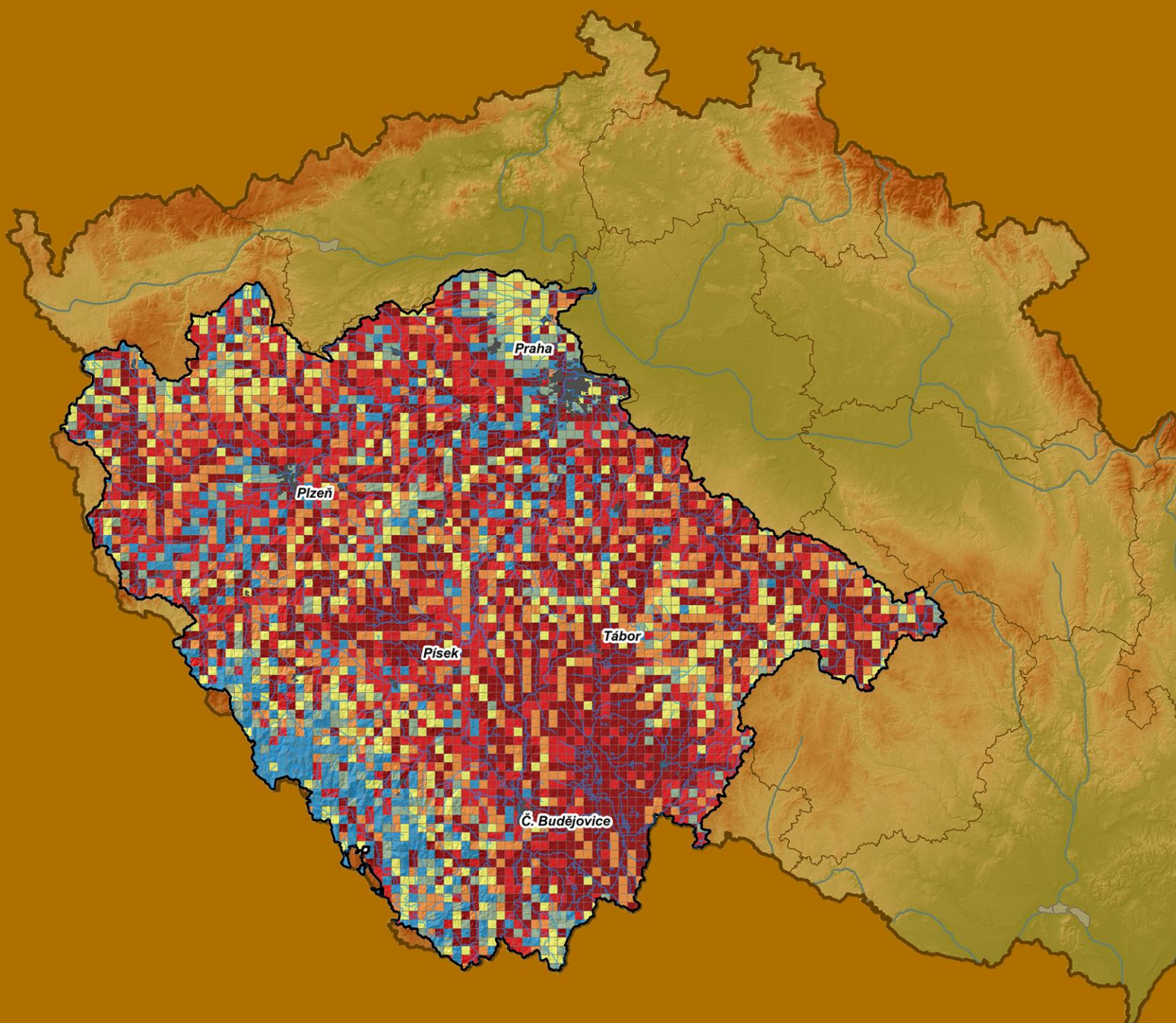


HODNOCENÍ A PREDIKCE SOUČASNÝCH EKONOMICKÝCH ŠKOD ZPŮSOBENÝCH PLÍSNÍ OLŠOVOU V BŘEHOVÝCH POROSTECH POVODÍ VLTAVY S VYUŽITÍM NÁKLADOVÉ METODY



Hodnocení a predikce současných ekonomických škod způsobených plísní olšovou v břehových porostech povodí Vltavy s využitím nákladové metody

Specializovaná mapa s odborným obsahem

Autoři:

Mgr. Karel Černý, Ph.D.^{1*}, RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.¹, Ing. Veronika Strnadová¹, Mgr. Liliya Fedusiv¹, Šárka Gabrielová¹, Mgr. Zuzana Haňáčková¹, Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D.¹, Mgr. Markéta Hrabětová¹, Ing. Marcela Mrázková¹, Ing. Kateřina Novotná, Ph.D.¹, Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.², Ing. Petra Štochlová, Ph.D.¹, Doc. Ing. Daniel Zahradník, Ph.D.¹

¹Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.

Květnové nám., 391

Průhonice, 252 43

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.

Strnady, 136

Jíloviště, 252 02

* cerny@vukoz.cz, +420 296 528 232

© Karel Černý a kol., 2015

Schváleno k použití Ministerstvem zemědělství ČR. Osvědčení č. 31392/2016-MZE—16222/MAPA650

Vypracováno s podporou projektu NAZV QJ1220219 Ministerstva zemědělství ČR.

Recenzenti:

Mgr. Jiří Vait (Povodí Vltavy, státní podnik)

Ing. Martin Veselý (Ministerstvo zemědělství ČR)

Obsah

1. Úvod	2
2. Cíl předložené mapy	2
3. Rozsah využití mapy	3
4. Přínosy mapy pro uživatele	3
5. Metodika	3
6. Výsledky	8
7. Závěr	11
8. Literatura	12
9. Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy	13
Poděkování	15
Příloha: Finální model analýzy závislosti výše škod způsobených <i>P. alni</i> na charakteristikách prostředí	16

1. Úvod

Plíseň olšová, *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk, nebezpečný patogen olší zapříčiňující tzv. fytoftorovou hnilobu kořenů a krčků olší, patří mezi nebezpečné invazní patogeny dřevin způsobující významné škody ve vodohospodářství, lesnictví, ochraně přírody a krajiny a v dalších oblastech (Brasier et al. 2004, Brasier 2008). V České republice byl patogen poprvé identifikován v roce 2001 v západních Čechách a od té doby se postupně šíří směrem od západu na východ (Černý et al. 2008). Plíseň olšová v současné době v ČR největší měrou poškozuje břehové porosty, přičemž její invazí jsou nejvíce zatížena povodí Vltavy a povodí Ohře (Černý et Strnadová 2010). V povodí Vltavy byla v letech 2013–2015 choroba způsobená tímto patogenem zjištěna na cca 55 % délky zkoumaných toků (J. Vait, Povodí Vltavy, státní podnik, písemné sdělení).

V břehových porostech vodních toků a nádrží patogen způsobuje významné poškození olší, kdy v důsledku napadení dochází k nevratnému poškození dřevin a velmi často k jejich odumření (Černý a Strnadová 2010). Olše lepkavá a olše šedá jsou navíc klíčovými dřevinami břehových porostů a např. v povodí Vltavy jejich podíl v břehových porostech lze odhadnout na nejméně 50 % (Strnadová 2013), což jednoznačně vypovídá o potenciálním významu choroby. Správci vodních toků udržující břehové porosty velmi často odstraňují škody způsobené plísní olšovou. V praxi to zejména ve více napadených nebo druhově chudých porostech s dominantní olší může znamenat i významnou obměnu druhového spektra dřevin poškozených porostů (Černý et Strnadová 2011). Tyto zásahy jsou ovšem finančně poměrně nákladné a vzhledem k plošnému rozsahu choroby (viz výše) je velmi vhodné učinit si představu o možné finanční nákladnosti řešení jejich následků. Zároveň vzhledem k tomu, že distribuce patogenu je vázána na celou řadu environmentálních faktorů (např. Černý et al. 2015, Romportl et al. 2015) lze předpokládat, že škody způsobené plísní olšovou se mohou v prostředí s různými úrovněmi působících faktorů výrazně lišit.

Modelování potenciálního výskytu patogenů patří mezi důležité nástroje jejich managementu a prevence škod, které může výskyt invazních druhů přinášet (Václavík et Meentemeyer 2009). Prostorová predikce je založena na komplexním zhodnocení vztahu výskytu zájmového druhu a charakteristik prostředí vztahujících se ke studovaným lokalitám. Na základě zjištěného vztahu je pak odvozena pravděpodobnost výskytu daného druhu v dalších lokalitách, popsanych pomocí stejných proměnných prostředí (Guisan et Zimmermann 2000, Elith et Leathwick 2009). Obdobným způsobem lze přistupovat k projevům, které jsou na distribuci druhu závislé – např. rozsahu poškození a škod. Předložený výsledek – specializovaná mapa s odborným obsahem – popisuje potenciální rozsah ekonomických škod způsobených *P. alni* v břehových porostech vyjádřených nákladovou metodou (Bulíř 2013), který je určen na základě důkladné statistické a geostatistické analýzy dat získaných terénním šetřením i z dostupných geodatabází. Jedná se zároveň o unikátní výstup v rámci celého areálu *P. alni*.

2. Cíl předložené mapy

Cílem mapy je na základě terénního výzkumu specifikovat současné potenciální ekonomické škody (vyjádřené nákladovou metodou; Bulíř 2013) způsobené *P. alni* v břehových porostech olší v povodí Vltavy a predikce oblastí s různou mírou potenciálních škod na úrovni větších krajinných celků.

3. Rozsah využití mapy

Mapa může být využívána zejména pracovníky Povodí Vltavy, státní podnik, dalšími správci vodních toků v zájmové oblasti (např. LČR, s. p.), pracovníky ochrany přírody (např. AOPK) a dalšími, kteří se zabývají péčí o břehové porosty.

4. Přínosy mapy pro uživatele

Hlavním přínosem mapy je specifikace recentních možných škod a nákladů (spočtených metodou nákladovou, Bulíř 2013) spojených s obnovou břehových porostů v povodí Vltavy poškozených invazním patogenem *Phytophthora alni*.

Významným přínosem mapy je specifikace oblastí, ve kterých lze očekávat škody o různé výši. Na základě predikovaných škod lze určit oblasti, kde dochází či může docházet plošně k vysokým škodám na břehových porostech olší v důsledku invaze *P. alni* a věnovat jim přednostně pozornost v úpravách břehových porostů před oblastmi, kde je predikovaná výše škod malá.

Cílem mapy je predikce recentních trendů vývoje ekonomických škod působených *P. alni* v břehových porostech na úrovni větších krajinných celků. Predikce škod byla vytvářena z praktických důvodů na základě charakteristik krajiny v síti čtverců 2,5 × 2,5 km, tudíž mapa nemůže reflektovat variabilitu krajiny v měřítku výrazně vyšším. Data o výskytu olší v břehových porostech a jejich hustotě a další podrobné charakteristiky (např. rychlost proudění toku atd.) působící na lokální úrovni a které rovněž ovlivňují distribuci patogenu a výši škod (Černý et al. 2015), samozřejmě nejsou a nemohou být k dispozici plošně pro celé povodí, tudíž je vytvořená predikce nemůže reflektovat. Z těchto důvodů tedy i v oblasti, pro kterou je predikována malá výše škod, mohou být škody v případě souběžného výskytu lokálních faktorů výrazně favorizujících patogen pomístně vysoké a naopak.

5. Metodika

Modelování potenciální výše škod způsobených *P. alni* v povodí Vltavy se skládalo z několika fází.

Na základě důkladné literární rešerše (Černý et al. 2012) byly vybrány faktory prostředí potenciálně ovlivňující distribuci *P. alni* na krajinné (nikoliv lokální) úrovni. U vybraných faktorů byly posouzeny případné vzájemné vztahy a do finálního souboru byl vždy vybrán ze skupiny souvisejících faktorů pouze jeden a to ten, pro který byla dostupná prostorová data ve vyšší kvalitě. U každého faktoru byla škála hodnot, kterých v zájmovém území povodí Vltavy členěném do sítě čtverců nabývá, rozdělena do pěti intervalů a výsledek byl rámcově vizualizován v mapě (obr. 1).

Do modelu byly vybrány následující faktory prostředí:

1. Hustota vodní sítě (obr. 1a). Faktor je ve vztahu s faktem, že v ČR je dopad choroby dosud významně vázán na břehové porosty a z toho důvodu byly faktoru přiděleny váhy 2.

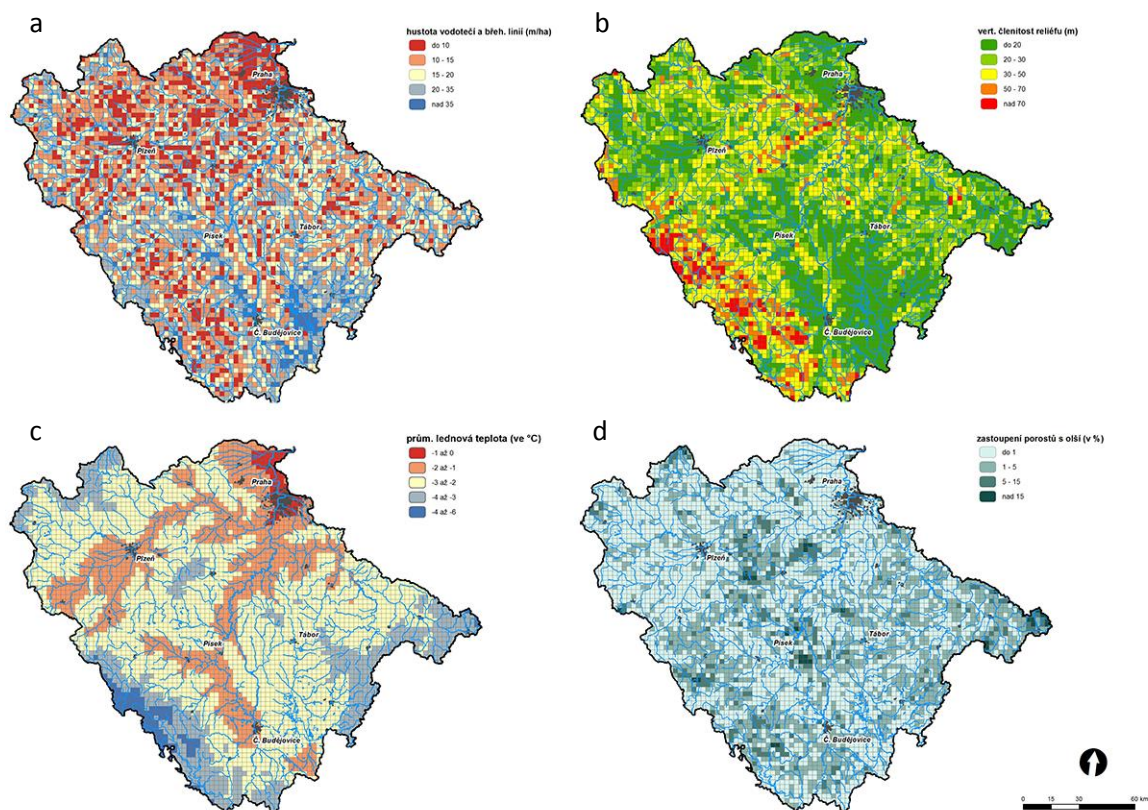
2. Vertikální členitost reliéfu (obr. 1b). Faktor je ve vztahu s podélným sklonem toků, podélným profilem, rychlostí proudění toku a typem porostů souvisejícím s geomorfologií stanoviště (olšiny, jasanové olšiny, atp.).

3. Průměrná lednová teplota (obr. 1c). Faktor je ve vztahu s nadmořskou výškou, ročními teplotami, přežíváním *P. alni*, produkcí sporangií, rámcově i se srážkami.

4. Podíl lesních výsadeb olší (obr. 1d). Faktor může souviset se zavlékáním patogenu do lesních výsadeb (viz situace v Bavorsku a dílem i v Čechách – Černý et al. 2015) a z nich potenciálním samovolným šířením.

Oblast povodí Vltavy byla poté rozdělena čtvercovou sítí 2,5 × 2,5 km, tak aby byla maximálně respektována homogenita ploch, na celkem cca 4000 čtverců. Velikost čtverce (2,5 × 2,5 km) byla zvolena na základě terénního ověření tak, aby bylo možné uspokojivě prozkoumat území čtverce, byla maximálně respektována homogenita ploch (tedy čtverce by měly být co nejmenší) a zároveň bylo možné průzkum předpokládaného počtu vyhodnocovaných čtverců zvládnout a dodržet metodiku mapování (při prozkoumání cca 10% čtverců je možné extrapolovat výsledky na celé území při dodržení strukturální heterogenity prostředí a rozsahu zkoumaného území).

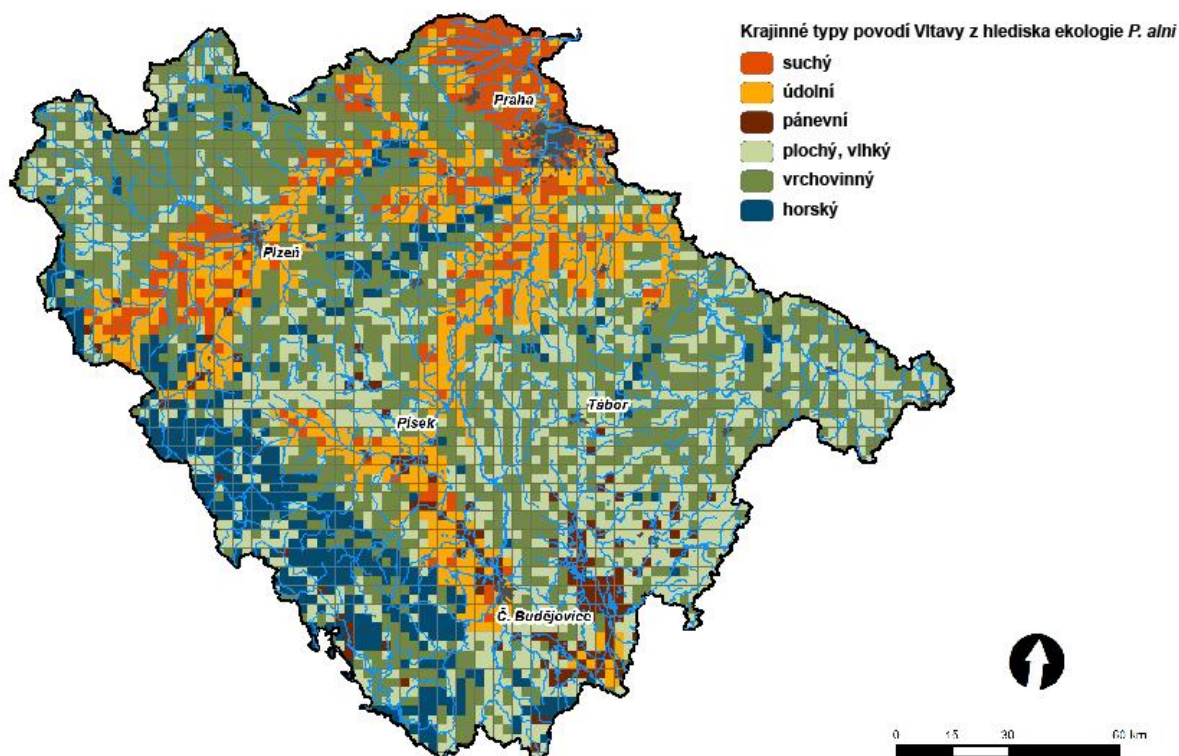
Pro každý čtverec v rámci studované oblasti pak byla s pomocí GIS a databáze ÚHÚL a LČR získána data vybraných faktorů prostředí (průměrné hodnoty pro každý typ krajiny viz tab. 1). Hodnoty těchto proměnných byly standardizovány a vyhodnoceny analýzou hlavních komponent (Statistica 10.0, Statsoft Inc. Tulsa, OK). Čtverce byly poté rozděleny s využitím klastrové analýzy (k-means) do shluků na základě vzájemné podobnosti podmínek prostředí. Výsledky pak byly vizualizovány v mapě a z několika výsledných modelů byl vybrán model nejlépe odpovídající variabilitě přírodního prostředí se zřetelem k výskytu a možnému dopadu plísně olšové v různých typech krajiny (obr. 2). Z celkového množství čtverců byly dále vyloučeny čtverce s vysokou hustotou osídlení a vodních ploch (nad 50 % plochy čtverce). Ze zbylé části bylo náhodně generováno 10 % čtverců respektujících zastoupení jednotlivých typologických shluků, které byly dále hodnoceny v terénní části práce.



Obr. 1. Významné faktory prostředí ovlivňující distribuci *P. alni* na krajině úrovni: hustota vodní sítě (a), členitost reliéfu (b), lednová teplota (c), podíl lesních výsadb olší (d).

Tab. 1. Hodnoty faktorů pro průměry jednotlivých shluků krajiných typů (viz obr. 2).

krajinný typ	členitost reliéfu (m)	lednová teplota (°C)	hustota sítě (m/ha)	výsadby olší (%)
suchý	18,46	-1,42	6,37	0,42
údolí	26,35	-1,21	18,26	0,83
plošiny	22,76	-3,82	22,13	1,66
pánve	12,17	-2,88	43,62	1,45
vrchoviny	26,00	-3,80	11,79	1,936
hory	63,85	-4,17	14,33	2,11



Obr. 2. Typologie krajiny v povodí Vltavy s ohledem na potenciální vhodnost prostředí pro *Phytophthora alni* a rozsah fytoftorového onemocnění olší

Terénní průzkum

V průběhu let 2013 – 2015 byl proveden terénní průzkum 390 čtverců generovaných v rámci typologické části studie. Terénní průzkum probíhal v období optimálního rozvoje symptomů fytoftorové hniloby olší tj. v průběhu od srpna do konce září až poloviny října. V rámci průzkumu byly čtverce detailně prozkoumány a zjištěn výskyt fytoftorové hniloby olší. Zjištěné nálezy byly zaznamenány, určeny souřadnice a v případě vyššího poškození porostů olší (cca nad 5 %) vyznačena na jednom břehu trvalá plocha o délce 100 m, šířce 6 m, pokryvnosti stromového patra $\geq 50\%$ a podílu olše ve stromovém patře $\geq 50\%$. V rámci trvalých ploch byly zjištěny parametry potřebné pro výpočet škod: průměrná výška porostu, počet stromovitých jedinců olší, počet nevratně poškozených symptomatických jedinců (přítomny nekrózy krčků a/nebo prosychání $\geq 50\%$) a počet symptomatických kmenů včetně čerstvých pařezů. U všech kmenů (včetně pařezů) byl zjištěn či případně vypočten průměr ve výčetní výšce. Tyto hodnoty pak byly použity pro ocenění porostů a škod.

Výpočet škod

Škody jsou počítány a vyjádřeny na jednostranný břehový porost o délce 100 m a šířce 6 m. Škody se skládají z přímých škod na dřevinách a nákladů na odstranění dřevní hmoty, náhradní dosadbu a její zajištění. Škody na dřevinách byly vypočteny dle metody nákladové (Bulíř 2013) a jsou chápány jako rozdíl stávající ceny poškozené dřeviny oproti hypotetické hodnotě dřeviny bez poškození způsobeného plísní olšovou. Náklady na kácení a odstranění dřevní hmoty byly vždy vyčíslovány dle katalogu ÚRS 800-1 Zemní práce (Anonymus 2014a), kde jsou zahrnuty náklady na

kácení poškozených dřevin, odvoz a pálení větví a také soustředování kmenů na skládku vzdálenou 3000 m. Náklady na náhradní dosadby byly vypočteny dle katalogů ÚRS Praha, a.s. 823-1 Plochy a úprava území a ÚRS 823-2 Rekultivace (Anonymus 2014b). Porovnání škod v definovaných krajinných typech bylo provedeno pomocí neparametrické analýzy variance v balíku Statistica 10.0 (Statsoft Inc. Tulsa, OK).

Dále byla připravena prostorová databáze všech čtverců s uvedením jejich environmentálních charakteristik, které mohou mít potenciální vliv na přítomnost patogenu a výši škod. Tyto proměnné byly zjištěny v prostředí geografických informačních systémů (GIS) s využitím externích podkladů (např. digitální model reliéfu, klimatické charakteristiky prostředí atd.). Soubor proměnných popisujících jednotlivé čtverce je uveden v tabulce č. 2. Některé z proměnných (např. hustota vodních toků apod.) byly dopočítány s pomocí rozlohy čtverce (plocha čtverce mohla být oříznuta hranicí povodí a maskou sídel a vodních ploch).

Tab. 2. Proměnné prostředí na úrovni čtverce

ZKRATKA PROMĚNNÉ	POPIS PROMĚNNÉ
TYP	krajinný typ
TEMP ANN	průměrná roční teplota
TEMP JAN	průměrná lednová teplota
NADM_VYSKA	nadmožská výška porostu
VERT HET	vertikální heterogenita
TPI	topografický poziční index
TPI STD	topografický poziční index, směrodatná odchylka
LVS	lesní vegetační stupeň
HUST VT	hustota sítě vodních toků
LVS	lesní vegetační stupně
LES ABS	celková plocha lesa
LES PODIL	Podíl lesních ploch na rozloze čtverce
LIN VEG	délka liniové vegetace
OLSE	podíl olší v lesních porostech

Závislost výskytu *P. alni* na výše uvedených charakteristikách čtverců (Tab. 2) byla statisticky vyhodnocena pomocí obecného lineárního modelu v rámci programu R-Plus (R Core Team 2014). Výsledný model použitý pro predikci výše škod způsobených *P. alni* v břehových porostech povodí Vltavy byl vytvořen pomocí dopředné krokové selekce proměnných. Parametry finálního modelu jsou uvedeny v příloze č. 1.

Výsledné hodnoty výše škod způsobených *P. alni* v břehových porostech v síti čtverců povodí Vltavy predikované na základě výše uvedeného modelu byly přiřazeny dle unikátních kódů k jednotlivým čtvercům a prostorově vyjádřeny v prostředí GIS. Následně byly klasifikovány metodou kvantilů do šesti tříd vyjadřujících míru škod způsobených patogenem, hraniční hodnoty kvantilů byly stanoveny následovně: 20, 30, 40, 50 a 60 tisíc Kč.

6. Výsledky

Výskyt olší, *P. alni* a výše škod

Olše byly zjištěny v břehových porostech 97,2 % zkoumaných čtverců (chyběly zejména v několika čtvercích v suchých, teplých oblastech středních Čech). Patogen byl nalezen v 69,8 % čtverců s přítomností olší (66,9 % všech zkoumaných čtverců). Nejméně invadovaný je krajinný typ suchý a horský, nejvíce naopak krajinné typy pánevní a ploché. Ekonomicky významné škody byly zjištěny v 80,1 % čtverců s výskytem patogenu, celkem pak v 53,6 % čtverců s výskytem olší v břehových porostech.

Celkové průměrné škody v porostu o délce 100 m činily v případě nákladové metody 56,5 tis. Kč, při přepočtu pouze na invadované čtverce tato hodnota dosahuje výše 84,7 tis. Kč. Zmíněná čísla zároveň zahrnují nejen přímé škody na dřevinách (35,4 resp. 53,0 tis. Kč), ale i náklady na odstranění dřevní hmoty, výsadbu náhradních dřevin za odstraněné dřeviny a její zajištění (21,1 resp. 31,6 tis. Kč). Jednotlivé krajinné typy v zájmové oblasti se průkazně ($P < 0,05$) liší výší detekovaných škod. Nejnížší škody byly zjištěny v suchém (23,5 tis. Kč/100 m břehového porostu) a horském krajinném typu (31,4 tis. Kč), nejvyšší naopak v krajinném typu pánevním (78,1 tis. Kč) a plochém (76,4 tis. Kč). Sumární údaje pro jednotlivé krajinné typy jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3. Výskyt olší a patogenu a výše škod spočtených nákladovou metodou v jednotlivých krajinných typech povodí Vltavy

krajinný typ	přítomnost olše ve čtvercích (%)	Průměrná pokryvnost olše v úsecích (%)	podíl kolonizovaných čtverců (%)	podíl čtverců s ekonomickými škodami (%)	průměrné škody / čtverec (Kč)	průměrné škody / kolonizovaný čtverec (Kč)
suchý	75,0	46,8	39,3	39,3	23559	59969
údolí	96,9	70,6	75,4	60,0	67856	90013
plošiny	99,9	65,6	85,4	71,8	76428	89437
pánve	100,0	75,4	85,7	64,3	78111	91129
vrchoviny	96,3	68,1	59,3	44,4	46896	79138
hory	97,4	61,5	39,5	28,9	31404	79557

Do výsledného modelu závislosti škod způsobených *P. alni* na testovaných charakteristikách čtverců okolí byly na základě podrobné statistické analýzy dostupných dat vybrány následující vysvětlující proměnné: nadmořská výška, TPI a krajinný typ. Byl použit obecný lineární model

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \beta_3 x_{3,i} + \varepsilon_i,$$

kde y_i je výše škody v i -tém čtverci, $x_{1,i}$ je nadmořská výška v i -tém čtverci, $x_{2,i}$ je TPI v i -tém čtverci, $\beta_0 - \beta_3$ jsou regresní koeficienty a ε_i je chybový člen. Pravděpodobnost výskytu patogenu a jím způsobených vyšších škod průkazně závisí na krajinném typu (viz Tab. 3) a klesá s nadmořskou výškou a indexem TPI popisujícím tvar reliéfu krajiny ($P < 0,05$, viz příloha). Mezi další charakteristiky prostředí, které průkazně korelovaly ($p < 0,05$) s výší škod v zájmovém území patří průměrná roční a lednová teplota, hustota sítě vodních toků, délka liniové vegetace (pozitivní korelace), vertikální heterogenita, lesní vegetační stupeň, celková plocha lesa a další (negativní korelace).

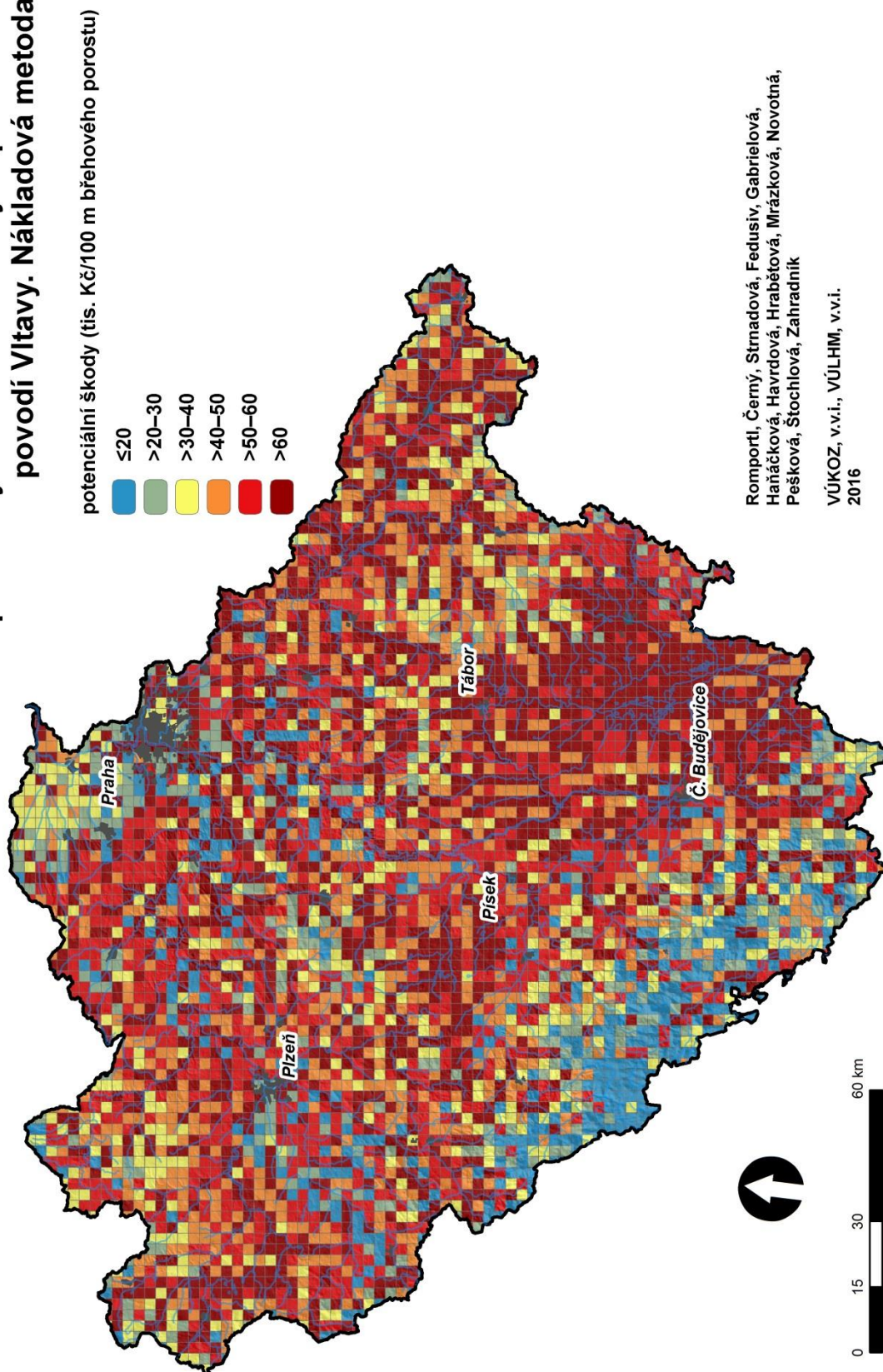
Na základě těchto vztahů zjištěných pomocí lineární regrese byla odvozena výše škod způsobených *P. alni* pro všechny čtverce v povodí Vltavy. Výsledné hodnoty pohybující se v intervalu od 0 do 177997,4 Kč a kategorizované do 6 tříd byly znázorněny v prezentovaném mapovém výstupu (Obr. 3), ze kterého je patrné prostorové rozšíření i četnost jednotlivých tříd výskytu *P. alni* a způsobených škod.

Mezi oblasti s největší výší predikovaných škod lze zařadit jihočeské pánevní oblasti (Třeboňsko, Českobudějovicko, Blatenská brázda + nižší partie Březnické pahorkatiny), Jindřichohradeckou kotlinu, Stropnickou pahorkatinu a širší okolí toků, které je odvodňují (např. Lužnice, Nežárka, Maše, Černá) a jejich přítoků (např. z přítoků Lužnice Smutná, Bilinský potok, Kozský potok a další) částečně Vltava (např. úsek nad Lipnem) a údolní oblasti Hornosázavské pahorkatiny (širší okolí větších toků jako je např. Sázava, Želivka, Blanice a jejich přítoků). V členitějších oblastech západních a středních Čech se jedná zejména o Tachovskou brázdu a širší okolí větších toků jako je Mže, Úslava, Úhlava, Radbuza, Třemošná, Střela, Javornice, místy Berounka a některé její drobnější přítoky. V některých z těchto predikovaných oblastí olše z velké části už vymizely (dolní Lužnice, Berounka, částečně Sázava) nebo se zde olše v důsledku antropogenních zásahů ve větší míře již nevyskytují (Vltavská kaskáda; Obr. 3).

Nejnižší míra škod je predikována zejména pro vyšší, chladné polohy, jako je větší část Šumavy, částečně Novohradské hory, Český les a nejvyšší polohy Brd a heterogenní oblasti Plzeňské pahorkatiny, Křivoklátska a Českého krasu. Menší škody jsou rovněž predikovány pro suché oblasti, jako je např. Pražská plošina a místy Plzeňská kotlina, vyšší oblasti Tepelské vrchoviny a členitější části Benešovské pahorkatiny a Českomoravské vysočiny (Obr. 3).

Ostatní třídy škod představují kontinuum mezi oběma popsányými krajními kategoriemi. Pro geomorfologicky heterogenní oblasti (např. Křivoklátsko) je typická heterogenní mozaika čtverců s predikovanými vysokými i nižšími škodami (Obr. 3).

Predikce současných ekonomických škod způsobených *P. alni* v břehových porostech povodí Vltavy. Nákladová metoda



Obr. 3.: Mapa predikce současných potenciálních škod způsobených *P. alni* v břehových porostech povodí Vltavy. Nákladová metoda

7. Závěr

Na základě terénního sběru dat v 390 mapovaných čtvercích v oblasti povodí Vltavy a analýzy výskytu fytoftorové hniloby olší a ekonomické výše škod (spočtené nákladovou metodou) provedené na základě dostupných ekologických a geostatistických dat, lze výsledky shrnout a interpretovat v hlavních bodech následovně:

- 1) Plíseň olšová byla nalezena v 66,9 % všech zkoumaných čtverců v povodí Vltavy. Ekonomicky významné škody byly zjištěny v 53,6 % čtverců.
- 2) Oblast povodí Vltavy lze smysluplně rozdělit z hlediska ekologie patogenu do šesti krajinných typů: suché oblasti, údolí velkých řek, plochý typ, pánve, vrchoviny a horské oblasti.
- 3) Patogen byl identifikován ve všech krajinných typech, podíl kolonizovaných čtverců se v rámci jednotlivých typů významně lišil – nejméně kolonizovaná je oblast suchá (39,3 % čtverců), nejvíce pánevní (85,7 %). Ekonomicky významné škody byly identifikovány v 28,9 % (horské oblasti) – 71,8 % (ploché útvary) čtverců.
- 4) **Průměrná výše škod vypočtená nákladovou metodou činila v průměru 56,5 tis. Kč na 100 m břehového porostu, při přepočtu pouze na invadované čtverce tato hodnota dosahuje výše 84,6 tis. Kč.**
- 5) **Značný rozdíl ve vypočtených hodnotách oproti výpočtu škod podle Vyhlášky 441/2013 Sb. (Černý et al. 2016), u které průměrné škody na dřevinách dosahují cca 38 % hodnoty vypočtené podle nákladové metody, tkví v odlišné povaze obou metodik a začleněním koeficientů polohy a typu zeleně nenákladové povahy do výpočtu podle 441/2013 Sb., které značně redukuje hodnotu dřevin a tedy i škod.**
- 6) **Nejvyšší průměrné škody byly zjištěny v pánevním (v průměru 78,1 tis. Kč) a plochém typu krajiny (76,4 tis. Kč), nejnižší pak v horském typu (31,4 tis. Kč) a suchém krajinném typu (23,6 tis. Kč).**
- 7) **Byl vytvořen model částečně vysvětlující výši škod spočtených nákladovou metodou v oblasti povodí Vltavy, do kterého byly zahrnuty proměnné krajinný typ, nadmořská výška a topografický poziční index.**
- 8) **Mezi další charakteristiky prostředí, které průkazně korelovaly ($p < 0,05$) s výší škod v zájmovém území patří průměrná roční a lednová teplota, hustota sítě vodních toků, délka liniové vegetace (pozitivní korelace), vertikální heterogenita, lesní vegetační stupeň, celková plocha lesa a další (negativní korelace).**
- 9) **Nejvyšší dopad *P. alni* lze v současné době s pomocí nákladové metody predikovat v plochých a pánevních typech krajiny (např. v jihočeských pánvích, Jindřichohradecké kotlině a Tachovské brázdě), nejnižší pak v chladných horských oblastech (Šumava, Český les, vrcholové partie Brd), členitých reliéfech středních a západních Čech (Český kras, Křivoklátsko apod.) a v suchých oblastech (Pražská plošina, částečně Plzeňská kotlina).**
- 10) *P. alni* má širokou ekologickou valenci a potenciál poškozovat břehové porosty olší všech krajinných typů v celém území povodí Vltavy.
- 11) Podíl obsazených čtverců a výše škod je zjevně závislá na invazibilitě daného typu krajiny a tedy délce působení patogenu v jeho prostředí.
- 12) **Areál *P. alni* se v zájmovém území stále vyvíjí a nedosáhl dosud svého konečného stavu. Lze předpokládat, že invaze bude v budoucnu pokračovat zejména do méně dostupných či prostupných oblastí s vysokým podílem olší v břehových porostech (vrchoviny, ploché útvary v horských oblastech).**

8. Literatura

- Anonymus (2014): Zemní práce: 800-1. Vyd. ÚRS Praha, Praha, 183 s.
- Anonymus (2014): Plochy a úprava území: 823-1; Rekultivace: 823-2. Vyd. ÚRS Praha, Praha, 225 s.
- Brasier C. M. (2008): The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology*, **57**: 792-808.
- Brasier C. M., Kirk S. A., Delcan J., Cooke D. E., Jung T., Man In't Veld W. A. (2004): *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. *Mycological Research*, **108**: 1172-1184.
- Bulíř P. (2013): Metodika oceňování okrasných rostlin na trvalém stanovišti. Vyd. VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 197 s.
- Cerný K., Gregorova B., Strnadova V., Holub V., Tomsovsky M., Cervenka M. (2008) *Phytophthora alni* causing the decline of black and gray alders in the Czech Republic. *Plant Pathology* **57**: 370.
- Černý K., Strnadová V. (2010) *Phytophthora* Alder Decline: Disease Symptoms, Causal Agent and its Distribution in the Czech Republic. *Plant Protection Science* **46**: 12-18.
- Černý K., Strnadová V. (2011) Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – management napadených porostů. Certifikovaná metodika 5/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 30.4.2012 MŽP (čj. 31987/ENV/12, 1998/610/12). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 31 s.
- Černý K., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdová L., Hejrná M., Mrázková M., Novotná K., Pešková V., Štochlová P., Romportl D. (2015a) Economical losses caused by *Phytophthora alni* in riparian stands. Typological study of Vltava River basin (Czech Republic), 118–120. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: *Phytophthoras* in forests and natural ecosystems, 118-120.
- Černý K., Strnadová V., Romportl D., Mrázková M., Havrdová L., Hrabětová M, Modlinger R., Pešková V. (2015b) Factors affecting *Phytophthora alni* distribution in State Forests of the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: *Phytophthoras* in forests and natural ecosystems, 121-123.
- Černý K., al. (2012): Ekonomické aspekty invaze *Phytophthora alni* v průběhu klimatické změny Roční zpráva o postupu prací na projektu 2014 QJ1220219 17 s.
- Černý K., al. (2015): Ekonomické aspekty invaze *Phytophthora alni* v průběhu klimatické změny Roční zpráva o postupu prací na projektu 2014 QJ1220219 26 s.
- Černý K., Romport, D., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdov, L., Hrabětová, M., Mrázková M., Novotná K., Pešková V., Štochlová P., Zahradník D. (2016): Hodnocení a predikce současných ekonomických škod způsobených plísní olšovou v břehových porostech povodí Vltavy podle Vyhlášky Ministerstva financí 441/2013 Sb. Specializovaná mapa s

- odborným obsahem. QJ1220219. Certifikace 24.5.2016, MZe (31398/2016-MZE-16222/MAPA651). 15 s.
- Elith J., Leathwick J.R. (2009) Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **40**: 677-697.
- Guisan A., Zimmermann N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* **135**: 147-186.
- Jung T., Blaschke M. (2004): Phytophthora root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathology* **53**: 197-208.
- R Core Team (2014): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D. & West C.J. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**: 93-107.
- Romportl D., Chumanová E., Černý K., Havrdová L., Pešková V., Strnadová V. (2015): Mapa potenciálního rizika výskytu a škod způsobených *Phytophthora xalni* v lesních porostech ČR Specializovaná mapa s odborným obsahem. QJ1220219. Certifikace 8.12.2015 MZe (č.j. 66448/2015-MZE-16222/MAPA627). 16 p.
- Strnadová V. (2013): Technický stav břehových porostů. In: Baroš. A. [ed.]: Břehové porosty vodních toků. Sborník konference Břehové porosty vodních toků, Průhonice, 2013, 51-55.
- Václavík T., Meentemeyer R. K. (2009): Invasive species distribution modeling (iSDM): Are absence data and dispersal constraints needed to predict actual distributions? *Ecological Modelling* **220**: 3248-3258.

9. Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy

- Štochlová P., Novotná K., Černý K. (2016): Variation in *Alnus glutinosa* susceptibility to *Phytophthora xalni* infection and its geographic pattern in the Czech Republic. *Forest Pathology*. **46**: 3-10.
- Romportl D., Chumanová E., Černý K., Havrdová L., Pešková V., Strnadová V. (2015): Mapa potenciálního rizika výskytu a škod způsobených *Phytophthora xalni* v lesních porostech ČR Specializovaná mapa s odborným obsahem. QJ1220219. Certifikace 8.12.2015 MZe (č.j. 66448/2015-MZE-16222/MAPA627). 16 p.
- Černý K., Modlinger R., Pešková V. (2015): Rozšíření fytoftorového onemocnění olší v lesních porostech ČR – předběžné výsledky. *Zprávy Lesnického Výzkumu* **60**: 201-211.
- Černý K., Filipová N., Strnadová V. (2015): Climate change can affect the impact of *Phytophthora alni* subsp. *alni* In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 115-117.

- Černý K., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdová L., Hejná M., Mrázková M., Novotná K., Pešková V., Štochlová P., Romportl D. (2015): Economical losses caused by *Phytophthora alni* in riparian stands. Typological study of Vltava River basin (Czech Republic), 118–120. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 118-120.
- Černý K., Strnadová V., Romportl D., Mrázková M., Havrdová L., Hrabětová M., Modlinger R., Pešková V. (2015): Factors affecting *Phytophthora alni* distribution in State Forests of the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 121-123.
- Tomšovský M., Štěpánková P., Strnadová V., Hanáček P., Černý K. (2015): Identification of *Phytophthora alni* subspecies in riparian stands in the Czech Republic. In: Sutton W., Reeser P.W., Hansen E.M., (tech coords.) Proceedings of the 7th meeting of the International Union of Forest Research Organization (IUFRO) Working Party S07.02.09: Phytophthoras in forests and natural ecosystems, 183.
- 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? In: Invazní škodlivé organismy v lesích ČR. Sborník příspěvků, ČLS, Praha. 31-45.
- Černý K., et al. (2014): Ekonomické aspekty invaze *Phytophthora alni* v průběhu klimatické změny. Roční zpráva o postupu prací na projektu 2014 QJ1220219 29 s.
- Černý K., Strnadová V., Romportl D. (2013): Landscape typology of Vltava River Basin and impact of *Phytophthora alni* subsp. *alni* invasion. In: Lebeda A., Burdon J.J. (eds.): 1st. International Conference Wild Plant Pathosystems. Conference Proceedings. 2.-5.7. 2013. UPOL, Olomouc, 85-86.
- Štěpánková P., Černý K., Strnadová V., Hanáček P., Tomšovský M. (2013): Identification of *Phytophthora alni* subspecies and their distribution in river system in the Czech Republic. *Plant Protection Science* **49**: Special Issue: S3-S10.
- Černý K., Strnadová V., Pešková V. (2013): *Phytophthora alni* Brasier et S.A. Kirk. Plíseň olšová. *Lesnická práce* 92, Příloha, 4 p.
- Černý K., Filipová N., Strnadová V. (2012): Influence of low temperature and frost duration on *Phytophthora alni* subsp. *alni* viability. *Forest Systems* **21**: 337-342.
- Černý K., Strnadová V. (2012): Winter Survival of *Phytophthora alni* subsp. *alni* in Aerial Tissues of Black Alder. *Journal of Forest Science* **58**: 328-336.
- Štochlová P., Kozlíková K., Černý K. (2012): Factors affecting *Phytophthora alni* subsp. *alni* infection development in black alder segments. *Journal of Forest Science* **58**: 123-130.
- Černý K. (2011): Nebezpečné patogeny lesních dřevin *Phytophthora alni* a *Chalara fraxinea*: rozšíření, význam a možná rizika vyplývající z jejich zdomácnění. *Zpravodaj Ochrany Lesa* **15**: 71-75.
- Černý K., Strnadová V. (2011): Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – management napadených porostů. Certifikovaná metodika 5/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 30.4.2012 MŽP (čj. 31987/ENV/12, 1998/610/12). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 31 s.

- Černý K., Strnadová V., Hrubá T. (2010): Rozšíření fytoftorového onemocnění olší v České republice. Specializovaná mapa s odborným obsahem. NAZV QI 92A207. Certifikace 18.3.2011 MZe (č.j. 54683/2011-MZE). 4 p.
- Černý K., Strnadová V. (2010): *Phytophthora Alder Decline: Disease Symptoms, Causal Agent and its Distribution in the Czech Republic. Plant Protection Science* **46**: 12-18.
- Strnadová V., Černý K., Holub V., Gregorová B. (2010): The effects of flooding and *Phytophthora alni* infection on black alder. *J. For. Sci.*, **56**: 41-46.
- Černý, K., Strnadová, V., Gregorová, B., Mrázková, M. (2010): Onemocnění olší způsobené druhem *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – identifikace choroby, odběr vzorků. Certifikovaná metodika 4/2011-056. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 1.2.2011 MŽP (čj. 6405/ENVV/11, 110565/ENV/10). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 26 s.
- Cerny K., Gregorova B., Strnadova V., Holub V., Tomsovsky M., Cervenka M. (2008): *Phytophthora alni* causing the decline of black and gray alders in the Czech Republic. *Plant Pathology* **57**: 370
- Černý K., Strnadová V., Gregorová B., Holub V., Gabrielová Š. (2008) Nový invazní patogen *Phytophthora alni* a epidemické chřadnutí břehových porostů olší v ČR. *Ochrana Přírody* **63**: 6-9.
- Strnadová V., Černý K., Gabrielová Š. (2008): *Phytophthora alni* a povodně – dva hlavní faktory zodpovědné za chřadnutí olší v ČR. *Lesnická Práce* **87**: 20-21.
- Strnadová V., Černý K. (2007) Současné poškození břehových porostů olší z pohledu ochrany krajiny. In: Dreslerová et Packová /ed./ Ohrožené dřeviny České republiky, *Geobiocenologické spisy* **12**: 180-183.
- Strnadová V., Brejchová P., Černý K. (2007): Olše lepkavá, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. a její chřadnutí na modelovém příkladu břehových porostů řeky Lomnice. *Acta Pruhoniana* **86**: 15-38.

Poděkování

Poděkování patří Ing. Pavlu Kolaříkovi (ÚHÚL) a Ing. Janu Valentovi Ph.D. (LČR, s.p.; Datový podklad LČR, s.p.) za spolupráci ohledně poskytnutí a přípravu vybraných geostatistických dat. Práce byla podpořena grantem Ministerstva zemědělství ČR NAZV č. QJ1220219.

Příloha: Finální model analýzy závislosti výše škod způsobených *P. alni* na charakteristikách prostředí

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	11.996	115.947	0.103	0.91765
TYP_KRAJ2	-50.822	22.393	-2.270	0.02380 *
TYP_KRAJ3	-9.251	45.312	-0.204	0.83833
TYP_KRAJ4	-69.658	34.345	-2.028	0.04325 *
TYP_KRAJ5	-62.570	28.484	-2.197	0.02866 *
TYP_KRAJ6	-126.251	38.203	-3.305	0.00104 **
TEMP_ann	23.780	16.060	1.481	0.13953
TPI	-7.798	2.712	-2.875	0.00427 **
LIN_VEG	1.309	1.065	1.229	0.21966

Residual standard error: 157.3 on 375 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1116, Adjusted R-squared: 0.0926
F-statistic: 5.886 on 8 and 375 DF, p-value: 4.185e-07
Pozn. Model po transformaci proměnných