchů ke zhoršení funkce asimilačních orgánů fotosyntetizovat. KIMBERLEY et al. (2011), který hodnotil dopad na růst a ekonomické ztráty zapříčiněné sypavkou v dospělém porostu, nepřímo potvrzuje, že se jedná o nejvýznamnějšího primárního patogena poškozující douglasky na Novém Zélandu. Potvrdil důležitost klimatických faktorů, které hrají roli v šíření sypavky (důkazem působení v severnější části ostrova) a že vyšší teplota koreluje s většími ztrátami na přírůstu. Stanovil také dobu při které dochází k největšímu poklesu přírůstu douglasek na 8 - 15 let. Tato doba se dá chápat i jako období od počátku šíření po maximální intezitu infekčního tlaku. Bude tedy zajímavé sledovat vývoj poškození porostů na výzkumné ploše Hūrky, kde byl patogen poprvé přímo potvrzen v roce 2011 (PEŠKOVÁ et MODLINGER *in verb*).

Resistentní schopnost určitých proveniencí může ovlivnit i časnost rašení. Jedná se o důležité adaptivní znaky, které určují délku vegetačního období a náchylnost k poškození mrazem. CAMPBELL et SORENSEN (1973) prokázali, že zpožděním o jeden týden v nasazování pupenů může zvýšit náchylnost vůči poškození mrazem. Jako hlavní faktory doby rašení se ukázaly nadmořská výška, zeměpisná šířka, délka a vzdálenost

od oceánu (CAMPBELL et SORENSEN 1973; BERAN et al., 2016) Pobřežní provenience raší později (v půlce května), než je tomu v případě proveniencí vnitrozemských, které raší již v půlce dubna. BOYCE (1961) ve své publikaci zmiňuje, že je to jedním z důvodů, proč jsou variety pobřežní odolnější vůči působení sypavek, jelikož k masivní tvorbě plodnic dochází dříve než pobřežní variety vyraší. WHITE (1987) ex LAVENDER et HERMANN (2014) zvažuje vliv brzkého rašení a tím dřívější vstup do dormance jako možné vysvětlení větší odolnosti vůči suchu u populací pocházejících z vyšších nadmořských výšek.

Určit hlavní příčiny, proč se v posledních letech sypavky zejména švýcarská sypavka douglasky uvádí jako nejvážnější patogen poškozující douglasky (KIMBERLEY et al., 2011), je obtížné. Jedním z možných vysvětlení mohou být klimatické modely, které ukazují na změny klimatu, které vede k oslabení dřevin a následnému zvýšení napadení stromu sypavkami. Potvrzuje to i HANSEN et al., (2000), který především vyzdvihuje důležitost volby správné provenience. V pobřežní části Oregonu, kde je nyní již více než 120 tisíc ha porostů napadených sypavkou, došlo nejspíše k volbě proveniencí z vyšších nadmořských výšek a z porostů s menší přirozenou odolností vůči působení patogenu (nejspíše se jednalo částečně o vnitrozemské provenience). Práce však nehodnotila defoliaci stromů pro možné srovnání, ale pouze potvrdila výskyt a rozsah napadení patogenem. Důležitým faktorem se jeví i místo, kde se náhradní výsadba provádí. K nejzávažnějším škodám totiž dochází na bývalých porostech po *Picea Sitchensis* či tvrdých dřevinách (olše a tsuga).

Největší riziko představují sypavky pro Severní Ameriku, kde došlo k největšímu rozšíření především v druhé polovině dvacátého století (HANSEN et al., 2000). Částečně jsou ohroženy porosty Nového Zélandu, hlavně v severnějších částech ostrova, kde bývají stromy silně infikované (HOOD et KIMBERLEY, 2005). V Evropě se zatím nejedná o tak závažný problém, i když první výsledky ukazují na ztráty v místech nepůvodního areálu výskytu douglasek (HANSEN et al., 2000).

V současné době neexistují provenience, které by byly vůči působení sypavek odolné (HOOD et al., 1990; BASTIEN et al., 2013), proto je nejdůležitějším krokem vybrat ty provenience, které se jeví jako odolnější a produkčně kvalitní. Z proveniencí na výzkumné ploše Hůrky je vhodné vyzdvihnout především tyto: 1069 – North Bend a 1089 – Cathlamet. Podprůměrně vyšly z hodnocení dvě standardní provenience IUFRO (1028 a 1078), které patří mezi vůbec ty nejhůře rostoucí a nejvíce defoliované.

Dosavadní výsledky výzkumů ukazují zejména nevhodnost variety *glauca* pro introdukci mimo přirozený areál výskytu (tedy i do Čech) a to z těchto důvodů: její produkční schopnost je v našich podmínkách nižší a vnitrozemské provenience jsou vysoce náchylné vůči působení sypavek. Zároveň je, ale potřeba říci, že hodnocení většiny výzkumných ploch IUFRO bylo u pobřežních proveniencí pozitivní, zatímco v Česku jsou výsledky poněkud zdrženlivé, což souvisí s již zmíněnými škodlivými klimatickými vlivy, jako jsou pozdní jarní mrazy či fyziologické sucho. Výsledky z mnoha částí Evropy, také ukazují některé provenienční oblasti, které by mohly být při dovozu osiva preferovány (jedná se zejména o západní Washington a severozápadní Oregon) (ŠINDELÁŘ et BERAN, 2004; LAVENDER et HERMANN, 2014). Kromě výběru vhodné provenience může být částečným řešením, jak infekční tlak redukovat i výběr a odstranění nejvíce infikovaných jedinců z porostu a tím změna vnitřních klimatických podmínek v porostu a podpora růstu zdravých stromů (PETKOVA et al., 2014).

S problémem posledních let, kdy se v Česku začínají projevovat dopady sušších období, vyvstává ještě jedno zásadní fytopatologické riziko, které bylo zaznamenáno i na provenienční ploše Hůrky. Je jím houba *Armillaria ostayae* (Romagn.) Herink (václavka smrková). Jedinci se zhoršeným zdravotním stavem, zejména stromy odumřelé byly téměř v 80 % případech houbou napadeny (potvrzeno nálezem syrocia). Podobná situace je dobře zaznamána v případě smrkových porostů, které je možné brát jako vhodný ukazatel možného rizika. Hlavní problém způsobují tzv. přísušky, kdy po výrazném fyziologickém oslabení dřeviny dochází k akutnímu průběhu onemocnění. Ukázkou může být například kalamitní prosychání smrku ve Slezsku či na Severní Moravě v 90. letech minulého století (SOUKUP, 2005). A jelikož se jedná i o dobře známý patogen škodící v Severní Americe (HAGLE, 2010), je s jeho možným potenciálem, poškozovat bazální část kmene a znehodnocovat dříví, potřeba počítat.

Především z důvodu klimatických změn, které nás v posledních letech provází byla v rámci výzkumu zvolena jako kontrolní provenience pro statistické výpočty 1102 Upper Soda pocházející z jižní a spíše vnitrozemské části areálu douglasky. Jedná se o provenienci patřící mezi pět standardů IUFRO, které by měly být zastoupeny na všech plochách mezinárodního provenienčního výzkumu (ŠIKA, 1974). Výhodou této sorty douglasky by měla být vyšší odolnost k suššímu a teplejšímu podnebí. Vzhledem k předpokládaným změnám klimatu, které se ve středoevropských podmínkách pravděpodobně budou projevovat posunem průměrných teplot k vyšším hodnotám, ale zejména rozkolísaností srážek a snížením celkového ročního úhrnu, mají právě tyto

provenience vyšší potenciál pro uplatnění. Jejich nevýhodou je však menší produkční schopnost či především jejich nižší odolnost vůči působení sypavek, což potvrzuje i řada autorů (MUSIL et HAMERNÍK, 2007; BASTIEN et al., 2013).

6. Závěr

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit zdravotní stav mezinárodní výzkumné plochy Hůrky, k čemuž byla vybrána jako hodnotící kritérium defoliace. Kromě defoliace byla na ploše měřena výška, výčetní tloušťka, objem a zjištěno výškové postavení jedince. Předmětem šetření byly hodnocení houbových patogenů především sypavek, jejichž výskyt byl na ploše potvrzován již několik předchozích let. Kromě hodnocení zdravotního stavu byla též sledována sporulace sypavek pomocí lapače spor Burkardova typu, životní cyklus sypavek a zohledněna další potencionální fytopatologická rizika.

Na výzkumné ploše byl potvrzen výskyt sypavek rodu *Phaeocryptopus* a *Rhabdocline*. Období s nejvyšší intenzitou sporulace bylo stanoveno v případě *Rhabdocline pseudotsugae* na červen resp. u *Phaeocryptopus gaeumanii* přelom června a července, což koresponduje se zahraničními autory.

Zjištěná defoliace ukazuje na mírně zhoršený zdravotní stav provenienční plochy. Defoliace byla významně ovlivněna objemem, který u nejvíce defoliovaných jedinců zřídka dosahoval 1 m³. Byl prokázán její statisticky významný vliv na tloušťkový přírůst, který byl zhoršeným zdravotním stavem redukován. K podobným závěrům dospěli i autoři v Severní Americe a na Novém Zélandu.

Ze zkoumaných proveniencí je potřeba vyzdvihnout následující: 1061 – Louella, 1069 – North Bend, 1075 – Enumclaw a 1089 – Cathlamet. Všechny zmíněné provenience pocházejí z Washingtonu a zůstaly oproti měření z roku 2011 stále produkčně kvalitní, dokonce byly působením sypavek téměř neovlivněné. Jeví se tedy vhodné na stanovištích s obdobnými klimatickými, půdními a topografickými podmínkami preferovat provenience pocházející právě z těchto oblastí. Naopak mezi nevhodné provenience patří kromě dvou standardů IUFRO též 1010 - Barriere, 1021 – D'arcy a 1067 – Skykomish. Ty prokazují kromě nižších růstových změn, také výrazně zhoršený zdravotní stav. Nevhodnost provenience 1021 je podložena zjištěním, že i při průměrné hodnotě objemu, která měla vykazovat střední míru defoliace, byla zjištěná defoliace velmi vysoká.

Výsledky korespondují s hodnocením z roku 2011, kromě provenience 1036 – Alberni, která patřila v minulém hodnocení mezi nejlepší a nyní byl její zdravotní stav

prokazatelně zhoršen. Ze standardů IUFRO dosáhla nejlepších výsledků 1081 – Alder Lake, která ale vykazuje také horší zdravotní stav.

Kromě sypavek a působení fyziologického sucha představuje pro douglasky možné riziko i houba *Armillaria ostoyae*, která se na ploše vyskytovala zatím, jako sekundární škodlivý činitel na odumírajících či již odumřelých jedincích.

Vzhledem k předpokládaným změnám klimatu, které se ve střeoevropských podmínkách pravděpodobně bude projevovat nejen nárůstem teplot, ale zejména rozkolísaností srážek a snížením jejich celkového ročního úhrnu, by bylo vhodné přehodnotit závěry z let minulých o vhodných oblastech pro dovoz osiva. Variantou by mohly být provenience pocházející z jižní a spíše vnitrozemské části areálu douglasky (především pro oblasti s častějším obdobím suchých period) u kterých by měla být výhodou vyšší odolnost k suššímu a teplejšímu podnebí.

Kromě sucha je u pobřežních proveniencí problémem i větší náchylnost vůči časným mrazům, respektive nižším teplotám. Mohlo by tedy být zajímavým podmětem pro výzkum založit plochy proveniencí pocházejících spíše z vnitrozemských oblastí, které se jeví v budoucnu jako vhodnější do našich podmínek. Důvodem jejich přehlížení v našich podmínkách byla jejich nižší produkční schopnost a především nižší odolnost vůči působení sypavek.

Současné studie ukazují na schopnost lesních ekosystémů se s introdukcí douglasky ve Střední Evropě vypořádat vcelku zdárně. Je ale potřeba počítat s určitými riziky, které by mohly nastat. Jedním z nich by mohly být houbové patogeny, například dřevokazným houbám nebyla na území Evropy věnována téměř žádná pozornost. Může být jen otázkou času, kdy se díky spolupůsobení různých faktorů dočkáme i první větší disturbance v Evropě, kde je douglaska považována za nejperspektivnější introdukovanou dřevinu. I proto by bylo vhodné se touto problematikou nadále zabývat.

7. Seznam literatury a použitých zdrojů

- BERAN, F. Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. *Zprávy lesnického výzkumu*, 1995, 40.3-4: s. 7-13.
- BERAN, F. Douglaska tisolistá v ČR – Biologie, genetika, provenienční výzkum. In *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Lesnická práce, 2014. s. 22-47.
- BARTOŠ, J.; KACÁLEK, D. Douglaska tisolistá–dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2011, 56.2011: 6-13.
- BASTIEN, J.-C.; SANCHEZ, L.; MICHAUD, D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: *Forest Tree Breeding in Europe*. Springer Netherlands, 2013. s. 325-369.
- BLACK, B. A.; SHAW, D. C.; STONE, J. K. Impacts of Swiss needle cast on overstory Douglas-fir forests of the western Oregon Coast Range. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259.8: s. 1673-1680.
- BRUS, D. J.; HENGEVELD, G. M.; WALVOORT, D. J. J.; GOEDHART, P. W.; HEIDEMA, A. H.; NABUURS, G. J.; GUNIA, K. Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 2012, 131.1: s. 145-157.
- BUŠINA, F. Natural regeneration of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in forest stands of Training Forest District Hůrky, Higher Forestry School and Secondary Forestry School in Písek. *Journal of Forest Science*, 2007, 53 (1): s. 20–34.
- BUTIN, H. Tree diseases and disorders. *Causes, biology and control in forest and amenity trees*. Oxford University Press, New York, Tokyo, 1995. 252 s.
- CAMPBELL, R.K.; SORENSEN, F.C. Cold-acclimation in seedling Douglasfir related to phenology and provenance. *Ecology*, 1973, 54: s. 1148–1151.
- CATAL, M.; ADAMS, G. C.; FULBRIGHT, D. W. Evaluation of Resistance to Rhabdocline Needlecast in Douglas Fir Variety Shuswap, with Quantitative Polymerase Chain Reaction. *Phytopathology*, 2010, 100.4: s. 337-344.
- CRAWLEY, M. The R Book. New York, John Wiley & Sons, 2007, 950 s.

- DANCKELMANN, B. Die Ergebnisse der in den Preussischen Staatsforster ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 1884, 16(6): s. 289-315.
- DIMINIĆ, D.; GRŠKOVIĆ, M.; MOZER, A. Fungal diseases of coniferous trees in plantations in North Adriatic area of Croatia. *Glasnik za Šumske Pokuse*, (SPEC. ISS. 5), 2016. s. 355-364.
- EDWARDS, M. V. The design, layout and control of provenance experiments. *Silvae Genetica*, 1956, 5: s. 169-181.
- EILMANN, B.; DE VRIES, S. M. G.; DEN OUDEN, J.; MOHREN, G. M. J.; SAUREN, P.; SASS-KLAASSEN, U. Origin matters! Difference in drought tolerance and productivity of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)) provenances. *Forest Ecology and Management*, 2013, 302: s. 133-143.
- GERNANDT, D. S.; CAMACHO, F. H.; STONE, J. K. *Meria laricis*, an Anamorph of *Rhabdocline*. *Mycologia*, 1997, Vol. 89, No. 5: s. 735-746.
- GEORGIEVA, M. Diseases on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and their influence on the species introduction in Bulgaria. 2009. PhD Thesis. Ph. D. Thesis.] Sofia, Forest Research Institute–BAS: 134 s..(in Bulgarian).
- HANSEN, E.M. Forest pathogens of N.W. North America and their potential for damage in Britain. *Forest Record - UK Forestry Commission*, 1985, 129: 14 s.
- HANSEN, E. M.; STONE, J. K.; CAPITANO, B. R.; ROSSO, P.; SUTTON, W.; WINTON, L. Incidence and Impact of Swiss Needle Cast in Forest Plantations of Douglas-fir in Coastal Oregon. *Plant Disease*, 2000, 84.7: s. 773-778.
- HART, V.; HARTOVÁ, M.; TAUCHMAN, P. Analysis of herbicide effects on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) natural regeneration. *Journal of Forest Science*, 2010, 56 (5): s. 209–217.
- HERMANN, R. K.; LAVENDER, D. P. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: *Silvics of North America*. Volume 1. Conifers. USDA, Forest Service, *Agriculture Handbook 654*, Washington, D.C, 1990. 675 s.
- HINTZE, J. L. *NCSS 8*. Kaysville : NCSS, 2012. 2823 s.
- HOFMAN, J. *Pěstování douglasky*. 1. vydání, Praha, 1964. SZN, 254 s.

- HOLAH, C. J.; WILSON, V. M.; HANSEN, M. E. Impacts of a native root-rotting pathogen on successional development of old-growth Douglas fir forests. *Oecologia*, 1997, 111: s. 429-433.
- HOOD, I.A.; SANDBERG, C.J.; BARR, C.W.; HOLLOWAY, W.A.; BRADBURY, P.M. Changes in needle retention associated with the spread and establishment of *Phaeocryptopus gaeumannii* in planted Douglas-fir. *Eur. J.For. Path*, 1990, 20: s. 418–429.
- HOOD, I. A.; KIMBERLEY, M. O. Douglas fir provenance susceptibility to Swiss needle cast in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 2005, 34.1: 57-62.
- KANTOR, P.; BUŠINA, F.; KNOTT, R. Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) a její přirozená obnova na školním polesí Hůrky středních lesnických škol Písek. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2010, 55 (4): 251–263.
- KIMBERLEY, M. O.; HOOD, I. A.; KNOWLES, R. L. Impact of Swiss needle-cast on growth of Douglas-fir. *Phytopathology*, 2011, 101.5: s. 583-593.
- KOCH, J.; THOMSEN, I. M. *Serpula himantoides*, *Heterobasidion annosum* and *Calocera viscosa* as butt rot fungi in a Danish Douglas-fir stand. *Forest Pathology*. 2003, 33: s. 1-6.
- KONŠEL, J. Stručný nástin tvorby a pěstění lesů v biologickém ponětí. Písek, Matice lesnická, 1931, 552 s.
- KRAHL – URBAN, J. Die Eichen. Forstliche Monographie der Ttraubeneiche und der Stieleiche. Hamburg a Berlin, Paul Parey Verlag, 1959. 288 s.
- KŠÍR, J.; BERAN, F.; PODRÁZSKÝ, V.; NOVOTNÝ, P.; DOSTÁL, J.; KUBEČEK, J. Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na lokalitě Hůrky v jižních Čechách ve věku 44 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2015, 60 (2). s. 104-114.
- KUBEČEK, J.; ŠTEFANČÍK, I.; PODRÁZSKÝ, V.; LONGAUER, R. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnícky časopis-Forestry Journal*, 2014, 60 (2): 120–129.

- LAVENDER, D.P.; HERMANN, R.K. *Douglas-fir*. The genus *Pseudotsuga*. Corvallis, Oregon; Oregon State University, College of Forestry, Forest Research Laboratory, 2014. 352 s.
- Lesnický naučný slovník*. Monografie, Ministerstvo zemědělství České republiky Praha, vydal Agropoj Praha, 1994. 743 s.
- LHP. Textová část LHP pro LHC Školní polesí Hůrky, 2009, platnost 1. 1. 2010–31. 12. 2019.
- MAGUIRE, D. A.; KANASKIE, A.; VOELKER, W.; JOHNSON, R.; JOHNSON, G. Growth of young Douglas-fir plantations across a gradient in Swiss needle cast severity. *Western Journal of Applied Forestry*, 2002, 17.2: s. 86-95.
- MANTER, D. K.; REESER, P. W.; STONE, J. K. A climate-based model for predicting geographic variation in Swiss needle cast severity in the Oregon Coast Range. *Phytopathology*, 2005, 95.11: s. 1256-1265.
- MAUER, O.; HOUŠKOVÁ, K. Stav a vývin kořenového systému douglasky tisolisté na lesních půdách. In *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Lesnická práce, 2014. s.144-167.
- MELOUN, M.; MILITKÝ, J.; HILL, M. *Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech*. 1. vyd. Praha : Academia, 2005. 449 s.
- MORGENSTERN, K.; DÖRING, M.; KRABEL, D. Rhabdocline needle cast—investigations on various Douglas fir tissue types. *European journal of plant pathology*, 2013, 137.3: s. 495-504.
- MORGENSTERN, K.; POLSTER, J-U.; KRABEL, D. Genetic variation between and within two populations of Rhabdocline pseudotsugae in Germany. *Canadian Journal of Forest Research*, 2016, 46.5: s. 716-724.
- MUSIL, I.; HAMERNÍK, J. Jehličnaté dřeviny. Přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin. *Lesnická dendrologie 1.*, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. 177 s.
- MUSIL, I.; HAMERNÍK, J. Jehličnaté dřeviny. Přehled nahosemenných i výtrusných dřevin. *Lesnická dendrologie 1.*, Academia Praha, 2007. 352 s.

- NOVÁK, J.; SLODIČÁK, M.; KACÁLEK, D.; DUŠEK, D.; ŠIMERDA, L. Tvorba porostních směsí s douglaskou tisolistou. In *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Lesnická práce, 2014. s.94-111.
- NOŽIČKA, J. Introdukce douglasky v českých zemích. Zbraslav-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 1961. 55 s.
- OGRIS, N.; JURC, D. Tree diseases determined by the reporting, prognostic and diagnostic service for forests in Slovenia 1982 - 2012. *Acta Silvae et Ligni*, 2013, 102: s. 31-42.
- PAULE, L. Genetika a šľacht'enie lesných drevín. Bratislava, Príroda: 1992, 304 s.
- PEKÁR, S.; BRABEC, M. Moderní analýza biologických dat 1. Praha, Scientia, 2009, 225 s.
- PEŠKOVÁ, V. Rhabdocline pseudotsugae Sydow. Skotská sypavka douglasky. *Lesnická práce*, 2003, 82 (11): příloha [4 s.]
- PEŠKOVÁ, V.; ČÍŽKOVÁ, D. *Lesnická fytopatologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 109 s.
- PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F.; KNÍŽEK, M. Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *Lesnická Práce*, 2016, 4: příloha [8 s.].
- PETKOVA, K. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at age 20. *For Ideas*, 2011, 17.2: 42 s.
- PETKOVA, K.; GEORGIEVA, M.; UZUNOV, M. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at the age of 24 years. *Journal of Forest Science*, 2014, 60.7: s. 288-296.
- PLACHKÁ, E.; POSLUŠNÁ, J. Signalizace výskytu fomové hniloby brukvovitých/ fomového černání stonku řepky v řepce olejce ozimé. Nakladatelství Agritec. Šumperk, 2012. 44 s.
- PODRÁZSKÝ, V.; KUBEČEK, J. Může douglaska tisolistá nahradit chřadnoucí smrk?. *Lesnická práce*, 2014, 93.6: s. 14-19.

- PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2008, 53: s. 29-36.
- PODRÁZSKÝ, V.; KUBEČEK, J.; ČERMÁK, R.; ŠTEFANČÍK, I. Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled. In: Baláš, M. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*. , Kostelec nad Černými lesy 2. – 3. 7. 2013. Praha, ČZU, 2013: s. 192–203.
- POPOV, E. B. Results of 20 years old Douglas-fir provenance experiment established on the northern slopes of Rila Mountain in Bulgaria. *Journal of Forest Science*, 2014, 60.9: s. 394-399.
- SAKAI, A.; WEISER, C.J. Freezing resistance of trees in North America with reference to tree regions. *Ecology*, 1973, 54(1): s. 118-126.
- SCHMID, M.; PAUTASSO, M.; HOLDENRIEDER, O. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European journal of forest research*, 2014, 133.1: s. 13-29.
- SLODIČÁK, M.; BERAN, F.; NOVÁK, J.; KACÁLEK, D. Douglaska tisolistá a její místo v lesním hospodářství ČR. In *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Lesnická práce, 2014. s. 8-19.
- SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J.; KACÁLEK, D.; DUŠEK, D. Péče o porostys douglaskou tisolistou. In *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Lesnická práce, 2014a. s. 114-141.
- ŠIKA, A. První výsledky mezinárodního provenienčního pokusu s douglaskou v Čechách. *Časopis Slezského muzea*, 1974. 23: s. 111-136.
- ŠIKA, A. Present results of the international provenance experiment of IUFRO with Douglas-fir in the CR. *Comm. Inst. For. Čech.*, 1981. 12: s. 83-101.
- ŠINDELÁŘ, J.; BERAN, F. K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté (orientační studie). Jíloviště-Strnady, VÚLHM: Lesnický průvodce, 2004, 3, 34 s.
- SOUKUP, F. *Armillaria ostoyae* (ROMAGN.) HERINK václavka smrková. *Lesnická práce*, 2005, 84.(10): příloha [4 s.].

- TARRANT, R. F. Effects of slash burning on some soils of the Douglas-fir region. *Soil Science Society of America Journal*, 1956, 20.3: s. 408-411.
- TEMEL, F.; JOHNSON, G. R.; STONE, J. K. The relationship between Swiss needle cast symptom severity and level of *Phaeocryptopus gaeumannii* colonization in coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Forest Pathology*, 2004, 34.6: s. 383-394.
- THIES, WALTER, G.; STURROCK, R. N. Laminated root rot in western North America.. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-349. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. In cooperation with: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre. 1995. 32 s.
- VAŠÍČEK, J. Douglaska tisolistá v číslech. In *Douglaska, dřevina roku 2014*. Sborník z konference. 2.-3.9 2014, zámek Křtiny. Praha, Česká lesnická společnost, 2014. s. 20-25.

Internetové zdroje

- Česko. Vyhláška č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnicky významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). In: Sbírká zákonů. 23. 5. 2003. ISSN 3279-3294. Dostupné z WWW:< <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4141>>
- Forest health protection. Schweinitzii Root and Butt Rot. Red-brown cubical root and butt rot of conifers. 2011. 2 s. [cit. 2017-01-29]. Dostupné z WWW: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5347109.pdf
- HAGLE, S., K. Management Guide for *Armillaria* Root Disease. *Armillaria ostoyae* (Romagnesi) Herink. 2010. 23 s. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z WWW: <https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5187208.pdf>
- Ministerstvo zemědělství . Metodická informace k pravidlům přenosu reprodukčního materiálu douglasky tisolisté a jedle obrovské z USA a Kanady. 2016. 3 s. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z WWW:

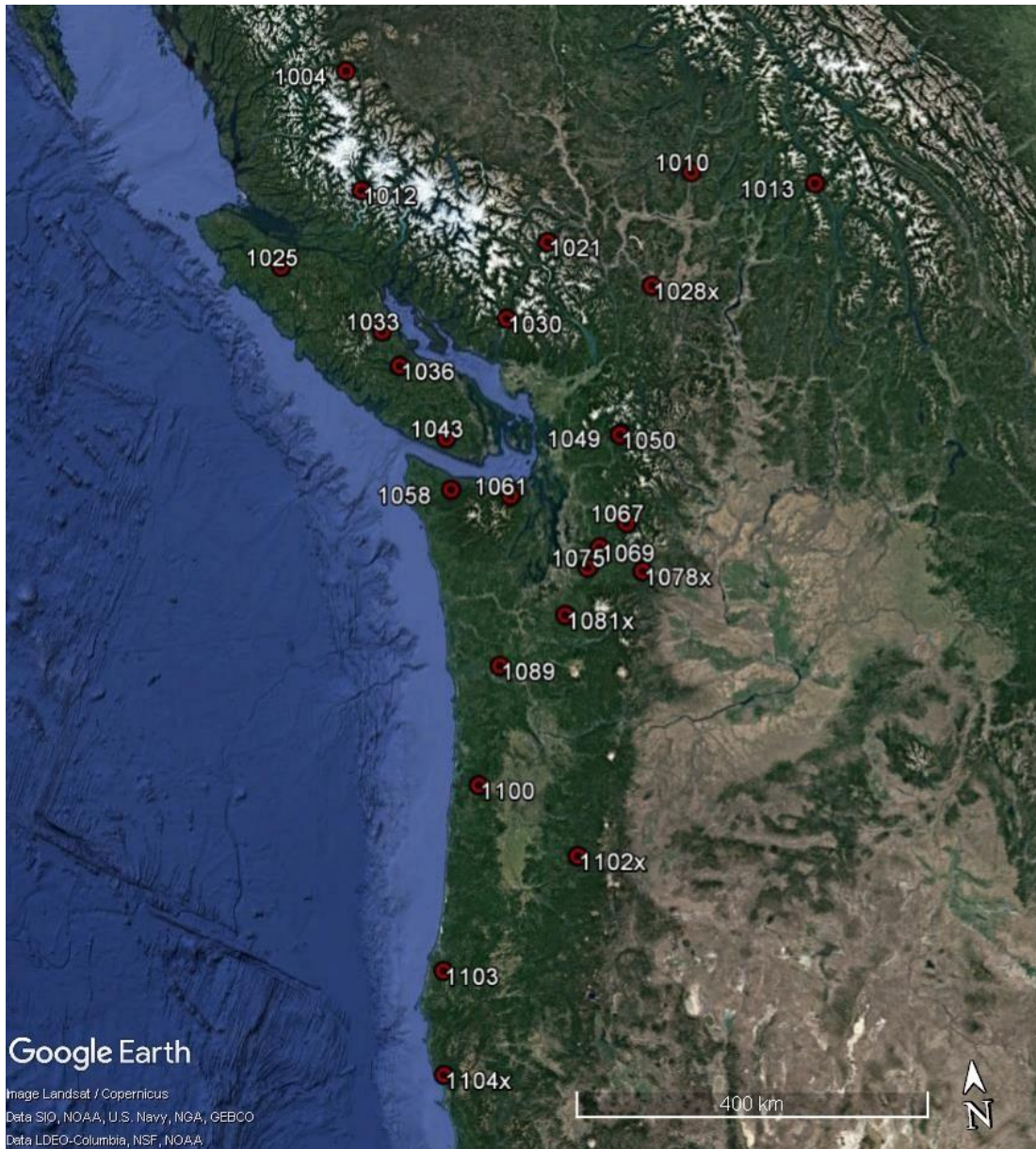
http://www.vulhm.cz/sites/files/Informatika/Narodni_program/Metodicka_informace.pdf

R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné z WWW:<
<https://www.R-project.org/>>

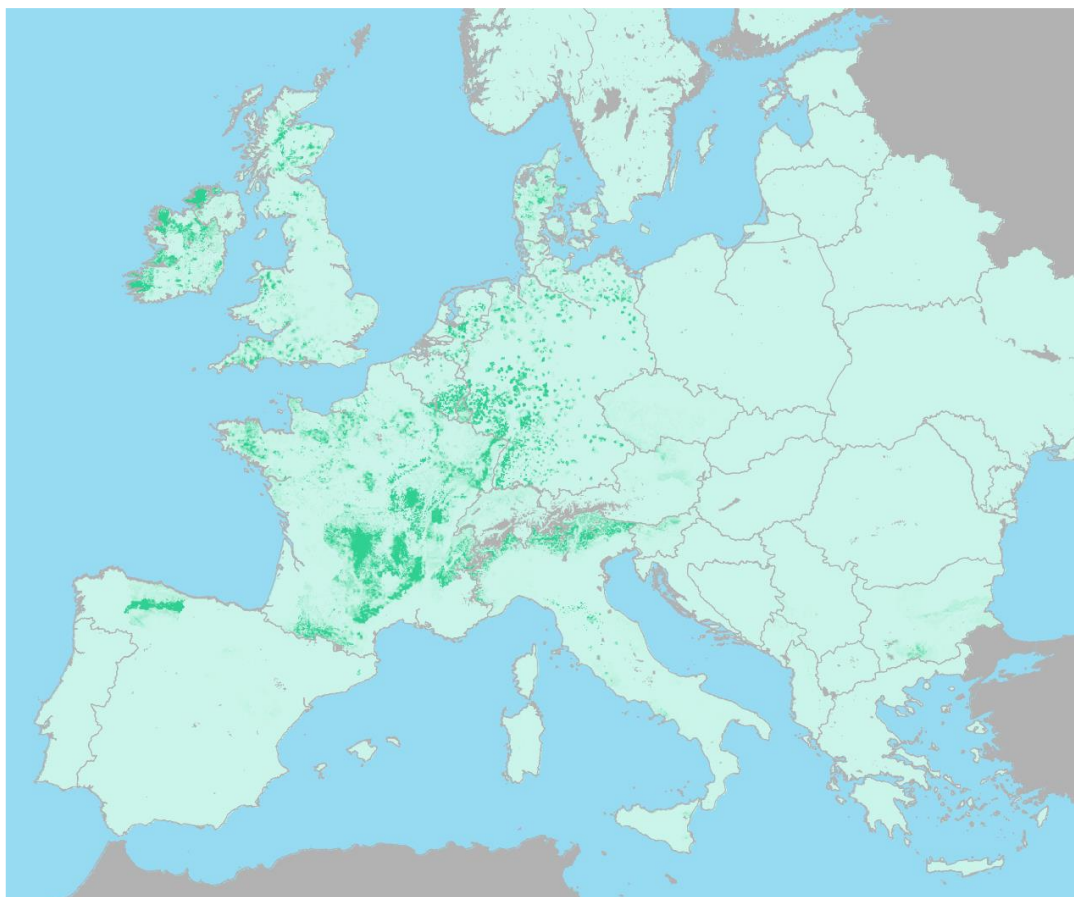
8. Seznam příloh

Příloha 1 Mapa zkoumaných proveniencí na ploše Hůrky v přirozeném areálu výskytu na západě Severní Ameriky; zdroj – Google Earth Pro.....	74
Příloha 2 Rozšíření douglasky tisolisté v Evropě; zdroj - BRUS et al., 2011	75
Příloha 3, 4 Defoliované douglasky na výzkumné provenienční ploše Hůrky; foto – R. Modlinger.....	75
Příloha 5 Nejvyšší výskyt askospor houby <i>Phaeocryptopus gaeumanii</i>	76

9. Přílohy



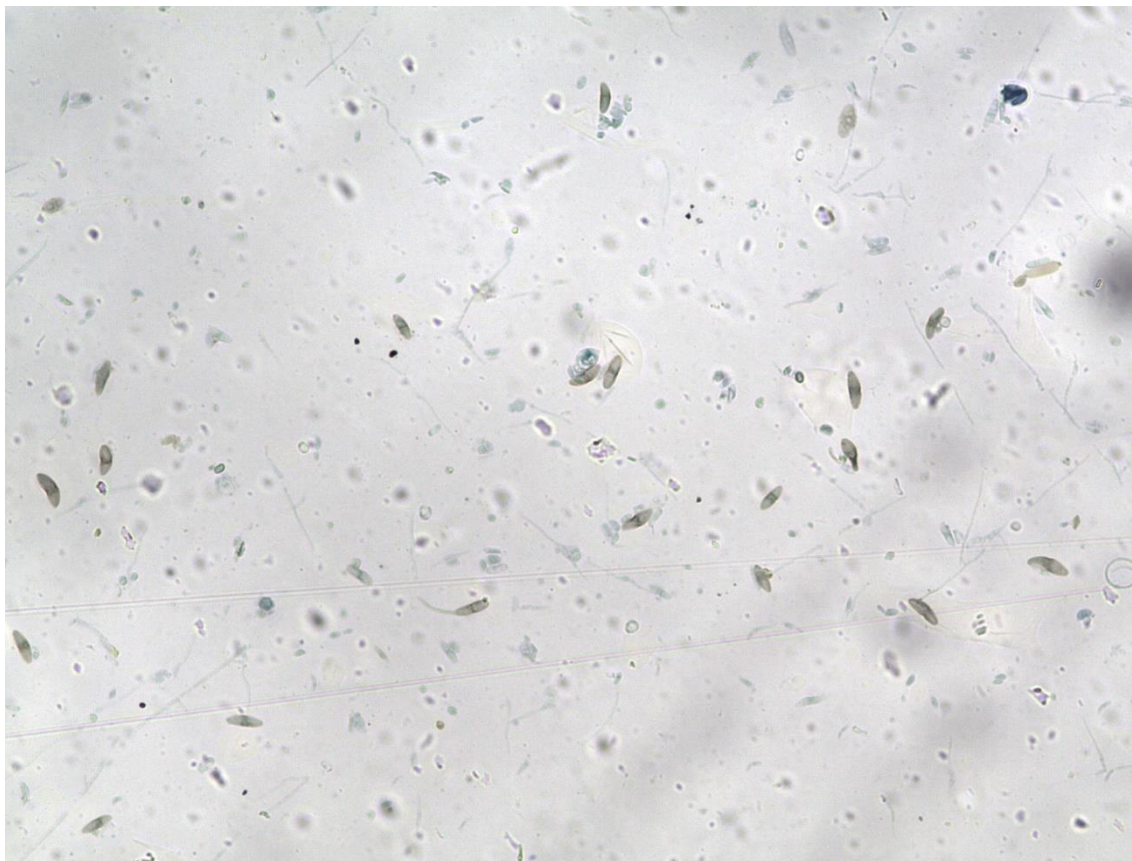
Příloha 1 Mapa zkoumaných proveniencí na ploše Hůrky v přirozeném areálu výskytu na západě Severní Ameriky; zdroj – Google Earth Pro



Příloha 2 Rozšíření douglasky tisolisté v Evropě; zdroj - BRUS et al., 2011



Příloha 3, 4 Defoliované douglasky na výzkumné provenienční ploše Hůrky; foto – R. Modlinger



Příloha 5 Nejvyšší výskyt askospor houby *Phaeocryptopus gaeumani*