

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Stanovištní faktory ovlivňující intenzitu poškození**

***Fraxinus excelsior* invazním patogenem**

***Hymenoscyphus fraxineus* v lokálním měřítku**

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Beran

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

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Beran

Lesní inženýrství

Název práce

**Stanovištní faktory ovlivňující intenzitu poškození *Fraxinus excelsior* invazním patogenem *Hymenoscyphus fraxineus* v lokálním měřítku**

Název anglicky

**Environmental factors affecting intensity of ash dieback at local scale**

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je identifikace faktorů prostředí zodpovědných za intenzitu poškození jasanů invazním patogenem *Hymenoscyphus fraxineus* v různých typech porostů na gradientu podmínek prostředí. Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci autora a rozšiřuje ji o studium klimatických poměrů (teplota, vlhkost prostředí) a dalších stanovištních podmínek (zápoj porostu, zastoupení jasanu apod.), u kterých se předpokládá zásadní vliv na intenzitu poškození jasanu.

### Metodika

V rámci diplomové práce se bude pokračovat ve výzkumu stanovištních faktorů v lokálním měřítku ovlivňujících poškození *F. excelsior* patogenem *H. fraxineus* na podkrkonošské lokalitě „Křížlice“. Lokalita o velikosti cca 0,4×1 km ve výškovém gradientu 475–702 m n. m. splňuje podmínky pro výzkum: vysoká variabilita prostředí, různá expozice a sklon terénu, přítomnost tří typů jasanového porostu s různým zastoupením jasanu, dlouhodobá přítomnost *H. fraxineus*. V jarních měsících bude na této lokalitě založeno 50 výzkumných ploch, kde bude nainstalováno 50 ks dataloggerů zaznamenávajících průměrnou teplotu vzduchu a vzdušnou vlhkost. Během vegetační sezóny bude na těchto plochách mimo klimatické faktory hodnoceno 20 nejbližších jasanů do vzdálenosti max. 30 m od středu plochy, každý zaměřen pomocí souřadnic. U těchto jedinců bude sledováno prosychání jasanu a vybrané dendrometrické veličiny (např. zápoj stromového patra, zastoupení jasanů, výška stromu). Ke každé ploše budou za pomoci GIS a DMR dat zjištěny další popisové údaje prostředí, např. průměrný sklon, expozice a další; tyto práce budou provedeny na pracovišti Odboru biologických rizik VÚKOZ, v. v. i., v rámci smlouvy o spolupráci. Všechna získaná data budou digitalizována a vyhodnocena. Výsledkem bude identifikace stanovištních faktorů ovlivňujících intenzitu poškození jasanu *H. fraxineus* v lokálním měřítku.

**Doporučený rozsah práce**

50-60 stran

**Klíčová slova**

nekróza jasanu, jasan ztepilý, faktory prostředí, klimatické faktory, stanovištní podmínky

---

**Doporučené zdroje informací**

- Cooke B. M., Gareth Jones D., Kaye B. 2006. The epidemiology of plant diseases. Springer Dordrecht, Netherlands: 576 p.
- Dobrowolska D., Hein S., Oosterbaan A., Skovsgaard J. P., Wagner S. P. 2008. Ecology and growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). 35 p. [on-line]. Dostupné na WWW: <http://www.valbro.uni-freiburg.de>.
- Gross A., Holdenrieder O., Pautasso M., Queloz V., Sieber T. N. 2014. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology* 15 (1): 5–21
- Havrdová L., Černý K. 2013. Význam vlhkosti vzduchu v epidemiologii nekrózy jasanu – předběžné výsledky výzkumu. *Zprávy lesnického výzkumu* 58 (4): 347–352
- Havrdová L. 2015. Analýza vybraných faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí. Ph.D. Thesis, Czech University of Life Sciences, Praha: 106 pp. (in Czech/in English).
- Kowalski T., Holdenrieder O. 2009. The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *Forest Pathology* 39: 304–308
- Madden L., Hughes G., van den Bosch F. 2011. The study of plant disease epidemics. *American Phytopathological Society*, S. Paul, Minnesota, U.S.A.: 421 p.
- Vacek S., Vacek Z., Bulušek D., Putalová T., Sarginci T., Schwarz O., Šrůtka P., Podrázský V., Moser W. K. 2015. European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) Dieback: Disintegrating forest in the mountain protected areas, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science* 4: 203–223
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ochrany lesa a entomologie

**Konzultant**

Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 7. 8. 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 08. 03. 2017

### Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma “Stanovištní faktory ovlivňující intenzitu poškození *Fraxinus excelsior* invazním patogenem *Hymenoscyphus fraxineus* v lokálním měřítku“ 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 obhajoby. “

V ..... dne ..... \_\_\_\_\_

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce tedy paní doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D. Děkuji za její vedení a osobitý přístup, také za cenné rady a vstřícnost.

Dále bych chtěl velice poděkovat také paní Ing. Ludmile Havrdové, Ph.D., děkuji Vám za věnovaný čas, spoustu předaných zkušeností a také rad. Mé další poděkování patří Mgr. Tereze Loskotové a pracovníkům VÚKOZ, v. v. i. v Průhonicích, kteří mi moc pomohli se zpracováním dat. Zvláště bych rád poděkoval panu doc. Ing. Danielovi Zahradníkovi, Ph.D. za pomoc s vyhodnocením výsledků práce. Nesmím také zapomenout poděkovat za podporu mé rodině a přítelkyni.

Všem jmenovaným za pomoc moc vděčím, bez ní by tato práce vznikala jen těžko. Mnohokrát Vám všem děkuji.

## Abstrakt

Invazní patogen *Hymenoscyphus fraxineus* způsobuje nebezpečné onemocnění jasanu – tzv. „nekrózu jasanu“. V této práci byla zjišťována závislost intenzity poškození jedinců jasanu v rámci jednoho porostu (jedné mikrolokality) na porostních, geomorfologických a mikroklimatických podmínkách.

Na lokalitě Křížlice (okres Semily) o rozloze 35 ha, bylo založeno 55 trvalých ploch, z nichž každá měla rozlohu 0,28 ha. V rámci těchto ploch bylo zjištěno prosýchání způsobené houbou *H. fraxineus* u všech přítomných jasanů (celkem 840 jedinců) s průměrem kmene ve výčetní výšce alespoň 7 cm. Dále byla zjišťována přítomnost dalších patogenů a škůdců, byla změřena výška jedinců, zjištěno zastoupení jasanu, zápoj porostu, aj. Na trvalých plochách byly v období od června do září 2016 instalovány datalogery THi Minikin měřící vlhkost vzduchu a teplotu. Dalšími, pomocí DMR a ArcGIS, získanými proměnnými byly nadmořská výška, sklon terénu, expozice terénu, TPI, aj. Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí obecného lineárního modelu (R plus).

Výsledný model vysvětlil 27,6 % variability dat. Jako nejvýznamnější faktory ovlivňující rozsah poškození stromu byly určeny zápoj okolního porostu, přítomnost *Hylesinus* spp., a *Armillaria* spp., průměrná teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a TPI5, které měly pozitivní vliv na rozsah poškození *H. fraxineus*. Jako nejvýznamnější proměnné s negativním vlivem byly vyhodnoceny následující faktory: přítomnost roztočů, izolovanost stromu od okolních jasanů a vzdálenost od vodního toku. Zjištěné výsledky potvrzují významný vliv mikrostanovištních faktorů na intenzitu poškození jasanu patogenem *H. fraxineus* a možnost využití těchto znalostí v praktické ochraně porostů s jasanem.

**Klíčová slova:** nekróza jasanu, jasan ztepilý, *Fraxinus excelsior*, *Hymenoscyphus fraxineus*, mikrolokality, faktory prostředí, rozsah poškození

## Abstract

The invasive pathogen of *Hymenoscyphus fraxineus* causes a dangerous disease of ash – the so-called "ash necrosis". The aim of this work is to determine the dependence of the intensity of damage of ash individuals within a single growth (on one micro locality) on vegetation, geomorphological and microclimatic conditions.

In the locality of Křížlice (the district of Semily) 55 permanent plots were founded on the area of 35 hectares, each of them having 0.28 hectares. It was found out that the crown defoliation caused by fungus *H. fraxineus* was present in all ash trees (totally 840 individuals) with a diameter exceeding 7 cm. Attention was also paid to other pathogens and pests occurring in the above mentioned area. It was necessary to measure the height of individual trees, ash presence, canopies and similar values. The permanent plots were used for installing the THi Minikin dataloggers in the period from June to September 2016, the aim of which was to measure the air humidity and temperature. Other variables obtained by DMR and ArcGIS included the altitude, the terrain exposition, the terrain slope, the TPI and other necessary values. The obtained data were statistically evaluated by means of a general linear model (R plus).

The resulting model explained 27.6% of data variability. The most important factors influencing the extent of the damage to the tree included the canopy, the presence of *Hylesinus* spp., and *Armillaria* spp., the average air temperature, the air humidity and the TPI5, which had a positive effect on the extent of *H. fraxineus* pathogen damage. The most important variables with negative influence were as follows: the presence of mites, the isolation of the tree from the surrounding ashes and the distance from the watercourse. The findings confirmed the significant influence of micro-locality factors on the intensity of ash damage caused by the *H. fraxineus* pathogen and the possibility of using this knowledge in the practical protection of ash stands.

**Keywords:** ash dieback, common ash, *Fraxinus excelsior*, *Hymenoscyphus fraxineus*, microlocalite, enviromental factors, extent of damage

## Obsah

1	Úvod.....	10 -
2	Cíl práce .....	12 -
3	Literární rešerše.....	13 -
3.1	Invazní patogeny posledních let .....	13 -
3.1.1	Grafióza jilmů .....	13 -
3.1.2	Fytoftorové onemocnění olší.....	14 -
3.2	Nekróza jasanu .....	15 -
3.2.1	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i> .....	15 -
3.2.2	Životní cyklus patogenu .....	17 -
3.2.3	Původ, výskyt a rozšíření patogenu .....	17 -
3.2.4	Symptomy poškození .....	19 -
3.2.5	Sekundární škůdci jasanu .....	21 -
3.2.6	Faktory ovlivňující míru napadení patogenem <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> .....	22 -
4	Metodika .....	24 -
4.1	Výběr modelového území .....	24 -
4.2	Výběr ploch .....	25 -
4.3	Přípravné práce, instalace dataloggerů .....	25 -
4.4	Vlastní sběr dat .....	26 -
4.4.1	Souřadnice jedince .....	27 -
4.4.2	Prosušování koruny.....	27 -
4.4.3	Procentuální zápoj porostu .....	28 -
4.4.4	Procentuální zastoupení jasanu .....	28 -
4.4.5	Typ porostu .....	28 -
4.4.6	Výška jasanu (h).....	30 -
4.4.7	Jiné poškození .....	31 -
4.4.8	Vlhkost a teplota vzduchu .....	31 -
4.5	Rozšíření sebraných dat.....	32 -
4.6	Statistická analýza dat .....	32 -
5	Výsledky .....	35 -
6	Diskuse.....	43 -
7	Závěr .....	47 -
8	Použitá literatura .....	48 -
9	Ostatní použité zdroje .....	56 -
10	Přílohy:.....	1 -



## Seznam obrázků

Obr. 1: Vřečka a askosporý <i>H. fraxineus</i> .....	16 str.
Obr. 2: Kultura <i>Ch. fraxinea</i> na sladnič.....	16 str.
Obr. 3: Fialidy a fialokonidie houby <i>Chalara fraxinea</i> .....	16 str.
Obr. 4: Listové nekrózy.....	19 str.
Obr. 5: Mapa ČR s vyznačeným modelovým územím Křížlice.....	24 str.
Obr. 6: Zavěšený datalogger Minikin THi Minikin s radiačním krytem.....	26 str.
Obr. 7: Střed výzkumné plochy.....	26 str.
Obr. 8: RV.....	28 str.
Obr. 9: BP.....	29 str.
Obr. 10: LS.....	30 str.
Obr. 11: Měření vzdálenosti a výšky pomocí Vertex IV a transponderu T3.....	30 str.
Obr. 12: Obecný lineární model.....	33 str.
Obr. 13: Akaikeho informační kritérium.....	33 str.
Obr. 14: Mapa zájmového území.....	35 str.
Obr. 15: Graf zobrazující rozdělení jedinců dle typů porostu v zájmovém území Křížlice.....	36 str.
Obr. 16: Histogram zobrazující počty jasanů v jednotlivých kategoriích prosychání.....	37 str.
Obr. 17: Graf zobrazující vztah mezi prosycháním a typem porostu.....	37 str.
Obr. 18: Graf zobrazující vztah prosychání a prům. vzdušné vlhkosti za určité období.....	38 str.
Obr. 19: Graf zobrazující vztah typu porostu s prům. vzdušnou vlhkostí za určité období.....	39 str.
Obr. 20: Graf zobrazující denní průběh prům. vlhkosti vzduchu.....	40 str.
Obr. 21: Graf zobrazující pozitivní, nebo negativní vztah vybraných proměnných k prosychání jasanu.....	42 str.

## Seznam tabulek

Tab. 1: Kategorie prosychání korun.....	- 27 -
Tab. 2: Přehled proměnných.....	- 34 -
Tab. 3: Obecný GML model nekrózy jasanu na mikrolokalitě Křížlice.....	- 41 -

## 1 Úvod

V současné době nabývají na významu invazní a nepůvodní patogeny, a to zejména díky jejich agresivitě. Tyto patogeny se stávají stále častěji běžnou součástí nejen lesních ale i dalších ekosystémů. Díky jejich přítomnosti se zvyšují nároky na ochranu a obranu lesních porostů, potažmo na celkové hospodaření v lesích, ale vzniká také tlak ze strany laické veřejnosti. Za nejvýznamnější mikroskopické houbové invazní patogeny současné doby lze označit *Ophiostoma novo-ulmi*; *Phytophthora alni*; *Phytophthora plurivora* či *Hymenoscyphus fraxineus*. Dopad především těchto uvedených druhů je nesmírný, představuje celosvětovou výzvu pro udržitelné lesnictví, vesnickou ekonomiku a hospodaření v krajině. Další neuvedené druhy však také nesou svůj podíl na zhoršeném zdravotním stavu v evropské krajině (ČERNÝ et al., 2015).

V Evropě jsou invazní patogeny již značně rozšířeny a působí významné škody na různých dřevinách, které jsou vnímavé k onemocnění. Poničeny jsou i populace dřevin dosud považovaných za bezproblémové, jako je tomu právě u jasanu ztepilého. Během posledních let totiž dochází k masivnímu odumírání populace tohoto poměrně rozšířeného a dřevařským průmyslem ceněného druhu (DOBROWOLSKA et al., 2008).

V minulosti se v jasanových porostech vyskytovaly různé druhy patogenů, jejichž vliv byl různý. Jednalo se nejen o hmyzí škůdce a houbové choroby, ale i o vyšší obratlovce. Za konkrétní případy lze uvést fytoftory (*Phytophthora* spp.), *Verticillium* spp., dále např. padlí jasanové (*Phyllactinia fraxini*), rážovku (*Nectria galligena*) a *Pseudomonas savastanoi* pv. *fraxini*. Při výčtu houbových patogenů nelze opomenout václavky (*Armillaria*, spp.) a rezavec štětinatý (*Inonotus hispidus*) (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Z hmyzích škůdců se nejčastěji na zhoršení zdravotního stavu jasanu spolupodíleli lýkohubi (*Hylesinus fraxini*, *Hylesinus crenatus*), jedná se o sekundární škůdce z podčeledi kůrovcovitých. Dalším hmyzím druhem je dutilka jasanová (*Prociophilus bumeliae*), z čeledi mšicovití, která se řadí mezi defolianty (GREGOROVÁ et al., 2006). Výčet patogenů je poměrně obsáhlý a bylo by možno uvést mnoho dalších případů, na sazenicích jasanů mohou škodit i větší škůdci jako jsou hlodavci, vysoká zvěř apod., jejich význam je však významný lokálně, nebo poměrně malý.

Žádný z výše uvedených škůdců dosud nepůsobil takové škody, jaké se začaly objevovat od poloviny 90. let, kdy populace jasanu začala masivně odumírat. Onemocnění způsobující toto odumírání bylo pojmenováno jako „nekróza jasanu“ (JANKOVSKÝ et al, 2009). Z dosud známých výzkumů (např. Nekróza jasanu: Rozpad lesa v horských chráněných oblastech České Republiky (VACEK et al., 2015); Chřadnutí a odumírání jasanů (KOŠTÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010) a další) vyplývá, že je velice složité až nemožné jakkoli regulovat invazi nekrózy jasanu, způsobenou patogenem *Hymenoscyphus fraxineus*. Proto je velmi nutné věnovat pozornost faktorům prostředí, které ovlivňují míru poškození jasanů tímto patogenem, jak např. dokládají práce např. ENDERLE et al. 2015; QUELOZ 2016; HAVRDOVÁ et al. 2017.

Odumírání jasanů stále pokračuje a je nutné tento fytopatologický problém vnímat a řešit. V současné době se řeší řada projektů zaměřená na různé oblasti problematiky týkající se nekrózy jasanu; v ČR se jedná o tyto projekty: Vývoj efektivních opatření eliminujících dopad invaze *Chalara fraxinea* v lesním školkařství a v navazujících aspektech lesního a vodního hospodářství; Analýza faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí; Vliv klimatických faktorů na rozsah poškození porostů jasanů patogenem *Chalara fraxinea*; Obnova a dlouhodobý, přírodě blízký management břehových porostů vodních toků a Infekční biologie *Chalara fraxinea* a faktory ovlivňující fruktifikaci teleomorfy *Hymenoscyphus pseudoalbidus* jako zdroje infekce nekrózy jasanu (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013).

Motivací pro výběr této práce bylo velice aktuální téma nekrózy jasanu. Problematika patogenu má ještě mnoho neznámých, např. úloha konidií v epidemiologii není dosud objasněna ( FONES et al. 2016); také možná obranná opatření byla v metodice pěstování jasanu v Evropě (SKOVSGAARD et al. 2017) i v ČR (ČERNÝ et al. 2016a) publikována teprve nedávno. Výzkum v této práci se zaměřuje na faktory prostředí a porostní faktory, které ovlivňují dopad patogenu na porosty hostitele v lokálním měřítku. Pro toto měřítko nebyla dosud žádná studie publikována, i když významné rozdíly v poškození porostů na malé škále v souvislosti s variabilitou prostředí lze odůvodněně předpokládat (např. HAVRDOVÁ et al. 2015). Jasan ztepilý je součástí krajiny ČR, a jako součást by měl zůstat zachován i dalším generacím.

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je identifikace faktorů prostředí zodpovědných za intenzitu poškození jasanů nepůvodním invazním patogenem *Hymenoscyphus fraxineus* na mikrolokalitě Křížlice. Výzkum probíhal v různých typech porostů s různými mikroklimatickými a geomorfologickými poměry, aby bylo možné identifikovat co možná nejpřesněji faktory prostředí zodpovědné za rozdílný rozvoj poškození v rámci sledované lokality. Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci autora, rozšiřuje ji o studium dalších stanovištních podmínek (zápoj porostu, zastoupení jasanu atd.) a o klimatické poměry (teplota vzduchu a vzdušná vlhkost). Předpokládá se, že právě tyto faktory mají zásadní vliv na intenzitě poškození jasanů.

Vyhodnocení faktorů ovlivňujících intenzitu poškození patogenem *Hymenoscyphus fraxineus* může posloužit jako dílčí podklad pro řešení problematiky chřadnutí jasanu nejen v ČR.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Invazní patogeny posledních let

Nepůvodní patogeny jsou velkým rizikem pro dřeviny zejména díky chybějícím poznatkům o epidemiologii hub. Tyto škodlivé organismy mají na hostitele různý vliv, nepřipravenost a absence přirozených nepřátel nových patogenů může mít i fatální následky pro vnímavé populace. Některé druhy nepůvodních hub jsou navíc velmi agresivní (ČERNÝ et al., 2015).

Jednou z ničivých vlastností nepůvodních patogenů je, že mohou skrytě žít i desetiletí, přičemž větší poškození způsobují až v případě nevhodných (změněných) podmínek prostředí. V posledních letech, kdy dochází ke změnám klimatu, se podmínky prostředí zásadně mění, a to má na šíření, nebo rozvoj invazních patogenů zásadní dopad (DOBROWOLSKA et al., 2008). Např. ČERNÝ v r. 2015 předpokládal budoucí výskyt patogenu *Eutypella parasitica* (ČERNÝ et al., 2015), původního v Severní Americe, který napadá i evropské javory. O rok později, v r. 2016, již potvrzuje jeho výskyt v ČR a podle velikosti poškození usuzuje již jeho několikaleté působení v ČR (ČERNÝ et al., 2017). Dále lze také předpokládat invazi extrémně polyfágního druhu *Phytophthora plurivora*, který se v ČR již dlouhodobě vyskytuje (ČERNÝ et al., 2015).

V současnosti jsou za nejzávažnější invazní patogeny v ČR považovány *Ophiostoma novo-ulmi* (způsobující tzv. grafiózu jilmů), *Phytophthora alni* (způsobující tzv. fytoftorové onemocnění olší) a právě *Hymenoscyphus fraxineus* (s nepohlavním stádiem *Chalara fraxina* způsobující tzv. nekrózu jasanu). Původ těchto patogenů je přisuzován v případě *Ophiostoma novo-ulmi* do Himalájí, u *Phytophthora alni* do Severní Ameriky a u *Hymenoscyphus fraxineus* do východní Asie. Např. MCKINNEY v případě *Hymenoscyphus fraxineus* předpokládá možný rozpad celých společenstev (MCKINNEY et al. 2011).

##### 3.1.1 Grafióza jilmů

Grafióza jilmů (anglicky Dutch Elm Disease, DED) je nemoc působící masivní odumírání jilmů (*Ulmus laevis*, *U. glabra* a *U. minor*), jejímž původcem byl zprvu houbový patogen *Ophiostoma ulmi*, který byl později nahrazen agresivnější

formou *Ophiostoma novo-ulmi* (JANČARČÍK, 1999). Grafioza jilmů se od 20. let dvacátého století velmi rychle rozšířila po celém evropském kontinentu. V ČR byla poprvé nalezena na jilmových alejích v Praze a Poděbradech (JANČARČÍK, 1999; DOUDA, 2014). Patogen se ve formě konidií a spor šíří pomocí přenašečů (PFEFFER, 1996) – především bělokazů (*Scolytus scolytus* a *S. multistriatus*; JANČARČÍK, 1999).

Onemocnění je tracheomykózního charakteru (patogen zamezuje protékání mízy cévami), které způsobuje odumírání větví a následně celého stromu. Odumírání stromů probíhá postupně, za typický symptom poškození se dá považovat v počátku zasychání listů (ty zůstávají na stromech až do zimy) a dále nestejněměrné odpadávání odumřelé kůry z již mrtvých větví (JANČARČÍK, 1999). Odpadávání kůry je dobrým poznávacím znakem onemocnění jelikož u jedinců uhynulých v důsledku sucha se kůra neodlupuje (DOUDA, 2014).

V rámci možné obrany, bylo testováno mnoho možností (DOUDA, 2014). Mezi hlavní prvky ochrany patří např. přímý boj proti přenašečům choroby, tedy pomocí feromonových pastí. Avšak ani odchyt milionů lýkohubů neměl vliv na snížení intenzity napadení (JANČARČÍK, 1999). Další pokusy s různými výsledky proběhly testováním fungicidních přípravků, insekticidů, ale i antibiotik a dokonce bakterií (DOUDA, 2014). Nejlépe proveditelná se jeví obrana hlavně v prevenci, to znamená zdravotní výběry napadených stromů a nevytváření vhodných podmínek pro podkorní hmyz (čistota lesa). Pozornost je také zaměřena k pěstování genotypově odolných druhů, jež již nabízejí zahraniční školky (JANČARČÍK, 1999).

### 3.1.2 Fytoftorové onemocnění olší

Fytoftorové onemocnění olší je onemocnění působené invazním patogenem *Phytophthora alni*, jejímiž hostiteli je zejména olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a olše šedá (*Alnus incana*; ČERNÝ et al. 2008). Poprvé se choroba objevila v osmdesátých letech minulého století v západní Evropě, v ČR došlo k jejímu prvnímu potvrzení formou izolace v roce 2001 v povodí Ohře (ČERNÝ et al., 2013).

Patogen se šíří vodou, kde je schopný přežít ve formě aktivního mycelia a i plovoucích zoospor. Hostitele infikuje přes kořeny a vodivými pletivy se pak dále

šíří do kmene. Symptomy napadení jsou nekrózy kořenů, které nejsou příliš patrné díky tomu, že kořeny se velmi často nachází pod povrchem či vodní hladinou. Další příznaky choroby jsou na kmenech se objevující rudohnědé nekrózy, které mají typický jazykovitý vzhled. V místě poškození nekrózou se na povrchu kůry objevují tzv. exudáty. Zbarvení exudátů je rezavé až černavé. Narozdíl od dvou dalších zmiňovaných nepůvodních patogenů v ČR (*O. novo-ulmi* a *H. fraxineus*), se symptomy v korunách objevují až po delší době (ČERNÝ et al., 2013).

Za klíčová hlediska ochranných opatření se považuje produkce a výsadba zdravého sadebního materiálu, dále dodržování speciálních těžebních postupů. V porostech s vyšším stadiem napadení je doporučeno dlouhodobě udržovat co nejmenší podíl olší (patogen se může na stanovišti vyskytovat ještě 3 roky po odstranění všech napadených stromů). Jestliže se plíseň olšová v porostu rozšíří a zdomácní, je prakticky nemožné jí zlikvidovat (ČERNÝ et al., 2013).

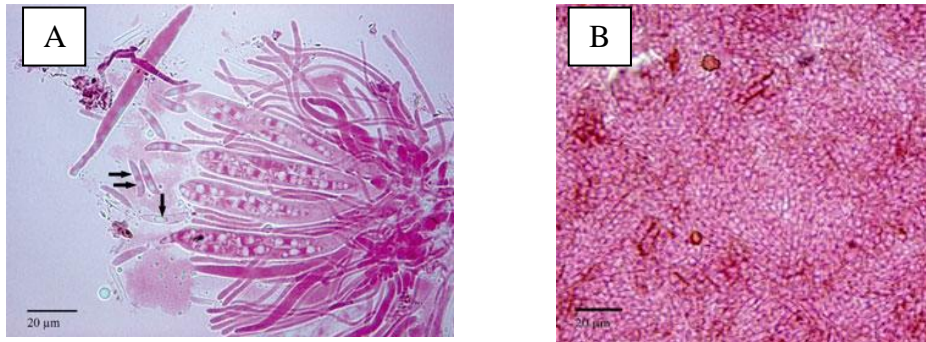
## 3.2 Nekróza jasanu

Původce nekrózy jasanu, byl poprvé identifikován v Polsku v roce 2001 (KOWALSKI, 2001), ačkoliv bylo odumírání jasanu ztepilého registrováno již v roce 1995 (BARAL et al., 2014). K popsání došlo v roce 2006, patogen byl popsán jako *Chalara fraxinea* Kowalski (KOWALSKI, 2006). *Chalara fraxinea* je anamorfní stádium askomycetu (*Helotiales*, *Leotiomycetidae*, *Leotimycetes*, *Pezizomycotina*, *Ascomycota*) (GROSS et al., 2014), jenž byl po taxonomickém upřesnění označen jako *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya (BARAL et al., 2014).

### 3.2.1 *Hymenoscyphus fraxineus*

Bělavé plodnice pohlavního stádia *Hymenoscyphus fraxineus* (dále *H. fraxineus*) se objevují koncem jara, převážněji v létě ( Příloha Foto 8 A, B). Jsou okem dobře patrné, jelikož na tmavých pseudoskleróciích vynikne jejich bílé zbarvení. Měří cca 3 až 8 mm v průměru (GROSS et al. 2014). Starší a suché plodnice jsou zbarveny tmavěji, do skořicově hnědé barvy. V teleomorfách se vytvářejí protáhlá kyjovitá vřeka obsahující 8 hyalinních tenkostěnných jednobuněčných askospor ( obr. 1A). Velikost vřecek je 80–107 x 8–10 µm a v jednom vřecku bývá uloženo 8 askospor (KOŠTÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010). Askospory jsou bezbarvé eliptického tvaru, ale nepravidelné. Na vrchní straně

jsou širší než na spodní, také jsou bez přehrádek (KOŠŤÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010). Velikost askospor je uváděna 13-17 (-21)×3,5-5,0 μm a shoduje se na ní více autorů (KOŠŤÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010; HAVRDOVÁ et al., 2013; GROSS et al., 2014). Zralé askospory jsou vzduchem uvolňovány do prostředí a infikují hostitele (HAVRDOVÁ et al., 2013; Obr 1B).

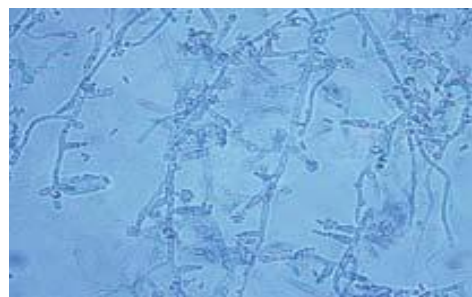


Obr. 1: Vřečka a askospory *H. fraxineus* obarvené v lactofuchsinu (A); masivní výskyt spor v červenci mezi 6-9 hod (B).  
Převzato z: TIMMERMANN et al. 2011

Nepohlavní stadium *Chalara fraxinea* ( obr. 2) je vláknitý organismus, jehož hyfy dosahují délky v průměru 1,2-3 μm, mají barvu olivově hnědou a jsou subhyalinní. Na hyfách se vytvářejí krátké sporangiofory nebo konidiogenní buňky (tzv. fialidy, Obr. 3). Tyto buňky produkují konidie (nepohlavní spory) o rozměrech 3,2-4 μm až 2,0-5 μm (GROSS et al. 2014).



Obr. 2: Kultura houby *Chalara fraxinea* na sladině (foto L. HAVRDOVÁ)



Obr. 3: Fialidy a fialokonidie houby *Chalara fraxinea* (KOŠŤÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010)



### 3.2.2 Životní cyklus patogenu

Patogen se šíří vzduchem pomocí askospor, primárně napadá listy a jejich řapíky (např. BAKYS et al. 2009a; KOWALSKI et HOLDENRIEDER, 2009; TIMMERMANN et al., 2011; HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013; a další). K infekci hostitele dochází v místě listových stop, pupenů, ale může pronikat i lenticelami a jinými různými poraněními či v místech po sání hmyzem (HAVRDOVÁ et al., 2013). Hyfy patogenu vyklíčí a proniknou průduchy do pletiv hostitele a postupně diochází k nekrotizaci pletiv listů a řapíků, v jejímž důsledku často dochází k předčasnému opadu listů (GROSS et al. 2014). Na opadlých infikovaných listech (především na řapících) začne *H. fraxineus* produkovat charakteristické černé pseudosklerocium (GROSS et HOLDENRIEDER, 2013; KIRISITS et al., 2009; KOWALSKI et HOLDENRIEDER, 2009b), díky němuž patogen v těchto pletivech přežívá. Plodnice (apothécia) patogenu dozrávají na jaře a především v létě na opadlém materiálu z předešlého roku (TIMMERMANN et al., 2011), nebo dokonce třetího roku po pádu listů (GROSS et al., 2014). KIRISITS dokonce uvádí, že se plodnice na řapících mohou vyvíjet i 5 let po opadu listů (KIRISITS 2015). Apothecia se výjimečně vytvářejí na opadlých výhonech hostitele (TIMMERMANN et al., 2011). Vytvářením apothecií a produkcí askospor je cyklus patogenu uzavřen (GROSS et al., 2014).

Patogen může prorůst do vnitřních pletiv hostitele (výhonů a větví), kde se formou mycelia (*Chalara fraxinea*) rychle šíří oběma směry (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Následkem silné infekce dochází k nekrotizaci pletiv jasanu. Napadené části jasanu dříve či později usychají. Dalšímu pronikání infekce se hostitel brání vytvořením kalusu, k této obraně většinou dochází během léta (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Někdy může být tato obrana účinná a částečně zabránit dalšímu šíření infekce. Většinou se však patogen v následujícím vegetačním období šíří pletivy dál a poškození hostitele se zvyšuje.

### 3.2.3 Původ, výskyt a rozšíření patogenu

Původ patogenu se přisuzuje do Asie (QUELOZ et al., 2011). Bylo zjištěno, že *Chalara fraxinea* se shoduje se saprofytickým druhem *Lambertella albida*, tedy druhem běžným v Japonsku na opadu *Fraxinus mandshurica* (ZHAO et al., 2012).

Tento saprofytický druh z Japonska je jen synonymem k evropskému druhu *Hymenoscyphus albidus* (BARAL et al., 2014).

Již od roku 1990 bylo chřadnutí jasanu pozorováno v zemích kolem Baltského moře a v poslední době se šíří do dalších regionů (BARKLUND, 2005; JUODVALKIS et VASILIAUSKAS, 2002; PRZYBYL, 2002; THOMSEN a SKOVGAARD, 2006; THOMSEN et al, 2007). Šíření houby postupuje od severovýchodu po celé Evropě. V současné době je výskyt zaznamenán téměř po celém kontinentu. GROSS et al. (2014) uvádí, že invaze choroby na západě může být zbrzděna západními větry. Rozptýlení na jihu Evropy, tj. Střední Itálie, jižní Francie a oblast Pyrenejí, mohou pak omezovat nevhodné klimatické podmínky pro rozvoj patogenu (HAUPTMAN et al., 2013). V Evropě však výskyt a závažnost onemocnění prudce vzrostla za poslední roky ve většině zemí (ENGESSER et MEIER, 2012; METZLER, 2011; RYTKÖNEN et al., 2011; SOLHEIM et al., 2012; THOMSEN et SKOVGAARD, 2012). Z hlediska celého evropského kontinentu lze vyhodnotit situaci jako nejhorší nejspíše v Polsku a Pobaltí, kde se choroba vyskytuje ve větší intenzitě a nejdéle (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012).

Onemocnění patogenem se v Česku projevilo už od konce 90. let, výrazněji až po roce 2003 (KOŠTÁLOVÁ et SÁZELOVÁ, 2010). Výskyt patogenu byl na území ČR poprvé potvrzen v roce 2007 v Arboretu Křtiny, rozšíření se však předpokládá od r. 2004 (JANKOVSKÝ et HOLDENRIEDER, 2009). Problematika chřadnutí jasanových porostů u nás se začala více vnímat od roku 2008 (NÁROVEC et al., 2008; JANKOVSKÝ et al., 2009). Postup infekce probíhá v rámci ČR ze severovýchodu na jihozápad, v lepším zdravotním stavu se jeví porosty jasanu na jihozápadě, což je pravděpodobně způsobeno pozdější infekcí. Porosty na severovýchodě se jeví ve velmi špatném zdravotním stavu. V současné době jsou symptomy popisovány z celého území státu a význam houby narůstá (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013a).

V ČR je nejvíce ohrožen *Fraxinus excelsior* (jasan ztepilý) a *Fraxinus angustifolia* (jasan úzkolistý) (JANKOVSKÝ et HOLDENRIEDER, 2009), které jsou vůči nákaze citlivé. Rozdíl v poškození obou českých zástupců byl potvrzen, j. ztepilý je více poškozován, než j. úzkolistý (HAVRDOVÁ et al. 2016a; KRAUS, 2016). Tolerance vůči patogenu byla identifikována i na úrovni genotypu (např. MCKINNEY et al. 2011; HAVRDOVÁ et al. 2016a). *Fraxinus ornus* (jasan zimnář)



K předčasnému opadu listů může docházet již po dvou týdnech od infekce hostitele (GROSS et al. 2014). Opad listů je nejvíce pozorovatelný od konce srpna do začátku září (např. TIMMERMANN et al. 2011; HIETALA et al. 2013; CHANDELIER et al. 2014 aj.). Značný vliv na opad má pravděpodobně průběh počasí. Někdy může docházet až k 100 % defoliacím hostitele (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013).

Na napadených výhonech se objevují, nejdříve hnědavé, postupem času černavé nekrózy (Foto 2). Právě tyto nekrózy jsou příznakem odumírání výhonů a větví, které mohou nad poškozením usychat (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Nekrotické léze na výhonech jsou dobře viditelné během pozdního podzimu a zimy, ale někdy mohou být skryty až do jara (GROSS et al., 2014). Mycelium patogenu však primárně proniká do dřevní části výhonu (xylému), kde způsobuje jeho hnědavé až černavé zbarvení (SCOTT, 2012; GROSS et al., 2014).

Onemocnění se u vzrostlých jedinců projevuje řidnutím korun a odumíráním výhonů, zejména dochází k odumírání výhonů z předešlého roku (GROSS et al., 2014). Během jedné sezóny může být napadeno velké množství výhonů a koruna výrazně prosychá. Hostitel na usychání výhonů reaguje tvorbou regeneračních výhonů (vlků), čímž vzniká pod odumřelými částmi větví shlukovité olistění (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Shlukovité olistění je pro napadnutí patogenem typické, jedná se o reakci hostitele na poškození (Foto 3). Nekróza nejdříve poškodí drobné výhony, později může dojít k odumírání celých větví, včetně kosterních (Foto 4), takto poškozené stromy samozřejmě neplní většinu svých funkcí a strom nakonec odumírá (HAVRDOVÁ et al., 2013). Sazenice a mladé výsadby jasanu, jsou poškozovány ve větším rozsahu a rychleji. K odumírání v důsledku napadení dochází i během jedné vegetační sezóny (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012).

Onemocnění se může projevit také na kmenech mladých stromů, u kterých se v místě poškození mění zbarvení kůry. Hostitel někdy reaguje na velký úbytek olistění tvorbou sekundárních prýtů na kmenech tzv. „obrostu“ (ČERNÝ et al. 2016; SKOVSGAARD et al. 2017). Pokud jsou napadení jedinci pokáceni včas (před

úplným odumřením), lze ještě zachránit kvalitní dřevo (DOBROWOLSKA et al., 2008; ČERNÝ et al. 2016; SKOVSGAARD et al. 2017).

V průběhu roku se symptomy projevují postupně. V zimním období a na jaře jsou viditelné zejména nekrózy výhonů a větví (GROSS et al., 2014). Na jaře se zdravé výhony olistují, výhony napadené se buď neolistují vůbec, nebo mohou nově vyrašené výhony náhle uvadnout. Nekrotizované výhony mají typické hnědavé zabarvení a jsou přítomné po celý rok (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). V létě dochází k tvorbě nekrotů na listech a k jejich předčasnému opadu. Na podzim se na letorostech tvoří nové černavé nekózy a v opadu je viditelná začínající tvorba černého pseudosklerocia na řapících.

### 3.2.5 Sekundární škůdci jasanu

Jelikož patogen *H. fraxineus* ve velké míře oslabuje jedince a i celé porosty, otevírá tak bránu pro jiné škodlivé organismy. Tyto organismy způsobovaly donedávna jen nepatrné škody na populacích jasanu v Evropě. Byly zaznamenávány, ale nedocházelo k tak vysokému odumírání, jako je tomu dnes (LENZ et al., 2016). K napadení zdravých jedinců dochází pouze za příhodných podmínek pro patogen, anebo v případě přemnožení škůdce (LENZ et al., 2016).

Mezi nejčastější hmyzí škůdce na jasanu patří brouci čeledi *Curculionidae* rodu *Hylesinus* druh *Hylesinus fraxini* (lýkohub jasanový) příloha Foto 6 a *H. crenatus* (l. zrnitý) (LENZ et al., 2016). Škody těchto lýkohubů lze očekávat zejména u mladších jedinců, jelikož mají tenkou kůru a intenzivně přirůstají (TIMMERMANN et al., 2011). Napadají však zpravidla už velmi oslabené jedince.

Nejčastějším druhem dřevokazných hub, který napadá oslabené jasanu je václavka rodu *Armillaria* spp. (GROSS et al., 2014). Možnost záměny příznaků onemocnění působené *H. fraxineus* je prakticky vyloučena, jen v případech, kdy se jedná o první fázi napadení patogenem, se mohou příznaky poškození (změny v olistění či zavětvení v koruně hostitele) zaměnit s napadením dřevokaznými houbami, nejčastěji s již zmíněnými václavkami (Foto 5). Václavka způsobuje především hnilobu kořenů a báze kmenů, v důsledku čehož může docházet i k vývratům jasanu. Václavky jsou dobře rozpoznatelné díky výskytu trsovitých plodnic, anebo přítomností rhizomorf či syroccia (DOBROWOLSKA et al., 2008).

### 3.2.6 Faktory ovlivňující míru napadení patogenem *Hymenoscyphus fraxineus*

Patogen je pravděpodobně tolerantní k širokému spektru vnějších podmínek prostředí, a proto způsobuje tak velké škody. Dříve bylo uvažováno, že za velmi rychlým nástupem onemocnění jasanů houbovým patogenem *H. fraxineus* stojí změna podmínek prostředí (GROSS et al., 2014). GROSS et al. (2014) také uvádí, že klima na evropském kontinentu je vhodné pro vývoj houby. Dále je také uváděn fakt, že šíření a výskyt mohou ovlivnit opakované odchylky teplot a vlhkosti, jakožto i znečištění ovzduší a radiační pozadí může odolnost jasanů oslabit, a tím umožnit nástup onemocnění (SKUDIENE et al., 2003).

Odumírání jasanů je častější na lokalitách s vlhčím mikroklimatem, kde jsou obecně podmínky pro houbové onemocnění příhodnější. Jednou z často uváděných podmínek prostředí je vyšší vzdušná vlhkost (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Vlhkost může chránit spory před vyschnutím a také stimulovat klíčení (TIMMERMANN et al., 2011). Vlhkost může být ovlivněna samozřejmě několika dalšími faktory jako je geomorfologie anebo i zápoj stromového patra, který nepropouští tolik slunečního záření.

Vyšší zápoj může mít na rozvoj infekce i negativní vliv. V případě smíšených porostů, se teoreticky sníží pravděpodobnost uchycení askospor na vhodném hostiteli, jelikož *H. fraxineus* na listech jiných druhů neklíčí. Byl také prokázán rozdíl ve stupni napadení mezi jasany rostoucími v hustém zápoji, např. lesním porostu, a jasany rostoucími ve volnějším zápoji, např. roztroušené výsadbě, stromořadí apod. (např. Havrdová et Černý 2012; BERAN, 2015).

Předpokládá se, že vliv na poškození porostů má i nadmořská výška a expozice. Výzkum v Lužických horách, potvrdil závislost prosychání na nadmořské výšce, ve které se jasany vyskytují (HAVRDOVÁ 2015). Vyšší polohy vykazovaly nižší náchylnost k chřadnutí. Toto potvrdily i další provedené studie např. BERAN (2015); HAVRDOVÁ et al. (2016a).

Nicméně na jasany působí např. i sklon terénu a expozice, u kterých byl však prokázán různý vliv na význam patogenu (srv. BERAN, 2015 a HAVRDOVÁ 2015).

Svou rolí může sehrát také celkový objem korun v dané kategorii. Předpokládá se totiž existence pozitivní závislosti mezi četností výskytu nekrózy jasanu a objemem korun (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012). Prosychání se také objevovalo

častěji na stromech s průměrnou nebo podprůměrnou velikostí, což naznačuje, že s klesajícím růstovým potenciálem anebo individuální silou jedince klesá kladený odpor vůči napadení patogenem (DOBROWOLSKA et al., 2008).

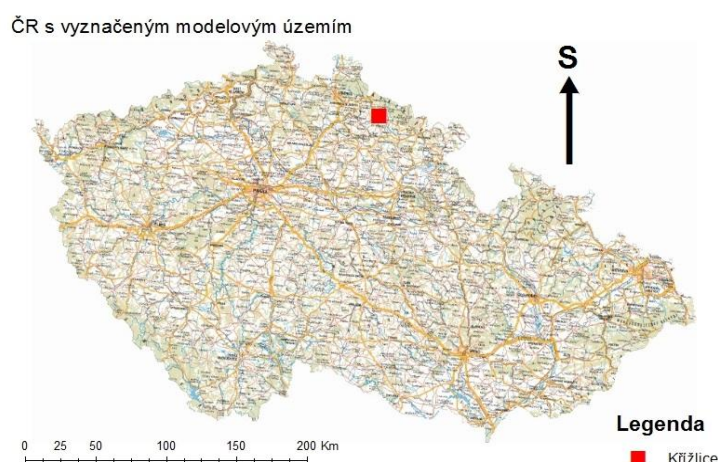
V Nizozemsku bylo např. zjištěno, že v půdě se vyskytující houby *Verticillium dahlia* se také určitou mírou podílí na odumírání jasanů (HIEMSTRA, 1995). Všechny výše uvedené faktory a mnoho dalších můžou mít v souhrnu vliv na celkový zdravotní stav jednotlivých jasanů a v důsledku toho u nich může docházet i k rozdílné citlivosti k infekci *Chalara fraxinea* resp. *H. fraxineus* a k různému vývoji nekrózy jasanu.

## 4 Metodika

### 4.1 Výběr modelového území

Výzkum proběhl v modelovém území Křížlice. Jedná se o obec ležící v katastrálním území Křížlice, spadající do svazku obcí patřících pod obec Jestřabí v Krkonoších. Svazek obcí se nachází v podkrkonoší v bývalém okrese Semily, v kraji Libereckém (obr. 5). Modelové území Křížlice se nachází v podkrkonoší, je lokalizováno mezi 15.507110-15.523098 E východní délky a 50,651601-50,661911 N severní šířky. Z klimatického hlediska zde panují horské podmínky, oblast ovlivňují dlouhé zimy. V zastoupení dřevin převládá smrk ztepilý, z listnatých druhů se jedná především o břízy, olše a javory, které doprovází zkoumaný druh jasan ztepilý. Území se nachází v přírodní lesní oblasti (PLO) 23, Podkrkonoší. Po převedení do vegetačních stupňů podle Zlatníka se v území lze setkat s bukovým (4), jedlobukovým (5) a i smrkobukovým (6) lesním vegetačním stupněm (LVS). Půdy jsou různého složení, od bohatších vodou ovlivněných stanovišť po chudší skeletové půdy. Velikost území je pak přibližně 35 ha a nachází se v nadmořských výškách mezi 478-695 m.

Výběr prostředí byl vázán na vysokou heterogenitu území, která měla zajistit velkou variabilitu dat ve sledovaných faktorech prostředí a zároveň na hojné zastoupení jasanu, které je v podkrkonoší i přilehlém Krkonošském národním parku (KRNAP) splněno, včetně přítomnosti různých typů porostu jasanu, což jen upevnilo výběr lokality. Pro lepší orientaci poslouží níže uvedená mapka vyexpedovaná z ArcGIS 10.3.



Obr. 5: Mapa ČR s vyznačeným modelovým územím Křížlice



## 4.2 Výběr ploch

Pro vlastní výzkum bylo ve vybraném území Křížlice vybráno celkem 55 výzkumných kruhových ploch o poloměru 30 m, tj. 2827 m<sup>2</sup>. Jako podklad pro vygenerování středových bodů byla použita bakalářská práce autora „Vliv mikrostanovištních faktorů na distribuci a dopad nekrózy jasanu“ (BERAN, 2015), ve které byly zmapovány všechny jasanové rostoucí v zájmovém území. Z původního souboru již zaměřených jasanů byly náhodně pomocí softwaru ArcGIS10.3 vygenerovány body středové. Jako parametr výběru byla zvolena minimální vzdálenost 60 m mezi body, aby se výsledné buffery kolem středových bodů neprotínaly. Tímto postupem bylo vygenerováno několik náhodných výběrů, jeden z nich byl vybrán jako finální s ohledem na počet vybraných bodů v typech porostů. Pro výzkum bylo žádoucí, aby počty typů porostů byly pokud možno co nejvíce vyrovnané, nejlépe aby každý typ porostu tedy břehový porost (BP), lesní porost (LP) a roztroušená výsadba (RV) byl zastoupen stejným počtem ploch (LOSKOTOVÁ, ústní sdělení).

## 4.3 Přípravné práce, instalace dataloggerů

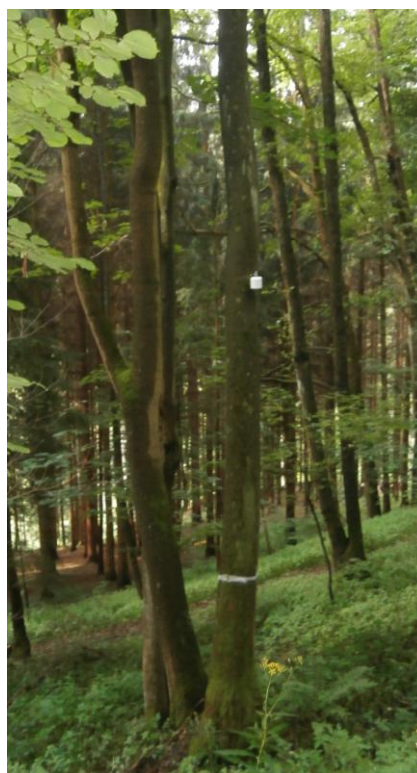
Před vlastním sběrem dat byly provedeny přípravné práce, jednalo se o dohodu s vlastníky pozemků dotčených výzkumem, vyznačení středů ploch určených pomocí mapového podkladu, které bylo v terénu nutné určit znovu pomocí GPS GARMIN MONTANA 650t. Na jasan ve středu plochy byl zavěšen datalogger, pro lepší orientaci v terénu pak byl jasan označen bílým pruhem okolo kmene ve výšce pasu (obr. 6, 7). Pro měření teploty a vlhkosti vzduchu byly použity dataloggerů typu THi Minikin s vlastním zdrojem energie a radiačním krytem od české firmy EMS Brno. Kalibrace dataloggerů a jejich požadované nastavení bylo provedeno ve VÚKOZ, v. v. i. Bylo instalováno 55 dataloggerů.

Instalace dataloggerů probíhala od konce května do 13. 6. 2016 za dodržení podmínek podložených výzkumem v Lužických horách dle HAVRDOVÁ et ČERNÝ (2014). Dataloggerů byly umístěny ve výšce 4,5 m na severní straně kmene jasanu, který byl určen jako střed plochy (obr. 6, 7). Sever byl určen pomocí buzoly. Výška 4,5 m byla již výše zmíněným výzkumem vyhodnocena jako

nejvhodnější pro sledování vývoje vlhkosti vzduchu a teploty v koruně jasanu bez ovlivnění přízemní vzdušné vlhkosti.



Obr. 6: Zavěšený datalogger Minikin THI Minikin s radičním krytem (zdroj autor)



Obr. 7: Střed výzkumné plochy (zdroj autor)

#### 4.4 Vlastní sběr dat

Sběr dat probíhal ve vegetačním období jasanu (červenec a srpen 2016), ještě před možným předčasným opadem listů dle HAVRDOVÁ et ČERNÝ (2013); TIMMERMANN et al. (2011). Na každé ploše, byla měřena data u 20 nejbližších jasanů od středu plochy. Pokud bylo na vybrané ploše jasanů méně než 20 ks, limitujícím faktorem byl poloměr 30 m od středu plochy. Jasany vyskytující se za tímto poloměrem nebyly do výzkumu zahrnuty. V terénu byly všechny sledované jasany označeny GPS a u všech byly sledovány tyto proměnné: prosychání koruny, % zápoj porostu na ploše, % zastoupení jasanu na ploše, typ porostu, výška jasanu (h) a jiné poškození (nezpůsobené patogenem *H. fraxineus*).

Na základě získaných souřadnic byla data následně rozšířena o další hodnoty získané pomocí Geografického Informačního Systému (ArcGIS). V říjnu 2016 byly dataloggery deinstalovány a data byla pomocí softwaru EMS Brno převedena do.xls formátu. Ostatní proměnné byly také přepsány do programu excel.

#### 4.4.1 Souřadnice jedince

Souřadnice byly zaznamenávány pomocí GPS přístroje GARMIN MONTANA 650t. Přesnost tohoto přístroje je jako u podobných zařízení závislá na pozici a síle signálu družic. Bylo žádoucí snažit se o co největší možnou přesnost při měření (GARMIN Ltd, 2011).

GPS zařízení využívá souřadnicového systému WGS-84, souřadnice byly tedy uváděny v podobě N (zeměpisná šířka) / E (zeměpisná délka). Přesné zjištění polohy každého jedince změřeného na vybraném území bylo pro práci důležité z hlediska zjišťování dalších faktorů v prostředí ArcGIS.

#### 4.4.2 Prosyhání koruny

Na každé vybrané ploše bylo zaznamenáváno u každého sledovaného jasanu prosychání koruny způsobené patogenem *H. fraxineus*. Hodnocení a následné zařazení do kategorií prosychání (Tab. 1) bylo provedeno okometricky jedním hodnotitelem (autorem práce). Pokud se u jedince vyskytovalo např. přirozené prosychání korun, zlomené či chybějící větve, anebo poškození jinými biotickými škůdci, nebylo hodnoceno jako vliv patogenu a tudíž k němu nebylo přihlíženo při konečném zařazení do kategorie prosychání.

Byl vyhodnocen podíl suchých částí koruny ve srovnání se zdravým stromem, celkový podíl poškození byl vyjádřen procentuálně a převeden do kategorií (Tab. 1).

Tab. 1: Kategorie prosychání korun

1	0-5 %
2	6-25 %
3	26-50 %
4	51-75 %
5	76-100 %

Pokud je optického posuzování všech stromů v modelovém území prováděno jednou osobou, ke zkreslení by nemělo docházet. Vlivem rozdílného subjektivního hodnocení různými hodnotiteli by mohlo k chybě dojít (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012).

#### 4.4.3 Procentuální zápoj porostu

Procentuální zápoj porostu byl hodnocen opticky pro každý měřený jasan zvlášť. Kolem měřeného jasanu byla vždy vytvořena pomyslná plocha o poloměru 30 m, ve které byl zápoj porostu hodnocen. Zápoj byl zaznamenáván v desítkách % s nejvyšší možnou hodnotou 100 % (jasan takto ohodnocen se vyskytoval v plném zapojení korun s okolními jedinci) a nejnižší hodnotou 10 % (především se jednalo o jasanu v roztroušených výsadbách, či na okrajích lesních porostů). Hodnocení bylo provedeno opět jedním hodnotitelem.

#### 4.4.4 Procentuální zastoupení jasanu

Posuzování procentuálního zastoupení jasanu bylo velice podobné kap. 4.4.3. Kolem měřeného jasanu byla také vždy vytvořena pomyslná plocha o poloměru 30 m, ve které byl opticky vyhodnocen podíl jasanu ve vztahu k ostatním dřevinám. Vyhodnocení procentuálního zastoupení jasanu na ploše se provádělo v desítkách %, pro upřesnění byla u ploch s malým zastoupením jasanu použita škála pěti %. Vyhodnocování zápoje bylo provedeno jednou osobou, pro korektnost výsledků.

#### 4.4.5 Typ porostu

V rámci výzkumu byly stanoveny tyto typy: Roztroušená výsadba ve volné krajině (RV), břehové porosty (BP) a lesní porosty (LP). Každá kategorie má určitý charakter, liší se zejména zápojem korun (BERAN, 2015).



Obr. 8: RV (zdroj autor)

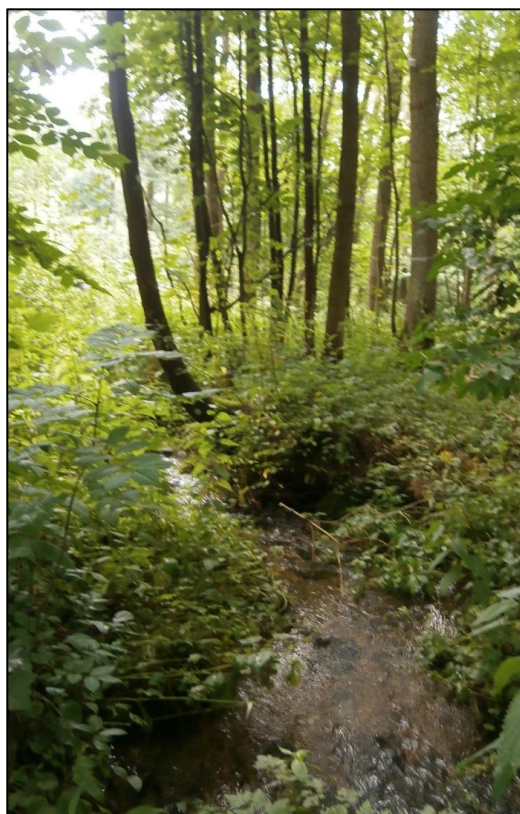
### Roztroušená výsadba (RV)

Spadají sem solitéry, skupiny a shluky jasanů ve volné venkovské krajině. Dále remízy, okraje porostů, stromořadí a také liniové výsadby (obr. 8). Jasany zařazeny do tohoto typu porostu mají koruny většinou volné, pouze mírně ovlivňované jinými korunami stromů (BERAN, 2015).

### Břehové porosty (BP)

Významným kritériem pro zařazení stromů do tohoto typu porostu byla přítomnost vody. Spadají sem jedinci vyskytující se jak ve volné krajině, tak v intravilánu obce, či lesním porostu. Omezením je přítomnost vodního toku. Do kategorie se tedy řadí porosty podél vodotečí, limitovány jsou však vzdáleností do 6 m od břehové linie toku (BERAN, 2015).

Lze uvést, že do této kategorie spadají jen jasany v bezprostřední blízkosti toku, rostoucí přímo na břehu, anebo jasany rostoucí v zaplavovaných oblastech (obr. 9).



Obr. 9: BP (zdroj autor)

### Lesní porosty (LP)

Jedná se o jasany v rostoucí v lesích, výskyt může být roztroušený až souvislý (obr. 10). Patří sem tedy skupinky jasanů a i jednotlivě rostoucí jedinci v lesních porostech. Jasany v lesním porostu mají koruny ovlivňované jinými, do kategorie tak spadaly většinou stromy v plném zápoji (BERAN, 2015). Pokud jedinci nespĺňovali přísnější kritéria pro zařazení do dvou předchozích kategorií, byli zařazeni do typu lesní porost.

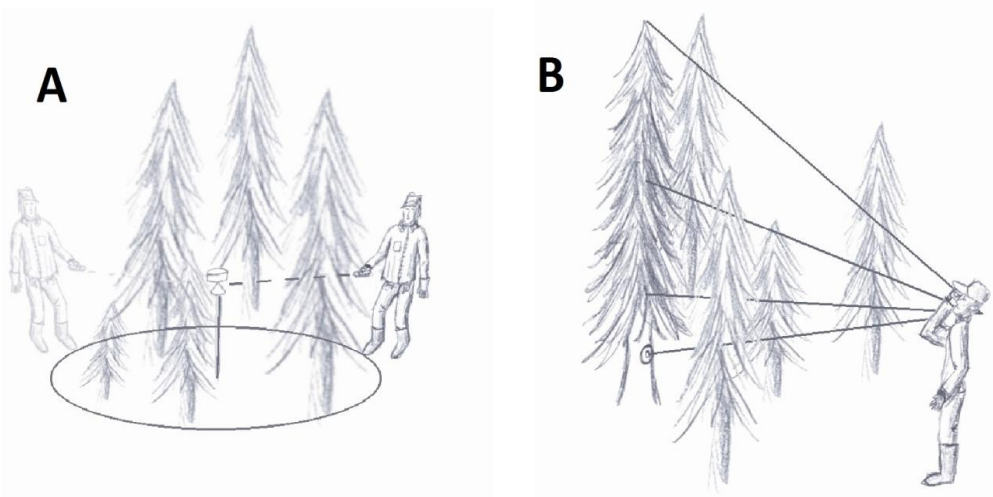


Obr. 10: LS (zdroj autor)

#### 4.4.6 Výška jasanu (h)

Pro každý zaznamenaný jasan v rámci práce byla měřena výška jedince. Pro měření výšky stromu byl použit přístroj Vertex IV a Transponder T3. Při měření bylo dodržováno zásad a postupů pro měření výšek uvedených v návodu od výrobce přístroje.

Vertex IV je primárně určen k měření výšky stojících objektů, nejčastěji stromů. Je považován za jeden z nejmodernějších přístrojů na trhu v tomto oboru. Přístroj může být také použit pro měření vzdálenosti (byl používán, jako kontrola při stanovení plochy o poloměru 30 m (obr. 11)).



Obr. 11: Měření vzdálenosti (A) a výšky (B) pomocí Vertex IV a transponderu T3 (převzato z: HAGLÖF SWEDEN AB, 2007).

Nástroj využívá ultrazvukového měření, tato technika se ukázala být užitečná zejména v terénech s hustým podrostem, kde konvenční metody, jako měřicí pásy, laserové přístroje a mechanické výškové měřiče, nedosahují takových přesností a jejich používání je obtížné.

Pro přesné a spolehlivé měření pracuje Vertex IV s Transponderem T3. Komunikace mezi těmito přístroji eliminuje jakoukoliv záměnu signálu např. z jiného přístroje, také měření nebude podstatným způsobem narušeno jinými objekty mezi přístroji. Pro dosažení maximálního zvýšení a optimalizaci přesnosti měření musí být přístroj v pravidelných intervalech kalibrován. Výšky jsou vypočítány trigonometricky, přepočtem ze změřeného úhlu a vzdálenosti daného bodu. Při měření výšky je důležité držet nástroj co nejpříměji (HAGLÖF SWEDEN AB, 2007).

#### 4.4.7 Jiné poškození

V rámci sběru dat na vybraných plochách byl hodnocen zdravotní stav každého zaznamenaného jedince s ohledem na vliv patogenu *H. fraxineus*; zaznamenávány byly pouze poškození způsobené jinými činiteli.

Na hodnocených jasanech byla posuzována poškození působená abiotickými a biotickými činiteli. Za abiotické poškození bylo bráno poškození kmene při těžbě nebo mrazové trhliny (Foto 7). Zaznamenáváno bylo také poškození biotickými škůdci, kdy byli zaznamenáni lýkohub jasanový (*Hylesinus fraxini*) a václavka (*Armillaria* sp.). Pokud jasan nebyl poškozen těmito uvedenými činiteli, byl hodnocen jako jinak nepoškozený (NE). Pokud stromy nevykazovaly známky poškození jinými činiteli, a nebyl shledán ani významný vliv patogenu *H. fraxineus*, mohly být, tito jedinci považováni za fenotypově odolnější.

#### 4.4.8 Vlhkost a teplota vzduchu

Mezi další zaznamenávané veličiny patřily vlhkost a teplota vzduchu. Pro měření těchto údajů bylo použito výše zmíněných 55 dataloggerů typu THI Minikin s vlastním zdrojem energie a radiačním krytem (EMS Brno), které měří s přesností 0,003 %. Data byla měřena v období 1. 6. – 31. 9. 2016 v intervalu 5 min., po třech provedených měřeních, tedy po 15 minutách se naměřené hodnoty zprůměrovaly a zaznamenaly. Největší koncentrace askospor patogenu se uvádí

od července až do začátku srpna (TIMMERMANN et al. 2011), pokud panují příznivé podmínky, sporulace může začít dříve a prodloužit se až do října (HIETALA et al, 2013; KIRISITS et CECH, 2009; KOWALSKI et HOLDENRIEDER, 2009b; TIMMERMANN et al., 2011). V roce 2016 nedocházelo k pozdější tvorbě apothecií.

Po deinstalaci přístrojů byla data pomocí USB čipu a počítačového universálního softwaru (Mini32) od firmy EMS Brno stažena a později převedena do formátu.xls.

#### **4.5 Rozšíření sebraných dat**

Ve spolupráci s VÚKOZ, v. v. i Průhonice byla data pomocí ArcGIS rozšířena o další charakteristiky, jako je radiace při povrchu země a při průměrné výšce stromu 20 m ( $\text{Wh/m}^2$ ), průměrné roční teploty a vlhkosti vzduchu na výzkumných plochách, vzdálenost k nejbližšímu vodnímu zdroji a vzdálenost k nejbližšímu sousednímu jasanu.

Morfologie terénu na výzkumných plochách byla také do výzkumu promítnuta, k vyhodnocení dat bylo využito Digitálního Modelu Reliěfu České republiky. Jednalo se především o informace popisující vertikální a horizontální členění terénu, tedy nadmořskou výšku, sklon svahu, expozici svahu, Index místního terénu (TPI) a průměrné hodnoty těchto uvedených kritérií na výzkumných plochách.

#### **4.6 Statistická analýza dat**

Všechna data naměřená v modelovém území Křížlice a data naměřená pomocí dataloggerů, včetně získaných dat z programů AecGIS a DMR byla převedena z terénních zápisníků do programu Microsoft Excel (Tab. 2) a sloužila jako podklad pro vyhodnocení výsledků.

Statistické zpracování dat bylo provedeno za použití matematického softwaru R a statistického balíčku (Statsoft CR).

Předběžná analýza se skládala z vyhodnocení páru korelací mezi všemi spojitými proměnnými. Vysoce korelované proměnné (např. nadmořská výška a



průměrná teplota vzduchu) byly ztotožněny v korelační matici a pouze jedna proměnná byla udržována pro následnou analýzu z každé takové skupiny.

Pro vyhodnocení vzájemných vlivů jednotlivých proměnných na prosychání korun byl použit obecný lineární model (obr. 12), kde  $y$  je míra proschnutí stromu,  $x_1, \dots, x_k$  jsou vysvětlující proměnné a  $\beta_0, \dots, \beta_k$  jsou příslušné regresní koeficienty. Konečný tvar modelu byl vytvořen metodou obousměrné krokové regrese, při níž optimalizačním kritériem byla minimalizace hodnoty Akaikeho informačního kritéria (obr. 13), kde  $n$  je počet měření,  $s^2$  je odhad reziduálního rozptylu a  $r$  je počet parametrů modelu.

Statistická analýza byla provedena obdobnou formou předešlých výzkumů, např. HAVRDOVÁ et al. (2017).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i$$

Obr. 12: Obecný lineární model

$$AIC = n(1 + \ln(2\pi s^2)) + 2(r + 1)$$

Obr. 13: Akaikeho informační kritérium

Tab. 2: Přehled proměnných (hvězdičkou jsou označeny proměnné vstupující do GLM modelu)

	Popis proměnné	Jednotky	Kategorie (u kategoriálních proměnných)	
<i>Proměnné změřené v terénu</i>				
<b>prosychání</b>	prosychání koruny způsobené <i>H. fraxineus</i>		(1/ 0-5%; 2/6-25%; 3/26-50%; 4/51-75%; 5/76-100%)	
<b>zápoj porostu</b>	zápoj porostu v bufferu	%		*
<b>zastoupení JS</b>	zastoupení JS v bufferu	%		
<b>typ porostu</b>	typ porostu; BP=břehový porost, LS=lesní porost, RV=roztroušená vegetace		BP=břehový p., LP=lesní porost, RV=roztr. výsadba	
<b>výška</b>	výška stromu	m		*
<b>jiné poškození</b>	jiné poškození		ne=bez poškození; ano=přítomnost L=lýkohubů, V= václavek, R= roztočů	*
<i>Proměnné naměřené pomocí dataloggerů</i>				
<b>radiace v 0m</b>	radiace při povrchu země	Wh/m2		
<b>radiace ve 20m</b>	radiace ve výšce 20 m	Wh/m2		*
<b>Ø teplota v období 1</b>	prům. teplota v období 0107-3108_2016	°C		*
<b>Ø vlhkost v období 1</b>	prům. vlhkost v období 0107-3108_2016	%		*
<b>Ø teplota v období 2</b>	prům. teplota v období 1506-1509_2016	°C		
<b>Ø vlhkost v období 2</b>	prům. vlhkost v období 1506-1509_2016	%		
<b>Ø teplota v období 3</b>	prům. teplota v období 0106-3109_2016	°C		
<b>Ø vlhkost v období 3</b>	prům. vlhkost v období 0106-3109_2016	%		
<b>dny s vlhkostí&gt;95%</b>	počet dní s vzdušnou vlhkostí >95% v rozmezí mezi 6 a 11 hodinou	n		*
<i>Proměnné získané z GIS a DMR</i>				
<b>nadmožská výška</b>	nadmožská výška	m n. m.		*
<b>sklon terénu</b>	sklon svahu	stupně		*
<b>expozice svahu</b>	expozice svahu	stupně		*
<b>TPI5</b>	Index místního terénu pro 5 sousedních buněk	index		*
<b>TPI20</b>	Index místního terénu pro 20 sousedních buněk	index		
<b>vzdálenost vody</b>	vzdálenost k nejbližšímu vodnímu zdroji	m		*
<b>Ø nadm. výška v bufferu</b>	průměrná nadmožská výška na ploše bufferu	m n. m.		
<b>Ø sklon terénu v bufferu</b>	průměrný sklon na ploše bufferu	stupně		*
<b>Ø sklon expozice v bufferu</b>	průměrná expozice na ploše bufferu	stupně		
<b>Ø TPI5 v bufferu</b>	průměrná hodnota tpi na ploše bufferu	index		*
<b>Ø TPI20 v bufferu</b>	průměrná hodnota tpi na ploše bufferu	index		
<b>sousední jasan</b>	nejbližší sousední jasan	m		*
<b>vzd. vody od okraje bufferu</b>	vzdálenost od nejbližšího okraje bufferu k vodnímu zdroji	m		*

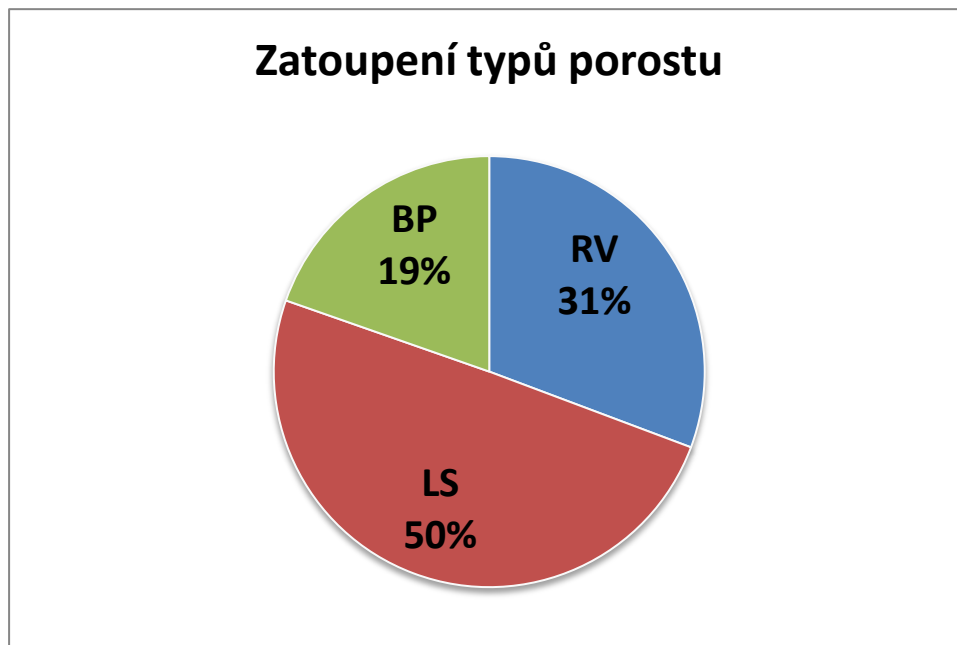
## 5 Výsledky

Na modelové mikrolokalitě Křížlice byl zjištěn výskyt patogenu *H. fraxineus* na všech 55 výzkumných plochách. Celkový počet jasanů zahrnutých do výzkumu čítal 840 jedinců. Plochy se změřenými jedinci jsou názorně zobrazeny na mapě (obr. 14).



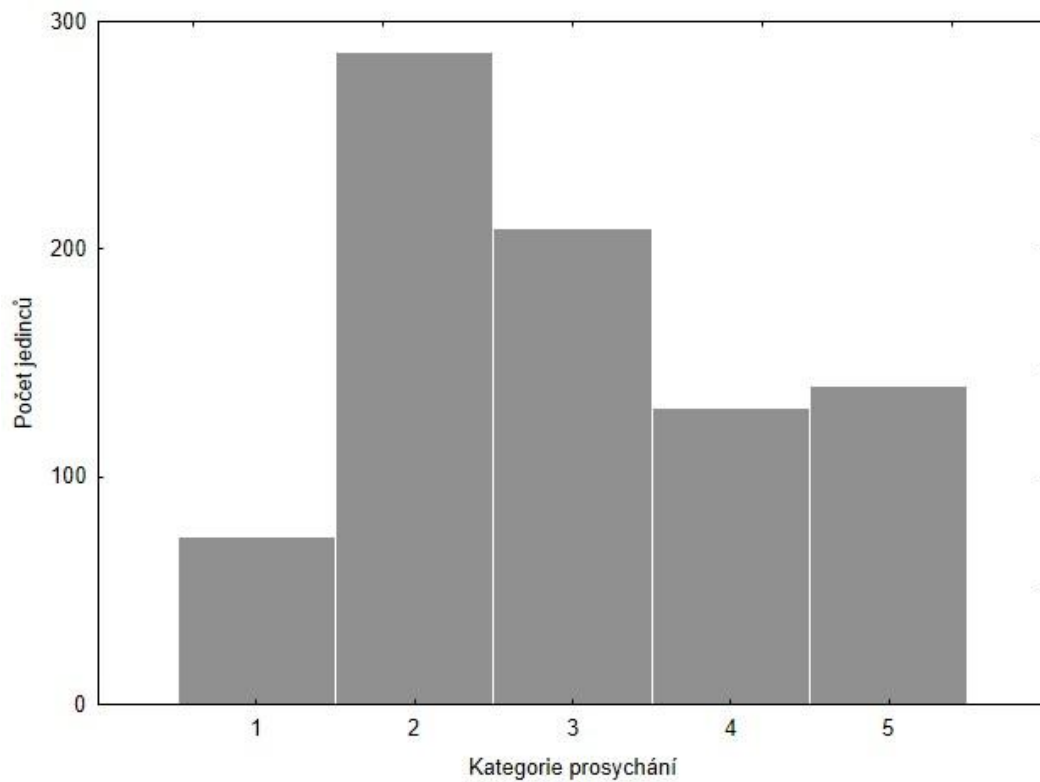
Obr. 14: Mapa zájmového území (zdroj T. LOSKOTOVÁ, 2017)

Nejvíce zastoupených jedinců spadalo do typu porostu LP (lesního porost), a to 417 jasanů, méně do RV (roztroušená výsadba) 258 jedinců a v BP (břehový porost) bylo zaznamenáno 165 jasanů (obr. 15).

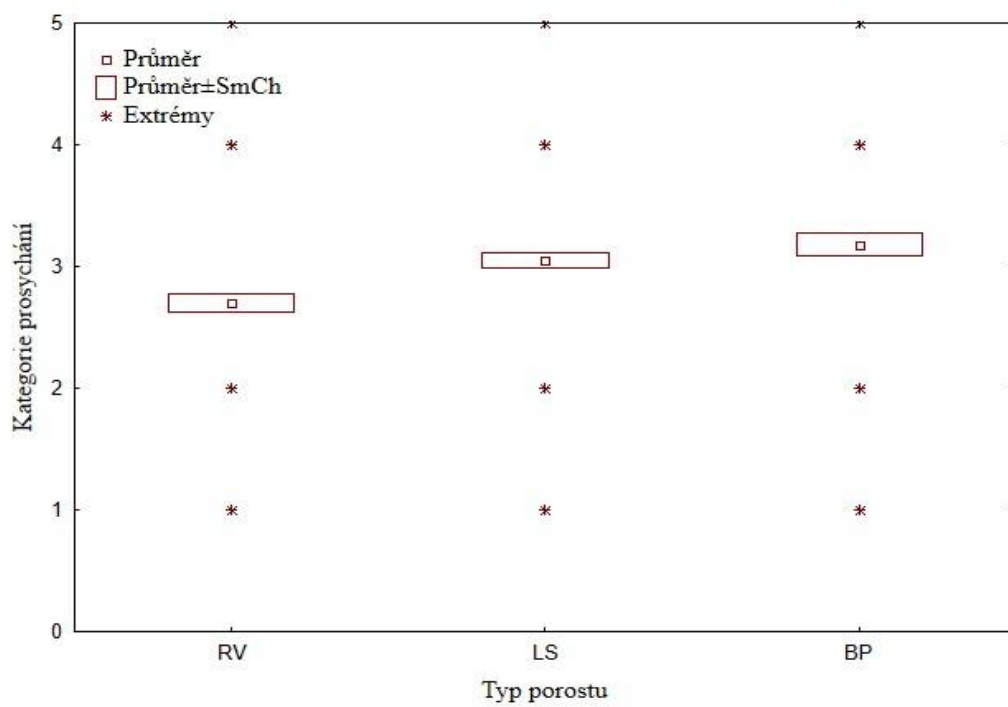


Obr. 15: Graf zobrazující rozdělení jedinců dle typů porostu v zájmovém území Křížlice

Z hlediska intenzity dopadu patogenu, které se projevuje prosycháním korun, bylo nejvíce jedinců zaznamenáno ve stanovené kategorii prosychání 2. Lze tedy uvést, že nejvíce jedinců v zájmovém území mělo proschlé koruny z 6–25 % (obr. 16). Vysoké počty lze nalézt i v kategorii 3 (26–50 %). Za znepokojující je možné považovat fakt, že počet jedinců v nejvíce poškozené kategorii prosychání čítá 140 jasanů. V zájmovém území se tak nachází přibližně 17 % z celkového počtu zaznamenaných jasanů, proschlých ze 76–100 % v důsledku působení patogenu a tyto počty pravděpodobně budou narůstat. Nejmenší počet jedinců byl naopak zaznamenán v kategorii prosychání 1 (0–5 %), stromů v lepším zdravotním stavu se na mikrolokalitě Křížlice vyskytovalo pouze 74. Ve vztahu prosychání korun a typu porostu se nejvíce poškozené patogenem jevíly břehové porosty (BP), v nejlepší zdravotním stavu naopak byly jedinci v roztroušené výsadbě (RV) (obr. 17).

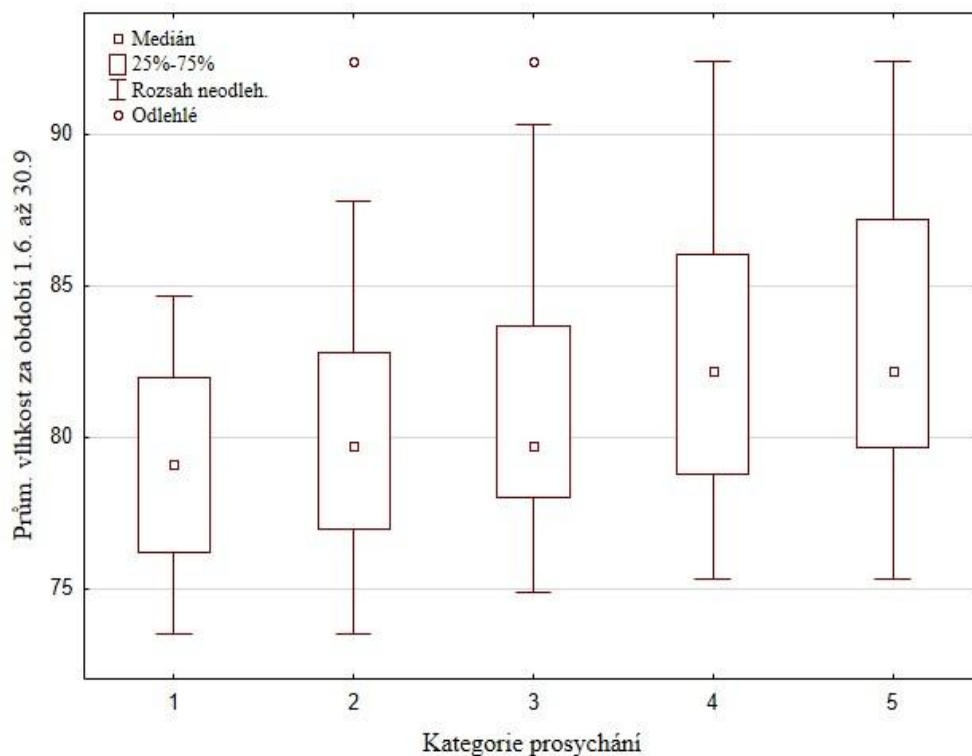


Obr. 16: Histogram zobrazující počty jasanů v jednotlivých kategoriích prosychání

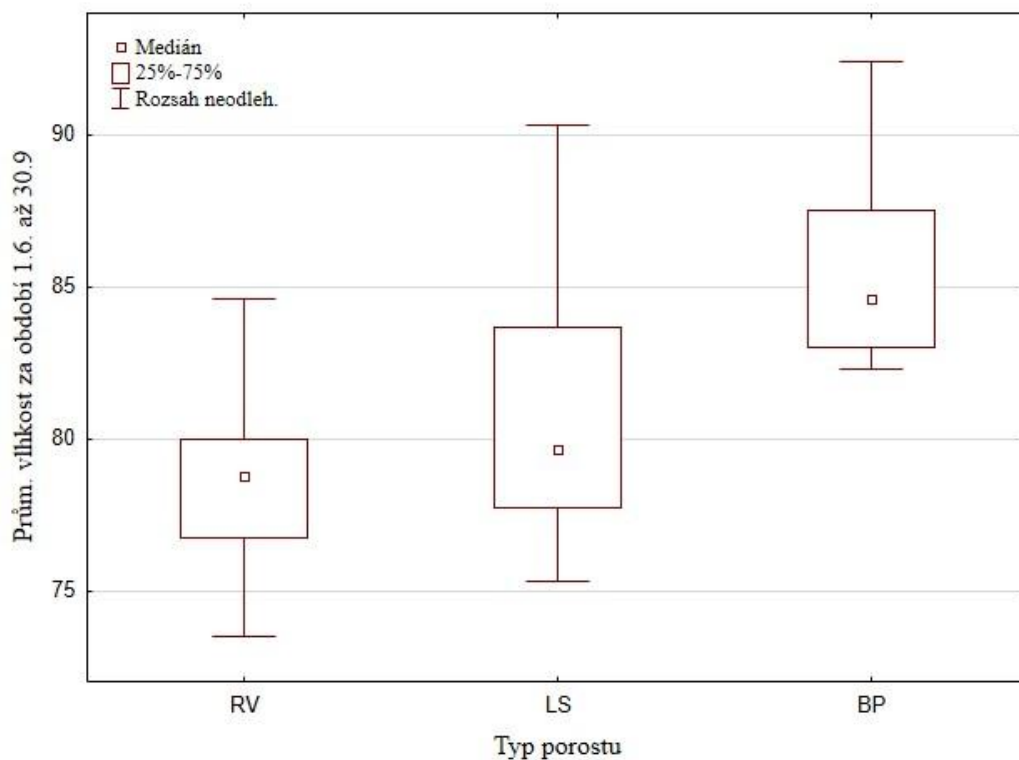


Obr. 17: Graf zobrazující vztah mezi prosycháním a typem porostu

Důležitým aspektem v problematice nekrózy jasanu je vlhkost vzduchu jak uvádějí někteří autoři, např. HAVRDOVÁ et al. (2015); GROSS et al. (2014). Při porovnání s kategoriemi prosychání je zřejmé, že s nižší vlhkostí je zdravotní stav jasanů lepší. Naopak s vyšší vlhkostí vzrůstá i míra poškození jedinců, což potvrzuje graf na obr. 18. Z porovnání typů porostů s prům. vlhkostí je dobře patrná vysoká vlhkost v břehových porostech (BP), na druhé straně pak vlhkost nižší v roztroušené výsadbě (RV) (obr. 19). Průměrná vlhkost vzduchu se na zájmovém území pohybovala za sledované období od 1. 6. do 30. 9. okolo 82%, průměrná teplota pak byla okolo 16 °C.

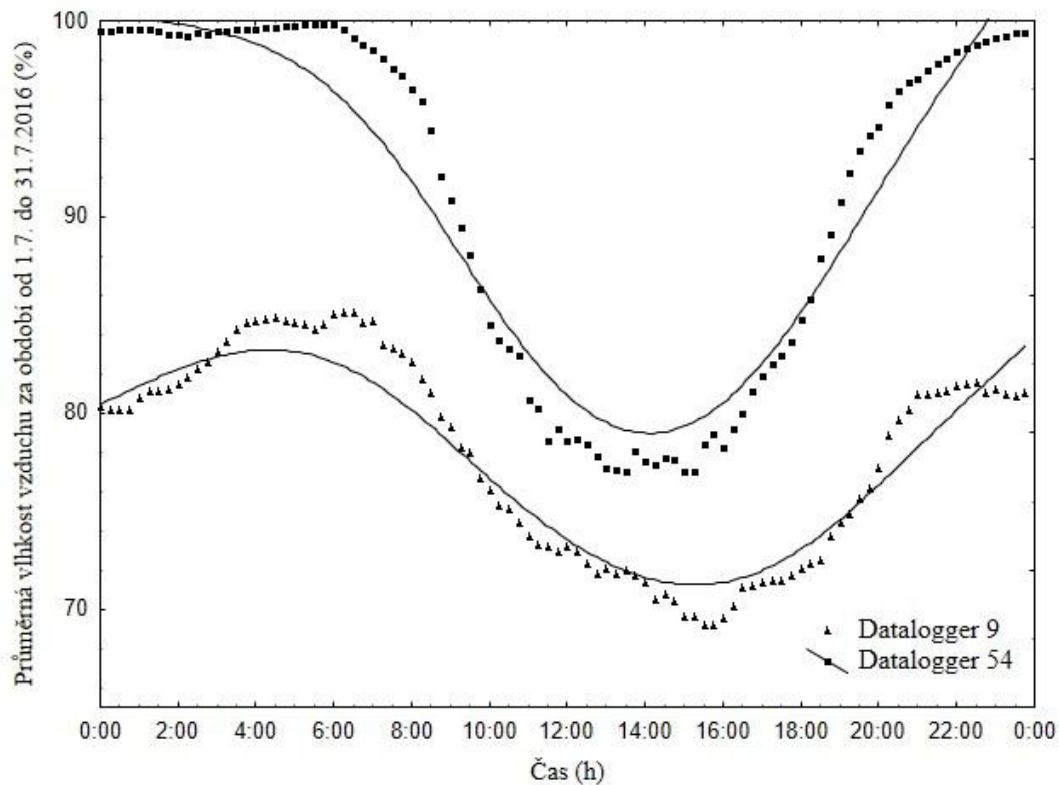


Obr. 18: Graf zobrazující vztah prosychání a průměrné vzdušné vlhkosti za určité časové období



Obr. 19: Graf zobrazující vztah typu porostu s prům. vzdušnou vlhkostí za určité období

S jistotou lze uvést, že průběh denní vzdušné vlhkosti má u všech výzkumných ploch stejný charakter. Během dne jsou hodnoty vlhkosti vzduchu nižší než je tomu v ranních a nočních hodinách (20:00 – 9:00), kdy vlhkost na plochách dosahovala až 100 %. Kolem poledních hodin (12:00 – 16:00) naopak hodnoty vlhkosti padaly i pod 70 %. V rámci výzkumu byly vybrány dvě výzkumné plochy s rozdílným dopadem houby, jedna sušší lokalita (datalogger č. 9) a druhá vlhčí (datalogger č. 54), aby mohl být znázorněn charakter vývoje vzdušné vlhkosti během dne na těchto plochách (obr. 20).



Obr. 20: Graf zobrazující denní průběh prům. vlhkosti vzduchu za určité období u dvou sledovaných ploch (9 – roztroušená výsadba; 54 – břehový porost)

### Výsledky obecného modelu

Pro vyhodnocení vzájemných vlivů jednotlivých proměnných na intenzitu dopadu patogenu vznikl model, který se sestával z 9 významně přispívajících proměnných. Model nezahrnuje další proměnné jako např. typ porostu, výška jedince, atd. jelikož byly nahrazeny statisticky průkaznějšími proměnnými. Za statisticky významné proměnné se považovaly proměnné s vlivem průkaznosti  $P > 0,05$ . Jelikož bylo proměnných mnoho, vzniklo potencionálně několik variant zobrazujících vliv měřených veličin zodpovědných za poškození, vybrána byla varianta nejvhodnější (tab. 3).

Obecný model GML vysvětlil 27,6 % variability dat. Tento výsledek lze považovat za uspokojivý, jelikož na prosychání korun vlivem napadení *Hymenoscyphus fraxineus* působí mnoho faktorů, které jsou velice těžko měřitelné a v modelu tak nemohly být zohledněny. Těmito faktory se rozumí např. genotyp jasanu, množství inokula, pedologický vliv, směr a síla větru, atd. V potaz je také nutno brát chybu vzniklou při měření.



Model vyhodnocuje jako nejvýznamnější proměnné: zápoj porostu, přítomnost lýkohubů, václavek, průměrnou teplotu za období 1. 7. – 30. 8. 2016, vlhkost vzduchu >95% mezi 6:00-11:00 v období 1. 7. – 30. 8. 2016 a střední TPI pro 5 sousedních buněk bufferu, které mají pozitivní vliv na vývoj patogenu. Tedy tyto proměnné napomáhají k intenzivnějším škodám a většímu dopadu nekrózy jasanu na jasanové porosty, prosychání a škody narůstají.

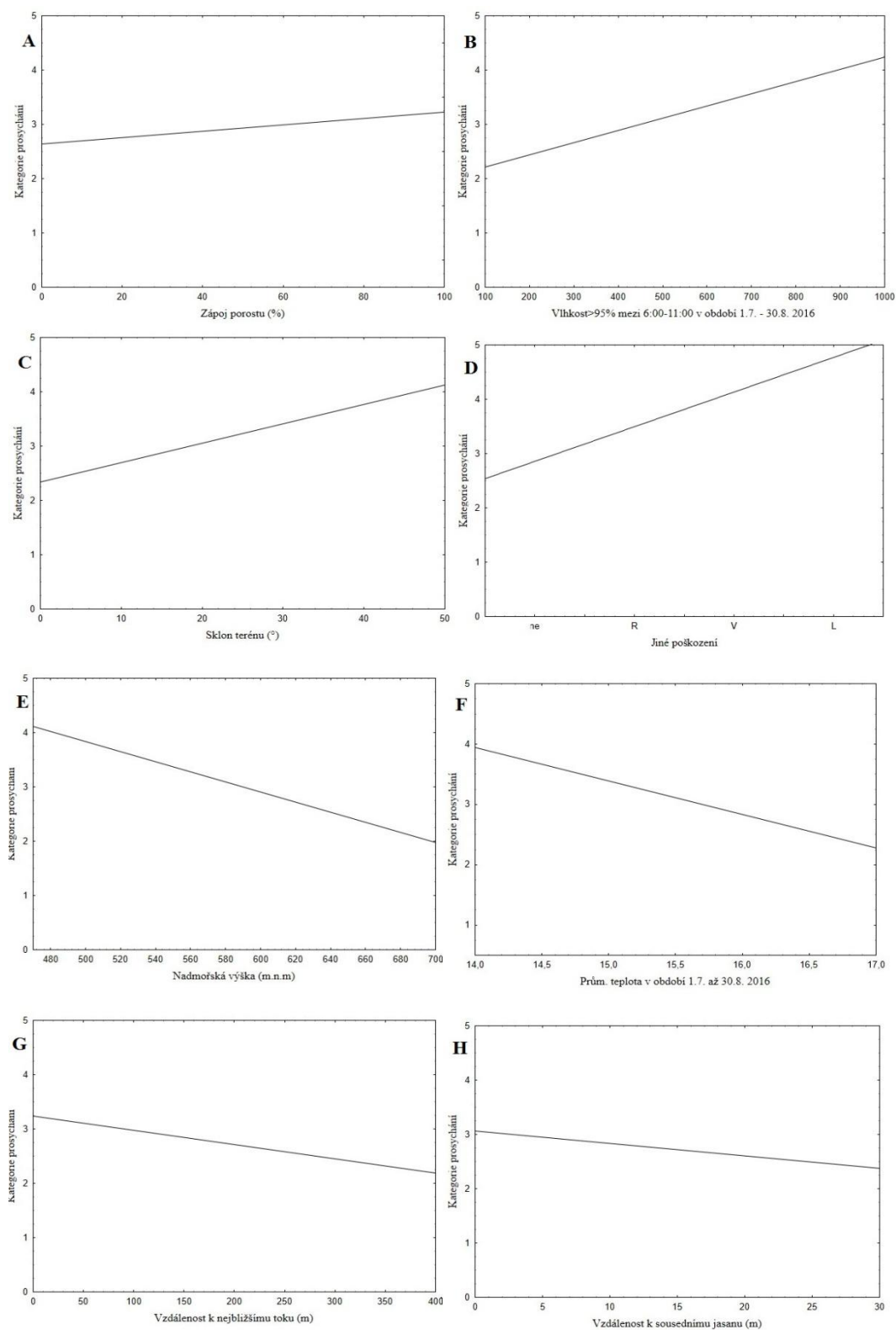
Naopak proměnné jako přítomnost roztočů, vzdálenost k nejbližšímu jasanu a vzdálenost od vodního toku mají na vývoj patogenu negativní vliv. Lze tak např. uvést, že s narůstající vzdáleností od vodního toku, klesá míra poškození jasanu.

Vztahy mezi hlavními proměnnými jsou znázorněny na obr. č 21, kde pozitivní vliv ukazují grafy A až D a negativní vliv E až F.

Tab. 3: Obecný GML model nekrózy jasanu na mikrolokalitě Křížlice

Použité koeficienty					
	Estimate	Std.	t value	P- value	síla vlivu
(Intercept)	-1.442e+01	3.575e+00	-4.033	6.00e-05	***
Zápoj porostu	2.893e-03	1.164e-03	2.487	0.01308	*
Přítomnost L	1.747e+00	1.860e-01	9.390	< 2e-16	***
Přítomnost R	-4.925e-01	2.688e-01	-1.832	0.06729	
Přítomnost V	1.170e+00	2.992e-01	3.912	9.92e-05	***
Vzdálenost k nejbližšímu jasanu	-2.812e-02	1.226e-02	-2.294	0.02204	*
Vzdálenost od vodního toku	-1.816e-03	6.889e-04	-2.637	0.00853	**
Prům. teplota za období 1.7. - 30. 8. 2016	9.942e-01	2.184e-01	4.552	6.12e-06	***
Vlhkost >95 % mezi 6:00-11:00 h v období 1.7. - 30. 8. 2016	4.102e-03	4.341e-04	9.450	< 2e-16	***
Střední TPI pro 5 sousedních buněk bufferu	7.477e-01	3.321e-01	2.252	0.02460	*

Residuální směrodatná odchylka: 1.054 na 830 DF  
 Multiple R-squared: 0.2756, Adjusted R-squared: 0.2678  
 F-statistic: 35.09 na 9 a 830 DF, P-value: < 2.2e-16



Obr. 21: Graf zobrazující pozitivní, nebo negativní vztah vybraných proměnných k prosychání jasanu (kategorie 1/ 0-5%; 2/ 6–25%; 3/26-50%; 4/51-75%; 5/76-100%). A zápoje porostu; B vlhkosti vzduchu >95%; C sklon terénu; D přítomnosti jiného poškození způsobeného lýkohuby, václavkami či roztoči; E nadmořské výšky; F prům. teploty; G vzdálenosti vodního toku; H vzdálenosti k nejbližšímu jasanu.

## 6 Diskuse

Výskyt patogenu *H. fraxineus* na modelovém území Křížlice byl prokázán, prosychání provázely zřetelné symptomy charakterizující přítomnost patogenu *H. fraxineus*. Na opadu byly nalezeny bílé plodnice teleomorfního stádia patogenu (Foto 8 A; B), byly také nalezeny výhony s typickým zabarvením po nekrotizaci pletiv, a po ukončení měření byl viditelný předčasný opad listů (příloha Foto 1, 3, 4). Průměrné prosychání korun dosahovalo 26–50 % s nejčastějším prosycháním 6–25 %. Při srovnání s měřením v r. 2014 (BERAN, 2015) nedošlo na zmíněné mikrolokalitě ke zhoršení poškození jasanů, ale k její stagnaci.

Za příčinu poměrně rozsáhlého poškození jasanů (v 17 % bylo identifikováno prosychání koruny 76–100 %) v důsledku napadení patogenem *H. fraxineus* lze považovat hned několik faktorů. Za nejdůležitější lze označit: i) askospory patogenu mají vysokou densitu; šíří se vzduchem, a infekční tlak je déletrvajícím (KOWALSKI et HOLDENRIEDER, 2009); ii) na zdravotní stav jasanu mají vliv vnější faktory prostředí (GROSS et al., 2014), což je z výsledků výzkumu patrné; iii) poškození je rozdílné mezi jednotlivými jasanými typy porostu; geomorfologickými tvary a dalšími faktory prostředí. Tato skutečnost již byla potvrzena mnohými výzkumy např. HAVRDOVÁ et ČERNÝ (2013); GROSS et al. (2014); VACEK et al (2015); HAVRDOVÁ et al. 2017. Avšak tyto tvrzení jsou poněkud v rozporu s názory dánských výzkumníků, podle kterých je poškození jasanu v krajině Dánska rovnoměrné. To ovšem může být jednoduše vysvětleno faktem, že v této zemi je variabilita faktorů prostředí menší než v jiných státech Evropy, jelikož zde panuje stabilní vysoká vlhkost (oceánské klima) a je zde poměrně malá geomorfologie terénu (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012).

Pro potvrzení teorie o značném vlivu prostředí na vývoj houby *H. fraxineus* byly předmětem zájmu v této práci faktory prostředí včetně teploty vzduchu a vzdušné vlhkosti sledované v lokálním měřítku. Právě vzdušná vlhkost je totiž považována za jeden z klíčových aspektů při řešení problematiky patogenu *H. fraxineus* (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Houbám se téměř ve všech případech lépe daří na vlhčích stanovištích (SINCLAIR et LYON, 2005), a díky výsledkům lze tento předpoklad potvrdit. Výsledky prokázaly pozitivní vztah mezi vlhkostí a intenzitou dopadu patogenu, s narůstající vlhkostí se zvyšovalo i poškození hostitele. Z hlediska typů porostů byla největší vlhkost zaznamenána v břehových

porostech, ty se jevily v nejhorsím zdravotním stavu. Naopak nejméně poškozené byly jasanu kategorizované jako roztroušená výsadba, kde byly hodnoty vlhkosti zjištěny nižší. Na tomto tvrzení se shodují i další autoři např. HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013; HAVDOVÁ et al., 2016a.

Jelikož výzkum proběhl v lokálním měřítku, v poměrně členitém terénu s mírným klimatickým podnebím, se mohou výsledky poněkud lišit od již uvedených závěrů mnoha prací (GROSS et al., 2014; HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012 a další). To že prostředí má velký vliv na intenzitu dopadu patogenu, dokládá např. zjištění vztahu sklonu a prosychání korun způsobeném nektrózou jasanu. V modelovém území Křížlice bylo zjištěno, že s narůstajícím sklonem se zhoršuje zdravotní stav jasanů. Toto tvrzení je ale v rozporu s výsledky jiných výzkumů, kde naopak s vyšším sklonem poškození klesá (HAVRDOVÁ et al., 2014). Tento jev je pravděpodobně způsoben díky svahu ve spodní části modelového území. Jedná se o prudký svah k řece Jizerce, kde je nejvyšší vzdušná vlhkost (obr. 21), která podporuje rozvoj onemocnění. Stanoviště také není příliš vhodné pro pěstování jasanu, proto zde byly identifikovány jasanu především s prosycháním 75–100 %.

Prokázán byl také vztah nadmořské výšky s prosycháním korun jasanů. Ve vyšších nadmořských výškách se vliv patogenu snižoval. Přičemž ke stejnému závěru došli také jiní autoři (např. HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2012; HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013). Za příklad lze uvést jasanové populace v Alpách, kde je dopad patogenu malý (QUELOZ et al 2011). Za důvod větší odolnosti jedinců v těchto podmínkách by mohla být považována skutečnost, že s narůstající nadmořskou výškou se zmenšuje délka a šířka listu jasanu (THOMAS, 2011) a také tloušťka ochranná vrstva listu (TANNER et KAPOŠ, 1982). Tyto vlastnosti mohou patogenu velmi ztížit napadení hostitele. Díky tomu, že je listová plocha menší, navíc s tlustší epidermis a kutikulou, je náročné přes listy proniknout do vnitřních pletiv hostitele a dalším vývojem tak způsobit nektrózy výhonů a prosychání korun. S nadmořskou výškou také souvisí teplota vzduchu, která se v níže položených oblastech zvyšuje. Lze tedy uvést fakt, že choroba měla větší dopad v nižších nadmořských výškách s vyšší teplotou vzduchu. Přežití tenkostěnných askospor dopadlých na povrch listu (GROSS et al. 2014) znesnadňuje také vyšší proudění vzduchu, ke kterému dochází ve vyšších polohách.

Jednou z významných proměnných se také stal zápoj porostu, tento faktor, zdá se, hraje podstatnou roli v rozvoji patogenu. Jasany ve větším zápoji jsou totiž patogenem více ovlivněny, než jedinci s volnějším zápojem korun. Tento vztah potvrzuje také HAVRDOVÁ et al. (2017). S největší pravděpodobností dochází v zapojených porostech ke zvýšení vlhkosti vzduchu, což svědčí patogenu, který se pak dále vyvíjí.

Jako velmi podstatná byla vyhodnocena přítomnost jiného poškození než *H. fraxineus*. Vliv jiných škůdců, ať abiotických či biotických, byl v modelovém území přítomen. Jednalo se o poškození jedinců mrazem (Foto 7), roztoči, václavkami (Foto 5) a lýkohuby (Foto 6). Tyto poškození provázely jasné symptomy napadení, např. rhizomorfy u václavek či požerky lýkohubů (především lýkohub jasanový). Vliv jiných poškození na dopad chřadnutí jasanu je poměrně znatelný, dochází-li totiž ke zvyšování výskytu lýkohubů či václavek, narůstá i intenzita dopadu nekrózy jasanu. O přítomnostech těchto dalších poškození se ve svých pracích zmiňuje více autorů (HAVRDOVÁ et ČERNÝ, 2013; GROSS et al., 2014; HAVRDOVÁ et al. 2016a) a jejich význam v problematice choroby potvrzuje.

Vliv výšky hostitele na napadení patogenem *H. fraxineus* je považován za negativní, s nižším věkem jsou jasany náchylnější k napadení houbou. Tento výsledek již uvedlo několik autorů jako např. VACEK et al. (2015); HAVRDOVÁ (2015); a další. Proto také pravděpodobně dochází k častějšímu vyššímu poškození sazenic a mladých výsadeb (SKOVSGAARD et al. 2010). Na modelovém území se vyskytovalo poměrně mnoho jedinců s průměrnou, nebo podprůměrnou velikostí, napadených patogenem (Foto 2). Tito jedinci vykazovali často prokazatelně větší ovlivnění houbou než silnější a vyšší jasany.

Závažnost nekrózy jasanu by se dala považovat za přirozenou redukci populace, jelikož jasan byl považován za dřevinu tolerantní a měl v Evropě dosud poměrně vysoké zastoupení. Právě, ale díky těmto skutečnostem bude vliv na biodiverzitu lesních ekosystémů o to větší (PAUTASSO et al., 2013). K největšímu dopadu onemocnění způsobeného invazním patogenem *H. fraxineus* dochází v geograficky rozsáhlých zemích jako je Francie, Anglie, Německo a Itálie. Tyto státy totiž mají vhodné klima pro vývoj patogenu a exponovanou polohu. Česká republika se taktéž dá považovat za jeden z nejvíce vnímavých států EU. Není to

však způsobeno rozlohou, ale kvůli dlouhodobému přehlížení problému, a to nejen ze strany laické veřejnosti, ale i strany odborné. Podceňování a nedostatek informací velice zpomaluje boj proti podobným invazním patogenům, nečinností tak vzniká prostor pro další škody (ČERNÝ et al., 2015). Fakt, že se druh razantně rozšířil nejen ve venkovské krajině, v městských zástavbách, ale i v horských oblastech Evropy, potvrzuje jen dalekosáhlé důsledky rozsáhlé expanze (MARIGO et al., 2000; STŘEŠTÍK et ŠAMONIL, 2006).

Pro vytvoření účinných obranných pěstebních opatření je důležité, aby byly co nejlépe identifikovány faktory ovlivňující působení patogenu v jasanových porostech. Poté znovu zajistit jeho úspěšný růst, množství a kvalitu dřeva na různých místech a za různých podmínek v zemích Evropy (DOBROWOLSKA et al., 2011). Některé výzkumy dochází k závěru, že zbytek populace jasanu přežívá pravděpodobně díky dědičným rysům, jež zaručují rezistenci druhu (JÖNSSON et THOR, 2012). Bylo dokonce zjištěno 70% odumírání ve vztahu citlivosti hostitele a patogenu (MCKINNEY et al 2011). Tento autor dokonce naznačuje, že populace jasanu by se mohly zcela zhroutit. Nicméně šance na úspěch ve výběrových a šlechtitelských programech je stále nadějná, víceméně v každém porostu totiž lze najít fenotypově odolnější jedince (HAVRDOVÁ et al., 2016b).

Odolné genotypy by mohly být klíčem k znovunavrácení populace jasanu v Evropě (GROSS et al., 2014). Aby se zabránilo kolapsu populací, navrhuje se fyto-sanitární a především pěstební opatření. Taková doporučení jsou již v Evropě i ČR k dispozici (ČERNÝ et al. 2016; SKOVSGAARD et al. 2017), záleží nyní bude na jednotlivých pracovnících nejen v oboru lesnictví. Přehlížením a pasivním přístupem k nepůvodním invazním patogenům bude dál docházet k podobným ztrátám populací, bylo by tedy nanejvýš moudré přístup změnit (ČERNÝ et al., 2015).

## 7 Závěr

V diplomové práci byly shrnuty aktuální poznatky o problematice invazního patogenu *Hymenoscyphus fraxineus*. Tento patogen působí významné škody nejen na území ČR, ale téměř po celé Evropě. Postihuje zejména původní druh jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a jasan úzkolistý (*Fraxinus angustifolium*).

Hlavním cílem výzkumu bylo zjištění intenzity dopadu patogenu v modelovém území Křížlice na různé porosty jasanu. Při výzkumu prováděném v lokálním měřítku byly zkoumány souvislosti mezi dopadem choroby a hlavními faktory prostředí.

V modelovém území bylo hodnoceno 840 jasanů. Z výsledků jsou patrné, rozdíly v dopadu choroby. GLM model vysvětlil 27,6 % variability dat. Identifikované proměnné svým negativním, nebo pozitivním vlivem působí a jsou zodpovědné za míru poškození jasanů patogenem *Hymenoscyphus fraxineus*. Mezi hlavními identifikovanými proměnnými byl určen zápoj porostu, přítomnost lýkohubů, václavek a roztočů, průměrná teplota v období 1. 7. – 30. 8. 2016, vlhkost vzduchu >95% mezi 6:00–11:00 v období 1. 7. – 30. 8. 2016, průměrná hodnota TPI 5 bufferu, vzdálenost nejbližšího jasanu a vzdálenost od vodního toku.

## 8 Použitá literatura

ADAMČÍKOVÁ, K.; KÁDASI-HORÁKOVÁ, M.; JANKOVSKÝ, L.; HAVRDOVÁ, L. (2015). Identification of *Hymenoscyphus fraxineus*, the causal agent of ash dieback in Slovakia. *Biologia*. 2015, vol. 70, no. 5, p. 559—564.

BAKYS, R.; VASAITIS, R.; BARKLUND, P.; IHRMARK, K.; STENLID, J. (2009a). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 2009, vol. 58, no. 2: 284–292.

BAKYS, R.; VASAITIS, R.; BARKLUND, P.; THOMSEN, I.; STENLID, J. (2009b) Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *European Journal Forestry*. 2009, vol. 128, no. 1, p. 51–60.

BAKYS, R.; VASILIAUSKAS, A.; IHRMARK, K.; STENLID, J.; MENKIS, A.; VASAITIS, R. (2011) Root rot, associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2011, vol. 26, no. 2, p. 128–135.

BARAL, H.; QUELOZ, V.; HOSOYA, T. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. *IMA FUNGUS*. 2014, vol. 5, no. 1: 79–80.

BARKLUND, P. (2005) Ash dieback sweeping over South and Central Sweden. *SkogsEko*. 2005, vol. 3, no. 1: 11–13. (In Swedish)

BENGTSSO, S. B. K.; VASAITIS, R.; KIRISITS, T.; SOLHEIM, H.; STENLID, J. (2012) Population structure of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* and its genetic relationship to *Hymenoscyphus albidus*. *Fungal Ecology*. 2012, vol. 5, no. 2, p. 147–153.

BERAN, T. (2015) Vliv mikrostanovištních faktorů na distribuci a dopad nekrózy jasanu. Bakalářská práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 41p.

CLEARY, M.; ARHIPOVA, N.; GAITNIEKS, T.; STENLID, J.; VASAITIS, R. (2013) Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology*. 2013, vol. 43, no. 1, p. 83–85.

COOK, B. M.; JONES, D. GARETH; KAYE, B. (2006) The epidemiology of plant diseases. Dordrecht: Springer Netherlands. 2006, 576 p.

ČERNÝ, K., HAVRDOVÁ, L., ZLATNÍK, V., HRABĚTOVÁ, M. (2016a): Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*. Certifikovaná metodika VÚKOZ, v.v.i., 4/2016–056, QJ1220218. Certifikace Mze: 30. 12. 2016, č.j. 73910/2016-MZE-16222/M140. VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 52 s.

ČERNÝ, K.; GREGOROVÁ, B.; STRNADOVÁ, V.; HOLUB, V.; TOMŠOVSKÝ, M.; ČERVENKA, M. (2008) *Phytophthora alni* causing decline of black and grey alders in the Czech Republic. *Plant Pathology*. 2008, vol. 57, no. 2, p. 370.



ČERNÝ, K.; MRÁZKOVÁ, M.; HRABĚTOVÁ, M.; STRNADOVÁ, V.; ROMPORTL, D.; HAVRDOVÁ, L.; HAŇÁČKOVÁ, Z.; NOVOTNÁ, K.; ŠTOCHLOVÁ, P.; LOSKOTOVÁ, T.; PEŠKOVÁ, V. (2015) Invaze houbových patogenů – riziko pro lesní hospodaření v ČR?: Invazní škodlivé organismy v lesích ČR. Sborník příspěvků vydala Česká lesnická společnost ve spolupráci s Komisí ochrany lesa Odboru lesního hospodářství České akademie zemědělských věd a Lesní ochrannou službou Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Praha: Novotného lávka 2015, p. 31–43.

ČERNÝ, K.; STRNADOVÁ, V.; PEŠKOVÁ, V. (2013) *Phytophthora alni* Brasier et S. A. Kirk Plíseň olšová. Lesnická práce. 2013, vol. 92, no. 6, příloha 4 s.

DAVYDENKO, K.; STENLID, J.; VASAITIS, R. (2012) Situation with ash in Eastern Ukraine: stand characteristics, health condition, ongoing work and research needs. In MAINPRIZE, N.; HENDRY, S.; WEIR, J. (eds.). *Interim Report from Chalara fraxinea, FRAXBACK Meeting in Vilnius, 13–14 November 2012*. Bristol: Forestry Commission. 2012, p. 44.

DOUDA, M. (2014) Návrhy záchranných programů pro jilm horský (*Ulmus glabra* Hudson) na území Lužických hor. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 122 p.

ENDERLE, R.; NAKOU, A.; THOMAS, K.; METZLER, B. (2015) Susceptibility of autochthonous German *Fraxinus excelsior* clones to *Hymenoscyphus pseudoalbidus* is genetically determined. *Annals of Forest Science*. 2015 vol. 72, p. 183-193.

ENDERLE, R.; PETERS, F.; NAKOU, A.; METZLER, B. (2013) Temporal development of ash dieback symptoms and spatial distribution of collar rots in a provenance trial of *Fraxinus excelsior*. *European Journal of Forest Research*. Heidelberg: Springer, 2013, vol. 132, no. 5-6, p. 865-875.

ENGESSER, R.; MEIER, F. (2012) Eschenwelke wird noch bedrohlicher: Aktuelle Verbreitung und neuer Infektionsweg. *Wald und Holz*. 2012, vol. 12, no. 12, p. 35–39.

FONES, H. N.; MARDON, C.; GURR, S. J. (2016) A role for the asexual spores in infection of *Fraxinus excelsior* by the ash-dieback fungus *Hymenoscyphus fraxineus*. *Scientific Reports*. 2016, vol. 6, 34638, doi: 10.1038/srep34638.

FRANC, A.; RUCHAUD, F. (1996) Autécologie des feuillus précieux: frêne commun, merisier, érable sycomore, érable plane. *Etudes gestion des territoires*. 1996, vol. 18, no. 1, 170 p.

GORDON, A. G. (1964) The Nutrition and Growth of Ash, *Fraxinus excelsior*, in Natural Stands in the English Lake District as Related to Edaphic Site Factors. *Journal of Ecology*. 1964, vol. 52, no. 1, p. 169-187.

GREGOROVÁ, B.; ČERNÝ, K.; HOLUB, V.; STRNADOVÁ, V.; ROM, J.; ŠUMPICH, J.; KLOUDOVÁ, K. (2006) Poškození dřevin a jeho příčiny. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006. 407 p.

GROSS, A.; DOBBERTIN, M.; RIGLING, D. (2012a) Situation with ash in Switzerland. In MAINPRIZE, N.; HENDRY, S.; WEIR, J. (eds). *Interim Report*

from *Chalara fraxinea*, FRAXBACK Meeting in Vilnius, 13–14 November 2012. Bristol: Forestry Commission. 2012, p. 41–42.

GROSS, A.; GRÜNIG, C. R.; QUELOZ, V.; HOLDENRIEDER, O. (2012b) A molecular toolkit for population genetic investigations of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Forest Pathology*. 2012, vol. 42, no. 3, p. 252–264.

GROSS, A.; HOLDENRIEDER, O.; PAUTASSO, M.; QUELOZ, V.; SIEBER, T. N. (2014) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology*. 2014, vol. 15, no. 1, p. 5–21.

GROSS, A.; ZAFFARANO, P. L.; DUO, A.; GRÜNIG C. R. (2012c) Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Fungal Genetics and Biology*. 2012, vol. 49, no. 12, p. 977–986.

GROSS, A.; HOLDENRIEDER, O. (2013) On the longevity of *Hymenoscyphus*

HAN, J. G.; SHIN, H. D. (2008) *Hymenoscyphus ginkgonis* sp. nov. growing on leaves of *Ginkgo biloba*. *Mycotaxon*. 2008, vol. 103, no. 1, p. 189–195.

HARPER, A. L.; MCKINNEY, L. V.; NIELSEN, L. R.; HAVLÍČKOVÁ, L.; LI, Y.; TRICK, M.; FRASER, F.; WANG, L.; FELLGETT, A.; SOLLARS, E. S. A.; JANÁČEK, S. H.; DOWNIE, J.; BUGGS, R. J. A.; KJĚR, E. D.; BANCROFT, I. (2016) Molecular markers for tolerance of European ash (*Fraxinus excelsior*) to dieback disease identified using Associative Transcriptomics. *Science Report*. 2016, vol. 6, 19335, doi: 10.1038/srep19335.

HAUPTMAN, T.; PIŠKUR, B.; DE GROOT, M.; OGRIS, N.; FERLAN, M.; JURC, D. (2013) Temperature effect on *Chalara fraxinea*: heat treatment of saplings as a possible disease control method. *Forest Pathology*. 2013, vol. 43, no. 5, p. 360–370.

HAVRDOVÁ L.; ČERNÝ K. (2013a): Nekróza jasanu přehled současných znalostí. In KNÍŽEK, M.; MODLINGER, R. (eds). *Škodliví činitelé v lesích Česka, 2012/2013. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí*. Průhonice: Zpravodaj ochrany lesa. 2013, p. 56–63.

HAVRDOVÁ L.; ČERNÝ K. (2013b): Význam vlhkosti vzduchu v epidemiologii nekrózy jasanu – předběžné výsledky. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2013, vol. 58, no. 4., p. 347–352.

HAVRDOVÁ, L. (2015) Analýza vybraných faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí. Ph.D. Thesis, Czech University of Life Sciences, Praha: 106 p. (in Czech/in English).

HAVRDOVÁ, L.; ČERNÝ, K. (2012) *Chalara fraxinea* v CHKO Lužické hory – předběžné výsledky výzkumu. *Acta Průhoniciana*. 2012, vol. 100, p. 137–145.

HAVRDOVÁ, L.; ČERNÝ, K.; PEŠKOVÁ, V. (2013) *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C. r. Grünig, R. Berndt, T. Kowalski, T. N. Sieber et O. Holderieder (anamorfa *Chalara fraxinea* T. Kowalski) Nekróza jasanu. *Lesnická práce*. 2013, vol. 92, no. 6, příloha 4 p.

HAVRDOVÁ, L.; NOVOTNÁ, K.; ZAHRADNÍK, D.; BURIÁNEK, V.; PEŠKOVÁ, V.; ŠRŮTKA, P.; ČERNÝ, K. (2016a) Differences in susceptibility

to ash dieback in Czech provenances of *Fraxinus excelsior*. Forest Pathology. 2016, vol. 46, no. 4, p. 281–288.

HAVRDOVÁ, L.; ZÁBRANSKÝ, P.; ČERNÝ, K. (2014) Extrémní rozvoj nekrózy jasanu v břehových porostech je podmíněn vysokou vlhkostí jejich prostředí. Vodní hospodářství. 2014, vol. 64, no. 11, p. 1–4.

HAVRDOVÁ, L.; ZAHRADNÍK, D.; ČERNÝ, K.; CHUMANOVÁ, E.; ROMPORTL, D.; PEŠKOVÁ, V. (2016b) Mapa potencionálního poškození lesních porostů ČR nekrózou jasanu. 2016, 44 p.

HAVRDOVÁ, L.; ZAHRADNÍK, D.; ROMPORTL, D.; PEŠKOVÁ, V., ČERNÝ, K. (2017) Environmental and silvicultural characteristics influencing the extent of ash dieback in forest stands. Baltic Forestry, Special issue 23 (1): Advances in Ash Dieback Research – and some Other Invasive diseases of Trees, Edited by R. Enderle, A Pliūra & R. Vasaitis, v tisku, 168–182.

HIEMSTRA, J. A. (1995) Verticillium wilt of *Fraxinus excelsior*. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen: 224 p.

HIETALA, A. M.; TIMMERMANN, V.; BØRJA, I. (2013) The invasive ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence. Fungal Ecology. 2013, vol. 6, no. 4, p 302–308.

HUSSON, C.; CAËL, O.; GRANDJEAN, J. P.; NAGELEISEN, L. M.; MARCAIS, B. (2012) Occurrence of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on infected ash logs. Plant Pathology. 2012, vol. 61, no. 5, p. 889–895.

CHANDERLIER, A.; HELSON, M.; DVOŘÁK, M.; GISCHER, H. (2014) Detection and quantification of airborne inoculum of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* using real-time PCR assays. 2014, vol. 63, no. 6, p. 1296-1305.

JANČARČÍK, V. (1999) Grafíóza jilmů. Lesnická práce. 1999, vol. 78, no. 10, příloha 4 s.

JANKOVSKÝ, L.; HOLDENRIEDER, O. (2009) *Chalara fraxinea*–Ash Dieback in the Czech Republic. Plant Protect Science. 2009, vol. 45, no. 2, p. 74–78.

JANKOVSKÝ, L.; ŠŤASTNÝ, P.; PALOVČÍKOVÁ, D. (2009) Nekróza jasanu *Chalara fraxinea* v ČR. Lesnická Práce. 2009, vol. 88, no. 1, p. 16–17.

JUODVALKIS, A.; VASILIAUSKAS, A. (2002) The extent and possible causes of dieback of ash stands in Lithuania. LŽŪU Mokslo Darbai, Biomedicinos Mokslai. 2002, vol. 56, p. 17–22. (In Lithuanian).

KASHIAN, D. M.; WITTER, J. A. (2011) Assessing the potential for ash canopy tree replacement via current regeneration following emerald ash borer-caused mortality on southeastern Michigan landscapes. Forest Ecology and Management. 2011, vol. 261, no. 3, p. 480–488.

KERR, G.; CALAHAN, C. 2004 A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). Forest Ecology and Management. 2004, vol. 188, no. 1-3, p. 225-234.

KIRISITS, T. (2015) Ascocarp formation of *Hymenoscyphus fraxineus* on several-year-old pseudosclerotial leaf rachies of *Fraxinus excelsior*. Forest Pathology. 2015, vol. 45, no. 3, p. 254-257.

KIRISITS, T.; CECH, T. (2009) Beobachtungen zum sexuellen Stadium des Eschentriebsterben-Erregers *Chalara fraxinea* in Österreich. Forstschutz Aktuell. 2009, vol. 48, p. 21–25.

KIRISITS, T.; CECH, T. (2010) Maßnahmen gegen das Eschentriebsterben. Kärntner Forstverein Information. 2010, vol. 62, p. 31–33.

KIRISITS, T.; MATLAKOVA, M.; MOTTINGER-KROUPA, S.; CECH, T.; HALMSCHLAGER, E. (2009) The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria. In DOĞMUS-LEHTIJÄRVI, T. (ed.). *Proceedings of the IUFRO Working Party 07. 02. 02 Meeting in Egirdir, Turkey, 11–16 May 2009*. Isparta, Turkey: Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry. 2009, p. 21.

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J. A. (2008) Ainsworth and Bisby's: Dictionary of the Fungi. Vyd.10. Wallingford: CAB International. 2008, 84 p.

KNORR, A. (1987) Nutritional status, site requirements and growth performance of ash in Bavaria. Forstliche Forschungsberichte München. 1987, vol. 82, p. 1-240.

KOWALSKI, T. (2001) O zamieraniu jesionów [About ash dieback]. Trybuna Leśnika. 2001, vol. 4, p. 6–7.

KOWALSKI, T. (2006) *Chalara fraxinea* sp. nov. Associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. Forest Pathology. 2006, vol. 36, no. 4, p. 264–270.

KOWALSKI, T.; HOLDENRIEDER, O. (2009b) The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. Forest Pathology. 2009, vol. 39, no. 5, p. 304–308.

KOWALSKI, T.; ŁUKOMSKA, A. (2005) The studies on ash dying (*Fraxinus excelsior* L.) in the Włoszczowa Forest Unit stands [Poland]. Acta Agrobotanica. 2005, vol. 58, no. 2, p. 429–439.

KOWALSKI, T.; HOLDENRIEDER, O. (2009a) Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. Forest Pathology. 2009, vol. 39, no. 1, p. 1–7.

KRANZ, J. (1990) Epidemics of Plant Diseases. Dordrecht : Springer Netherlands. 1992, 268 p.

KRAUS, M. (2016) Citlivost českých proveniencí jasanu ztepilého a jasanu úzkolistého vůči invaznímu patogenu *Hymenoscyphus fraxineus*. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 105 p.

LENZ, D. H.; BARTHA, B.; STRAßER, L.; LEMME H. (2016) Development of Ash Dieback in South-Eastern Germany and the Increasing Occurrence of Secondary Pathogens. Forests. 2016, vol. 7, no. 2, p. 1–20.

LUCHI, N.; MONTECCHIO, L.; SANTINI, A. (2012) Situation with ash in Italy: stand characteristics, health condition, ongoing work and research needs. In MAINPRIZE, N.; HENDRY, S.; WEIR, J. (eds.) *Interim Report from Chalara*

*fraxinea*, FRAXBACK Meeting in Vilnius, 13–14 November 2012. Bristol: Forestry Commission. 2012, p. 25–26.

MADDEN, L.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. (2011) The study of plant disease epidemics. S. Paul, Minnesota, U.S.A.: American Phytopathological Society. 2011, 421 p.

MARIGO, G.; PELTIER, J. P.; GIREL, G.; PAUTOU, G. (2000) Success in the demographic expansion of *Fraxinus excelsior* L. Trees. 2000, vol. 15, no. 1, p. 1–13.

McKINNEY, L. V.; NIELSEN, L. R.; HANSEN, J. K.; KJAER, E. D. (2011) Presence of natural genetic resistance in *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) to *Chalara fraxinea* (Ascomycota): an emerging infectious disease. Heredity. 2011, vol. 106, no. 5, p. 788–797.

METZLER, B. (2011) Eschentriebsterben weiter zunehmend. FVA Waldschutz-INFO. 2011, vol. 2, p. 1–4.

NÁROVEC, V.; TREJTNAROVÁ, J.; JANČAŘÍK, V. (2008) Čeká i naše jasaný chřadnutí? Lesu zdar. 2008, vol. 14, no. 5, p. 4–6.

NINGRE, F.; CLUZEAU, C.; Le Goff, N. (1992) Stem forking of plantation-grown ash: causes, results and control. Rev. Forest. Française. 1992, vol. 44, p. 104–114.

PEŠKOVÁ, V.; ČÍŽKOVÁ, D. (2015) Lesnická fytopatologie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. 109 p.

PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. (2013) Prosychnání a odumírání dřevin. In KNÍŽEK, M., MODLINGER, R. (eds.). *Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2012 a jejich očekávaný stav v roce 2013. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2013. Strnady: Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2013, p. 43.*

PFEFFER, A. (1996) Tracheomykózní onemocnění, tentokrát z vážného pohledu. Lesnická práce. 1996, vol. 75, no. 5. 163 p.

PRZYBYŁ, K. (2002) Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. Forest Pathology. 2002, vol. 32, no. 6, p. 387–394.

*pseudoalbidus* in petioles of *Fraxinus excelsior*. Forest Pathology. 2013, vol. 43, no. 2, p. 168–170.

QUELOZ, V. 2016 Eschentriebsterben: Sterben ausgewachsene Eschen auch ab? Wald und Holz. 2016, vol. 6, p. 23–26.

QUELOZ, V.; GRÜNIG, C. R.; BERNDT, R.; KOWALSKI, T.; SIEBER, T. N.; HOLDENRIEDER, O. (2011) Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. Forest Pathology. 2011, vol. 41, no. 2, p. 133–142.

RYTKÖNEN, A.; LILJA, A.; DRENKHAN, R.; GAITNIEKS, T.; HANTULA, J. (2011) First record of *Chalara fraxinea* in Finland and genetic variation among isolates sampled from Åland, mainland Finland, Estonia and Latvia. Forest Pathology. 2011, vol. 41, no. 3, p. 169–174.

SELIKHOVSKIN, A. V.; MUSOLIN, D. L.; LUKMAZOVA, E. A. (2013) Situation with ash in Russian Federation: stand characteristics, health condition,

ongoing work and research needs. In MAINPRIZE, N.; HENDRY, S.; WEIR, J. (eds.). *Interim Report from Chalara fraxinea, FRAXBACK Meeting in Vilnius, 13–14 November 2012*. Bristol: Forestry Commission. 2012, p. 34-35.

SCHUMACHER, J. (2011) The general situation regarding ash dieback in Germany and investigations concerning the invasion and distribution strategies of *Chalara fraxinea* in woody tissue. EPPO Bull. 2011, vol. 41, p. 7–10.

SCHUMACHER, J.; KEHR, R.; LEONHARD, S. (2010) Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. Forest Pathology. 2010, vol. 40, no. 5, p. 419–429.

SIEBER, T. N. (2007) Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? Fungal Biology. Reviews. 2007, vol. 21, no. 2-3, p. 75–89.

SIEGERT, N. W.; McCULLOUGH D. G.; LIEBHOLD, A. M.; TELEWSKI, F. W. (2007) Resurrected from the ashes: a historical reconstruction of emerald ash borer dynamics through dendrochronological analyses. In MASTRO, V.; REARDON, R.; PARRA G. (eds.). *Proc. of the Emerald Ash Borer/Asian Longhorned Beetle Research and Technology Developm. Meeting. FHTET-2007-04, USDA*. Morgantown : Forest Service. 2007, p. 18–19.

SINCLAIR, W. A.; LYON, H. (2005) Diseases of Trees and Shrubs. Second edition, Cornell University Press. Ithaca, New York. 2005.

SKOVSGAARD, J. P. (2013) How does ash dieback influence silviculture? How can silviculture influence ash dieback? In Living with ash dieback in continental Europe: present situation, longterm experience and future perspectives. COST Action FP1103 FRAXBACK Meeting with UK & IE Stakeholders, 29 November 2013, London, England. 2013.

SKOVSGAARD, J. P., WILHELM, G. J., THOMSEN, I. M., METZLER, B., KIRISITS, T., HAVRDOVÁ, L., ENDERLE, R., DOBROWOLSKA, D., CLEARY, M., CLARK, J. (2017). Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. Forestry, přijato.

SKOVSGAARD, J. P.; THOMSEN I. M.; SKOVGAARD, I. M.; MARTINUSSEN, T. (2008) Associations of macroscopic symptoms of crown dieback and other major pests and pathogens in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Denmark. Forest Pathology. 2008, vol. 40, no. 1, p. 7-18.

SKOVSGAARD, J. P.; THOMSEN, I. M.; SKOVGAARD, I. M. MARTINUSSEN, T. (2010) Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). Forest Pathology. 2010, vol. 40, no. 1, p. 7–18.

SKUDIENE, L.; GRYBAUSKAS, K.; PALIONIS, V.; MASLINSKAS, R. (2003) The state of ash stands and possible reason for their death. Miškininkystė. 2003, vol. 54, no. 2, p. 86-96.

SOLHEIM, H.; TIMMERMANN, V.; TALGØ, V.; RØSBERG, I. (2012) Ash dieback in Norway. Forstschutz Aktuell. 2012, vol. 55, no. 18, p. 49–51.

STŘEŠTÍK, S.; ŠAMONIL, P. (2006) Ecological valence of expanding European ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the Bohemian Karst (Czech Republic). Journal of Forest Science. 2006, vol. 52, no. 7, p. 293-305.

- TANNER, E. V.; KAPOS, V. (1982) Leaf structure of Jamaican upper montane rain-forest trees. *Biotropica*. 1982, vol. 14, no. 1, p.16–24.
- THOMAS, S. C. (2011) Genetic vs. phenotypic responses of trees to altitude. *Tree Physiology*. 2011, vol. 31, no. 11, p. 1161–1163.
- THOMSEN, I. M.; SKOVSGAARD, J. P. (2006) Tøptørre i ask – klimaskade eller svampeangreb? *Skoven*. 2006, vol. 38, no. 9, p. 408-411.
- THOMSEN, I. M.; SKOVSGAARD, J. P.; BARKLUND, P.; VASAITIS, R. (2007) Svampesygdom er årsag til tøptørre i ask. *Skoven*. 2007, vol. 39, no. 5, p. 234-236.
- TIMMERMANN, V.; BORJA, I.; HIETALA, A. M.; KIRISITS, T.; SOLHEIM, H. (2011) Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns dispersal, with special emphasis to Norway. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2011, vol. 41, no. 1, p. 14–20.
- UHLÍŘOVÁ, H., KAPITOLA P. et al. (2004): Poškození lesních dřevin. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 2004, p. 191.
- VACEK, S.; VACEK, Z.; BULUŠEK, D.; PUTALOVÁ, T.; SARGINCI, T.; SCHWARZ, O.; ŠRŮTKA, P.; PODRÁZSKÝ, V.; MOSER, W. K. (2015) European Ash (*Fraxinus excelsior* L.) Dieback: Disintegrating forest in the mountain protected areas, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*. 2015, vol. 132, no. 4, p. 203–223.
- VON GADOW, A. (1975) Ökologische Untersuchungen in Ahorn-Eschenwäldern. Dissertation, Universität Göttingen, Göttingen: 76 p.
- WEBBER, J. F. (2004) Experimental studies on factors influencing the transmission of Dutch elm disease. *Forest Systems*. 2004, vol. 13, no. 1, p. 197–205.
- ZHENG, H.; ZHUANG, W. (2013) Four new species of the genus *Hymenoscyphus* (fungi) based on morphology and molecular data. *Science China Life Sciences*. 2013, vol. 56, no. 1, p. 90–100.

## 9 Ostatní použité zdroje

ČERNÝ, K.; HRABĚTOVÁ, M.; SVOBODOVÁ, I.; MRÁZKOVÁ, M.; KOWALSKI, T. (2016b) *Eutypella parasitica* naturalised in Bohemian and Polish Silesia. [on-line]. [cit. 2017-21-03]. Dostupné z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/efp.12347/full>>

DOBROWOLSKA, D.; HEIN, S.; OOSTERBAAN, A.; SKOVSGAARD, J. P.; WAGNER, S. P. (2008) Ecology and growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) [on-line]. [cit. 2017-20-03] 35 p. Dostupné z WWW: <<http://www.valbro.uni-freiburg.de/>. 2008>

DVOŘÁK, M.; HUBÍKOVÁ, V.; PALOVČÍKOVÁ, D.; JANKOVSKÝ, L. (2006) Nové poznatky o chřadnutí jilmů [online]. Lesnická práce. 2006, vol. 85 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-85-2006/lesnicka-prace-c-03-06/nove-poznatky-o-chradnuti-jilmu>>

EPPO. (2017) EPPO European and Mediterranean Plant Protection Organization [online]. [cit. 2017-15-03]. Dostupné z WWW: <<https://www.eppo.int/>>

EPPO. (2017) EPPO Reporting Service: Archives of EPPO Reporting Service [online]. [cit. 2017-09-03]. Dostupné z WWW: <[http://archives.eppo.int/EPPOReporting/Reporting\\_Archives.htm](http://archives.eppo.int/EPPOReporting/Reporting_Archives.htm)>

EPPO. 2010 Workshop on Chalara fraxinea in Oslo, Norway [online]. [cit. 2017-09-03]. Dostupné z WWW: <[http://archives.eppo.int/MEETINGS/2010\\_conferences/chalara\\_oslo.htm](http://archives.eppo.int/MEETINGS/2010_conferences/chalara_oslo.htm)>

FORESTRY COMMISSION. (2015) Chalara dieback of ash (*Hymenoscyphus fraxineus*) [online]. [cit. 2017-09-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.forestry.gov.uk/chalara>>

GOV.UK. (2015) Chalara management plan [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z WWW: <<https://www.gov.uk/government/publications/chalara-management-plan>>

JÖNSSON, M. T.; THOR, G. (2012) Estimating coextinction risks from epidemic tree death: affiliate lichen communities among diseased host tree populations of *Fraxinus excelsior*. PLOS One [online]. 2012, vol. 7, no. 9. [citováno 4. 3. 2017]. Dostupné z WWW: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141592>>

KOŠŤÁLOVÁ, V.; SÁZELOVÁ, V. (2010) Chřadnutí a odumírání jasanů, Původce: *Chalara fraxinea* Kowalski, 2006 [online]. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci se Státní rostlinářskou správou. Publikováno 2010, [citováno 4. 3. 2017]. Dostupné z WWW: <[http://eagri.cz/public/web/file/94933/chradnuti\\_a\\_odumirani\\_jasanu.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/94933/chradnuti_a_odumirani_jasanu.pdf)>

KOWALSKI, T.; BILAŃSKI, P.; HOLDENRIEDER, O. (2015) Virulence of *Hymenoscyphus albidus* and *H. fraxineus* on *Fraxinus excelsior* and *F. pennsylvanica*. PLOS ONE [online]. 2015, vol. 10, no. 10. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z WWW: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141592>>



LYGIS, V.; PROSPERO, S.; BUROKIENE, D.; SCHOEBEL, C. N.; MARCIULYNIENE, D.; NORKUTE, G.; RIGLING, D. (2016) Virulence of the invasive ash pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in old and recently established populations. Plant Pathology [online]. 2016. [cit. 2017-11-03]. Dostupné z WWW: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.12635/abstract>>

MODLINGER, R.; KNÍŽEK, M. (2012) Lýkohuby na jasanu: Lýkohub jasanový *Hylesinus varius* (Fabricius, 1775), lýkohub zrnitý *Hylesinus crenatus* (Fabricius, 1787). Lesnická práce [online]. 2012, vol. 11, no. 4. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.silvarium.cz/images/letakylos/2012/2012\\_lykohubi\\_na\\_jasanu.pdf](http://www.silvarium.cz/images/letakylos/2012/2012_lykohubi_na_jasanu.pdf)>

PAUTASSO, M.; AAS, G.; QUELOZ, V.; HOLDENRIEDER, O. (2013) European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback – A conservation biology challenge. Biological Conservation [online]. 2013, vol. 158, p. 37-49. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z WWW: <[https://www.researchgate.net/publication/233784400\\_European\\_ash\\_Fraxinus\\_excelsior\\_diedied\\_-\\_A\\_conservation\\_biology\\_challenge](https://www.researchgate.net/publication/233784400_European_ash_Fraxinus_excelsior_diedied_-_A_conservation_biology_challenge)>

SCOTT, S. (2012) How to identify *Chalara* ash dieback in the field. Forestry Commission [online]. 2012. [cit. 2017-17-02]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=8sI7hgFZ-4g>>

SLOUP, M. (2007) Škody zvěří na lesních porostech. Lesnická práce [online]. 2007, vol. 86. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-12-07/skody-zveri-na-lesnich-porostech>>

ZHAO, Y. J.; HOSOYA, T.; BARAL, H. O.; HOSAKA, K.; KAKISHIMA, M. (2012) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. Mycotaxon [online]. 2012, vol. 122, p. 25-41 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.ingentaconnect.com/content/mtax/mt/2012/00000122/00000001/art0004?crawler=true>>

## 10 Přílohy:



**Foto 1: Pohled do korun jasanů**



**Foto 2: Napadené výhony**



**Foto 3: Shlukovité olistění**



**Foto 4: Prosychání koruny a odumírání větví**



**Foto 5: Poškození václavkou (rhizomorfy)**



**Foto 6: Poškození lýkohuby- l. jasanový  
(*Hylesinus fraxini*)**



**Foto 7: Poškození mrazem**





*Foto autor*

**Foto 8 a:** Plodnice houby *Hymenoscyphus fraxineus* na opadu



*Foto autor*

**Foto 8 b:** Plodnice houby *Hymenoscyphus fraxineus* na opadu



**Foto 9: Odumřelý jasan**



**Foto 10: Jasan v dobrém zdravotním stavu**

**Korelační matice kvantitativních proměnných; statistická významnost  $P \leq 0,05$  je zvýrazněna (1 část)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Kat. prosychání	1	0,163811	-0,20984	0,092878	-0,41206	0,204927	0,125858	-0,05859	-0,0873	-0,05979	-0,1743	-0,0431185
2 Zápoj	0,163811	1	-0,33273	0,272464	-0,24625	0,202277	0,017256	-0,05261	-0,07734	0,033365	-0,07997	0,07309681
3 Zastoupení JS	-0,20984	-0,33273	1	0,029664	0,165469	-0,04522	0,012569	-0,15893	-0,19051	-0,09838	-0,00089	-0,06121012
4 Výška	0,092878	0,272464	0,029664	1	-0,40361	0,223772	0,16255	-0,3922	-0,42028	0,111959	-0,3451	-0,05607473
5 Nadmořská výška	-0,41206	-0,24625	0,165469	-0,40361	1	-0,3979	-0,29437	0,308314	0,438162	-0,03341	0,527941	0,1140301
6 Sklon terénu	0,204927	0,202277	-0,04522	0,223772	-0,3979	1	0,031761	0,089187	0,046232	-0,04168	-0,27001	-0,12755404
7 Expozice svahu	0,125858	0,017256	0,012569	0,16255	-0,29437	0,031761	1	-0,15211	-0,10108	-0,0642	0,198013	0,42141404
8 TPI5	-0,05859	-0,05261	-0,15893	-0,3922	0,308314	0,089187	-0,15211	1	0,803134	-0,07242	0,407514	0,02835882
9 TPI20	-0,0873	-0,07734	-0,19051	-0,42028	0,438162	0,046232	-0,10108	0,803134	1	-0,05301	0,61136	0,19672272
10 Nejblížeší JS	-0,05979	0,033365	-0,09838	0,111959	-0,03341	-0,04168	-0,0642	-0,07242	-0,05301	1	-0,03808	-0,04308797
11 Vzdálenost k vodě	-0,1743	-0,07997	-0,00089	-0,3451	0,527941	-0,27001	0,198013	0,407514	0,61136	-0,03808	1	0,4769436
12 Radiace v 0m	-0,04312	0,073097	-0,06121	-0,05607	0,11403	-0,12755	0,421414	0,028359	0,196723	-0,04309	0,476944	1
13 Radiace v 20m	-0,0233	0,089591	-0,05597	-0,0193	0,059101	-0,11867	0,438567	-0,0333	0,131022	-0,03743	0,428236	0,99605003
14 Radiace za období 7.-8.	-0,08797	0,036843	-0,05595	-0,10691	0,205759	-0,28738	0,382915	0,030942	0,203188	-0,03448	0,520146	0,98525381
15 Radiace ve 20m za období 7.-8.	-0,07524	0,047613	-0,04503	-0,07474	0,162736	-0,29077	0,393554	-0,02868	0,143378	-0,02938	0,477652	0,98355746
16 Radiace za období 6.-6.	-0,08511	0,039154	-0,05654	-0,10369	0,199914	-0,27836	0,385763	0,030126	0,202037	-0,03492	0,517558	0,98689737
17 Radiace ve 20m za období 6.-9.	-0,07237	0,050014	-0,04581	-0,07174	0,157151	-0,28146	0,396453	-0,02897	0,142753	-0,02983	0,475353	0,98513315
18 prům. teplota za období 7.-8.	-0,22516	-0,29305	0,012238	-0,46799	0,75255	-0,23177	-0,0994	0,46625	0,696324	-0,08383	0,73261	0,1961529
19 prům. vlhkost za období 7.-8.	0,307244	0,270968	-0,05976	0,471343	-0,87726	0,321756	0,15393	-0,43873	-0,64664	0,075407	-0,74185	-0,18370529
20 prům. teplota za období 6.-9.	-0,24504	-0,28121	0,025055	-0,48183	0,755736	-0,24145	-0,2617	0,491616	0,701498	-0,06612	0,634201	0,02825995
21 prům. vlhkost za období 6.-9.	0,321138	0,260595	-0,06713	0,478826	-0,88583	0,321063	0,240805	-0,45387	-0,65325	0,06814	-0,69498	-0,10918621
22 ef počet dni s vlhkostí>95% mezi 06-11h v období 7.-8.	0,350608	0,297374	-0,09308	0,468314	-0,93956	0,33828	0,292052	-0,40354	-0,58605	0,057896	-0,5983	-0,0959426
23 n počet dni s vlhkostí>95% mezi 06-11h v období 7.-8.	0,315908	0,152505	-0,0695	0,386866	-0,88802	0,333414	0,18548	-0,33859	-0,47406	0,04597	-0,61854	-0,11923937
24 prům nadm. Výška v bufferu	-0,41552	-0,24931	0,173688	-0,39544	0,997874	-0,41223	-0,30571	0,281167	0,41072	-0,03126	0,507687	0,09360006
25 prům. sklon terénu v bufferu	0,262168	0,475585	-0,0687	0,28826	-0,5962	0,644384	-0,03711	-0,08047	-0,09562	0,011396	-0,38097	-0,06505998

**Korelační matice kvantitativních proměnných; statistická významnost  $P \leq 0,05$  je zvýrazněna (2 část)**

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1 Kat. prosychání	-0,0233	-0,08797	-0,07524	-0,08511	-0,07237	-0,22516	0,307244	-0,24504	0,321138	0,350608	0,315908	-0,41552	0,262168
2 Zápoj	0,089591	0,036843	0,047613	0,039154	0,050014	-0,29305	0,270968	-0,28121	0,260595	0,297374	0,152505	-0,24931	0,475585
3 Zastoupení JS	-0,05597	-0,05595	-0,04503	-0,05654	-0,04581	0,012238	-0,05976	0,025055	-0,06713	-0,09308	-0,0695	0,173688	-0,0687
4 Výška	-0,0193	-0,10691	-0,07474	-0,10369	-0,07174	-0,46799	0,471343	-0,48183	0,478826	0,468314	0,386866	-0,39544	0,28826
5 Nadmořská výška	0,059101	0,205759	0,162736	0,199914	0,157151	0,75255	-0,87726	0,755736	-0,88583	-0,93956	-0,88802	0,997874	-0,5962
6 Sklon terénu	-0,11867	-0,28738	-0,29077	-0,27836	-0,28146	-0,23177	0,321756	-0,24145	0,321063	0,33828	0,333414	-0,41223	0,644384
7 Expozice svahu	0,438567	0,382915	0,393554	0,385763	0,396453	-0,0994	0,15393	-0,2617	0,240805	0,292052	0,18548	-0,30571	-0,03711
8 TPI5	-0,0333	0,030942	-0,02868	0,030126	-0,02897	0,46625	-0,43873	0,491616	-0,45387	-0,40354	-0,33859	0,281167	-0,08047
9 TPI20	0,131022	0,203188	0,143378	0,202037	0,142753	0,696324	-0,64664	0,701498	-0,65325	-0,58605	-0,47406	0,41072	-0,09562
10 Nejbližší JS	-0,03743	-0,03448	-0,02938	-0,03492	-0,02983	-0,08383	0,075407	-0,06612	0,06814	0,057896	0,04597	-0,03126	0,011396
11 Vzdálenost k vodě	0,428236	0,520146	0,477652	0,517558	0,475353	0,73261	-0,74185	0,634201	-0,69498	-0,5983	-0,61854	0,507687	-0,38097
12 Radiace v 0m	0,99605	0,985254	0,983557	0,986897	0,985133	0,196153	-0,18371	0,02826	-0,10919	-0,09594	-0,11924	0,0936	-0,06506
13 Radiace v 20m	0,977896	0,977896	0,982939	0,979855	0,984781	0,1384	-0,12367	-0,03313	-0,04672	-0,03393	-0,07223	0,040271	-0,03942
14 Radiace za období 7.-8.	0,977896	0,996595	0,999947	0,996456	0,996456	0,251839	-0,25784	0,092576	-0,18666	-0,17829	-0,19851	0,188359	-0,1763
15 Radiace ve 20m za období 7.-8.	0,982939	0,996595	0,996697	0,999947	0,999947	0,20374	-0,20937	0,043181	-0,1372	-0,1302	-0,15722	0,146947	-0,1575
16 Radiace za období 6.-6.	0,979855	0,999947	0,996697	0,996662	0,996662	0,248043	-0,25298	0,087926	-0,18141	-0,17272	-0,19381	0,182349	-0,17008
17 Radiace ve 20m za období 6.-9.	0,984781	0,996456	0,999947	0,996662	0,996662	0,200257	-0,20478	0,038865	-0,13222	-0,1249	-0,15278	0,141178	-0,15117
18 prům. teplota za období 7.-8.	0,1384	0,251839	0,20374	0,248043	0,200257	1	-0,95612	0,939879	-0,93432	-0,89117	-0,84776	0,743355	-0,48635
19 prům. vlhkost za období 7.-8.	-0,12367	-0,25784	-0,20937	-0,25298	-0,20478	-0,95612	1	-0,9158	0,985194	0,9591	0,922257	-0,87033	0,55585
20 prům. teplota za období 6.-9.	-0,03313	0,092576	0,043181	0,087926	0,038865	0,939879	-0,9158	1	-0,95223	-0,89972	-0,77291	0,750878	-0,4672
21 prům. vlhkost za období 6.-9.	-0,04672	-0,18666	-0,1372	-0,18141	-0,13222	-0,93432	0,985194	-0,95223	1	0,971852	0,88949	-0,88093	0,539642
22 ef počet dni s vlhkostí>95% mezi 06-11h v období 7.-8.	-0,03393	-0,17829	-0,1302	-0,17272	-0,1249	-0,89117	0,9591	-0,89972	0,971852	1	0,885025	-0,93679	0,548245
23 n počet dni s vlhkostí>95% mezi 06-11h v období 7.-8.	-0,07223	-0,19851	-0,15722	-0,19381	-0,15278	-0,84776	0,922257	-0,77291	0,88949	0,885025	1	-0,88459	0,56256
24 prům nadm. výška v bufferu	0,040271	0,188359	0,146947	0,182349	0,141178	0,743355	-0,87033	0,750878	-0,88093	-0,93679	-0,88459	1	-0,60288
25 prům. sklon terénu v bufferu	-0,03942	-0,1763	-0,1575	-0,17008	-0,15117	-0,48635	0,55585	-0,4672	0,539642	0,548245	0,56256	-0,60288	1