

ATLAS

potenciální distribuce vybraných
druhů invazních patogenů dřevin
a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR



ATLAS

potenciální distribuce vybraných
druhů invazních patogenů dřevin
a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR

ATLAS potenciální distribuce vybraných druhů invazních patogenů dřevin a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR

Specializovaná mapa s odborným obsahem

Autorský kolektiv

Eva Chumanová, Karel Černý, Tereza Brestovanská, Zuzana Haňáčková, Ludmila Havrdová, Vladimír Zýka



Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
Květnové náměstí 391, 252 43 Průhonice
kontakt: Eva.Chumanova@vukoz.cz

Recenzenti

RNDr. Jaroslava Marková, CSc. (PřF UK, Praha), Mgr. Lenka Reiterová (NP Podyjí)

Doporučená citace

Chumanová E., Černý K., Brestovanská T., Haňáčková Z., Havrdová L., Zýka V. 2021. Atlas potenciální distribuce vybraných druhů invazních patogenů dřevin a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR. Specializovaná mapa s odborným obsahem.

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice. 103 s. ISBN 978-80-87674-45-1.

Publikace je výstupem projektu TH030306 „Invazní nepůvodní mikroorganismy jako riziko pro lesní ekosystémy ČR. Identifikace, analýza impaktu a návrh mitigačních a adaptačních opatření se zaměřením na zvláště chráněná území.“

T
A
Č
R

Tato specializovaná mapa „Atlas potenciální distribuce vybraných druhů invazních patogenů dřevin a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR“ byla vytvořena se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Epsilon.

© Eva Chumanová et al., 2021

ISBN: 978-80-87674-45-1

Obsah

1. Úvod	5	8. <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> (voskovička jasanová)	38
2. Využití mapového atlasu	5	8.1. Charakteristika druhu	39
3. Metodika	6	8.2. Parametrizace modelů	39
3.1. Zájmové druhy patogenů	6	8.3. Predikční mapy	41
3.2. Tvorba modelů a map	7	9. <i>Melampsorium hiratsukanum</i> (rez olše šedé)	44
3.3. Prediktory do modelů	9	9.1. Charakteristika druhu	45
4. <i>Colletotrichum salicis</i> (hladkoplodka vrbová)	10	9.2. Parametrizace modelů	45
4.1. Charakteristika druhu	11	9.3. Predikční mapy	47
4.2. Parametrizace modelů	11	10. <i>Ophiostoma novo-ulmi</i> (ofiostoma jilmová)	50
4.3. Predikční mapy	13	10.1. Charakteristika druhu	51
5. <i>Cryptostroma corticale</i>	18	10.2. Parametrizace modelů	51
5.1. Charakteristika druhu	19	10.3. Predikční mapy	53
5.2. Parametrizace modelů	19	11. <i>Phytophthora alni</i> (plíseň olšová)	56
5.3. Predikční mapy	21	11.1. Charakteristika druhu	57
6. <i>Dothistroma septosporum</i> (červená sypavka borovice)	24	11.2. Parametrizace modelů	57
6.1. Charakteristika druhu	25	11.3. Predikční mapy	59
6.2. Parametrizace modelů	25	12. <i>Phytophthora cinnamomi</i> (plíseň skořicovníková)	62
6.3. Predikční mapy	27	12.1. Charakteristika druhu	63
7. <i>Eutypella parasitica</i> (bradavkatka parazitická)	32	12.2. Parametrizace modelů	63
7.1. Charakteristika druhu	33	12.3. Predikční mapy	65
7.2. Parametrizace modelů	33	13. <i>Phytophthora plurivora</i>	70
7.3. Predikční mapy	35	13.1. Charakteristika druhu	71

13.2. Parametrizace modelů	71
13.3. Predikční mapy	73
14. <i>Phytophthora ramorum</i>	78
14.1. Charakteristika druhu	79
14.2. Parametrizace modelů	79
14.3. Predikční mapy	81
15. Syntéza pro 11 vybraných druhů patogenů	86
15.1. Predikční mapa	87
16. Závěr	88
17. Poděkování	89
18. Literatura	90
19. Přílohy	94

1. Úvod

Jedním z nezamýšlených důsledků globalizace je stírání významu geografických bariér a usnadnění šíření mnohých druhů organismů do nových oblastí. Houbové či houbám podobné patogeny lesních dřevin jsou v rámci problematiky invazních nepůvodních druhů zatím dosti opomíjenou skupinou organismů, a to nejen v České republice, ale i jinde v Evropě a ve světě. Přitom se tyto organismy vyznačují často vysokou invazivitou a potenciálně závažným dopadem na přírodní prostředí i krajinu jako celek. Nepůvodní patogeny lesních dřevin mohou být v druhotném areálu rozšíření příčinou závažného poškození i plošného odumírání hostitelských dřevin a úbytku jejich populací. To může vést až ke změnám struktury a druhového složení invadovaných ekosystémů, narušení jejich funkcí a ohrožení biodiverzity.

Počet invazních nepůvodních patogenů dřevin i riziko závažného poškození i plošného odumírání hostitelských dřevin a úbytku jejich populací celosvětově výrazně roste v posledních desetiletích. První nepůvodní patogeny dřevin byly v Evropě zachyceny v 19. století a nárůst jejich počtu byl po dlouhou dobu lineární. K výraznějšímu zrychlení došlo v poválečném období v důsledku rozvoje techniky, dopravních možností a díky stále se zvyšující intenzitě mezinárodního obchodu a klimatické změně. Postupně nabylo tempo růstu nově zavlečených druhů exponenciální charakter, jenž trvá dosud. Oproti rostlinám a živočichům se vždy jedná o introdukci nezamýšlenou, nechtěnou. Většina druhů bývá do nového areálu zavlečena jako kontaminace rostlinného materiálu, nejčastěji přímo živých rostlin, méně často dřevní hmoty nebo semen. Na území ČR již bylo identifikováno přes 100 nepůvodních či kryptogenních druhů, tj. druhů s dosud neznámým původním areálem, které působí v druhotném areálu jako patogeny dřevin.

Mezi patogeny, které aktuálně představují největší hrozbu pro naše lesy a další porosty dřevin ve volné krajině i sídlech, např. pro břehové porosty, aleje, městské parky, patří zejména druhy *Ophiostoma novo-ulmi* (původce grafiózy jilmů), *Hymenoscyphus fraxineus* (původce nekrózy jasanu) a *Phytophthora alni* (původce hniloby kořenů a krčku olše). Kromě těchto zdomácnělých a plošně značně rozšířených druhů se však na naše území

2. Využití mapového atlasu

Vzhledem ke zvyšující se intenzitě zavlékání nepůvodních invazních patogenů dřevin do lesního prostředí a jejich zásadnímu významu (srovnatelnému s dalšími fenomény poškozujícími lesní prostředí ČR jako je klimatická změna atp.) je celkový pohled na problematiku invazí této skupiny naprosto nezbytný. Hlavními přínosy atlasu jsou tedy:

- 1) specifikace impaktu jednotlivých patogenů na úrovni taxonů hostitelů a biotopů
- 2) určení modelů vhodnosti prostředí pro jednotlivé patogeny na úrovni celé ČR
- 3) specifikace impaktu této skupiny organismů jako celku a určení oblastí a biotopů, které jsou či v blízké budoucnosti budou invazemi této skupiny organismů ohroženy nejvíce

Tento atlas je v rámci EU i pravděpodobně většiny zemí světa naprosto unikátní právě pro celostní pohled na problematiku invazí patogenů dřevin – a to nejen dřevin lesního prostředí ale i nelesních biotopů.

šíří celá řada dalších organismů, které mají či mohou mít podobný potenciál poškozovat naše dřeviny – např. *Phytophthora plurivora* a jiné druhy tohoto rodu, *Cryptostroma corticale*, *Eutypella parasitica*, *Dothistroma septosporum* a další. Dokonce i u tak teplomilného druhu, jakým je např. *Phytophthora cinnamomi*, se ukazuje, že je schopen dlouhodobě přežít ve venkovním prostředí a spolu se sazenicemi lesních dřevin se dostávat do lesních ekosystémů.

V České republice se vzhledem k prakticky neexistujícím bariérám a dostatečně pestrým klimatickým podmínkám a ekologickým poměrům mnoho zavlečených druhů patogenů dřevin začíná dříve či později šířit v člověkem pozmeněných i přírodních ekosystémech a rychle zdomácní. Invazní nepůvodní patogeny dřevin se stávají stále častěji běžnou součástí přírodního prostředí a začínají být chápány jako významní činitelé formující a ohrožující lesní ekosystémy i ostatní porosty dřevin ve volné krajině a sídlech. Tyto organismy pak představují jednu z největších výzev pro současné lesnictví, ochranu přírody a krajiny a péči o krajinu a její udržitelné využívání, srovnatelnou s takovými fenomény jako jsou sucho či kůrovec. Jako užitečný nástroj k regulaci invazí a ochraně populací hostitelských dřevin, lesních ekosystémů i krajiny jako celku na různých prostorových úrovních bývá stále častěji využíváno prediktivní modelování vhodnosti prostředí pro patogeny či potenciálního impaktu patogenů na různé ekosystémy.

Naším cílem bylo identifikovat klíčové druhy invazních nepůvodních patogenů dřevin se závažným předpokládaným impaktem na přírodní prostředí ČR a na základě dostupných dat o jejich rozšíření v ČR či literárních rešerších jejich ekologie a epidemiologie chorob, které způsobují, vytvořit mapy jejich potenciální distribuce a impaktu na lesní ekosystémy v ČR. Predikční mapy mohou pomoci s vymezením neohroženějších oblastí a porostů, s včasným odhalením patogenů či zohledněním rizik spojených s výskytem těchto organismů v prostředí při plánování budoucích výsadeb a péči o ně.

Výsledky atlasu budou sloužit pro potřeby veřejné správy v oblasti ochrany lesních ekosystémů před šířením a negativním dopadem invazních nepůvodních mikroorganismů – patogenů dřevin. Dále budou moci být výše uvedené výsledky využity při plnění povinností vyplývajících z aktuální evropské a navazující národní právní úpravy v oblasti nepůvodních invazních druhů, zejména k stanovení priorit a postupů regulace a eradikace invazních druhů s významem pro EU a ČR a při vytváření akčního plánu pro omezení nezáměrného šíření invazních druhů.

Hlavními předpokládanými uživateli tohoto mapového atlasu jsou orgány státní správy působící především v oblasti ochrany přírody a krajiny, tj. Ministerstvo životního prostředí ČR (Odbor zvláštní územní ochrany přírody a krajiny), Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (RP a další pracoviště), správy národních parků a další instituce. Dále je tento atlas určen samozřejmě pro potřeby Ministerstva zemědělství a Ústavu pro hospodářskou úpravu

lesů, do jehož podkladových databází budou některé z výstupů adaptovány. Další významné uživatele očekáváme mezi vlastníky a správci lesů (zejména Lesy ČR, s. p., Vojenské lesy a statky ČR, s. p. aj.), Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským a dalšími institucemi působícími v oblasti ochrany lesů. Odborná veřejnost může využívat nejen přímo tento atlas, ale od roku 2022 i možnost jeho detailního prohlížení na mapovém portálu VÚKOZ, v. v. i., kde budou mapy v elektronické podobě v plném rozlišení zveřejněny. Bude zde umožněno též jejich překrytí dalšími mapovými vrstvami, jako např. mapou zvláště chráněných území, vodních toků apod.

Jistá omezení atlasu vyplývají hlavně ze tří bodů. Prvním je omezené spektrum druhů, které byly zpracovány a druhým využití expertního modelování. Bohužel pro náročnost prací nebylo možno vybrat větší množství patogenů – cílem bylo tedy jednak podchytit druhy, jejichž impakt je prokazatelně vysoký a které už v ČR zdomácněly a jsou nadto notoricky známy (*Phytophthora alni*, *Ophiostoma novo-ulmi*, *Hymenoscyphus fraxineus*), dále druhy, jejichž impakt je méně známý či zřejmý, ale které se na území ČR již rovněž rozšířily a působí významné škody (*Phytophthora plurivora*, *Cryptostroma corticale*, *Eutypella parasitica*, *Dothistroma septosporum*), dále druhy extrémně nebezpečné, jejichž zavlečení reálně hrozí (*Phytophthora ramorum* a *P. cinnamomi*) a méně známé druhy s relativně menším impaktem působící škody ve specifických ekosystémech (*M. hiratsukanum* a *C. salicis*). Celou řadu nebezpečných patogenů nebylo tedy možno z časových důvodů zpracovat (např. *Phytophthora cambivora* a jiné druhy rodu) – u některých z nich však v publikaci najdeme druhy s obdobnou ekologií (v tomto případě *P. plurivora*), a tudíž je atlas do jisté míry využitelný i pro představu o chování těchto druhů.

3. Metodika

3.1. Zájmové druhy patogenů

V rámci tohoto atlasu bylo zpracováno jedenáct zájmových druhů patogenů. Jedná se o klíčové druhy invazních nepůvodních patogenů dřevin s největším předpokládaným impaktem na přírodu ČR. Druhy byly vybrány na základě zhodnocení diverzity všech známých nepůvodních houbových i houbám podobných patogenů dřevin zaznamenaných na území ČR před rokem 2018. K tomuto účelu byla využita veškerá dostupná literatura a databáze týkající se této problematiky: zejména databáze DAISIE (<http://www.europe-aliens.org>), informace publikované Evropskou a Středozevní organizací ochrany rostlin (EPPO; <https://www.eppo.int>) a Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ; <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organisms>), zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, přehledy publikované v pracích Černý et al. (2016), Desprez-Loustau et al. (2010), Kapitola et al. (2017) a Santini et al. (2013), řada dalších zdrojů publikovaných v odborné literatuře týkající se výskytu (přehled Černý et al. 2016) a dopadu těchto organismů na prostředí a některé herbářové doklady (Národní muzeum).

Z výsledného aktuálního přehledu nepůvodních druhů patogenů dřevin ČR bylo následně vybráno 11 prioritních invazních druhů z hlediska jejich nebezpečnosti a závažnosti aktuálního či možného dopadu na přírodní prostředí ČR. Upřednostňovány přitom byly druhy považované za transformery, tj. nejvíce nebezpečné druhy schopné zásadním způsobem poškozovat porosty a populace svých hostitelů a trvale měnit charakter, strukturu a fungování invadovaných ekosystémů.

Druhou jistou nevýhodou je postupování metodou expertních modelů – hlavní příčinou je opět nedostatek času pro sběr dat nutných pro vypracování modelů statistických, nadto u většiny druhů statistické modely sestavit nelze už jen z toho důvodu, že jejich areály v ČR a Evropě stále ještě nejsou ustavené. Bohužel čas je proti nám, proto byl zvolen přístup metaanalytický s využitím veškerých známých literárních pramenů zahrnujících na jedné straně jak statistické modelování, tak na druhé třeba i laboratorní experimenty a podobné práce.

Třetím omezením je fakt, že jsme pro výpočet citlivosti biotopů neměli k dispozici data o skutečném zastoupení dřevin v jednotlivých polygonech biotopů. Všem polygonům daného biotopu byla tudíž přiřazena stejná citlivost, a to na základě údajů uvedených v druhové kombinaci biotopu v Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010). V realu se samozřejmě složení vegetace konkrétních polygonů mapovaných biotopů může lišit. Některé druhy mohou chybět, jiné naopak být přítomny navíc. Predikované hodnoty tudíž nemohou přesně odpovídat reálné situaci. Predikce a vizualizace spíše upozorňují na místa, oblasti a biotopy, které jsou či mohou být velmi citlivé a kde lze tedy očekávat největší impakt patogenů a způsobené škody. Z uvedeného taktéž vyplývá, že u polygonů označených jako „bez hostitele“ a fialově znázorněných na mapách citlivosti biotopů vůči patogenům a potenciální ohroženosti biotopů patogeny nelze vyloučit, že některý z hostitelů se v nich reálně vyskytuje.

Výsledný seznam prioritních druhů invazních nepůvodních patogenů dřevin s největším předpokládaným impaktem na přírodu ČR doplněný o choroby, které tyto patogeny způsobují svým hostitelům:

1. *Colletotrichum salicis* (Auersw. ex Fuckel) Damm, P.F. Cannon & Crous – usychání výhonů a větví vrby
2. *Cryptostroma corticale* (Ellis & Everh.) Greg. & Waller (1951) – sazná nemoc kůry javoru
3. *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet (1968) – červená sypavka borovice
4. *Eutypella parasitica* R.W. Davidson & R.C. Lorenz (1938) – rakovina kmene javoru
5. *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya, 2014 – nekróza jasanu
6. *Melampsorium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats (1927) – rez olše šedé
7. *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier (1991) – grafioza jilmu
8. *Phytophthora alni* (Brasier & S.A. Kirk) Husson, loos & Marçais (2015) – hniloba kořenů a krčku olše
9. *Phytophthora cinnamomi* Rands (1922) – hniloba kořenů a krčku
10. *Phytophthora plurivora* T. Jung & T. I. Burgess (2009) – hniloba kořenů a krčku
11. *Phytophthora ramorum* Werres De Cock & Man in 't Veld (2001) – hniloba kořenů a krčku, nekróza kůry, antraknóza listů

3.2. Tvorba modelů a map

Při tvorbě modelů potenciální distribuce a impaktu vybraných zájmových druhů invazních nepůvodních patogenů dřevin na lesní ekosystémy na krajině úrovni ČR byl použit expertní přístup. Expertní modely neboli modely založené na pravidlech se obecně využívají v případech, kdy nemáme k dispozici data o výskytu druhu v zájmovém území v kvalitě dostatečné pro tvorbu statistických modelů. K určení vztahu patogenu k vybraným prediktorům a významnosti jednotlivých prediktorů se v těchto modelech místo statistických metod používají data a zjištění z již provedených průzkumů (kvalitativní nebo kvantitativní popisy z dostupné literatury) spolu s názory odborníků. Cílem při použití těchto modelů je nalézt kombinaci podmínek prostředí, která se co nejvíce blíží ke známým vhodným habitatům.

Obecný metodický postup, který byl aplikován při tvorbě expertních modelů, jejichž vizualizací vznikly predikční mapy zahrnuté do tohoto atlasu, vychází z modelování prostorové distribuce druhů, konkrétně z modelování indexu vhodnosti stanoviště (habitat suitability index – HSI) (Franklin 2010). Tento index se často používá v ochraně přírody a péči o volně žijící živočichy. Dalším významným zdrojem informací pro stanovení naší metodiky byla studie Meentemeyer et al. (2004), ve které autoři použili expertní přístup v krajině fytopatologii pro modelování a prediktivní mapování rizika rozšíření patogenu *Phytophthora ramorum* v Kalifornii.

Postup použitý při tvorbě expertních modelů a predikčních map zahrnutých do tohoto atlasu lze stručně shrnout pomocí následujících šesti kroků:

1. Definování koncepčního modelu, tj. identifikace faktorů určujících vhodnost prostředí pro daný druh patogenu na základě řešerše jeho ekologických nároků, způsobu jeho šíření a epidemiologie choroby, kterou může způsobit
2. Výběr nejdůležitějších abiotických prediktorů pro daný patogen na základě definovaného koncepčního modelu a dostupných GIS dat pro území ČR
3. Převod rozsahu hodnot či kategorií vybraných abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro daný patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí)
4. Určení citlivosti dřevin ČR vůči danému patogenu a výpočet citlivosti biotopů soustavy NATURA 2000 na základě druhové skladby dřevin uvedené v Katalogu biotopů ČR
5. Stanovení vah (důležitosti) jednotlivých prediktorů pro výpočet výsledných kompozitních indexů (index vhodnosti abiotického prostředí pro patogen, index potenciální ohroženosti patogenem) pomocí váženého aditivního modelu
5. Vytvoření a výpočet modelů v prostředí ArcGIS s využitím nástroje Model Builder
6. Vizualizace výsledných predikcí pomocí mapových výstupů, tj. predikčních map

Riziko napadení společenstev či ekosystémů patogenem a míra jejich poškození obecně závisí na vhodnosti abiotických podmínek prostředí pro patogen, na krajiněm pokryvu a struktuře okolní krajiny (např. na izolovanosti společenstev či porostů od ostatních) a na porostních charakteristikách daných společenstev. Mezi ně patří především druhová skladba společenstev, a to zejména z hlediska přítomnosti a množství hostitele či hostitelů daného patogenu, a dále např. jejich věková a prostorová struktura. U vytvořených expertních modelů byla pozornost zaměřena na podchycení vhodnosti abiotických podmínek prostředí pro patogen a druhové skladby společenstev či porostů.

Jelikož nebyla k dispozici data o druhovém složení lesních porostů pro celé území ČR v potřebné kvalitě, byl v prvním kroku spočten vždy pouze model vhodnosti abiotických podmínek prostředí pro hodnocení patogenu založený pouze na abiotických prediktorech. Použit byl přitom následující vzorec:

$$IVAP = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i \times IV_i)}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

IVAP.....index vhodnosti abiotického prostředí

V_i váha i-tého abiotického prediktoru

IV_i index vhodnosti i-tého abiotického prediktoru

n počet abiotických prediktorů

Výsledná predikční mapa vhodnosti abiotických podmínek prostředí pro patogen odvozená na základě tohoto modelu je aplikovatelná jak v ochraně přírody, tak i v lesnictví.

V dalším kroku následuje zhodnocení vlivu druhové skladby vegetace na riziko napadení a míru poškození společenstev v ČR daným patogenem, které je pro potřeby ochrany přírody a krajiny založené na druhové kombinaci biotopů dle Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) a na mapovém podkladu vzniklém při velkoplošném mapování biotopů ČR. Nejdříve je vždy spočtena citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních (u některých patogenů i vybraných nelesních) biotopů soustavy NATURA 2000 vůči danému patogenu. Ta byla stanovena jako průměrná citlivost dřevin (stromů, keřů, polokeřů, keříků a lián) vůči patogenu vážená jejich rolí v biotopu (dominantní druh, diagnostický druh, druh uvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu, druh neuvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu). Výpočet byl proveden podle následujícího vzorce:

$$CB = \frac{\sum_{k=1}^n (V_k \times CD_k)}{\sum_{k=1}^n V_k}$$

CB citlivost biotopu vůči patogenu

V_k váha k-tého druhu dřeviny

CD_k citlivost k-tého druhu dřeviny vůči patogenu

n počet druhů dřevin

Citlivost jednotlivých druhů byla hodnocena na základě literárních údajů dílem soustředěných v U. S. National Fungus Collections Fungus-Host Database (SMML, Farr & Rossman 2019) a dílem roztroušených v řadě dílčích publikací. Vzhledem k tomu, že se jedná o patogeny v České republice nepůvodní, není či nemusí být jejich tuzemské spektrum hostitelů celé známo. Při stanovování citlivosti našich druhů dřevin se tedy přihlíželo nejen k záznamům citlivosti daného druhu dřeviny, ale i k záznamům citlivosti příbuzných druhů v rámci příslušného rodu a čeledi. Vycházeli jsme přitom ze schopnosti exaptace patogenů (tj. přechodu z jednoho hostitele na jiný), která s fylogenetickou vzdáleností hostitelů klesá (de Vienne et al. 2009). Reflektován byl rovněž údaj, zda šlo o pozorování z venkovního (např. lesy, volná krajina, sady či městské výsadby) nebo umělého prostředí (školy, laboratoře, skleníky).

Popis stupňů citlivosti hostitelů:

- 1,00 = vysoká: rozsáhlé poškození a úmrtnost celých rostlin druhu včetně dospělých jedinců, poškození včetně přirozených a venkovních stanovišť (lesy, krajinná výsadba, sady apod.), mnoho záznamů (cca 5+)
- 0,75 = střední: rozsáhlé ale nikoliv letální poškození plně vzrostlých rostlin druhu, úmrtnost pouze mladých rostlin, poškození mimo přirozená stanoviště (laboratoř, školka), alespoň několik (3+) záznamů nebo malá citlivost, ale několik (3+) záznamů včetně přirozených či venkovních stanovišť
- 0,50 = malá: způsobuje omezené poškození rostlin druhu ústíci v jejich oslabení, na prostředí izolace patogenu nezáleží nebo citlivost neznámá ale záznam vysoké či střední citlivosti daného rodu, obvykle málo záznamů (cca 1–2)
- 0,25 = neznámá, potenciální: citlivost druhu neznámá, ale vysoká či střední citlivost v dané čeledi nebo malá citlivost daného rodu, výjimečně ojedinělá izolace patogenu ze sazenic ze školek apod. (nejvýše 1 report, endofytické izolace)
- 0,00 = neznámá nebo nulová: citlivost druhu a rodu neznámá, nejvýše malá citlivost v čeledi.

Váha druhu byla stanovena na základě jeho role v hodnoceném biotopu určené na základě údajů uvedených v druhové kombinaci daného biotopu v Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010). Použita přitom byla následující škála hodnot: 1 pro dominantní druh, 0,6 pro diagnostický druh, 0,2 pro druh uvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu a 0 pro druh neuvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu.

K vizualizaci citlivosti biotopů vůči patogenu území ČR byla použita vrstva mapování biotopů vzniklá při velkoplošném mapování biotopů organizovaném Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. Výsledná predikční mapa citlivosti dřevinné vegetace přírodních lesních (u některých patogenů i vybraných nelesních) biotopů NATURA 2000 vůči hodnocenému patogenu obsahuje i mozaiky s těmito biotopy. Mozaikám byla přitom přiřazena hodnota citlivosti dřevinné vegetace plošně převažujícího biotopu a v případě rovnosti plošného zastoupení více biotopů pak hodnota citlivosti nejvíce citlivého biotopu.

Poslední krok prediktivního modelování spočíval vždy ve výpočtu výsledného kompozitního indexu nazvaného potenciální ohroženost přírodních biotopů soustavy NATURA 2000 daným patogenem. K tomuto účelu byl využit opět aditivní vážený model. V tomto případě byly do modelu pro daný patogen zahrnuty vždy všechny abiotické prediktory i citlivost dřevinné vegetace vůči tomuto patogenu. Model byl spočten podle následující vzorce:

$$IOP = \frac{CB + \sum_{i=1}^n (V_i \times IV_i)}{V_{CB} + \sum_{i=1}^n V_i}$$

IOP index potenciální ohroženosti patogenem

V_i váha i-tého abiotického prediktoru

IV_i index vhodnosti i-tého abiotického prediktoru

n počet abiotických prediktorů

CB citlivost biotopu vůči patogenu

V_{CB} váha citlivosti biotopu vůči patogenu

Váha prediktoru citlivost dřevinné vegetace byla přitom stanovena vždy vůči sumě vah všech abiotických prediktorů, a to jedním ze tří následujících způsobů:

- váha citlivosti dřevinné vegetace = polovině součtu vah abiotických prediktorů: použito u polyfágních patogenů potenciálně schopných parazitovat téměř ve všech biotopech či u patogenů s nepříliš známým hostitelským spektrem a zároveň patogenů vyznačujících se relativně úzkou ekologickou valencí, kdy bude jejich distribuce v prostředí ČR limitována nějakým významným abiotickým faktorem – *Phytophthora cinnamomi*, *P. ramorum*, *P. plurivora*. Distribuce těchto druhů bude tedy více ovlivněna podmínkami prostředí než vegetací.
- váha citlivosti dřevinné vegetace = součtu vah abiotických prediktorů: použito u oligofágních patogenů či patogenů s dobře popsáním hostitelským spektrem a zároveň druhů se širokou ekologickou valencí – např. *Cryptostroma corticale*, *Eutypella parasitica*, *Dothistroma septosporum*. Vliv faktorů vegetace i prostředí na distribuci patogenu bude obdobný.
- váha citlivosti dřevinné vegetace = dvojnásobku součtu vah abiotických prediktorů: použito u patogenů s jasně známými hostiteli a značným impaktem na jejich populaci, přičemž jejich distribuce je velmi efektivní a nijak významně nezávisí na abiotických podmínkách prostředí v ČR – *Ophiostoma novo-ulmi*, *P. alni*. U prvního druhu je efektivní šíření zprostředkováno hmyzími přenašeči vázanými na jilm, u druhého má hostitel i patogen stejnou niku a šíří se stejným způsobem, tj. uměle výsadbou a spontánně vodou. Vliv distribuce hostitele má na distribuci patogenu a jeho impakt výrazně větší vliv než podmínky prostředí.

Vizualizací predikcí vypočtených na základě tohoto modelu byly vytvořeny výsledné predikční mapy potenciální ohroženosti přírodních biotopů soustavy NATURA 2000 jednotlivými patogeny. Tyto mapy opět obsahují i mozaiky s biotopy.

Zvolená metodika prediktivního modelování pomocí expertních modelů umožnila použít výsledné mapy pro jednotlivé patogeny k vytvoření závěrečné syntetické mapy potenciální ohroženosti přírodních lesních biotopů soustavy NATURA 2000 všemi 11 hodnocenými invazními patogeny dřevin. Tato mapa vznikla přeložením a prostým součtem rastrových map potenciální ohroženosti těchto biotopů jednotlivými patogeny.

3.3. Prediktory do modelů

Pro výběr a přípravu prediktorů do vytvářených modelů byly jako hlavní datové zdroje využity zejména dostupné databáze a mapové služby těchto institucí: Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV TGM), Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, v. v. i. (VÚMOP), Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) a Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR). Klimatické prediktory pocházejí částečně z databáze WorldClim obsahující globální data o klimatu a počasí (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) a částečně z Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007). Z takto získaných vstupních GIS dat byly odvozeny a generovány konkrétní prediktory.

Jako prediktory byly používány rastrové mapy s prostorovým rozlišením 100 m, které byly generovány tak, aby se navzájem prostorově překrývaly, tj. aby pixely na sebe vzájemně nasedaly. Všechny mapy mají stejný souřadnicový systém ETRS-89 a byly zpracovávány v programu ArcMap 10.x od firmy ESRI.

Seznam prediktorů:

1. nadmořská výška – odvozená z Digitálního modelu reliéfu České republiky (DMR)
2. sklonitost svahu – odvozená z DMR
3. orientace svahu vůči světovým stranám – odvozená z DMR
4. tvary reliéfu – odvozené z DMR pomocí výpočtu topografického pozičního indexu (TPI) (Weiss 2001)
5. přítomnost vodního toku – odvozená z map vodních toků z databáze DIBAVOD
6. půdní podmínky – mapa vzniklá spojením mapy edafických kategorií lesnické typologie a mapy hlavních půdních jednotek používaných při hodnocení zemědělských půd pomocí bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ)
7. retenční vodní kapacita půd – z geoportálu SOWAC-GIS (VÚMOP)
8. průměrná roční teplota – z databáze WorldClim
9. roční srážky – z databáze WorldClim
10. průměrná květnová teplota – z databáze WorldClim
11. průměrná roční relativní vlhkost vzduchu – z Atlasu podnebí Česka
12. průměrná roční vláhová bilance – z Atlasu podnebí Česka
13. průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září) – z Atlasu podnebí Česka
14. průměrná teplota vzduchu v letním půlroce (duben–září) – z Atlasu podnebí Česka
15. průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více – z Atlasu podnebí Česka
16. průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a více – z Atlasu podnebí Česka
17. průměrná roční rychlost větru – z Atlasu podnebí Česka
18. průměrná sezónní rychlost větru v létě – z Atlasu podnebí Česka
19. průměrný roční počet dní s mlhou – z Atlasu podnebí Česka
20. citlivost dřevinné vegetace biotopů vůči patogenu – odvozená z vrstvy mapování biotopů (VMB)

Colletotrichum salicis



4. *Colletotrichum salicis* (hladkoplodka vrbová)

4.1. Charakteristika druhu

Jedná se o taxonomicky komplikovaný druh. Hladkoplodka vrbová je kryptogenní druh. Její výskyt je doložen v Severní Americe, východní Asii, Austrálii, Novém Zélandu a v Evropě. Původní areál a způsob a datum zavlečení nejsou známy. V ČR byl tento druh poprvé potvrzen v r. 2002.

Patogen způsobuje usychání výhonů a větví vrby. Projevuje se jako hemibiotrof, nejprve s velmi krátkou biotrofní fází a posléze delší fází nekrotrofní. Hladkoplodka vrbová se snadno šíří vzduchem při dopadu kapek. Způsobuje antraknózu listů, intenzivně se rozšiřující černě zbarvené nekrózy výhonů a větví, které po obkroužení usychají. Odumřelé tenké výhony jsou typicky zkroucené či ohnuté a visící. U silně napadených stromů

4.2. Parametrizace modelů

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro hladkoplodka vrbovou vychází z těchto literárních zdrojů: Spiers & Hopcroft (1993), Damm et al. (2012), Swain et al. (2012) a Bonkowski (2020). Vhodnost půdních podmínek pro hladkoplodka vrbovou byla zhodnocena na základě vhodnosti hydrických vlastností půd (Löv et al. 1995).

Tab. 1: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září)	2
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	2
Průměrná květnová teplota	2
Půdní podmínky	2
Přítomnost vodního toku	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Průměrná teplota vzduchu v letním půlroce (duben–září)	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	13

Foto na předcházející straně: *Colletotrichum salicis*. Napadený keř křížence vrby ušaté s uschlými větvemi a výhony, v pozadí zdravý jedinec. Slavkovský les.

a keřů dochází ke značné defoliaci a posléze k prosychání a tvorbě sekundárního obrostu a odumření. Často jsou postiženy více dolní části korun. Rozvoj choroby bývá podmíněn chladným a vlhkým počasím na jaře.

Výskyt patogenu v ČR není dostatečně znám. Rozšíření je pravděpodobně na celém území. Doložen byl v Karlovarském, Ústeckém a Libereckém kraji, v Praze, na Vysočině, v Jihočeském a Jihomoravském kraji. Přítomnost hladkoplodky vrbové byla potvrzena v kulturních biotopech (okrasné výsadby, plantáže rychle rostoucích dřevin), výsadbách ve volné krajině, v břehových porostech a vrbových křovinách.

Tab. 2: Citlivost dřevin vůči hladkoplodce vrbové.

Druh dřeviny		Citlivost
Vrba křehká	<i>Salix euxina</i>	1
Vrba červenavá	<i>Salix ×rubens</i>	0,75
Vrba bílá	<i>Salix alba</i>	0,75
Vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	0,5
Vrba košíkářská	<i>Salix viminalis</i>	0,5
Vrba ušatá	<i>Salix aurita</i>	0,5
Vrba bylinná	<i>Salix herbacea</i>	0,25
Vrba laponská	<i>Salix lapponum</i>	0,25
Vrba pětimužná	<i>Salix pentandra</i>	0,25
Vrba nachová	<i>Salix purpurea</i>	0,25
Vrba rozmarýnolistá	<i>Salix rosmarinifolia</i>	0,25
Vrba slezská	<i>Salix silesiaca</i>	0,25
Vrba trojmužná	<i>Salix triandra</i>	0,25
Vrba popelavá	<i>Salix cinerea</i>	0,25
Vrba lýkovcová	<i>Salix daphnoides</i>	0,25
Vrba šedá	<i>Salix elaeagnos</i>	0,25
Topol bílý	<i>Populus alba</i>	0,25
Topol černý	<i>Populus nigra</i>	0,25
Topol osika	<i>Populus tremula</i>	0,25
Topol šedý	<i>Populus ×canescens</i>	0,25
Ostatní dřeviny		0

Tab. 3: Zhodnocení vztahu hladkoplodky vrbové k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Půdní podmínky – edafické kategorie		X, Y, Z			A, B, C, D, F, H, I, J, K, M, N, S, W		O, P, Q, V		L, U		G, R, T
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky		39	4, 21, 22, 31, 32, 37, 38	13, 17, 18, 40, 41, 55	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 56, 57, 60, 77, 78	6, 7, 26, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 61	50, 53, 54, 58, 59, 62, 64		63, 66, 70, 71, 75		65, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 76
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září) [mm]		≤ 300	(300, 400)		(400, 500)		(500, 600)		(600, 700)		> 700
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu [%]		≤ 75			(75, 80)			(80, 85)			> 85
Průměrná květnová teplota [°C]		> 14	(13, 14)	(12, 13)	(11, 12)	(10, 11)	(9, 10)	(8, 9)	(7, 8)	≤ 7	
Přítomnost vodního toku		NE									ANO
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Orientace svahu vůči světovým stranám		J, JZ			JV, Z, rovina			V, SZ			SV, S
Prům. teplota vzduchu v letním půlroce (duben–září) [°C]		≤ 8	(8, 9)	(9, 10)	(10, 11)	(11, 12)	(12, 13)	(13, 14)	(14, 15)	(15, 16)	> 16

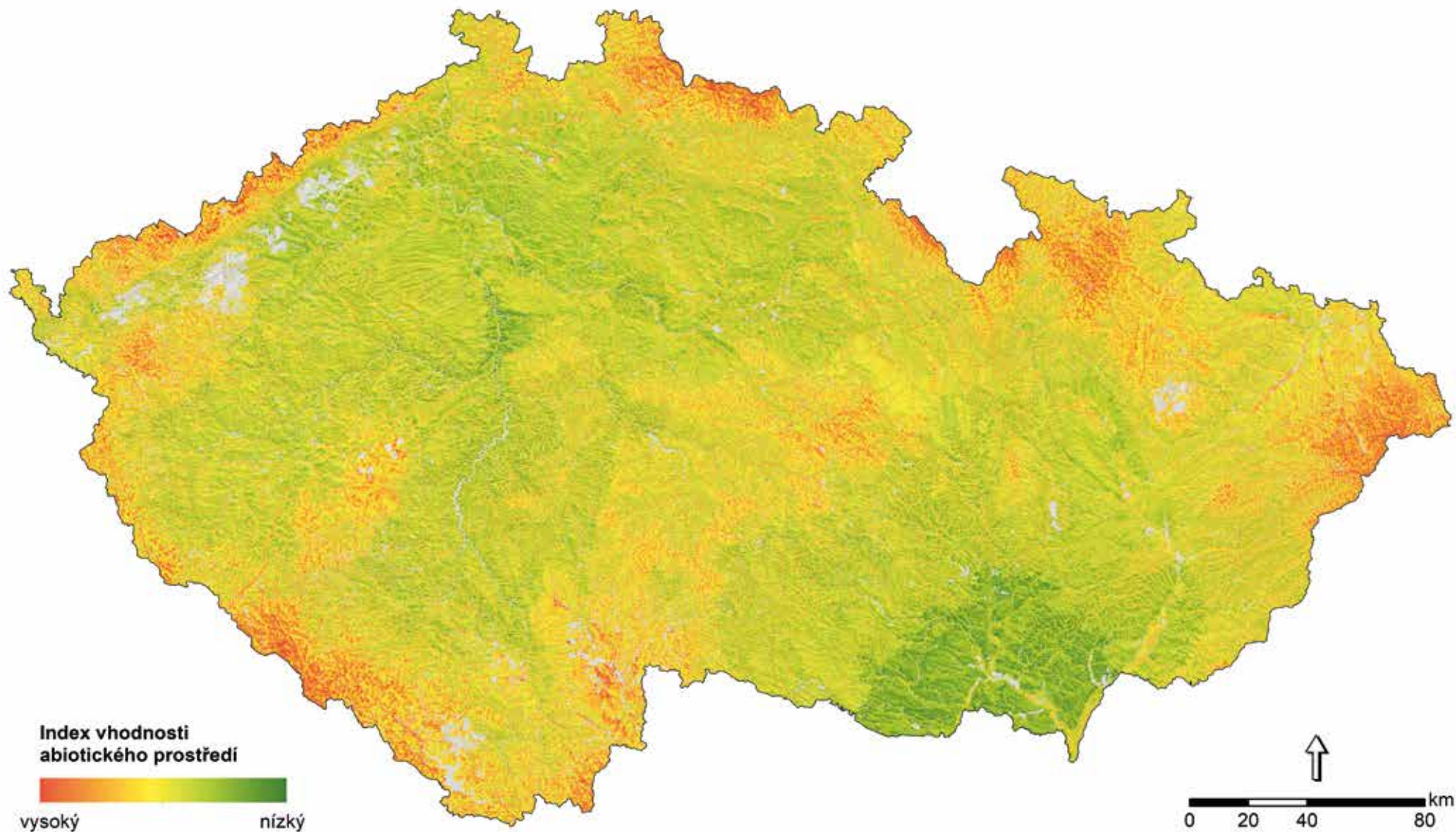
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená–středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerothermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

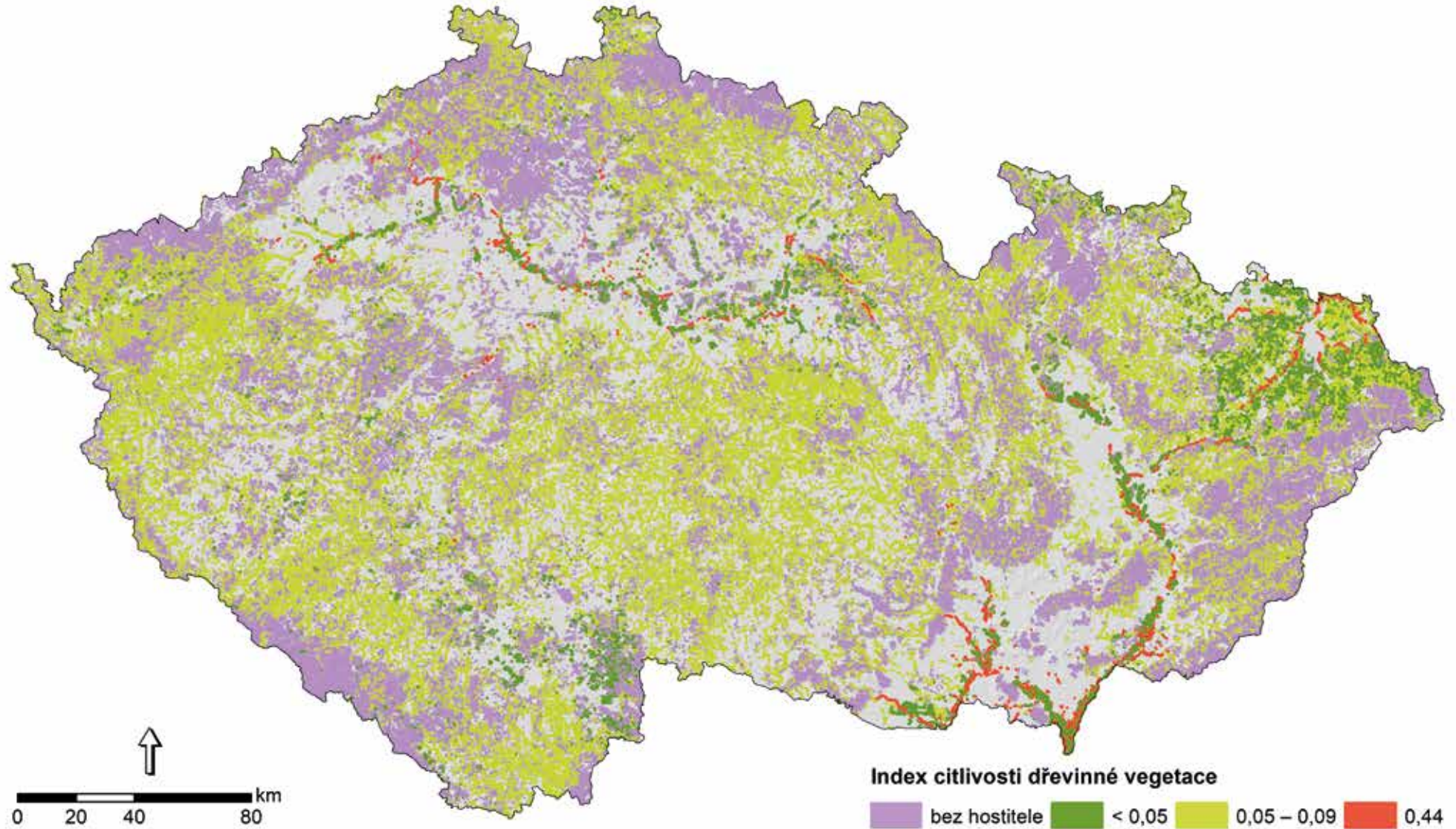
Colletotrichum salicis (hladkoplodka vrbová)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



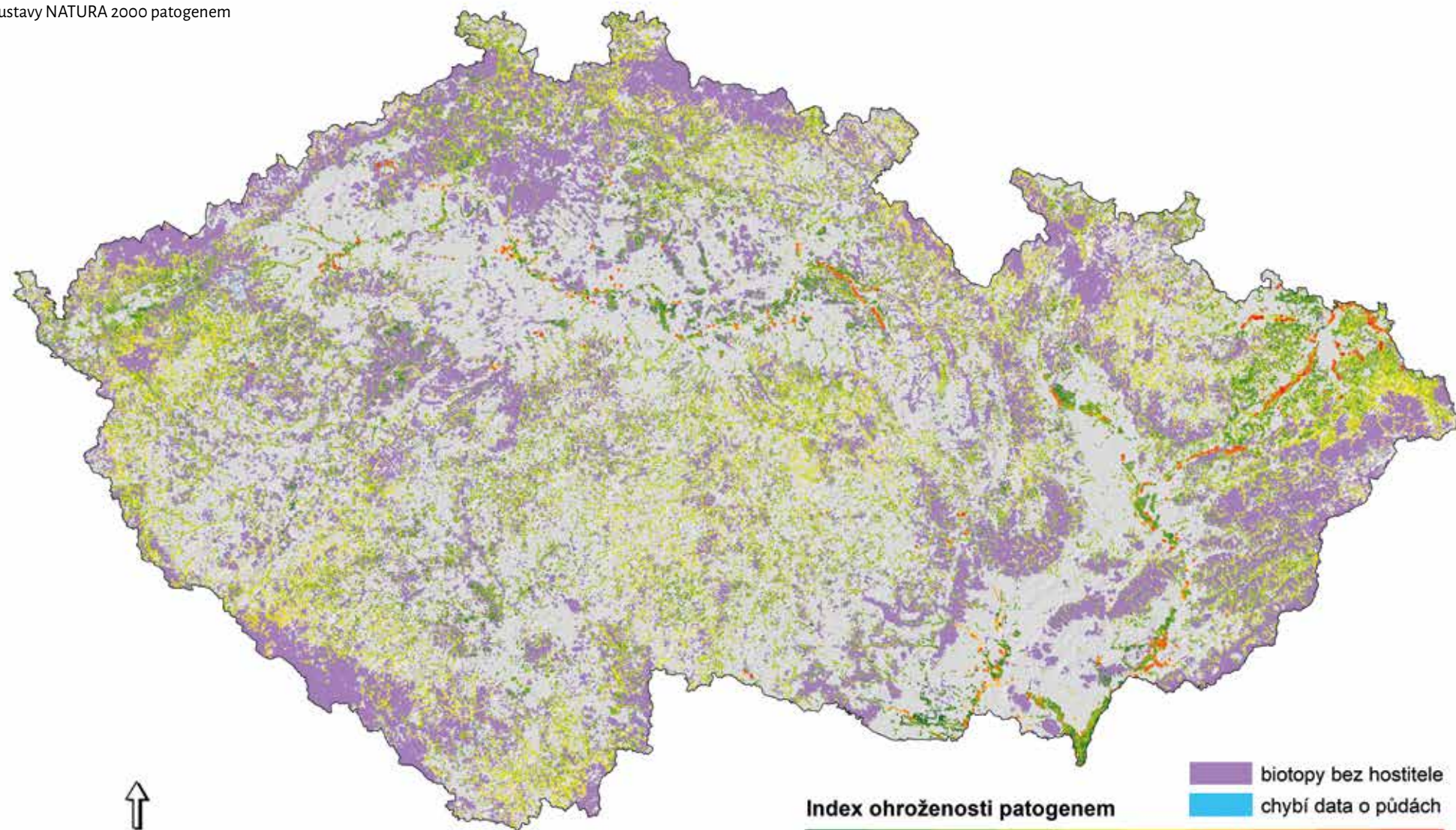
Colletotrichum salicis (hladkoplodka vrbová)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Colletotrichum salicis (hladkoplodka vrbová)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Index ohroženosti patogenem

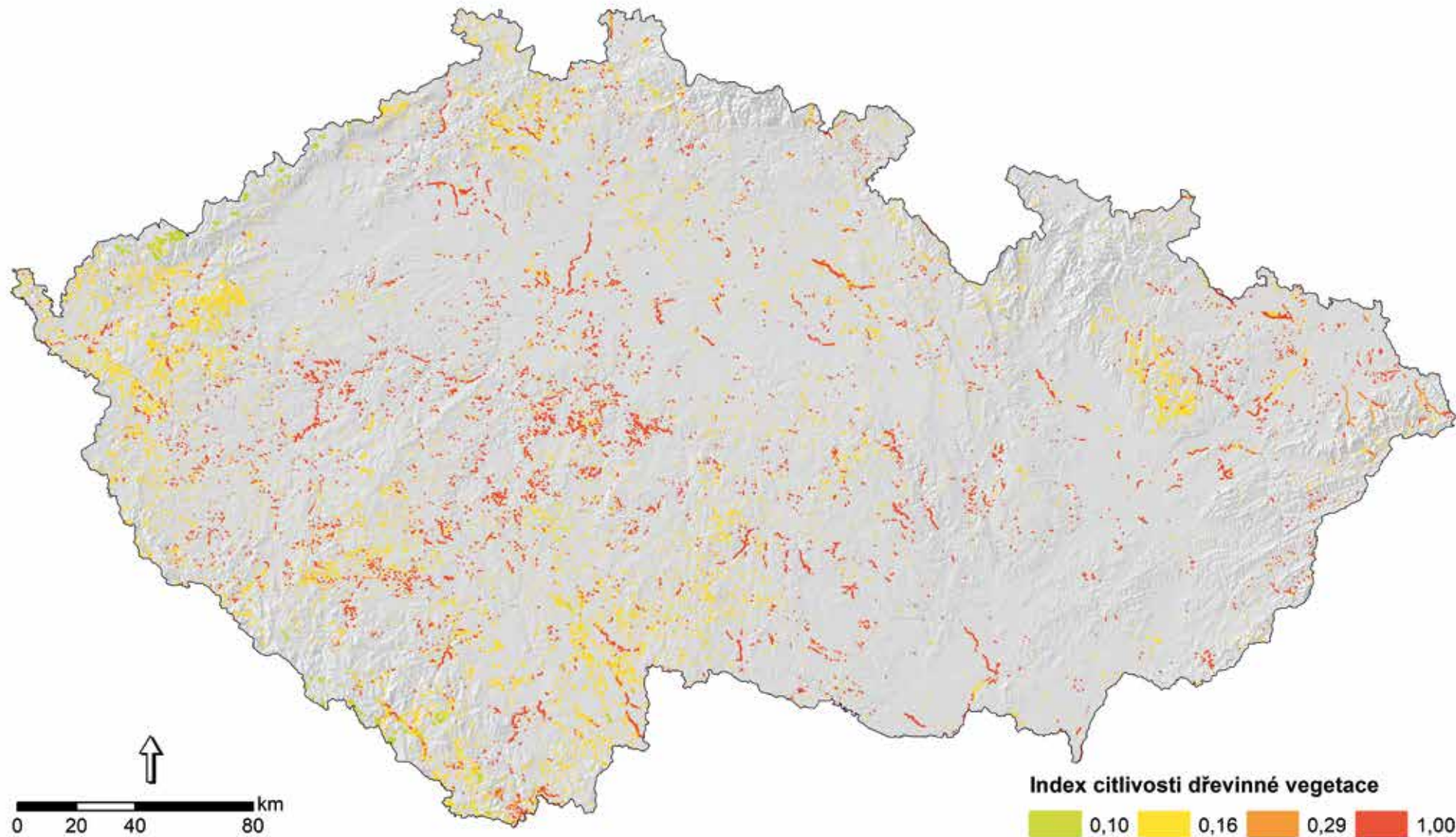


0,16 0,20 0,25 0,29 0,34 0,38 0,43 0,47 0,52

biotopy bez hostitele
chybí data o půdách

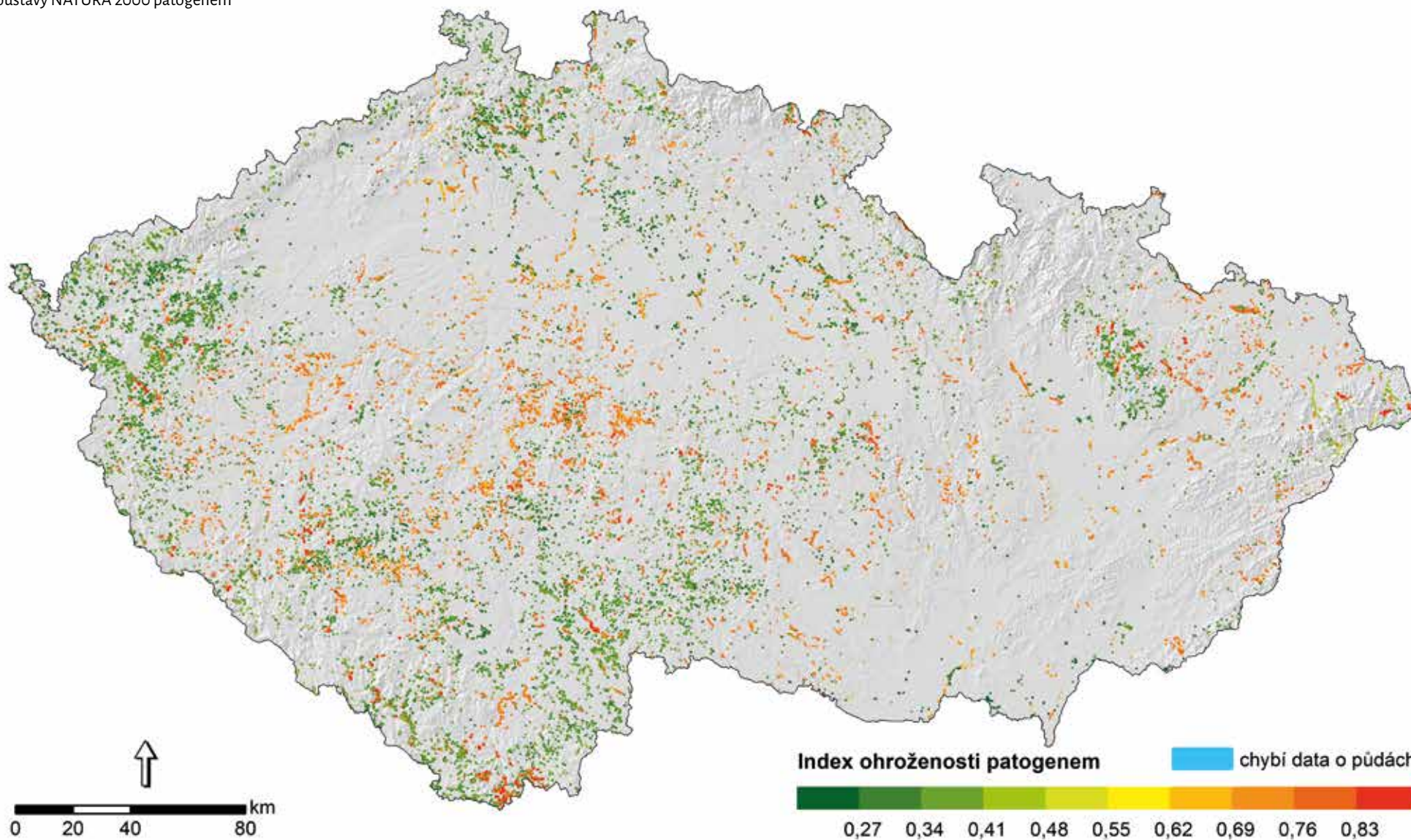
Colletotrichum salicis (hladkoplodka vrbová)

Citlivost dřevinné vegetace vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Colletotrichum salicis (hladkoplodka vrbová)

Potenciální ohroženost vybraných přírodních nelesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Cryptostroma corticale



5. *Cryptostroma corticale*

5.1. Charakteristika druhu

Cryptostroma corticale pochází ze Severní Ameriky, kde se přirozeně asymptomaticky vyskytuje v javorových lesích severovýchodu. V Evropě byl tento patogen zjištěn poprvé r. 1945 ve Velké Británii (Gregory et al. 1949). Později byl nalezen také ve Francii, Itálii a dalších evropských zemích (Kelnarová et al. 2016). V ČR byl poprvé potvrzen v r. 2005 (Koukol et al. 2015).

Patogen způsobuje saznou nemoc javorů. Nejvýraznějším symptomem onemocnění jsou rozsáhlá stromata na kmeni a větvích hostitelských stromů, jež produkují tmavé nepohlavní spory, tzv. konidie, připomínající saze. Konidie se šíří převážně větrem, případně za pomoci hmyzu, ptáků či veverek. V Evropě i ČR se *C. corticale* vyskytuje zejména na javoru klenu, méně často pak na j. mléči (Gibbs 1997). Po kolonizaci hostitele na něm patogen často delší dobu přežívá v endofytické fázi (Kelnarová et al. 2017) a teprve po nástupu stresu přejde

5.2. Parametrizace modelů

Mezi významné environmentální faktory reálně či potenciálně ovlivňující distribuci a impakt patogenu patří vyšší teplota a nižší srážky, případně vysoký odpar, pozice na vyvýšených místech a svazích a na osluněných polohách, na propustných vysychavých půdách případně vysychavých sutích a v zaplavovaných územích.

Tab. 4: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Roční srážky	2
Průměrná roční vláhová bilance	2
Retenční vodní kapacita půd	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Průměrná roční teplota	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	9

k parazitismu a hostitele výrazněji poškozuje a zabíjí. Rozvoj choroby bývá vyvolán vyššími teplotami (Peace 1955), vodním stresem (Dickenson & Wheeler 1981, Douzon 2007), antropogenním stresem souvisejícím se znečištěním prostředí (Kelnarová et al. 2017) či záplavami (Koukol et al. 2015).

Výskyt *C. corticale* byl v ČR potvrzen v Praze a několika lokalitách středních Čech, na několika místech v severních Čechách, v Brně a na dalších místech na severní (Olomoucko) i jižní Moravě (Hodonínsko). Největší problémy s tímto patogenem jsou zaznamenávány v okrasných výsadbách ve vnitřní Praze, ale napadené stromy se již častěji nacházejí i v městských lesích v širším okolí centra (Kelnarová et al. 2017). Předpokládá se, že k současnému i budoucímu výraznějšímu rozvoji choroby přispívá a bude přispívat postupující změna klimatu a s ní spojený narůstající vodní stres hostitelů (Robeck 2007, Kelnarová et al. 2017).

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro druh *C. corticale* vychází z těchto literárních zdrojů: Peace (1955), Dickenson & Wheeler (1981), Douzon (2007), Robeck (2007), Koukol et al. (2015) a Kelnarová et al. (2017).

Tab. 5: Citlivost dřevin vůči *Cryptostroma corticale*.

Druh dřeviny	Citlivost
Javor mléč	1
Javor klen	1
Javor babyka	0,5
Ostatní dřeviny	0

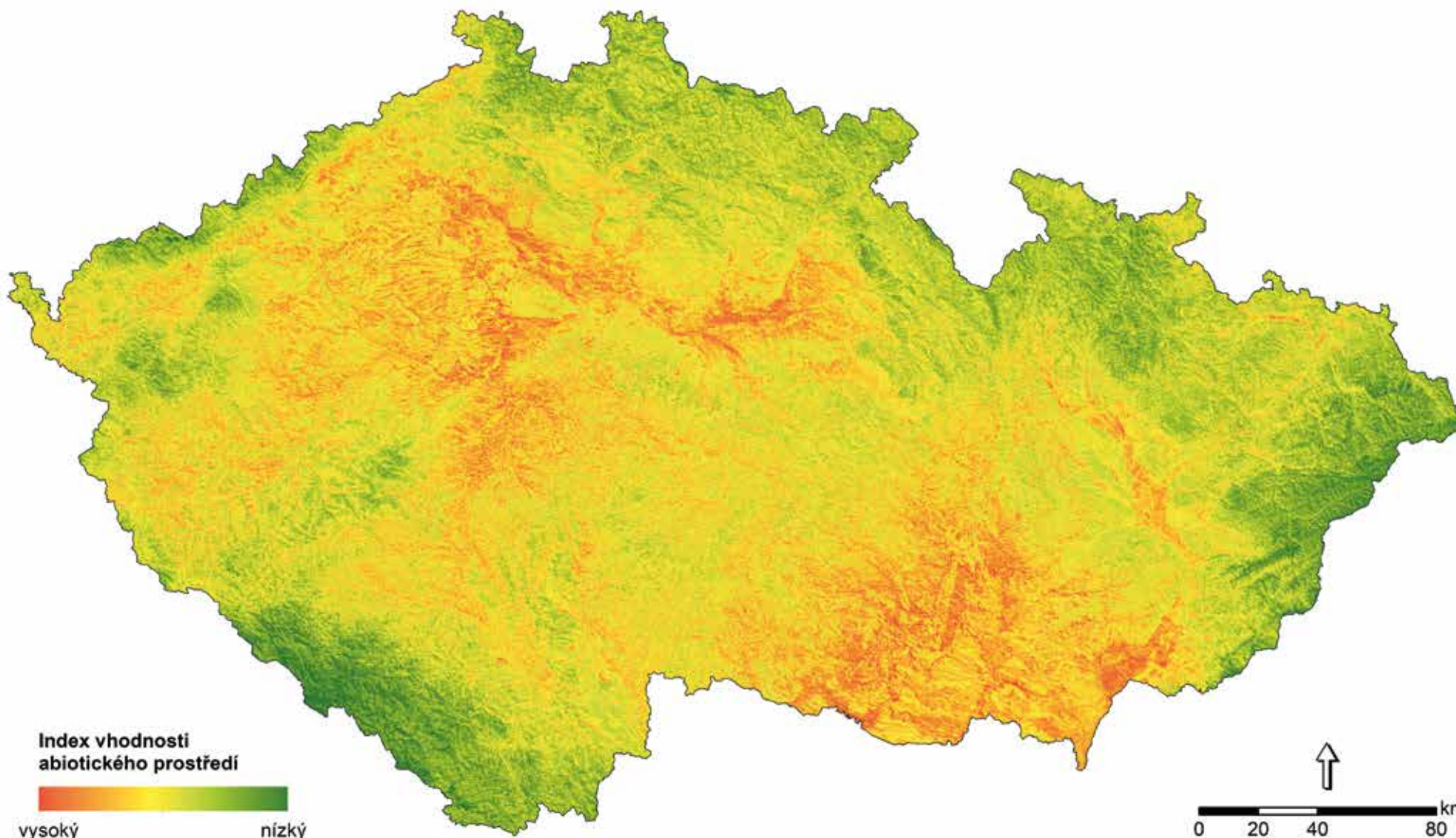
Tab. 6: Zhodnocení vztahu *Cryptostroma corticale* k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Roční srážky [mm]		> 1300	(1200, 1300)	(1100, 1200)	(1000, 1100)	(900, 1000)	(800, 900)	(700, 800)	(600, 700)	(500, 600)	≤ 500
Průměrná roční vláhová bilance [mm]		> 200	(150, 200)	(100, 150)	(50, 100)	(0, 50)	(-50, 0)	(-100, -50)	(-150, -100)	(-200, -150)	≤ -200
Retenční vodní kapacita půd		velmi vysoká			vysoká			střední			nízká
Tvary reliéfu – kategorie landforms			1, 2, 3, 4			5, 6			7, 8, 9, 10		
Orientace svahu vůči světovým stranám		S, SV			SZ, V			JV, Z, rovina			J, JZ
Průměrná roční teplota [°C]		≤ 2	(2, 3)	(3, 4)	(4, 5)	(5, 6)	(6, 7)	(7, 8)	(8, 9)	(9, 10)	> 10

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

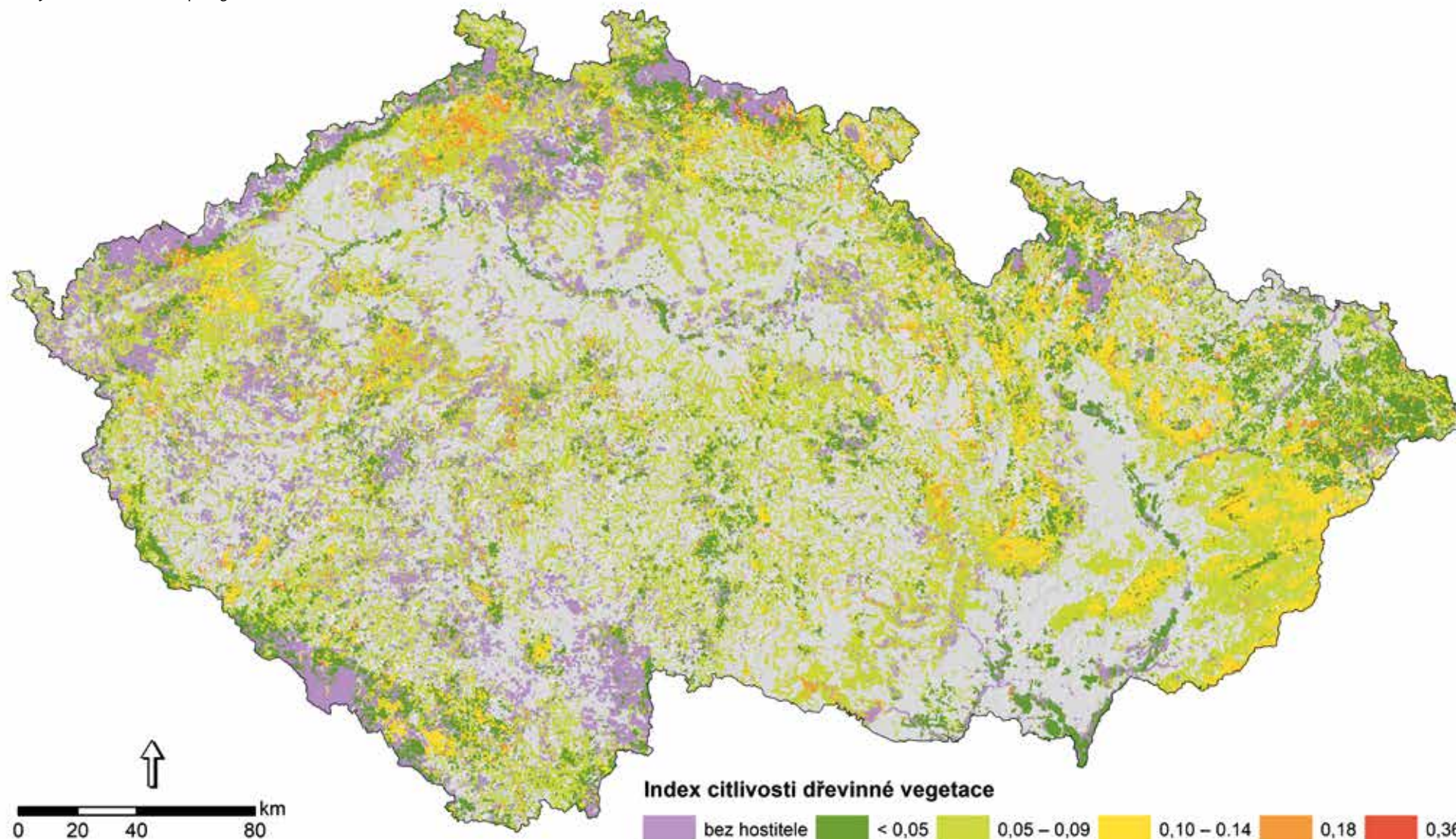
Cryptostroma corticale

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



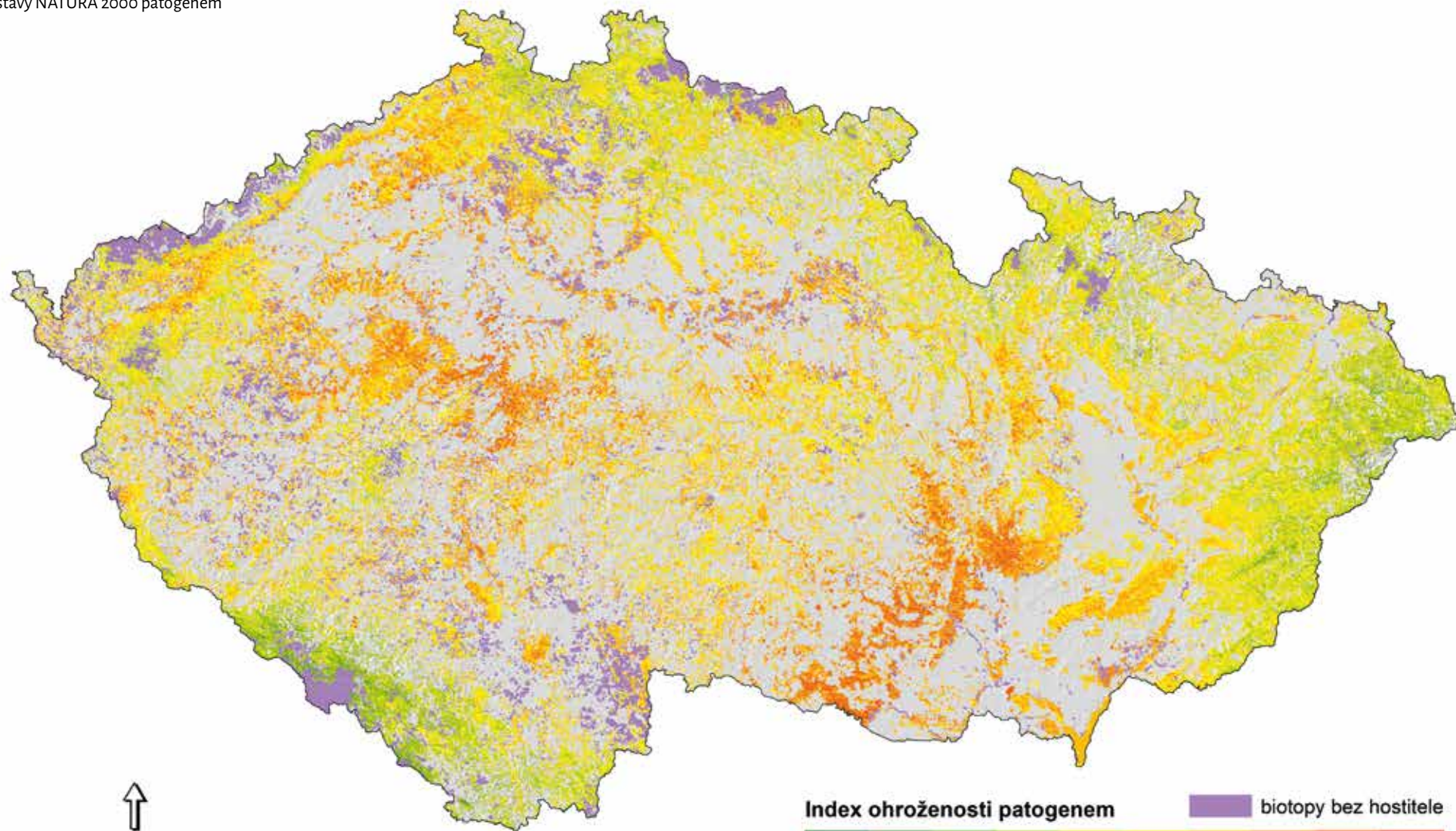
Cryptostroma corticale

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Cryptostroma corticale

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Index ohroženosti patogenem

biotopy bez hostitele



Dothistroma septosporum



6. *Dothistroma septosporum* (červená sypavka borovice)

6.1. Charakteristika druhu

Červená sypavka borovice pochází pravděpodobně z horských oblastí Střední nebo Jižní Ameriky a od konce 20. století se patogen invazně šíří do severnějších oblastí Evropy i Severní Ameriky. V ČR byla tato houba poprvé nalezena v roce 1999 na dovezených borovicových sazenicích a v roce 2000 byl její výskyt potvrzen i ve volné přírodě (Kapitola et al. 2017).

Patogen způsobuje červenou sypavku borovice, což je celosvětově jedna z nejvýznamnějších chorob borovic. Šíří se vzduchem pomocí konidií, které se zachytávají na jehlicích hostitele, odkud pronikají do jeho pletiv (Gadgil 1967, Kabir et al. 2014). Typickými symptomy napadení hostitele jsou rezavé pruhy na jehlicích, jež následně od špičky odumírají (Tomešová-Haataja 2016). Více jsou obvykle napadeny mladé stromy či spodní části korun a starší ročníky jehlic, napadení citlivých hostitelů končí výraznou defoliací, případně i odumře-

6.2. Parametrizace modelů

Zásadním faktorem pro šíření patogenu a rozvoj infekce je vzdušná vlhkost. Vhodné podmínky podporují podmáčená a severně orientovaná stanoviště. Pro tvorbu spor musí průměrné denní teploty dosáhnout 10 °C. Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro červenou sypavku borovice vychází z těchto literárních zdrojů: Gibson et al.

Tab. 7: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září)	3
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	3
Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a více	2
Půdní podmínky	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	12

ním. Seznam hostitelů tohoto patogenu čítá 52 druhů jehličnatých dřevin v rámci rodů *Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga* a *Tsuga*, přičemž majoritní podíl připadá na rod *Pinus* (Drenkhan et al. 2016, Jánošíková-Hečková et al. 2018). Z našich domácích dřevin se nejvyšší citlivostí vůči tomuto houbovému patogenu vyznačují borovice kleč (b. rašelinná) a b. blatka (Bednářová et al. 2006). Podobně citlivá je podle našich pozorování i b. vystoupavá.

V současné době se červená sypavka borovice vyskytuje prakticky na celém území ČR od nížin do hor. Zjištěna byla jak v lesních porostech, tak i v okrasných výsadbách, okrasných a lesních školkách i plantážích vánočních stromků (Kapitola et al. 2017), na rašeliništích a vrchovištích. Její invazí jsou nejvíce ohroženy blatkové bory (L2.4), vrchoviště s klečí (R3.2), do kterých proniká např. v Krušných horách, a kosodřevina (A7).

(1964), Gilmour (1967), Peterson (1967), Ivory (1972), Villebonne & Maugard (1999), Jankovský (2001), Woods et al. (2005), Archibald & Brown (2007), Dvořák et al. (2012) a Tomešová-Haataja (2016). Vhodnost půdních podmínek pro patogen byla zhodnocena na základě vhodnosti hydrických vlastností půd (Löw et al. 1995).

Tab. 8: Citlivost dřevin vůči červené sypavce borovice (názvosloví borovic dle Chytrý et al. 2010).

Druh dřeviny		Citlivost
Borovice kleč	<i>Pinus mugo</i>	1
Borovice blatka	<i>Pinus uncinata</i> subsp. <i>uliginosa</i>	0,75
Borovice rašelinná	<i>Pinus ×pseudopumilio</i>	0,75
Borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>	0,5
Jedle bělokorá	<i>Abies alba</i>	0,25
Modřín opadavý	<i>Larix decidua</i>	0,25
Smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>	0,25
Ostatní dřeviny		0

Tab. 9: Zhodnocení vztahu červené sypavky borovice k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září) [mm]			≤ 300		(300, 400)		(400, 500)		(500, 600)		> 600
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu [%]		≤ 75			(75, 80)			(80, 85)			> 85
Průměrný roční počet dní s prům. denní teplotou vzduchu ≥ 10 °C			≤ 80		(80, 100)		(100, 120)		(120, 140), > 160		(140, 160)
Půdní podmínky – edafické kategorie		X, Y, Z			A, B, C, D, F, H, I, J, K, M, N, S, W		O, P, Q, V		L, U		G, R, T
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky		39	4, 21, 22, 31, 32, 37, 38	13, 17, 18, 40, 41, 55	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 56, 57, 60, 77, 78	6, 7, 26, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 61	50, 53, 54, 58, 59, 62, 64		63, 66, 70, 71, 75		65, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 76
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Orientace svahu vůči světovým stranám		J, JZ			JV, Z, rovina			V, SZ			SV, S

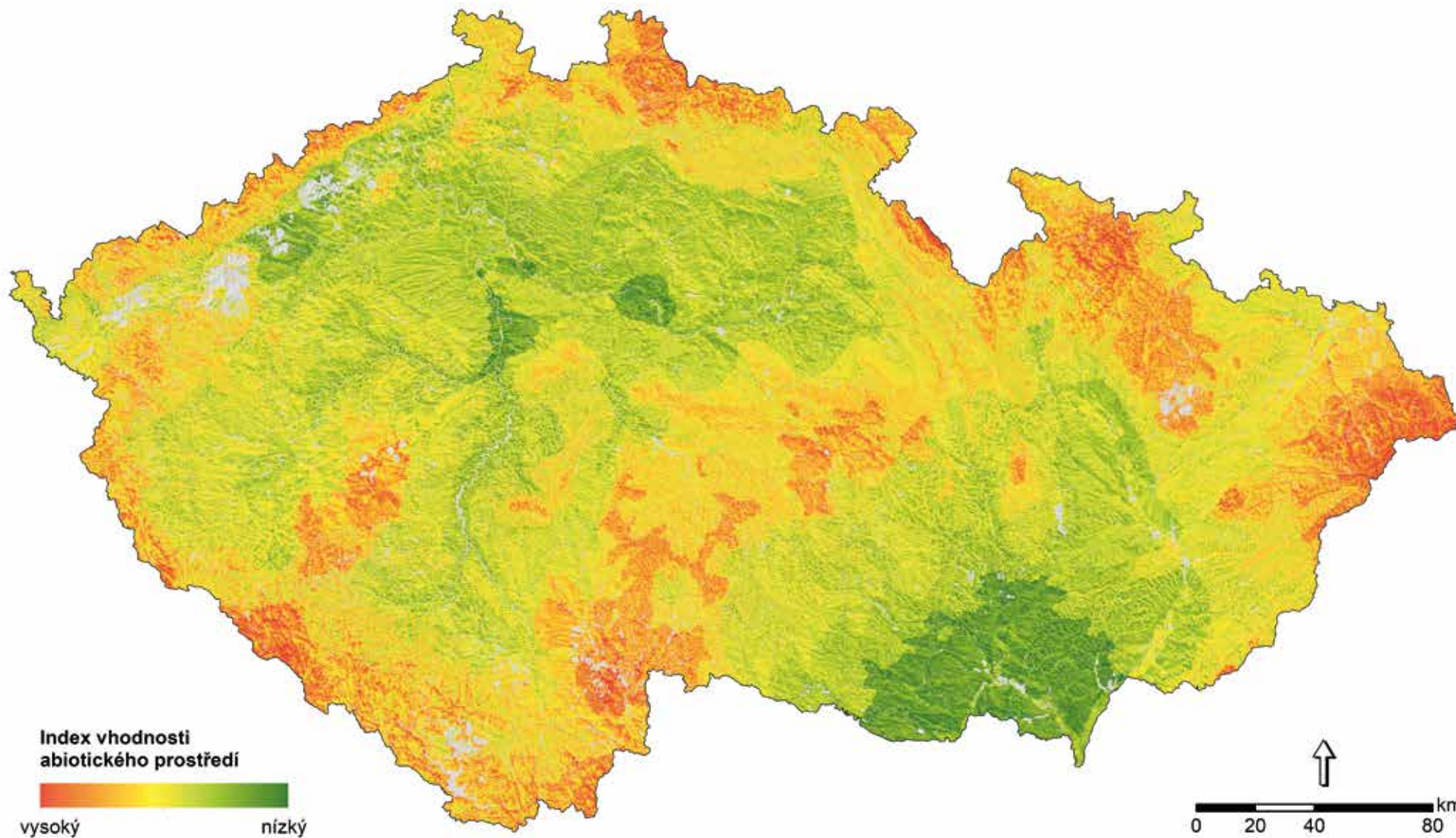
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysýchavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená–středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerothermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

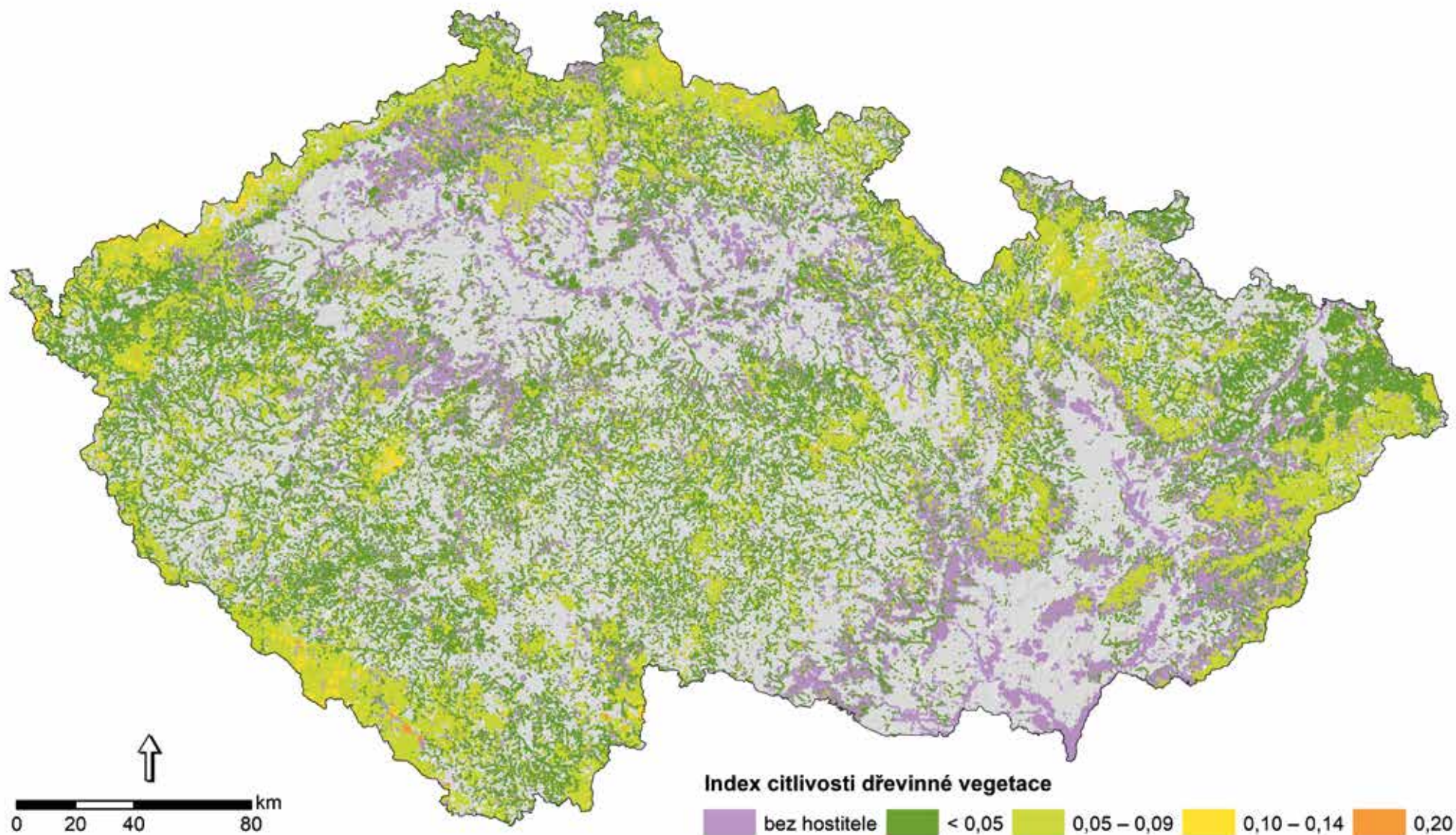
Dothistroma septosporum (červená sypavka borovice)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



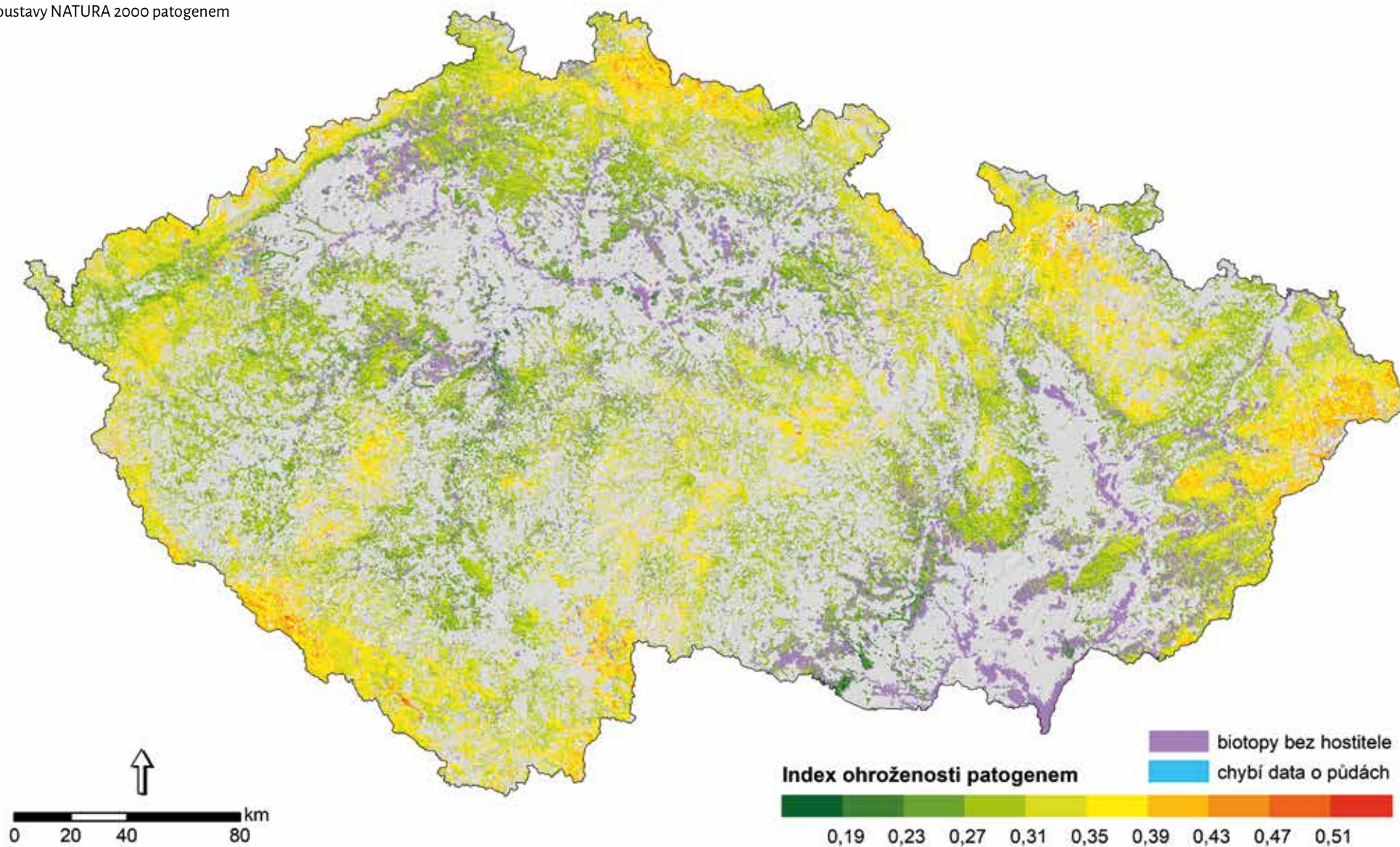
Dothistroma septosporum (červená sypavka borovice)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



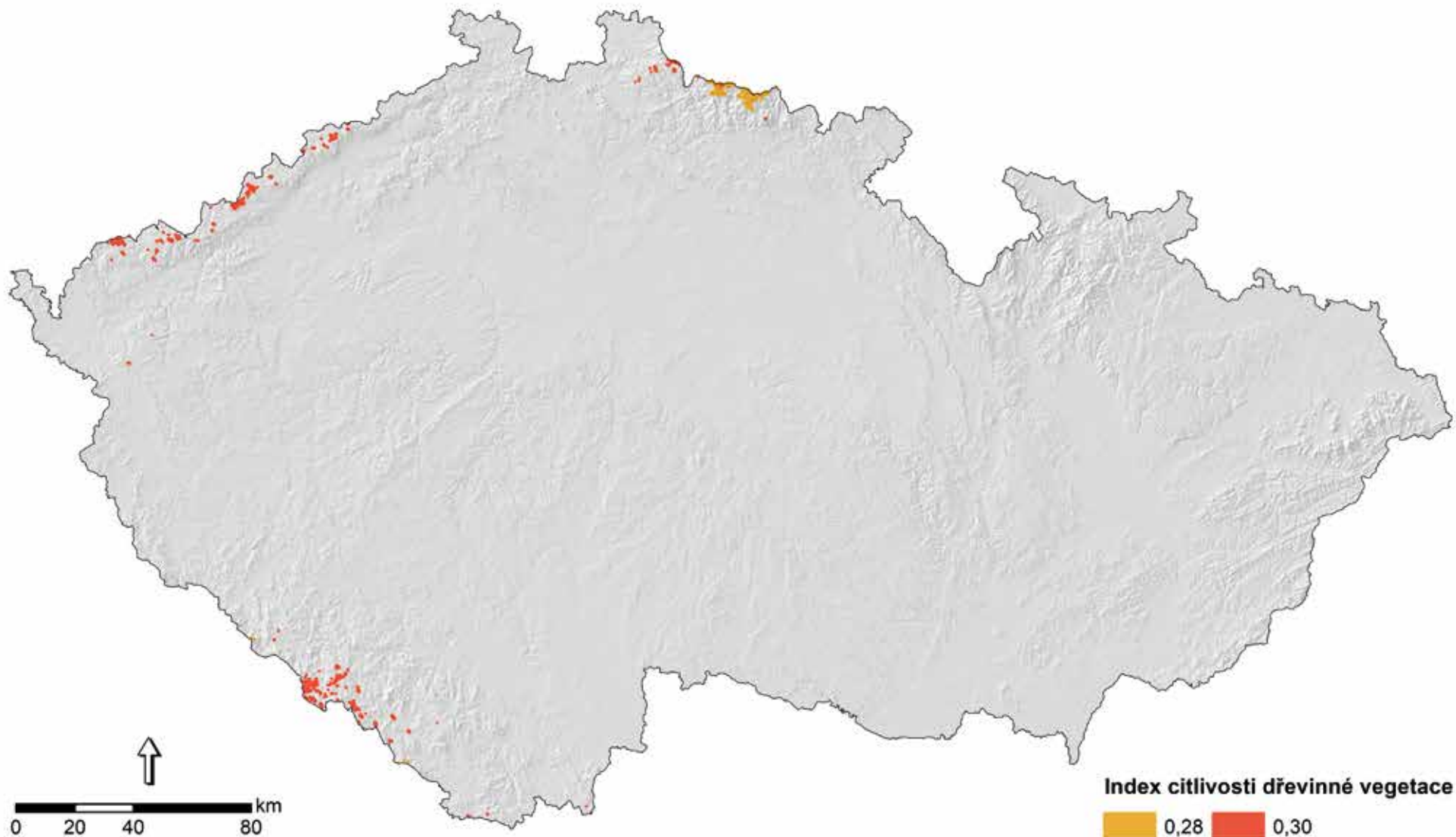
Dothistroma septosporum (červená sypavka borovice)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



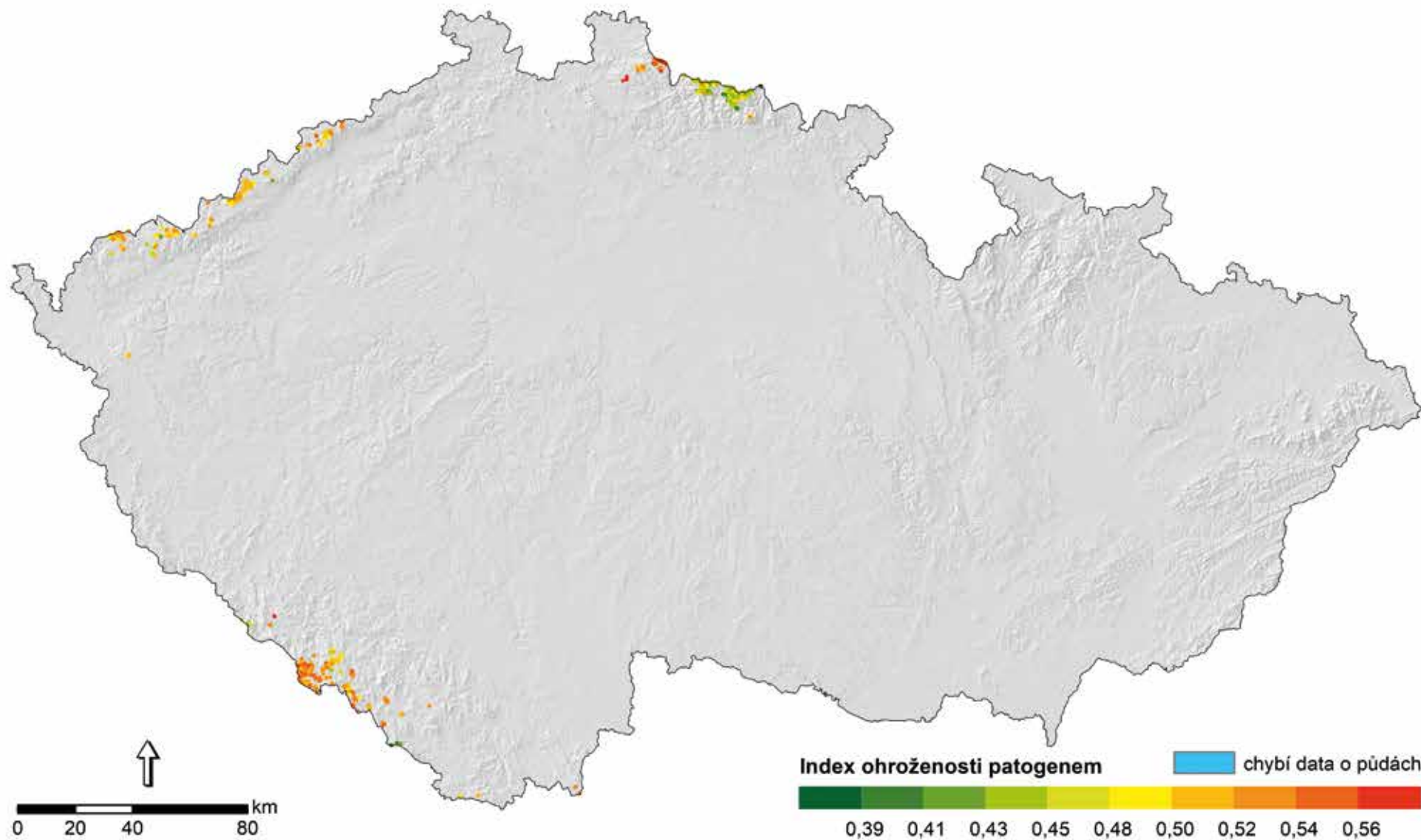
Dothistroma septosporum (červená sypavka borovice)

Citlivost dřevinné vegetace vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Dothistroma septosporum (červená sypavka borovice)

Potenciální ohroženost vybraných přírodních nelesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Eutypella parasitica



7. *Eutypella parasitica* (bradavkatka parazitická)

7.1. Charakteristika druhu

Bradavkatka parazitická je severoamerického původu a v Evropě byla poprvé nalezena v roce 2005 ve Slovinsku (Jurc et al. 2006). Model z r. 2006 (Ogris et al. 2006) předpokládá vhodné podmínky na cca dvou třetinách území Evropy, přičemž velmi vysoké riziko rozšíření je predikováno i pro celou ČR. U nás byla potvrzena ve Slezsku v r. 2015 (Černý et al. 2017), současný známý areál má rozlohu cca 1300 km².

Patogen způsobuje eutypelovou rakovinu a hnědou hnilobu jádrového dřeva javoru klenu, který je zřejmě z našich javorů nejcitlivější, napadá ale i naše ostatní domácí druhy (Ogris et al. 2006). Typickým symptomem napadení jsou vpadlé rakovinné léze se zbytky dřívě vytvořených a kolonizovaných kalusů, doprovázené kápoovitým prohnutím a rozšířením kmene v okolí místa infekce. Mladé javory mohou záhy odumřít, vzrostlé stromy většinou delší dobu přežívají, než nakonec dojde ke zlomu kmene. Bradavkatka se šíří pomocí askospor vzduchem (Lachance 1971), k infekci hostitele dochází nejčastěji v dolních částech kmene v oblasti suků, od-

7.2. Parametrizace modelů

Mezi významné environmentální faktory reálně či potenciálně ovlivňující distribuci a impakt patogenu patří vyšší teplota a srážky, vyšší relativní vlhkost vzduchu, přítomnost vodních toků a topografie (dna údolí, rokly, chráněné polohy obecně atp.). Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot

Tab. 10: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrná roční teplota	2
Roční srážky	2
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	1
Tvary reliéfu	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	6

padlých větví, výmladků a v místech poranění. Pro vyklíčení spor a rozvoj choroby je důležitá vysoká vzdušná vlhkost (Lachance 1971, Johnson & Kuntz 1979). Ohroženy jsou tedy zejména oblasti s vlhčím mikroklimatem a přehoustlé či pěstebně zanedbané porosty. Na větší vzdálenost je patogen přenášen antropogenně s vytěženými kmeny a štěpkou.

Patogen se v ČR vyskytuje v lesních porostech, v břehových a doprovodných porostech vodních toků, v remízích ve volné krajině a v příměstských lesích. Největší problémy byly dosud pozorovány v tvrdých luzích (L2.3) na aluviích řek Odry, Ostravice, Morávky a dalších, v suťových (L4, prioritní biotop soustavy NATURA 2000) a dalších lesích ve Slezských Beskydách a v břehových porostech. Z pohledu ochrany přírody je problematický především hojný výskyt bradavkatky v cenných porostech CHKO Poodří.

či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro bradavkatku parazitickou vychází z těchto literárních zdrojů: Lachance (1971), Johnson & Kuntz (1979) a Ogris et al. (2006).

Tab. 11: Citlivost dřevin vůči bradavkatce parazitické.

Druh dřeviny	Citlivost
Javor mléč	1
Javor klen	1
Javor babyka	1
Ostatní dřeviny	0

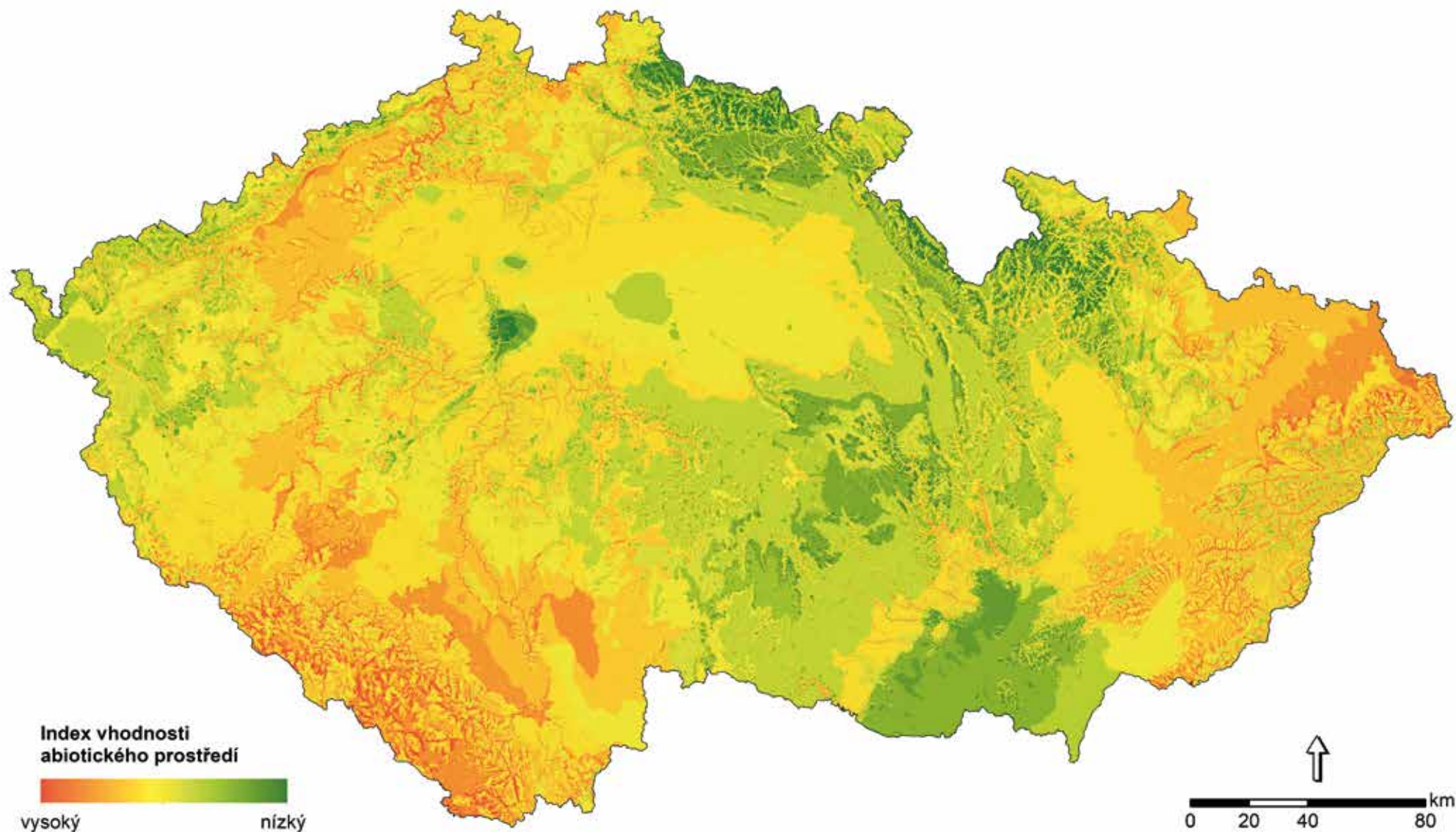
Tab. 12: Zhodnocení vztahu bradavkatky parazitické k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Průměrná roční teplota [°C]		≤ 4	(4, 5)		(5, 6)		(6, 7), > 10		(7, 8), (9, 10)		(8, 9)
Roční srážky [mm]			≤ 500	(500, 600)	(600, 700)	(700, 800)	(800, 900)	(900, 1000)	(1000, 1100)	(1100, 1200)	> 1200
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu [%]		≤ 75			(75, 80)			(80, 85)			> 85
Tvary reliéfu – kategorie landforms			7, 8, 9, 10			5, 6			2, 3, 4		1

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

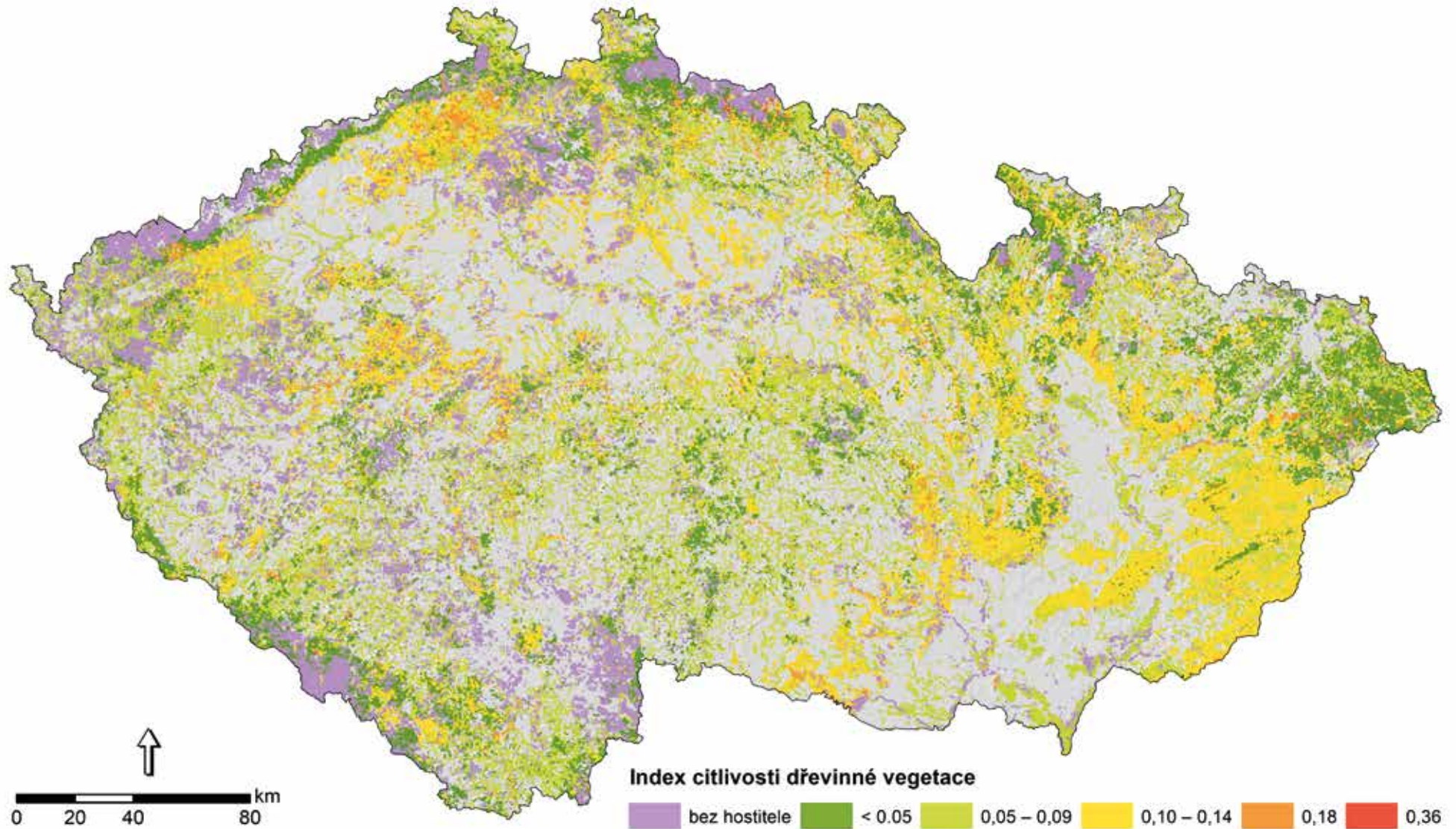
Eutypella parasitica (bradavkatka parazitická)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



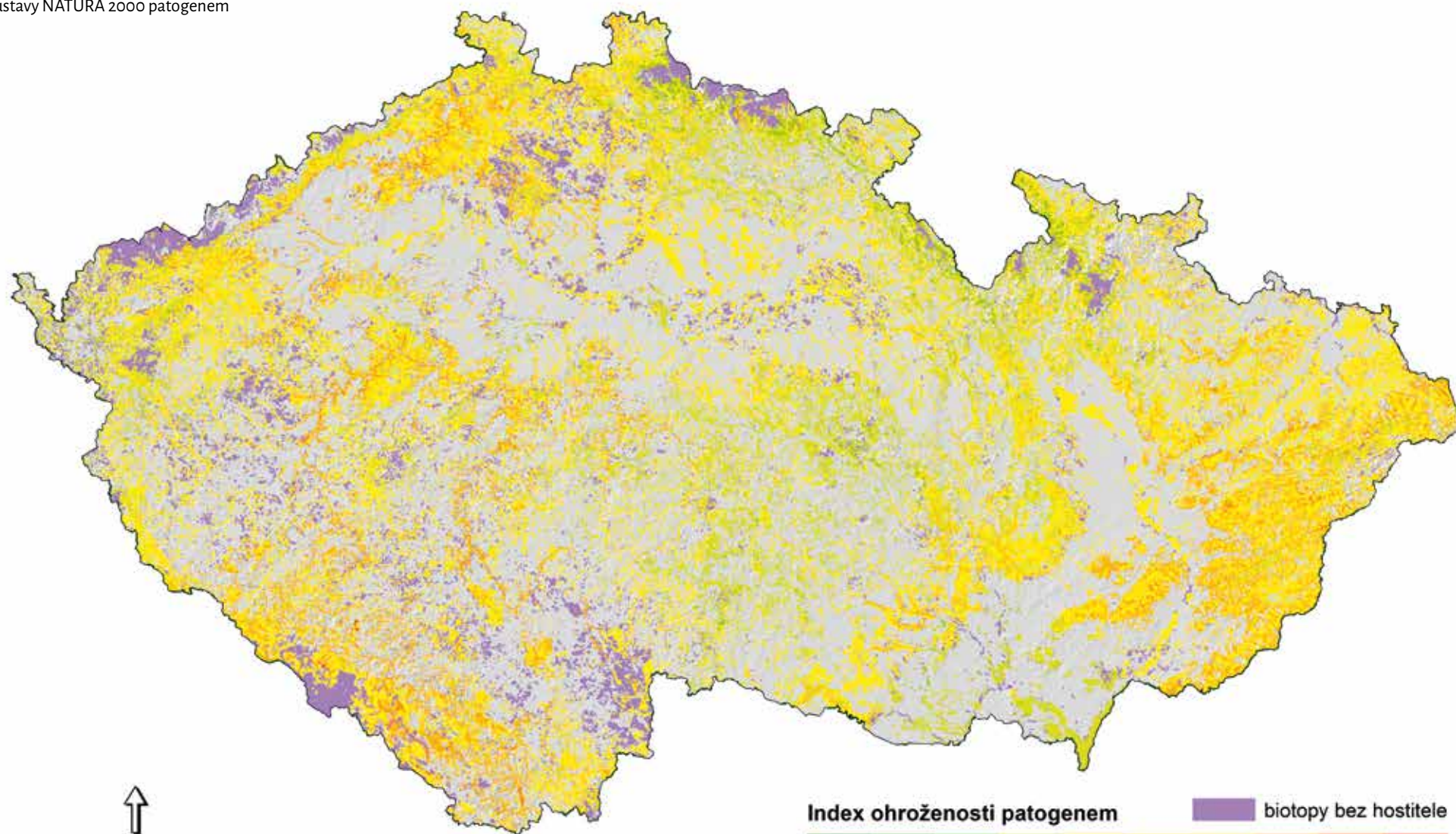
Eutypella parasitica (bradavkatka parazitická)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Eutypella parasitica (bradavkatka parazitická)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Index ohroženosti patogenem

biotopy bez hostitele



0,08 0,13 0,19 0,24 0,30 0,35 0,41 0,46 0,52

Hymenoscyphus fraxineus



8. *Hymenoscyphus fraxineus* (voskovička jasanová)

8.1. Charakteristika druhu

Voskovička jasanová pochází z východní Asie, odkud byla zavlečena koncem 20. stol. do východní Evropy (Hosoya et al. 1993, Zhao et al. 2012, Drenkhan et al. 2017). Poprvé byla zachycena v Polsku v roce 2001 a identifikována jako příčina intenzivního odumírání jasanů (Kowalski 2006). Poté se rychle rozšířila do většiny evropských zemí (Timmermann et al. 2011, Dal Maso & Montecchio 2014). V ČR byla potvrzena v r. 2007. Invaze postupovala od SV na JZ a nyní se vyskytuje již na celém území státu (Havrdová et al. 2017).

Patogen způsobuje chorobu zvanou nekróza jasanu. Velmi citlivé jsou oba naše původní druhy jasanu – j. ztepilý i j. úzkolistý (Kowalski 2006, Kirisits et al. 2010, Gross et al. 2014). Šíří se vzduchem pomocí askospor a napadá primárně listy hostitele. Následuje jejich intenzivní nekrotizace a opad a často též usychání výhonů a větví. Na rozsáhlé poškození stromy obvykle reagují masivní tvorbou adventivních výhonů, které jsou však

později také napadány. V pokročilých fázích dochází k výraznému poškození a odumírání jedinců i celých porostů (Pautasso et al. 2013). Rozvoj infekce podporuje zejména vyšší vlhkost prostředí (Schumacher 2011, Dal Maso & Montecchio 2014, Marçais et al. 2016, Skovsgaard et al. 2017). Více poškozovány bývají porosty mladší, nižší a s vyšším zakmeněním a zápojem (Havrdová et al. 2017). Na vlhkých stanovištích dochází velmi často k sekundárnímu rozvoji václavků a vývrátům napadených stromů.

Choroba byla zjištěna u solitérních stromů, roztroušených výsadeb v krajině, ve stromořadích, větrolamech, v okrasné zeleni v sídlech a v břehových a lesních porostech. Patogen představuje výrazné riziko zejména pro údolní jasanovo-olšové luhy (L2.2) a tvrdé luhy nížinných řek (L2.3), kde dochází ke značnému úbytku jasanu, kdežto porosty na extrémních stanovištích jsou poškozovány méně.

8.2. Parametrizace modelů

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro voskovičku jasanovou vychází z těchto literárních zdrojů: Schumacher (2011), Dal Maso & Montecchio (2014), Havrdová (2015), Marçais et al. (2016), Skovsgaard et al. (2017) a Havrdová et

al. (2017). Vhodnost půdních podmínek pro patogen byla zhodnocena na základě vhodnosti hydrických vlastností půd (Löv et al. 1995).

Tab. 13: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Roční srážky	2
Sklonitost svahu	2
Přítomnost vodního toku	2
Nadmořská výška	1
Půdní podmínky	1
Tvary reliéfu	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	9

Tab. 14: Citlivost dřevin vůči voskovičce jasanové.

Druh dřeviny	Citlivost
Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i> 1
Jasan úzkolistý	<i>Fraxinus angustifolia</i> 1
Ostatní dřeviny	0

Tab. 15: Zhodnocení vztahu voskovičky jasanové k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Roční srážky [mm]			≤ 500	(500, 600)	(600, 700)	(700, 800)	(800, 900)	(900, 1000)	(1000, 1100)	(1100, 1200)	> 1200
Sklonitost svahu [°]		> 45	(31, 45)	(20, 31)	(17, 20)	(11, 17)	(7, 11)	(5, 7)	(3, 5)	(2, 3)	≤ 2
Přítomnost vodního toku		NE									ANO
Nadmořská výška [m n. m.]		> 1000	(900, 1000)	(800, 900)	(700, 800)	(600, 700)	(500, 600)	(400, 500)	(300, 400)	(200, 300)	≤ 200
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Půdní podmínky – edafické kategorie		X, Y, Z			A, B, C, D, F, H, I, J, K, M, N, S, W		O, P, Q, V		L, U	G, R, T	
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky		39	4, 21, 22, 31, 32, 37, 38	13, 17, 18, 40, 41, 55	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 56, 57, 60, 77, 78	6, 7, 26, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 61	50, 53, 54, 58, 59, 62, 64		63, 66, 70, 71, 75	65, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 76	

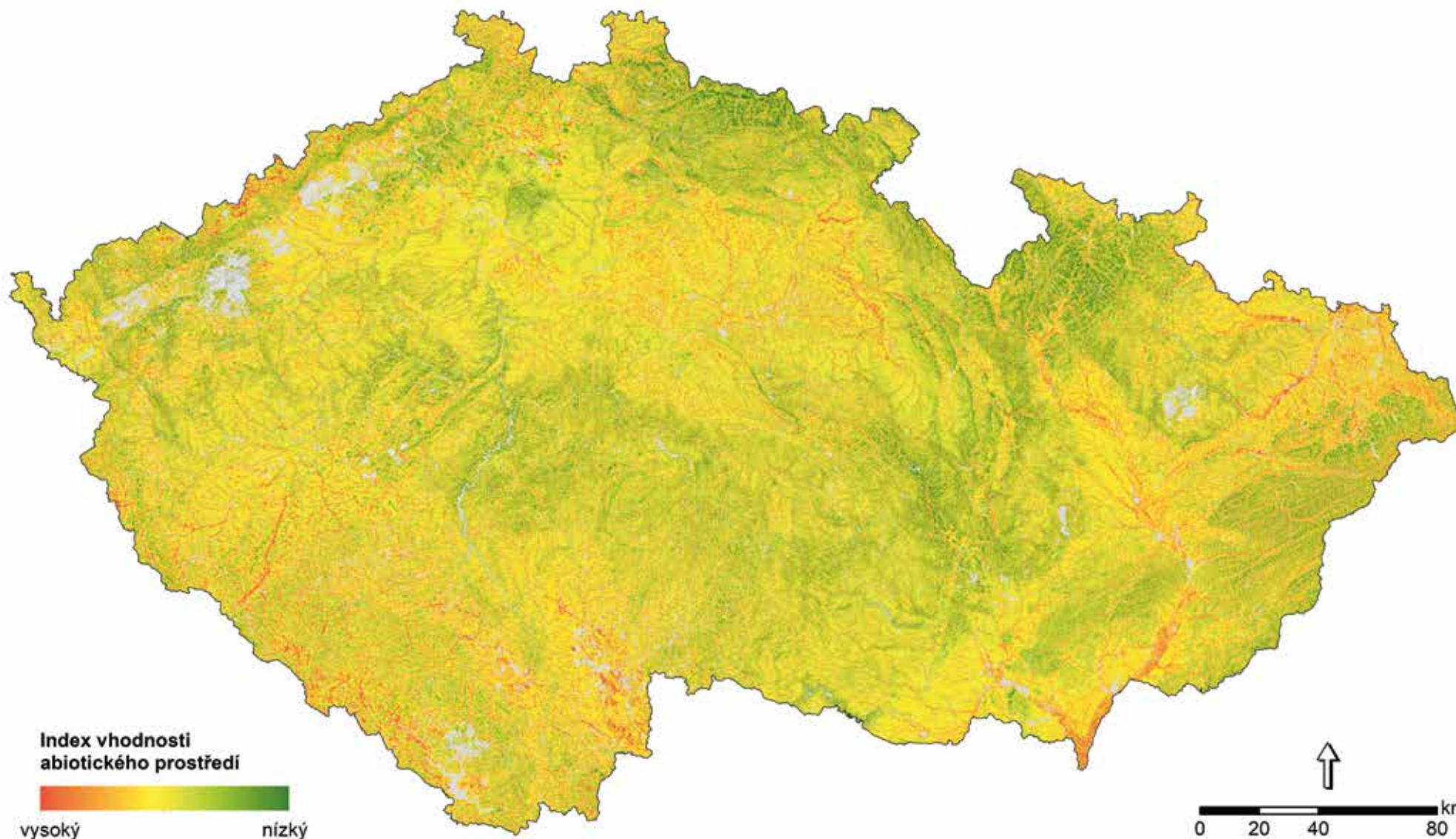
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená – středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerothermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

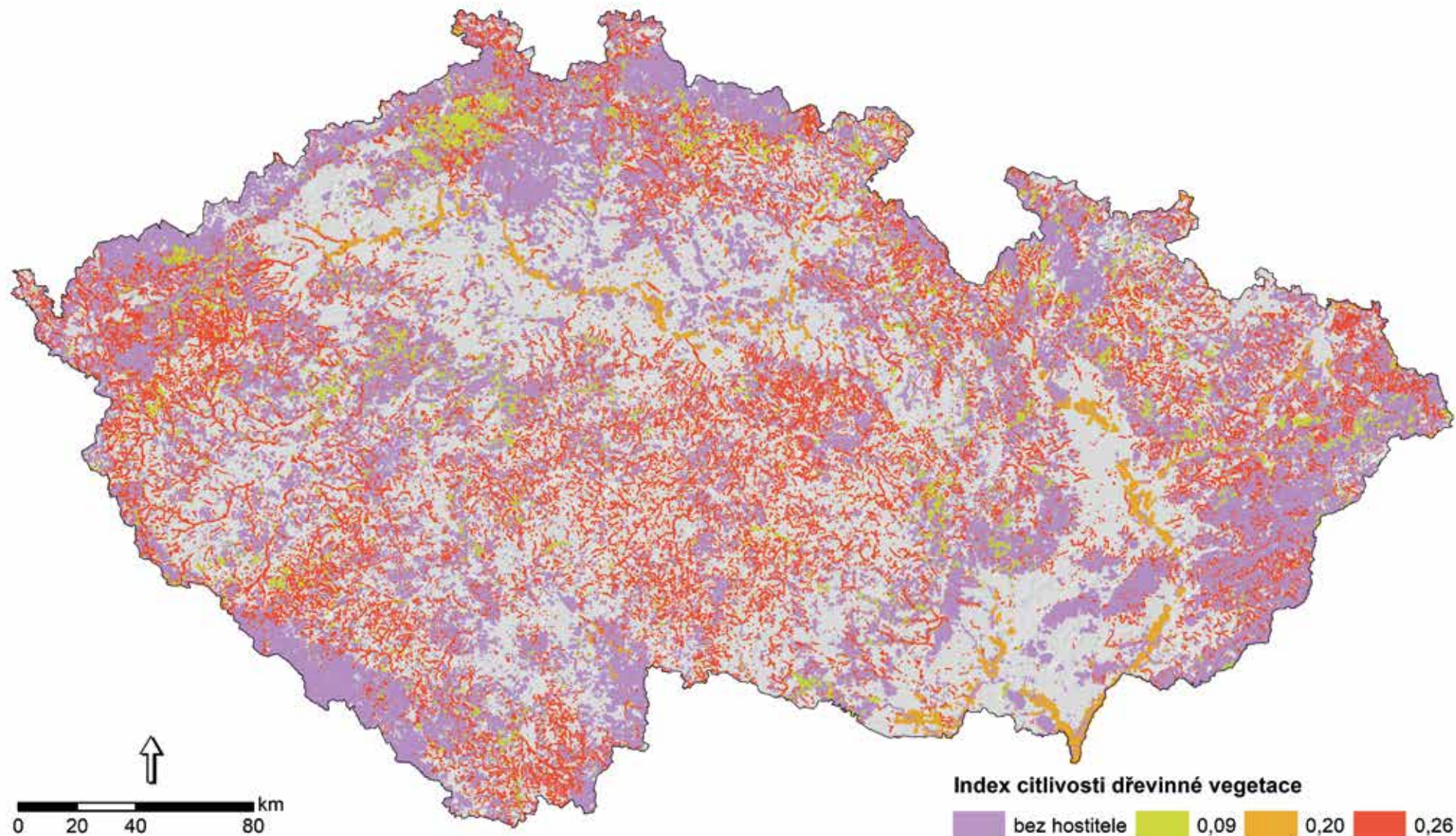
Hymenoscyphus fraxineus (voskovička jasanová)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



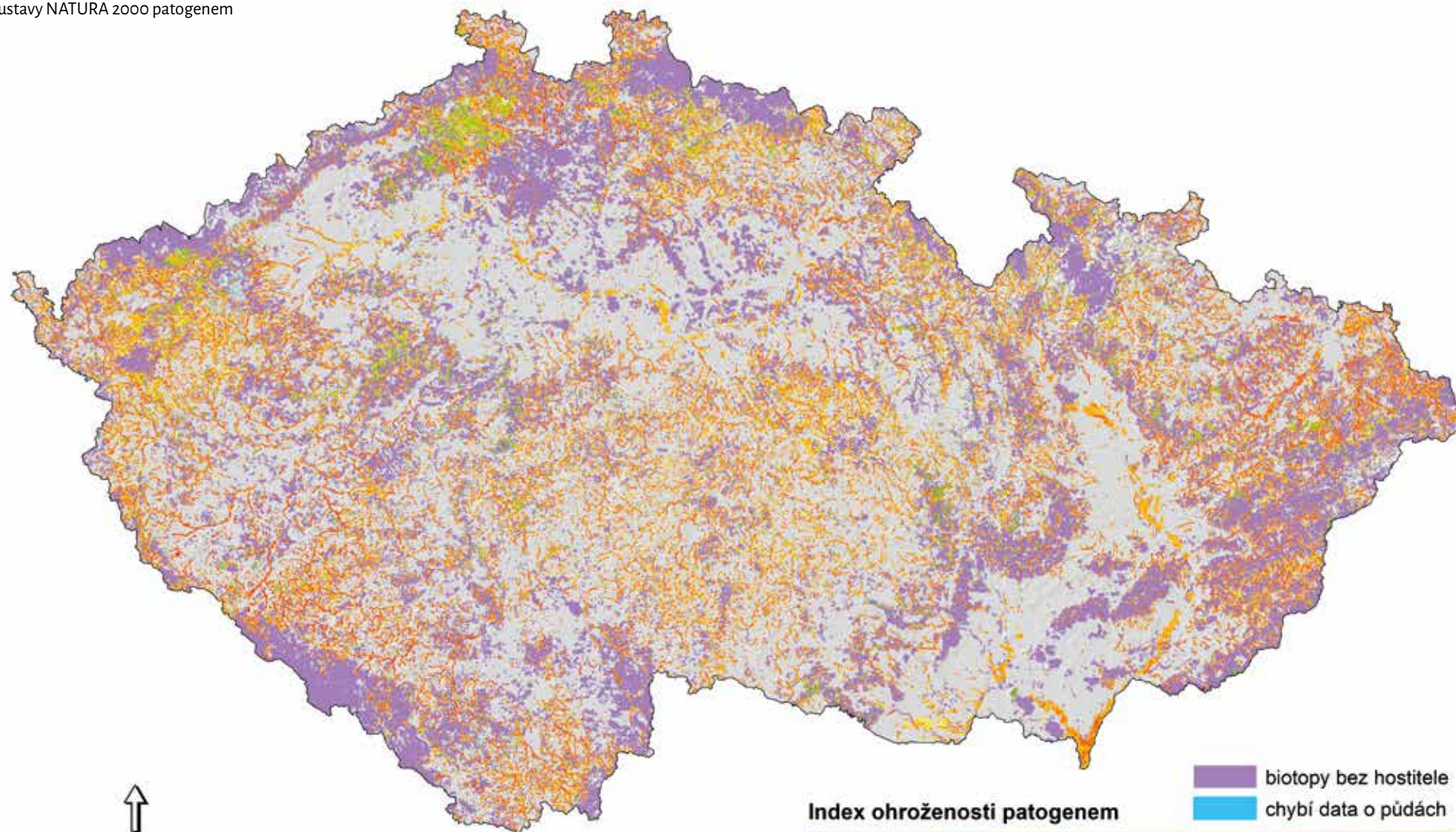
Hymenoscyphus fraxineus (voskovička jasanová)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Hymenoscyphus fraxineus (voskovička jasanová)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Index ohroženosti patogenem



0,11 0,17 0,22 0,27 0,33 0,38 0,43 0,48 0,54

Melampsoridium hiratsukanum



9. *Melampsorium hiratsukanum* (rez olše šedé)

9.1. Charakteristika druhu

Rez olše šedé je obligátní biotrofní patogen olší. Popsán byl ve východní Asii na tamních populacích olší a na modříněch jako mezihostitelích (Kuprevich & Tranzschel 1957, Hiratsuka et al. 1992). Do Evropy se rozšířil pravděpodobně spontánně přes Sibiř v 90. letech 20. století (Hantula 2009) a následně zdomácněl především v olšinách centrální, východní a severní Evropy (Hantula & Scholler 2013). V ČR byl tento druh poprvé nalezen v r. 2003 (Müller 2003).

Patogen způsobuje chorobu zvanou rez olše šedé. Životní cyklus tohoto patogenu zahrnuje pohlavní stádium vyskytující se na mezihostiteli modřínu a nepohlavní stádium na olši (Wolczanska 1999). V Evropě však často probíhá též zkrácený cyklus bez přítomnosti mezihostitele (Szabo 2002, Rigler-Hager et al. 2003, Hantula & Scholler 2013). Majoritním hostitelem je v našich podmínkách olše šedá, méně častým olše lepkavá (Müller 2003). K infekci olší dochází na listech, kde se zachytí spory přenášené větrem a hmyzem. Patogen

silně snižuje fitness hostitele, zapříčiňuje jeho defoliaci, zpomalený růst až zakrslost nově rostoucích větví, snižuje reprodukci a při opakovaných reinfekcích je schopen již během dvou let působit letálně (Moricca & Ginetti 2015). To následně může negativně ovlivnit biodiverzitu navázaných druhů (např. mykorrhizní druhy hub, fytofágní druhy hmyzu) a promítnout se do funkce celého ekosystému (Struková 1997, Hantula & Scholler 2013, Buriánek et al. 2015).

Invaze rzi olše šedé v ČR ohrožuje nejvíce biotop horských olšin s olší šedou (L2.1). Vyhovující podmínky však tento patogen nalézá obecně na všech stanovištích s přirozeným výskytem olše, tj. v břehových porostech, na šterkových náplavech, blízko vodních toků a prameništích i v lužních lesích (Buriánek et al. 2015). Navíc má tento druh široký rozptyl optimálních teplotních podmínek, a jeho rozšíření v rámci ČR tudíž není nijak teplotně limitováno.

9.2. Parametrizace modelů

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro rez olše šedé vychází z těchto literárních zdrojů: Pöldmaa (1997), Hantula et al.

(2012), Lane et al. (2013) a Helfer (2014). Vhodnost půdních podmínek pro patogen byla zhodnocena na základě vhodnosti hydrických vlastností půd (Löw et al. 1995).

Tab. 16: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září)	2
Průměrná teplota vzduchu v letním půlroce (duben–září)	2
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	2
Přítomnost vodního toku	2
Půdní podmínky	2
Tvary reliéfu	2
Průměrná sezónní rychlost větru v létě	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	13

Tab. 17: Citlivost dřevin vůči rzi olše šedé.

Druh dřeviny	Citlivost
Olše šedá	<i>Alnus incana</i> 1
Olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i> 0,5
Bříza pýřitá	<i>Betula pubescens</i> 0,25
Modřín opadavý	<i>Larix decidua</i> 0,25
Olše zelená	<i>Alnus alnobetula</i> 0,25
Ostatní dřeviny	0

Foto na předcházející straně: *Melampsorium hiratsukanum*. Ložiska s letními výtrusy patogenu na spodních stranách listů olše šedé. Plzeňsko.

Tab. 18: Zhodnocení vztahu rzi olše šedé k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Půdní podmínky – edafické kategorie		X, Y, Z			A, B, C, D, F, H, I, J, K, M, N, S, W		O, P, Q, V		L, U		G, R, T
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky		39	4, 21, 22, 31, 32, 37, 38	13, 17, 18, 40, 41, 55	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 56, 57, 60, 77, 78	6, 7, 26, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 61	50, 53, 54, 58, 59, 62, 64		63, 66, 70, 71, 75		65, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 76
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září) [mm]		≤ 300	(300, 400)		(400, 500)		(500, 600)		(600, 700)		> 700
Prům. teplota vzduchu v let- ním půlroce (duben–září) [°C]		> 15	(14, 15)		(13, 14)		(12, 13), ≤ 8		(11, 12), (8, 9)		(9, 11)
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu [%]		≤ 75			(75, 80)		(80, 85)				> 85
Přítomnost vodního toku		NE									ANO
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Průměrná sezónní rychlost větru v létě [m.s ⁻¹]		≤ 2			(2, 3)		(3, 4)		(4, 5)		> 5

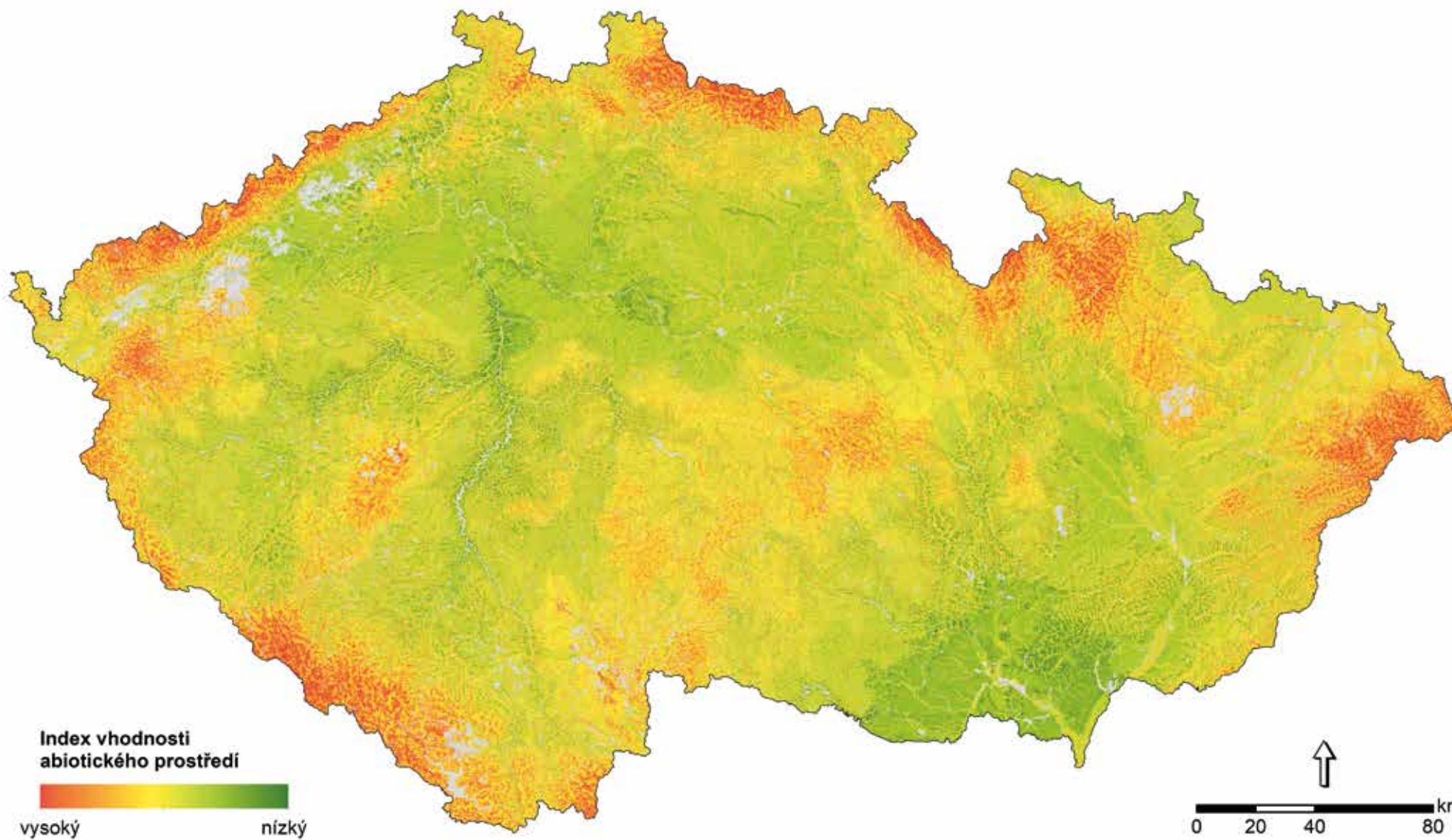
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená–středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xertermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

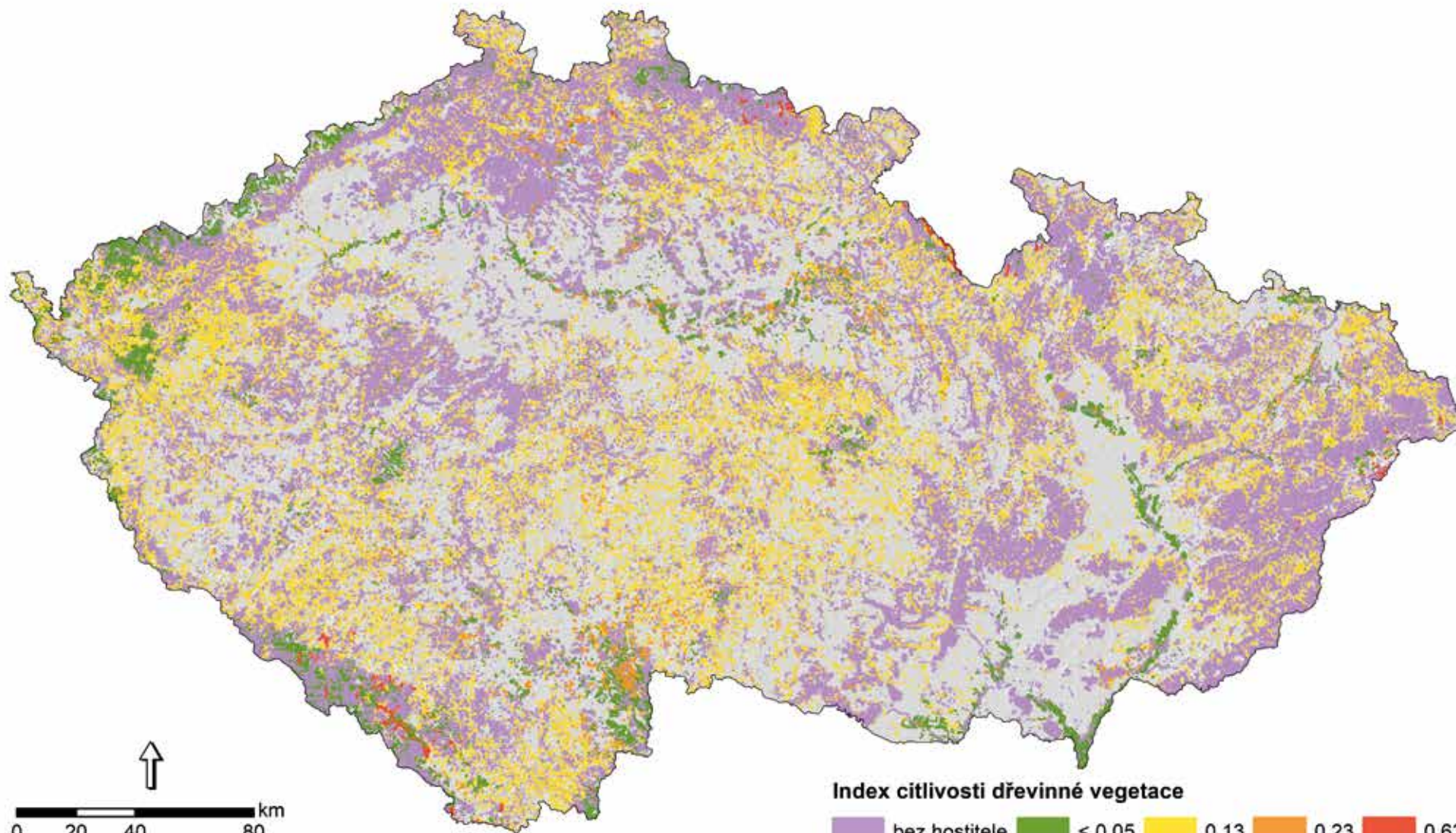
Melampsorium hiratsukanum (rez olše šedé)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



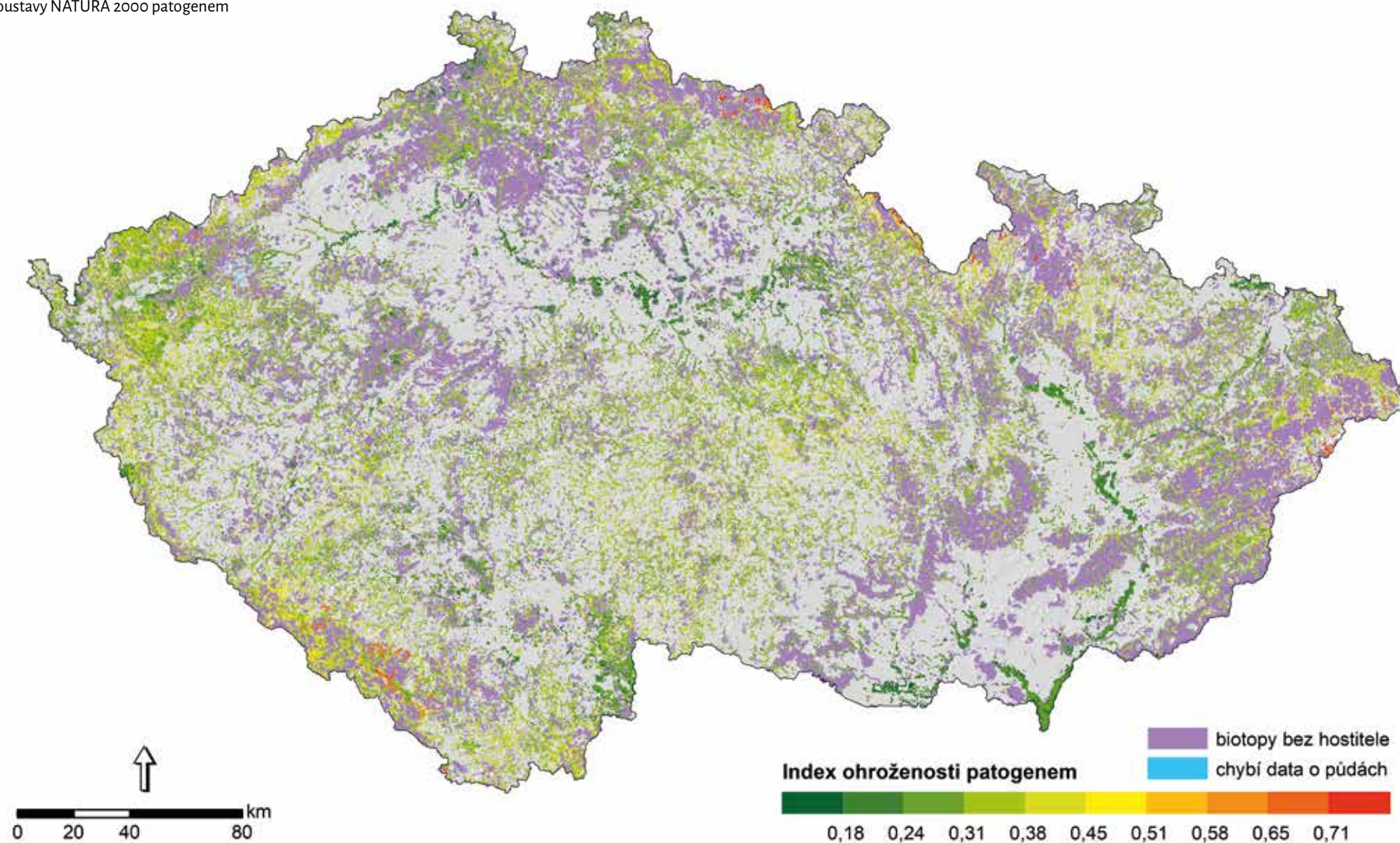
Melampsorium hiratsukanum (rez olše šedé)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Melampsorium hiratsukanum (rez olše šedé)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Ophiostoma novo-ulmi



10. *Ophiostoma novo-ulmi* (ofiostoma jilmová)

10.1. Charakteristika druhu

Ophiostoma jilmová pochází pravděpodobně z Asie z oblasti Himálaje, kde se vyskytuje úzce příbuzný druh *O. himal-ulmi* a druhy jilmů vůči patogenu odolné (Brasier & Mehrotra 1995, Martín et al. 2010). Patogen byl zjištěn v 60. až 70. letech 20. století nezávisle ve dvou rasách (Brasier & Gibbs 1973) v Evropě a v Severní Americe. Pozdější zkoumání odhalila počátek šíření patogenu na obou kontinentech už ve 40. letech. Evropou se patogen šířil od východu k západu (Brasier & Buck 2001). V ČR v 70. letech způsobil tento druh kalamitní hybnutí jilmů na jižní Moravě (Jančařík 1976) a pak i v ostatních oblastech republiky.

Patogen způsobuje vaskulární vadnutí, tzv. grafiózu jilmů (též holandská nemoc jilmů). Na střední vzdálenosti je efektivně šířen pomocí zoochorie. Spory jsou přenášeny bezobratlými živočichy, kteří s patogenem sdílí prostředí. V Evropě mají největší význam pro přenos bělokazi (brouci rodu *Scolytus*), zejm. bělokaz jilmový, b. pruhovaný, b. chlumní a b. malý (Martín et al. 2010). Patogen zapříčiňuje ucpávání vodivých pletiv hostitele. Postupuje rychle od větví ke kořenům, a to i během jednoho vegetačního období. Napadení může mít četné vnější projevy, mezi něž patří zejména nerovnoměrné prosychání korun, později rašící pupeny, odlišná barva listů na napadených výhonech, nekrotické léze a odlupování borky. Mezi vnitřní projevy nákazy patří vedle ucpávání vodivých pletiv, tmavé hnědé koncentrické zbarvení především posledních letokruhů a produkce toxických metabolitů. Jednoznačná identifikace patogenu je však možná pouze laboratorně (Jančařík 1999). Vůči ofiostomě jilmové jsou vysoce citlivé všechny tři v ČR původní druhy jilmů.

Patogen ohrožuje zbylé přirozené populace i umělé výsadby jilmů na celém našem území. Biotopy ohrožené degradací, v nichž jsou jilmové dominantní dřevinou, jsou zejména tvrdé luhy nížinných řek (L2.3).

Patogen ohrožuje zbylé přirozené populace i umělé výsadby jilmů na celém našem území. Biotopy ohrožené degradací, v nichž jsou jilmové dominantní dřevinou, jsou zejména tvrdé luhy nížinných řek (L2.3).

10.2. Parametrizace modelů

Úspěch invaze ofiostomy jilmové spočívá ve vytvoření mutualistického vztahu s hlavními vektory šíření. Patogen svým působením vytváří broukům dostatek zdrojů pro gradace populací a brouci patogen šíří na další hostitele (Pajares 2004). Do modelu byly tedy zahrnuty i prediktory ovlivňující aktivitu brouků.

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro druh *O. novo-ulmi* vychází z následujících literárních zdrojů: v případě patoge-

nu z prací Kais et al. (1962), Gibbs & Greig (1977), Brasier et al. (1981), Webber & Brasier (1984), Solla & Gil (2002a,b), Pajares (2004), Webber (2004), Martín et al. (2010) a v případě vektorů šíření z prací Wallace (1940), Beard (1943), Rudinsky (1962), Norris (1965), Meyer & Norris (1973), Barson (1974), Bartels & Lanier (1974), Thomas (1971), Von Keyserlingk (1980), Fairhurst & King (1982), Water (1982), Sinclair et al. (1987), Faccoli & Battisti (1997) a Webber (2004).

Tab. 19: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více	2
Průměrná roční vláhová bilance	2
Retenční vodní kapacita půd	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Vektor – Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více	2
Vektor – Orientace svahu vůči světovým stranám	2
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	24

Tab. 20: Citlivost dřevin vůči ofiostomě jilmové.

Druh dřeviny	Citlivost	
Jilm habrolistý	<i>Ulmus minor</i>	1
Jilm horský	<i>Ulmus glabra</i>	1
Jilm vaz	<i>Ulmus laevis</i>	1
Ostatní dřeviny		0

Foto na předcházející straně: Patogeny *Ophiostoma novo-ulmi* (vpravo) a *Cryptostroma corticale* (vlevo) mohou závažně poškozovat ráz venkovské krajiny. Jižní Čechy.

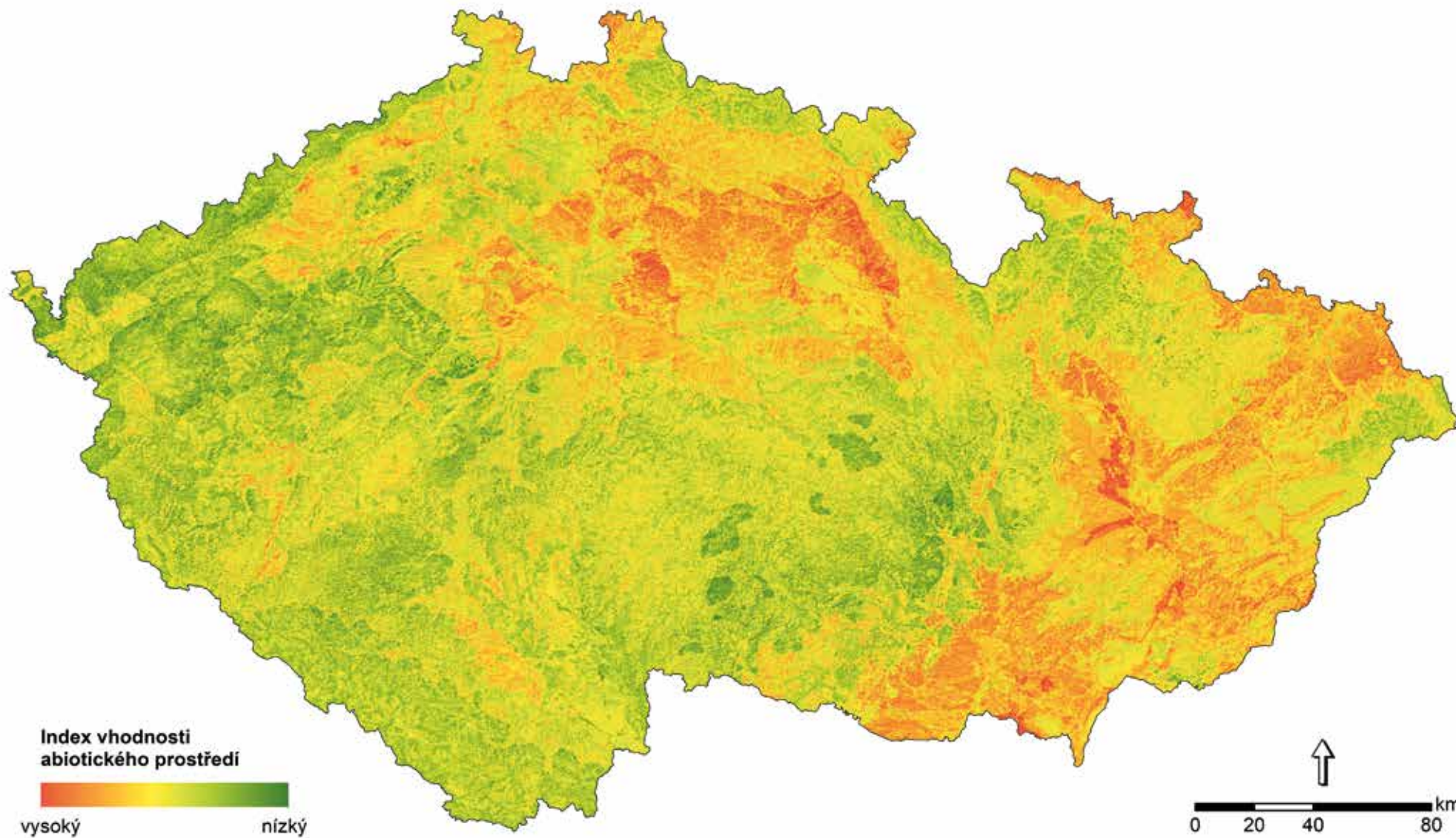
Tab. 21: Zhodnocení vztahu ofiostomy jilmové k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Průměrný roční počet dní s prům. denní teplotou $\geq 20^\circ\text{C}$		≤ 10		(10, 20)		(20, 30)		(30, 40)		> 40	
Průměrná roční vláhová bilance [mm]		≤ -200	(-200, -150)	(-150, -100)	(-100, -50)	(-50, 0)	(0, 50)	(50, 100)	(100, 150)	(150, 200)	> 200
Retenční vodní kapacita půd		nízká			střední			vysoká			velmi vysoká
Tvary reliéfu – kategorie landforms			7, 8, 9, 10			5, 6			1, 2, 3, 4		
Orientace svahu vůči světovým stranám		J, JZ			JV, Z, rovina			SZ, V			S, SV
Vektor – Prům. roční počet dní s prům. denní teplotou vzduchu $\geq 20^\circ\text{C}$		≤ 10		(10, 20)		(20, 30)		(30, 40)		> 40	
Vektor – Orientace svahu vůči světovým stranám			SV, S, SZ			V, Z, rovina			JV, J, JZ		

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

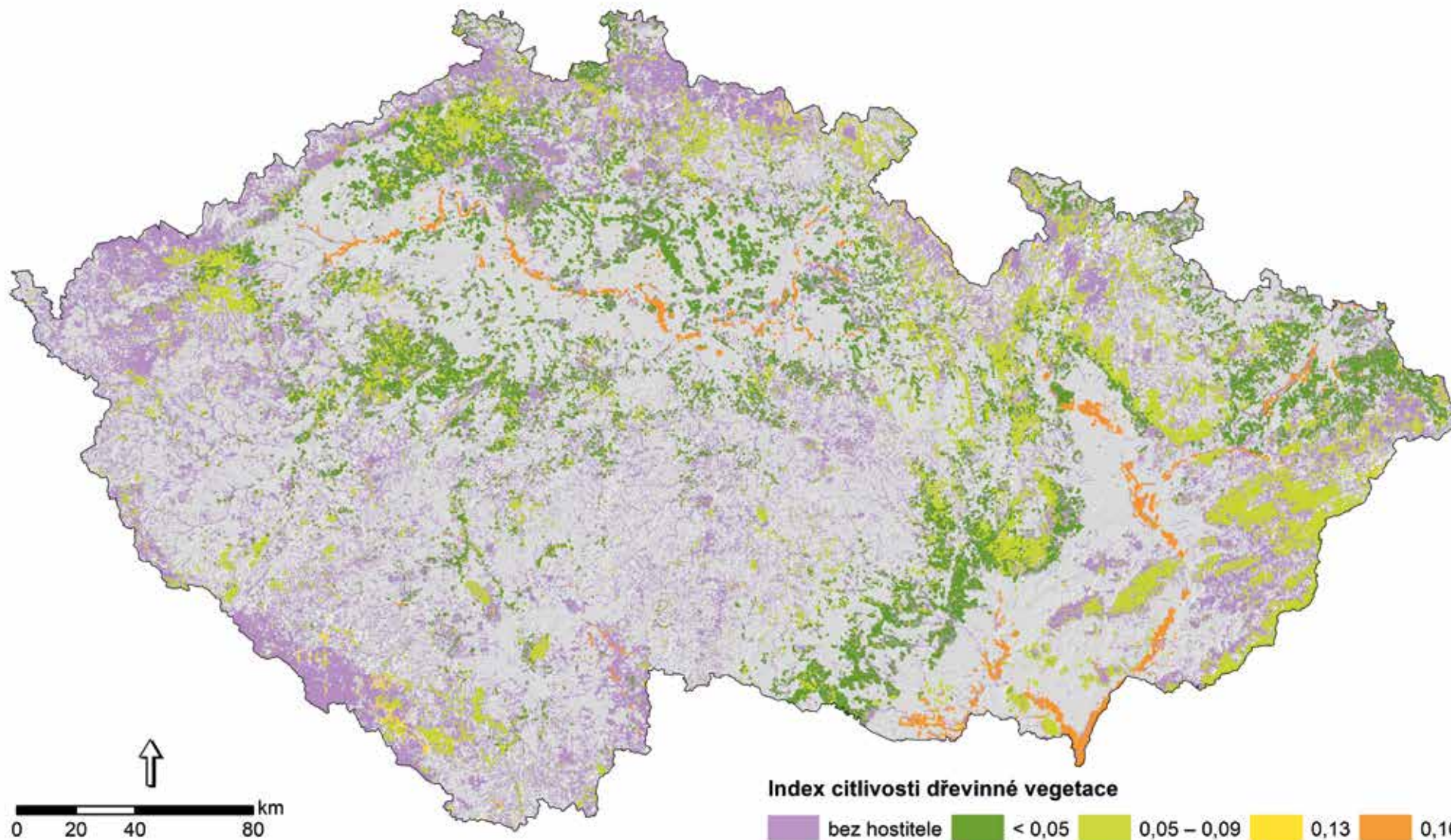
Ophiostoma novo-ulmi (ofiofoma jilmová)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



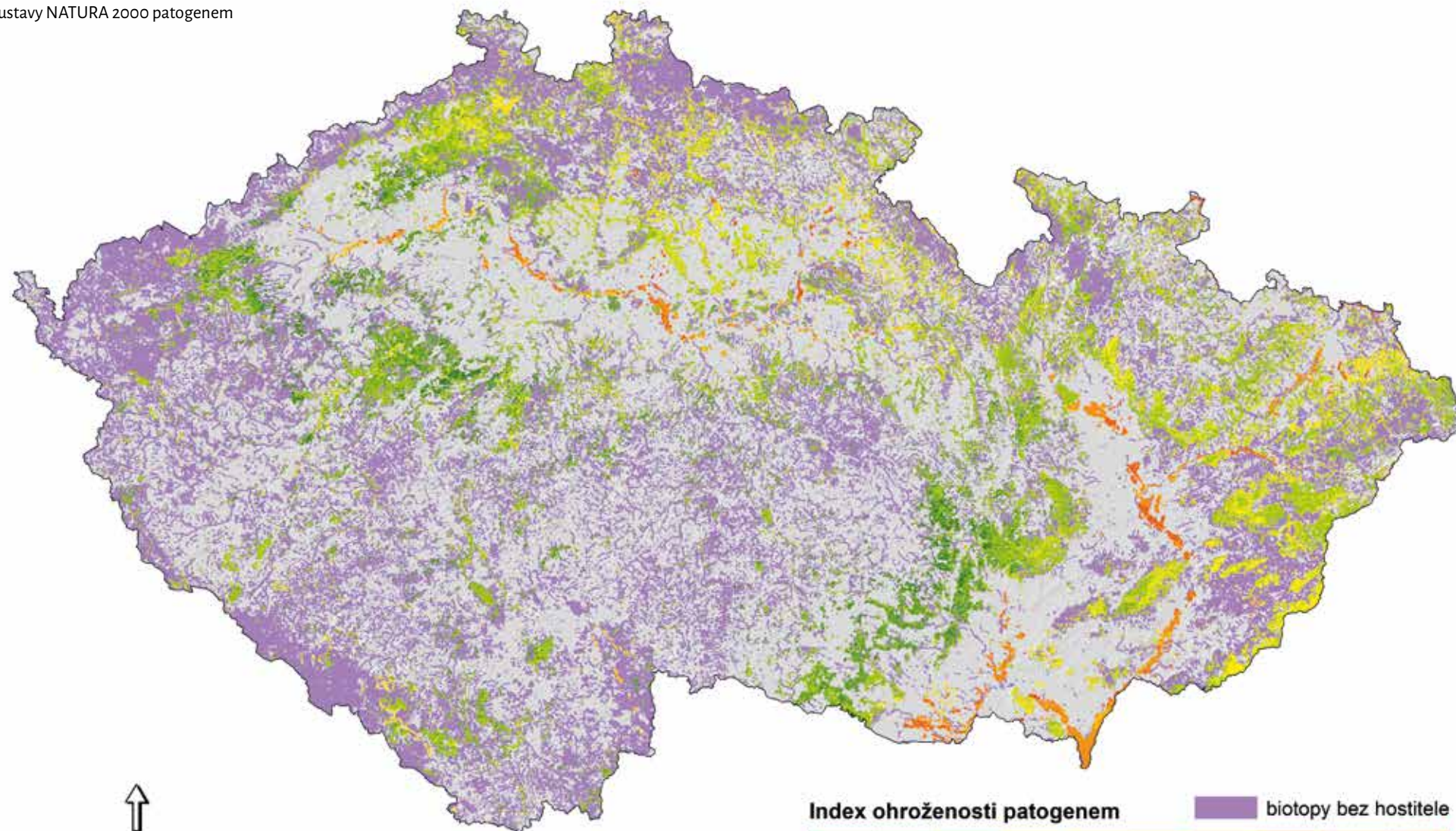
Ophiostoma novo-ulmi (oflostoma jilmová)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Ophiostoma novo-ulmi (ofiofoma jilmová)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Phytophthora alni



11. *Phytophthora alni* (plíseň olšová)

11.1. Charakteristika druhu

Taxon vznikl hybridizací v západní Evropě a jeho rodiči jsou zavlečený severoamerický taxon *Phytophthora alni* subsp. *uniformis* a rovněž hybridogenní taxon *P. a.* subsp. *multiformis* nejasného původu. Plíseň olšová byla v Evropě poprvé zjištěna v roce 1993 a poté se rozšířila do mnoha států západní a střední Evropy. V ČR byla potvrzena v r. 2001. Hojně se vyskytuje hlavně v západní části území a postupně se šíří na východ.

Patogen způsobuje fytoftorovou hnilobu olší. V ČR jsou značně napadány porosty olše lepkavé a o. šedé. Choroba se projevuje intenzivní hnilobou kořenů a krčku hostitelských dřevin a končí usycháním a odumíráním napadených stromů i celých porostů. Patogen se šíří pomocí bičíkatých zoospor volně plovoucích ve vodě. Vyskytuje se hlavně v okolí vodních toků a na podmáčených stanovištích a masivně se šíří při záplavách, jako např. v r. 2002. Významné je i antropogenní šíření zejména s infikovanými sazenicemi olší a pravděpodobně

s kontaminovanou vodou. Pravděpodobnost výskytu a výše škod v lesích pozitivně závisí na přítomnosti a šíře vodních toků, výskytu rybníků a mokřadů a na zastoupení a propojenosti porostů s olšemi v okolí. Negativní vliv má vyšší členitost krajiny.

Výrazně ohroženy jsou všechny břehové a lesní porosty s vyšším zastoupením olše, zejména horské olšiny s olší šedou (L2.1) a údolní jasanovo-olšové luhy (L2.2), řazené mezi prioritní biotopy soustavy NATURA 2000, a dále mokřadní olšiny (L1). Při masivním rozvoji patogenu hrozí zásadní poškození stromového patra i celých biotopů, protože olše v nich zastává roli jediného či dominantního edifikátoru. Jasanové olšiny jsou navíc velmi často souběžně napadány voskovičkou jasanovou.

11.2. Parametrizace modelů

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro plíseň olšovou vychází z těchto literárních zdrojů: Gibbs et al. (1999), Jung & Blaschke (2004), Chandelier et al. (2006), Schumascher et al. (2006), Bjelke et al. (2016), Černý & Strnadová

(2016) a Romportl et al. (2016). Vhodnost půdních podmínek pro plíseň olšovou byla zhodnocena na základě vhodnosti hydrických vlastností půd (Löw et al. 1995).

Tab. 22: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Přítomnost vodního toku	3
Půdní podmínky	2
Nadmořská výška	1
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	16

Tab. 23: Citlivost dřevin vůči plísni olšové.

Druh dřeviny	Citlivost
Olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i> 1
Olše šedá	<i>Alnus incana</i> 1
Olše zelená	<i>Alnus alnobetula</i> 1
Ostatní dřeviny	0

Tab. 24: Zhodnocení vztahu plísňe olšové k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Půdní podmínky – edafické kategorie	A, B, C, D, F, H, I, J, K, M, N, O, P, S, W, X, Y, Z			Q				T, R, V			G, L, U
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky	1-54, 77, 78							73-75			55-72, 76
Nadmořská výška [m n. m.]	> 1400	(1000, 1400)	(900, 1000)	(800, 900)	(700, 800)	(600, 700)	(500, 600)	(400, 500)	(300, 400)	(200, 300)	≤ 200
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Orientace svahu		SV, S			V, SZ			JV, Z, rovina			J, JZ
Přítomnost vodního toku		NE									ANO

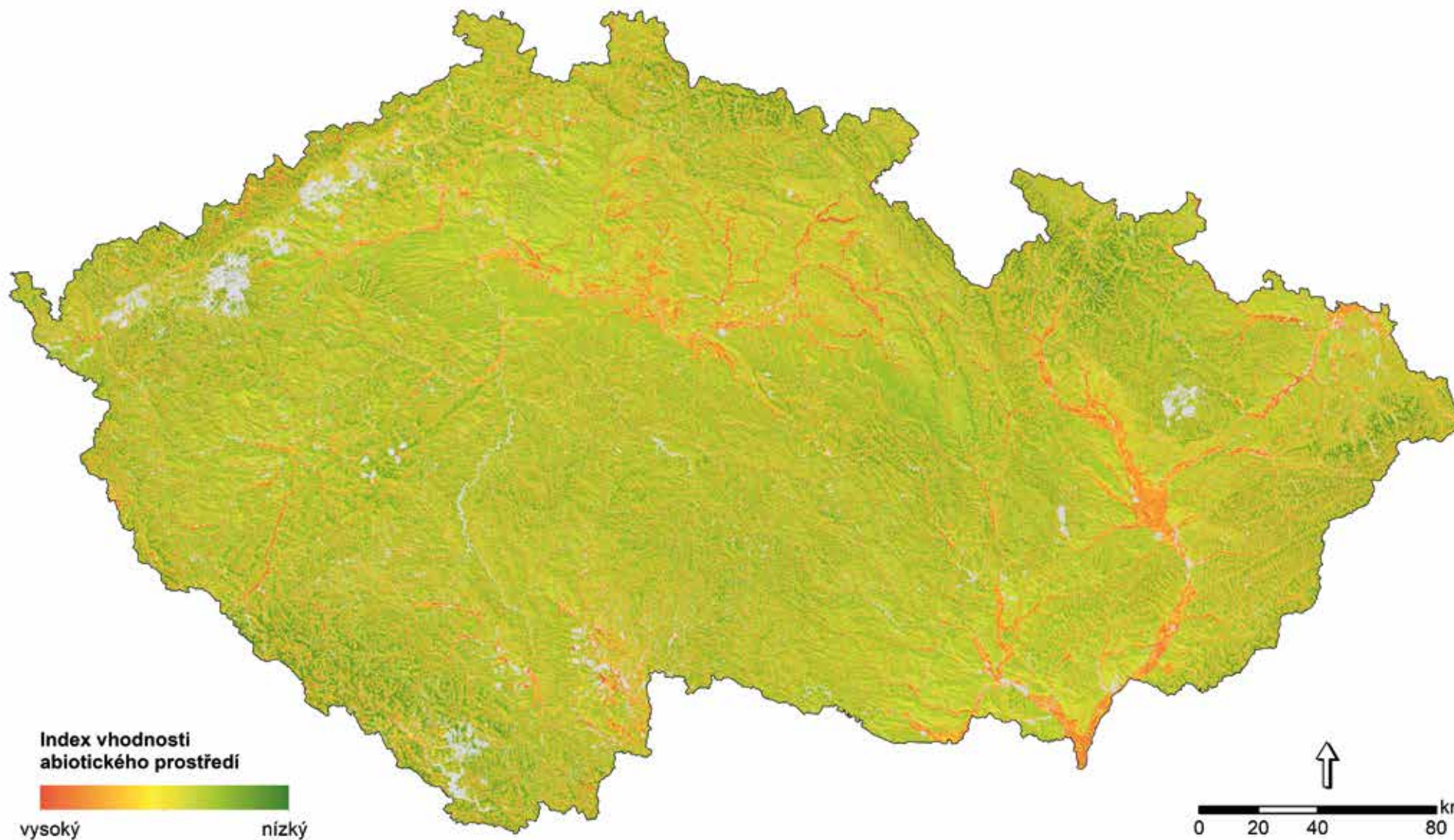
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená–středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerothermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

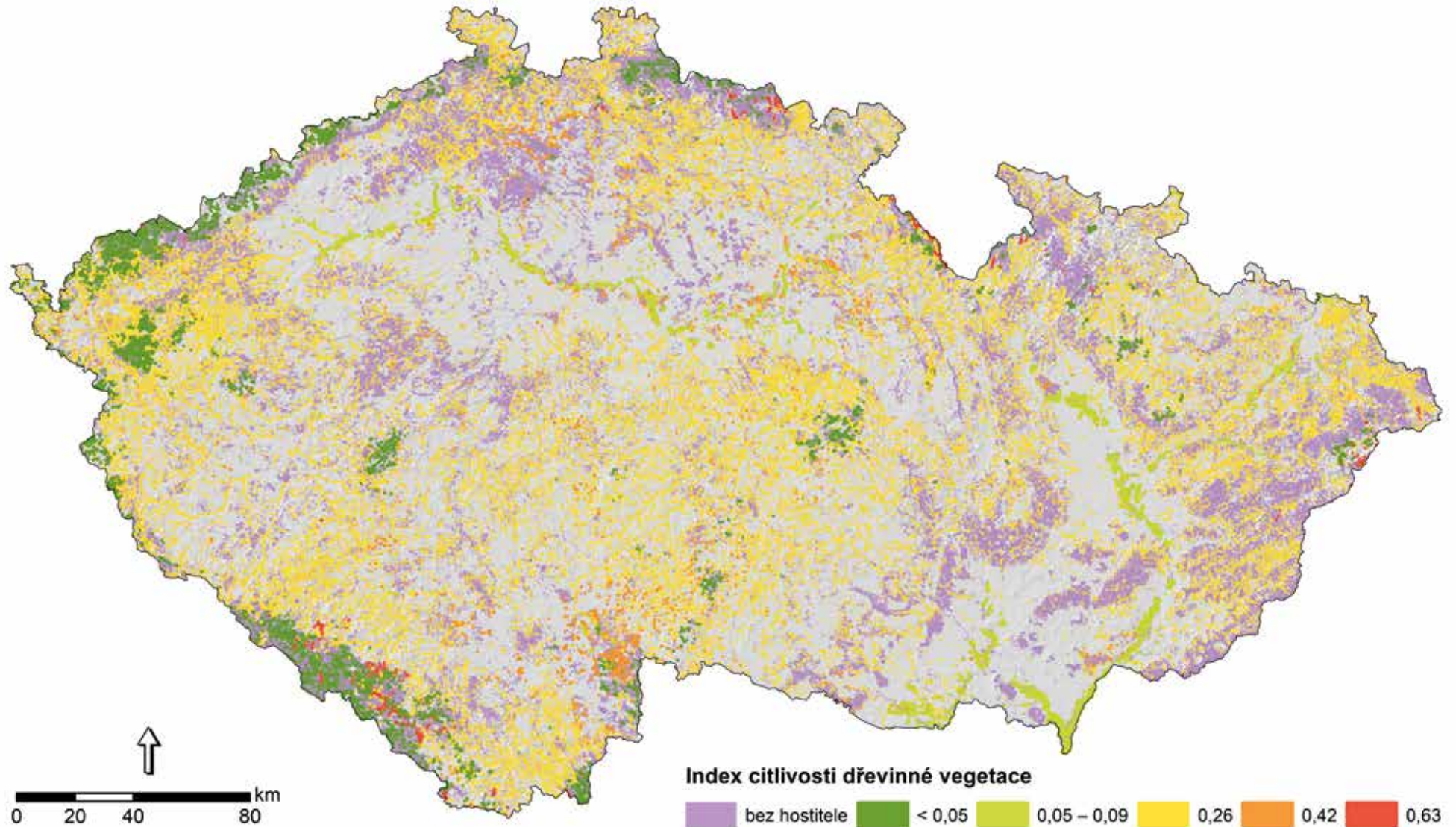
Phytophthora alni (plíseň olšová)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



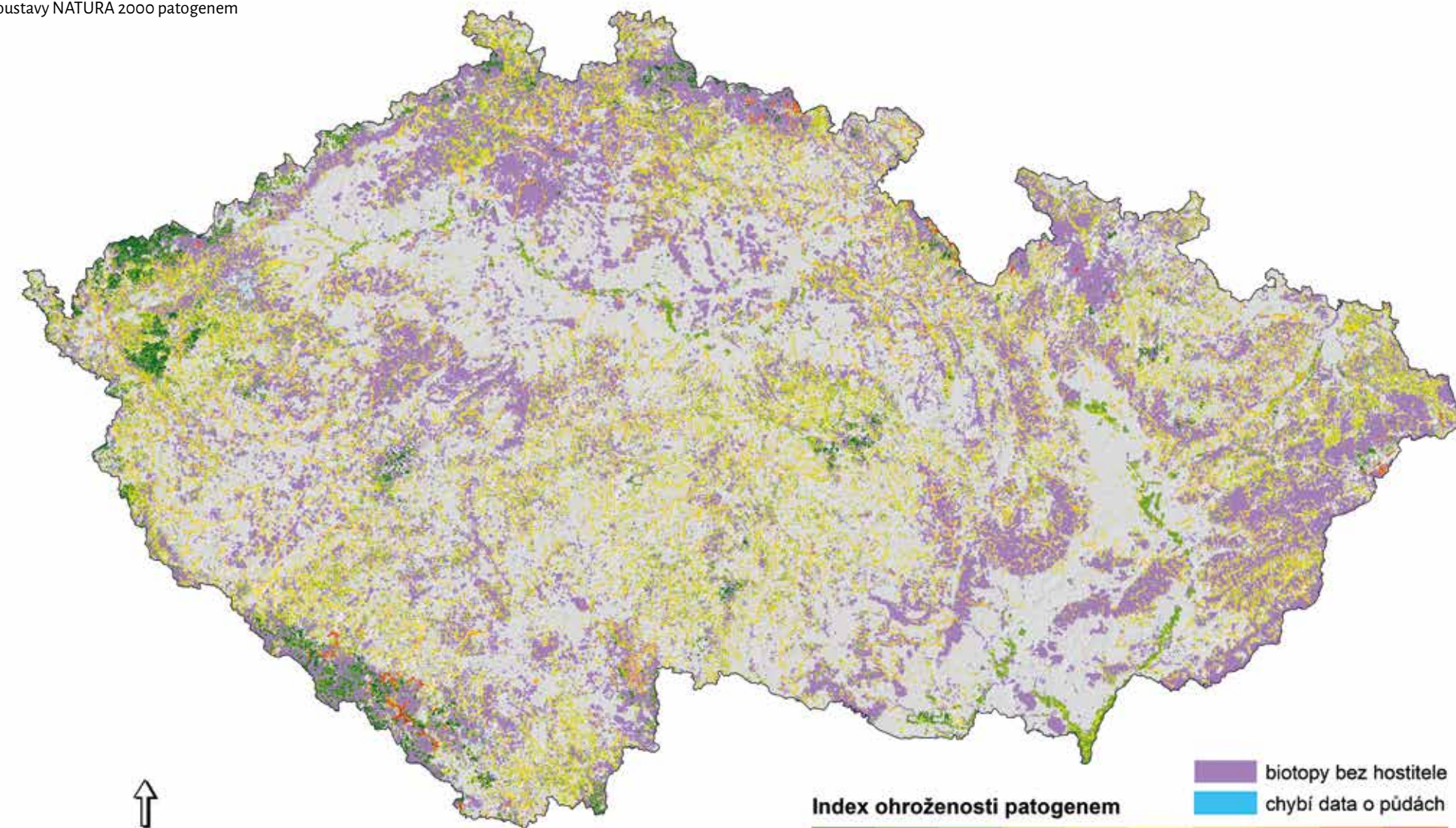
Phytophthora alni (plíseň olšová)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Phytophthora alni (plíseň olšová)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů soustavy NATURA 2000 patogenem



Index ohroženosti patogenem



0,11 0,18 0,25 0,32 0,39 0,46 0,53 0,60 0,67

- biotopy bez hostitele
- chybí data o půdách

Phytophthora cinnamomi



12. *Phytophthora cinnamomi* (plíseň skořicovníková)

12.1. Charakteristika druhu

Plíseň skořicovníková pochází z jihovýchodní Asie a je příkladem teplomilných patogenů recentně se šířících na území ČR. Do Evropy byla zavlečena již před několika stoletími a v nejteplejších oblastech dávno zdomácněla (CABI 2021). V mnoha regionech s mírným klimatem se pravděpodobně vyskytuje bezpříznakově a vážnějším škodám brání zimní mrazy (Marçais et al. 1996, Marçais et al. 2004). Predikční modely zahrnující vliv globálního oteplování však předpokládají postupné šíření a zvyšování aktivity i v těchto oblastech (Brasier 1996, Bergot et al. 2004, Burgess et al. 2017). Promrzání omezuje růst patogenu v nadzemních částech rostlin, ale v hlubších vrstvách půdy mráz jeho životaschopnost nesnižuje (van Steekelenburg 1973). V ČR byla plíseň skořicovníková potvrzena v roce 2007 (Černý et al. 2011).

Patogen způsobuje intenzivní hnilobu kořenů a nekrózu krčku hostitelských rostlin. Dochází k vadnutí, žloutnutí, prosychání, a nakonec odumírání napadených jedinců. Patří mezi sto nejhorších invazních druhů

12.2. Parametrizace modelů

Základními faktory, které ovlivňují vhodnost stanoviště pro plíseň skořicovníkovou, jsou teplota, vlhkost, pH, vzdálenost k vodě a přítomnost citlivých hostitelů. Dále je to typ půdy, která působí na přežívání tohoto patogenu komplexně svým minerálním složením, kyselostí, strukturou, propustností a mikrobiálním společenstvem. Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro plíseň skořicovníkovou vychází z těchto literárních zdrojů: Nesbitt et al. (1979), Byrt et al. (1982), Marçais et al. (1996), Jung et al. (2000), Balci & Halmschlager (2003), Marçais et al.

Tab. 25: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Půdní podmínky	2
Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Přítomnost vodního toku	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	3

Foto na předcházející straně: *Phytophthora cinnamomi*. Pohlavní orgány. Druh je v ČR znám prozatím pouze v kulturních prostředích.

na světě kvůli širokému spektru hostitelů a schopnosti decimovat celé ekosystémy (ISSGN 2021). Na krátké vzdálenosti se šíří půdní vodou pomocí pohyblivých zoospor. K dálkovému přenosu dochází zejména s infikovanými rostlinami nebo substrátem (obchod se školkařským materiálem, přesun zemědělské a stavební techniky, pohyb zvířat, turistika apod., CABI 2021). Lépe přežívá v prostředí s nižší mikrobiální aktivitou, v půdách kyselejších nebo s vyšším obsahem jílu (Nesbitt et al. 1979, Keen & Vancov 2010).

V ČR je výskyt patogenu doložen v zahradnictvích a lesních školkách. Současně bylo potvrzeno dlouhodobé přežívání mikropopulací ve venkovních podmínkách, což je nutným předpokladem pro možnost zavlékání do volné přírody a zdomácnění. To hrozí především v nejteplejších oblastech státu s minimem mrazů. Největší riziko představuje plíseň skořicovníková pravděpodobně pro společenstva listnatých dřevin v termofytiku (acidofilní doubravy L7 aj.) a keříčkovou vegetaci s dominancí vřesovcovitých.

(2004), Moreira & Martins (2005), Costa et al. (2010), Keen & Vancov (2010), Corcobado et al. (2013), Jung et al. (2013), Thompson et al. (2014), Dal Maso & Montecchio (2015), Burgess et al. (2017), Cardillo et al. (2018), Duque-Lazo et al. (2018), Hernández-Lambrano et al. (2018) a Farr & Rossman (2020).

Vhodnost půdních podmínek pro plíseň skořicovníkovou byla zhodnocena na základě kombinace vhodnosti tří půdních charakteristik, kterými byly pH a trofické a hydrické vlastnosti půd (Löw et al. 1995).

Tab. 26: Citlivost dřevin vůči plísni skořicovníkové.

Druh dřeviny		Citlivost
Vřes obecný	<i>Calluna vulgaris</i>	1
Buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>	0,75
Dub cer	<i>Quercus cerris</i>	0,75
Dub pýřitý	<i>Quercus pubescens</i>	0,75
Dub letní	<i>Quercus robur</i>	0,75
Jalovec obecný pravý	<i>Juniperus communis</i>	0,75
Tis červený	<i>Taxus baccata</i>	0,75
Ostatní dřeviny		0,5 a méně

Citlivost ostatních druhů dřevin ČR viz Příloha 1.

Tab. 27: Zhodnocení vztahu plísňě skořicovníkové k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Půdní podmínky – edafické kategorie	Q, R, W, X			A, B, D, H, J		C, L, M, U, V		F, G, I, K, N, O, S, T, Y, Z	P		
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky	18, 19		4	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 21, 22, 28, 60	17, 27	9, 11, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 40, 41, 55, 56, 57, 58, 61, 77, 78	12, 16, 23, 26, 39, 65	14, 15, 20, 34, 35, 36, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 59, 62, 63, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76	44, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 64, 66, 69, 73		
Průměrný roční počet dní s prům. denní teplotou $\geq 20^\circ\text{C}$		≤ 10		(10, 20)		(20, 30)			(30, 40)		> 40
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Orientace svahu		SV, S			V, SZ			JV, Z, rovina			J, JZ
Přítomnost vodního toku		NE									ANO

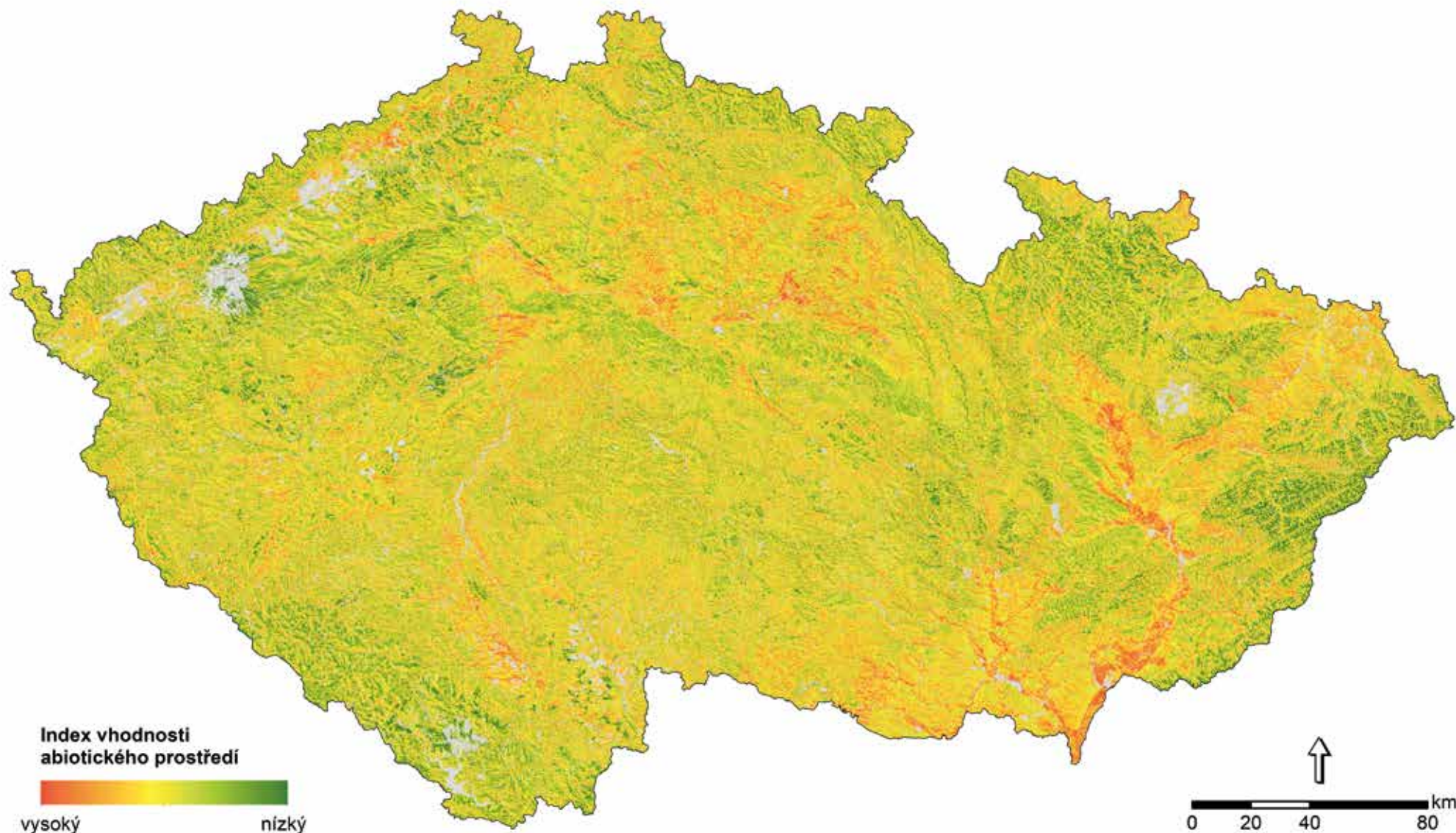
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená–středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerothermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

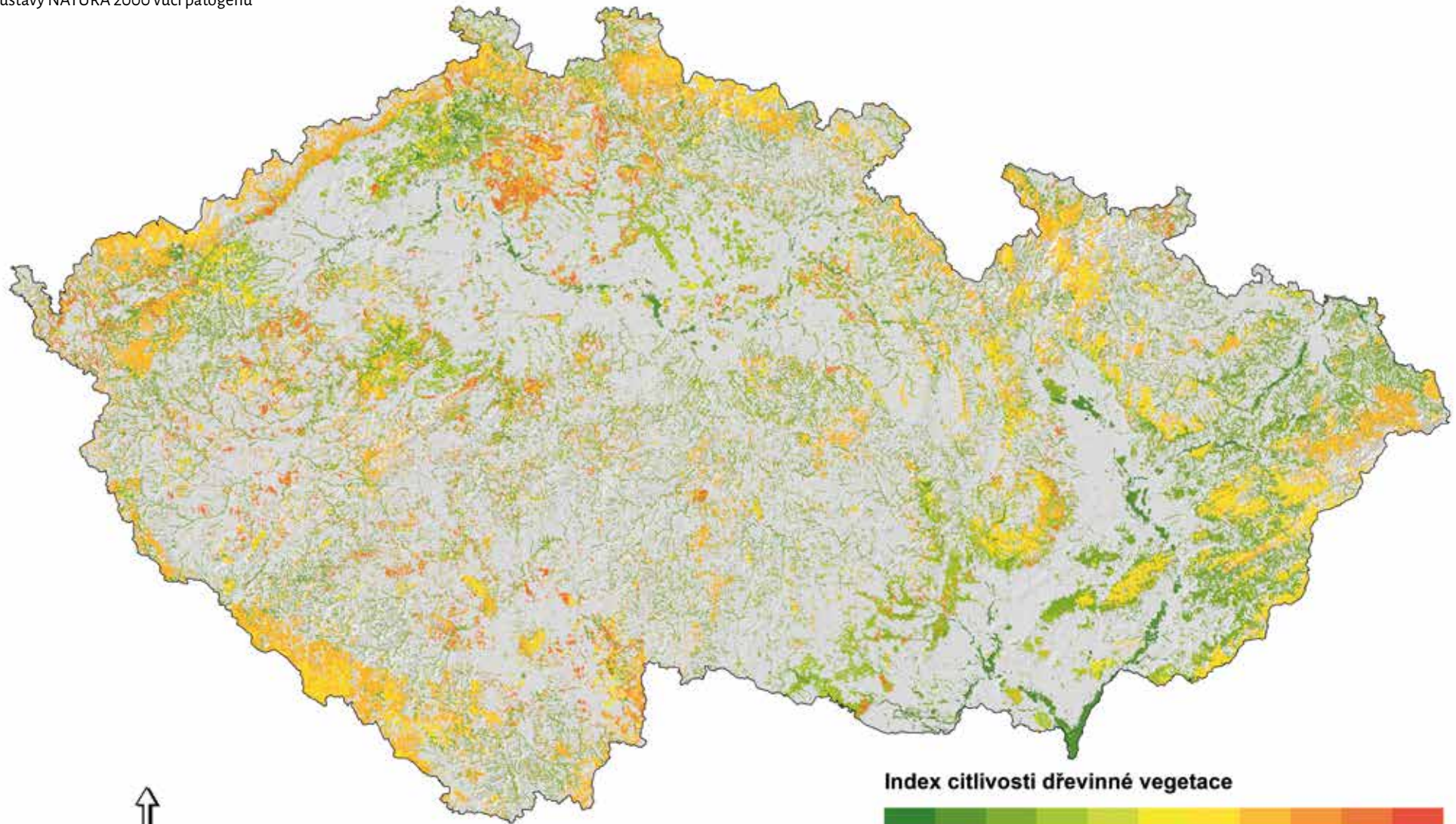
Phytophthora cinnamomi (plíseň skořicovníková)

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



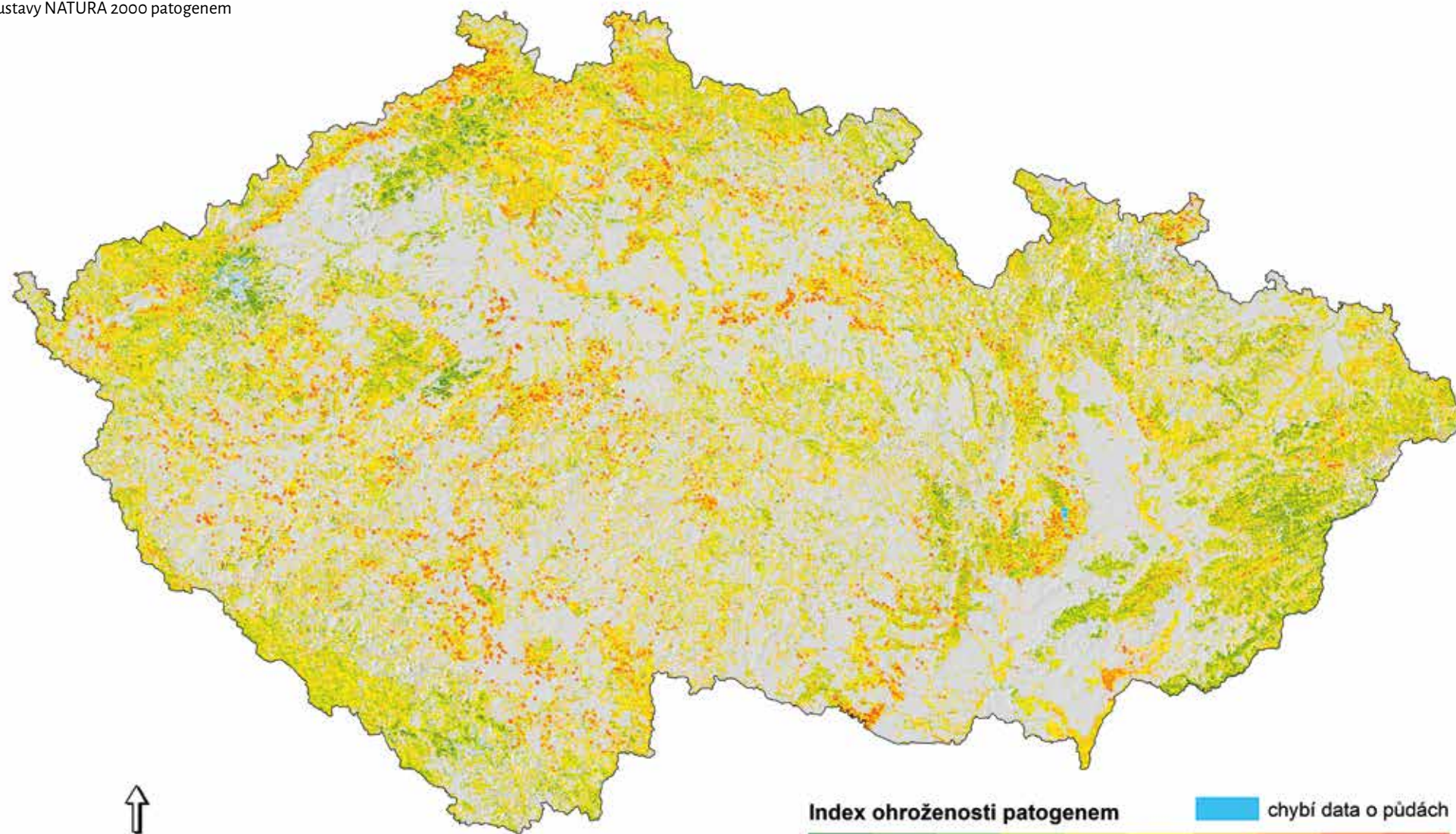
Phytophthora cinnamomi (plíseň skořicovníková)

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Phytophthora cinnamomi (plíseň skořicovníková)

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



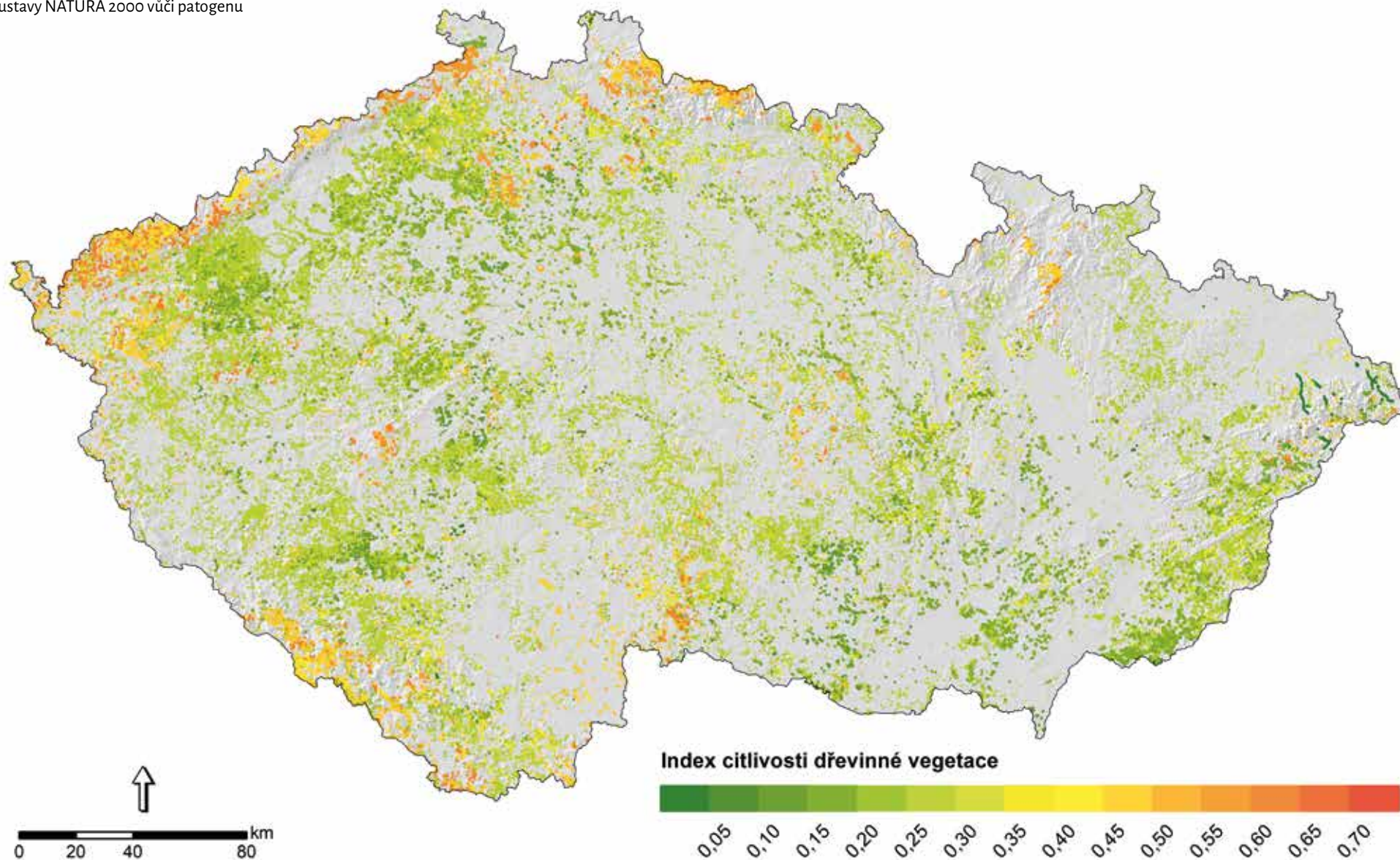
Index ohroženosti patogenem

chybí data o půdách

0,18 0,24 0,31 0,38 0,45 0,51 0,58 0,65 0,71

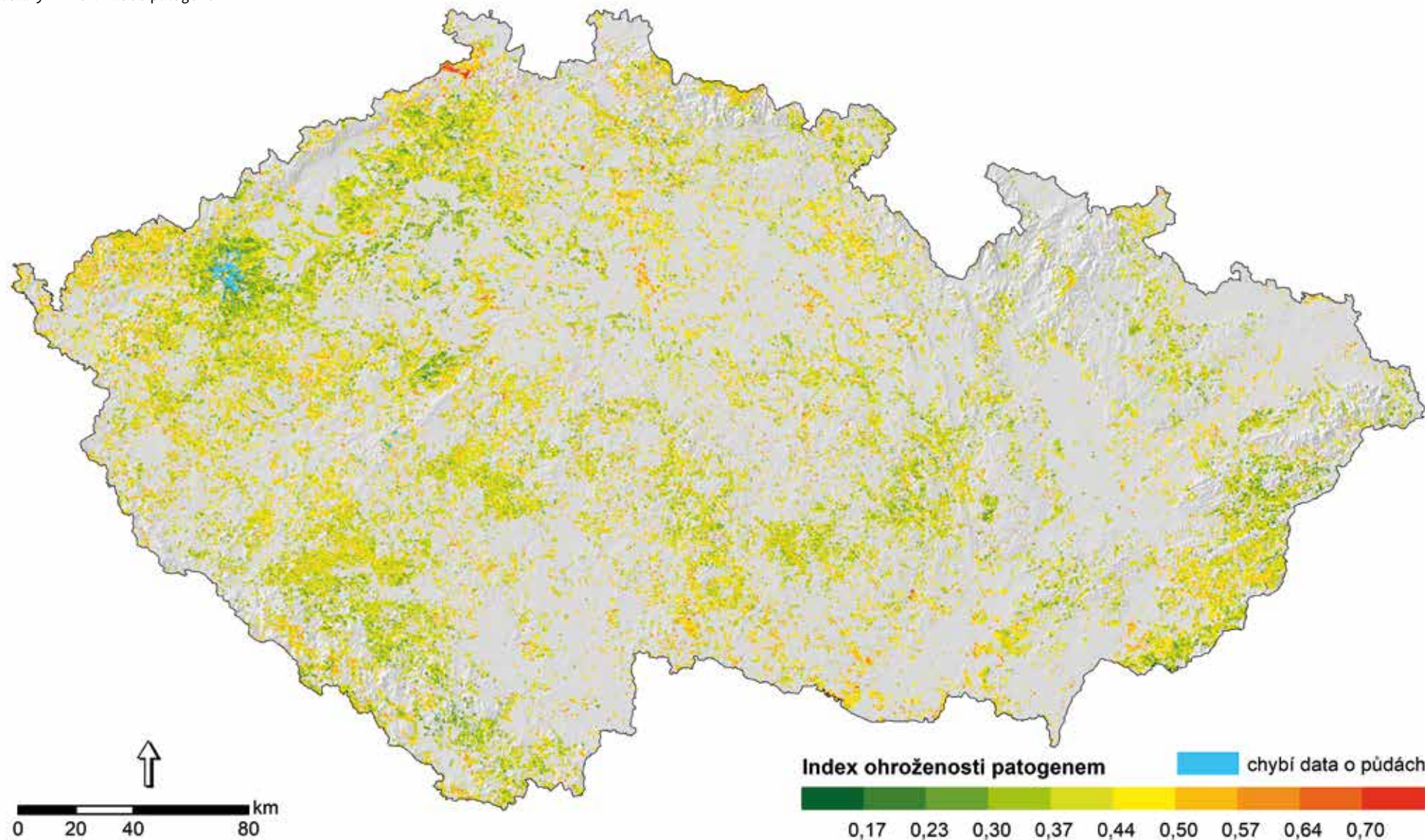
Phytophthora cinnamomi (plíseň skořicovníková)

Citlivost dřevinné vegetace vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Phytophthora cinnamomi (plíseň skořicovníková)

Potenciální ohroženost vybraných přírodních nelesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Phytophthora plurivora



13. *Phytophthora plurivora*

13.1. Charakteristika druhu

Druh *Phytophthora plurivora* byl popsán až v roce 2009 díky rozsáhlé evropské studii zaměřené na rozšíření půdních fytoftor (Jung & Burgess 2009). Za původní areál *P. plurivora* je považována východní Asie. V Evropě i na západě USA je to jedna z nejčastějších fytoftor ve školkách (Jung et al. 2016, Knaus et al. 2015, Parke et al. 2014). V České republice byl tento patogen poprvé izolován v roce 2006, avšak pravděpodobně se zde vyskytuje již mnohem déle.

P. plurivora je půdní polyfágní patogen s více jak 200 známými hostiteli. Na krátké vzdálenosti se šíří půdní vodou pomocí pohyblivých zoospor. K infekci dochází na kořenech hostitelských rostlin. Největší škody způsobuje na buku lesním a na dubech, ale je vážným patogenem i dalších dřevin jako např. *Acer* spp., *Alnus* spp., *Vaccinium* spp. apod. (Corcobado et al. 2020, Jung & Burgess 2009, Matsiakh et al. 2021). Typické příznaky in-

fekce *P. plurivora* jsou velmi obdobné jako u jiných půdních fytoftor, tj. hniloby kořenů, hniloby kořenového krčku a krvácivé nekrózy. Mohou mít za následek zmenšení listové plochy, žloutnutí listů a odumírání koruny napadených dřevin.

V ČR se tento druh vyskytuje v širokém spektru prostředí od kulturních (Mrázková et al. 2011, Mrázková et al. 2013, Grígel et al. 2019) po přirozené, kde je již dlouhou dobu naturalizován (zejména všeobecně kolonizované lužní lesy L2.3). Velké riziko představuje *P. plurivora* pro řadu listnatých lesních společenstev, jelikož mnoho našich listnatých dřevin je vůči tomuto patogenu vysoce citlivých. V současné době hrozí riziko pronikání především do bučin (zejména L5.1 a L5.3, v L5.4 se šíří spíše *P. cambivora*) a některých dubohabřin (L3.1).

13.2. Parametrizace modelů

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro druh *P. plurivora* vychází z těchto literárních zdrojů: Jung et al. (2000), Jung & Burgess (2009), Rytkönen et al. (2013), Jankowiak et al. (2014), Jung et al. (2017), Corcobado et al. (2020) a Farr & Rossman (2020). Vhodnost půdních podmínek pro *P. plurivora* byla zhodnocena na základě kombinace vhodnosti tří půdních charakteristik, kterými byly pH a trofické a hydrické vlastnosti půd (Löw et al. 1995).

Tab. 28: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Půdní podmínky	2
Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více	2
Tvary reliéfu	1
Orientace svahu vůči světovým stranám	1
Přítomnost vodního toku	1
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	3

Foto na předcházející straně: *Phytophthora plurivora*. Tmavě zbarvené výtoky pigmentů na borce nad nekrotizovanými pletivy. Džbán.

Tab. 29: Citlivost dřevin vůči *Phytophthora plurivora*.

Druh dřeviny		Citlivost
Buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>	1
Dub letní	<i>Quercus robur</i>	1
Dub zimní	<i>Quercus petraea</i>	1
Lípa srdčitá	<i>Tilia cordata</i>	1
Olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>	1
Olše šedá	<i>Alnus incana</i>	0,75
Dub cer	<i>Quercus cerris</i>	0,75
Habr obecný	<i>Carpinus betulus</i>	0,75
Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,75
Javor mléč	<i>Acer platanoides</i>	0,75
Javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,75
Javor babyka	<i>Acer campestre</i>	0,75
Jedle bělokorá	<i>Abies alba</i>	0,75
Bříza bělokorá	<i>Betula pendula</i>	0,75
Vřes obecný	<i>Calluna vulgaris</i>	0,75
Ostatní dřeviny		0,5 a méně

Citlivost ostatních druhů dřevin ČR viz Příloha 1.

Tab. 30: Zhodnocení vztahu *Phytophthora plurivora* k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Půdní podmínky – edafické kategorie	Q, R					A, B, D, H, J, M, T, W, X, Y, Z		C, F, G, I, K, L, N, O, S, U, V	P		
Půdní podmínky – hlavní půdní jednotky				4, 13, 21	17, 18, 22, 27	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 19, 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33, 37, 38, 55, 56, 57, 60	12, 16, 23, 26, 31, 40, 41, 65	6, 7, 14, 15, 34, 35, 36, 42, 43, 45, 46, 58, 59, 61, 62, 63, 67, 68, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78	20, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 64, 66, 69, 70, 73		
Průměrný roční počet dní s prům. denní teplotou $\geq 20^\circ\text{C}$			≤ 10			(10, 20)			(20, 30)		> 30
Tvary reliéfu – kategorie landforms		9, 10			7, 8			5, 6			1, 2, 3, 4
Orientace svahu		SV, S			V, SZ			JV, Z, rovina			J, JZ
Přítomnost vodního toku		NE									ANO

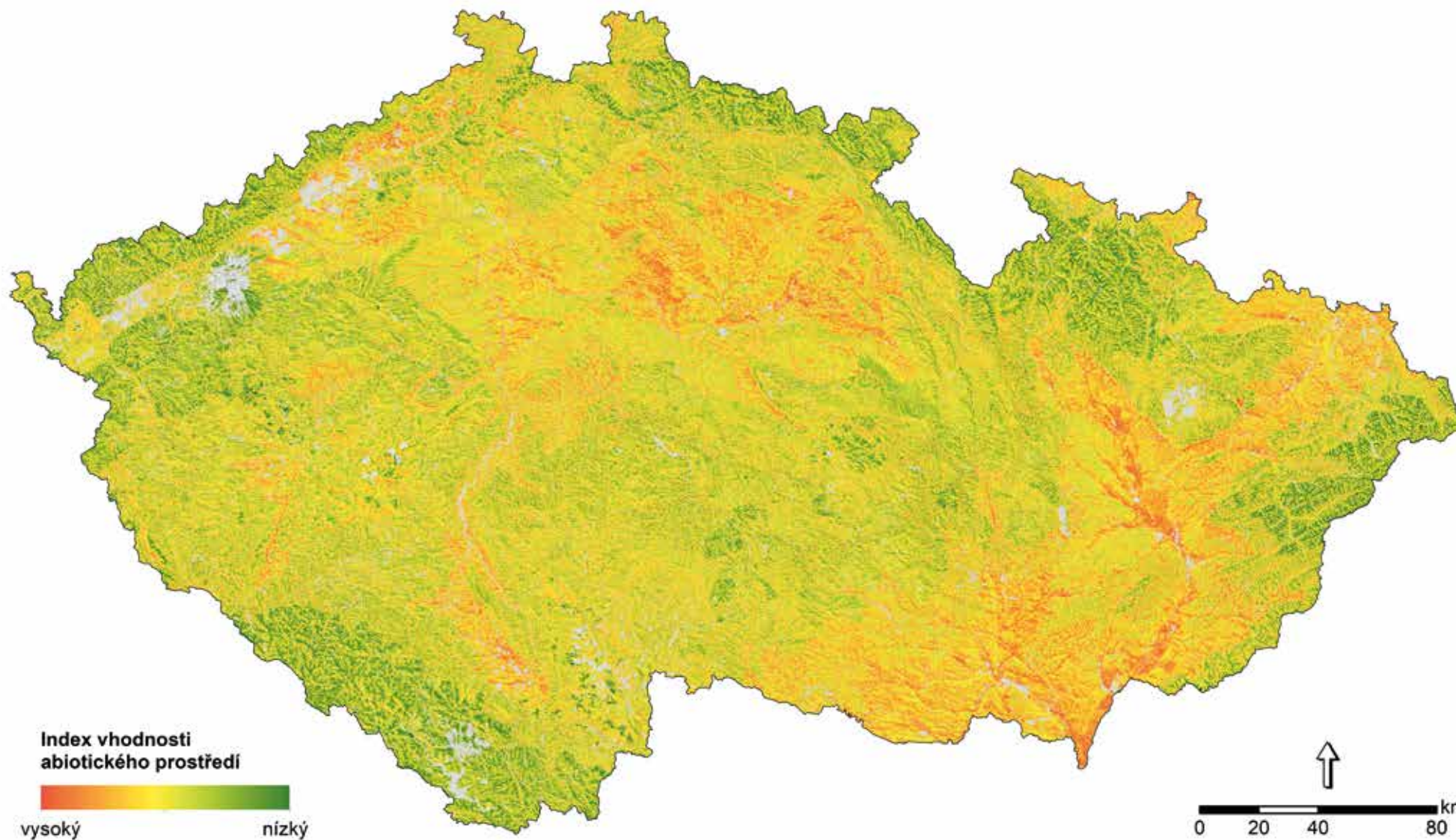
Edafické kategorie: A – kamenitá (acerózní); B – bohatá; C – vysychavá; D – hlinitá (acerózní); F – svahová (kapradinová); G – podmáčená – středně bohatá (glejová); H – hlinitá; I – kyselá uléhavá; J – suťová (javorová); K – kyselá; L – lužní; M – chudá; N – kyselá kamenitá; O – oglejená středně bohatá; P – oglejená kyselá (pseudoglejová); Q – oglejená chudá; R – rašelinná; S – středně bohatá (svěží); T – chudá podmáčená; U – údolní; V – vlhká (bohatá podmáčená); W – bazická (svěží vápencová); X – xerotermní; Y – skeletová; Z – zakrslá

Hlavní půdní jednotky: viz <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

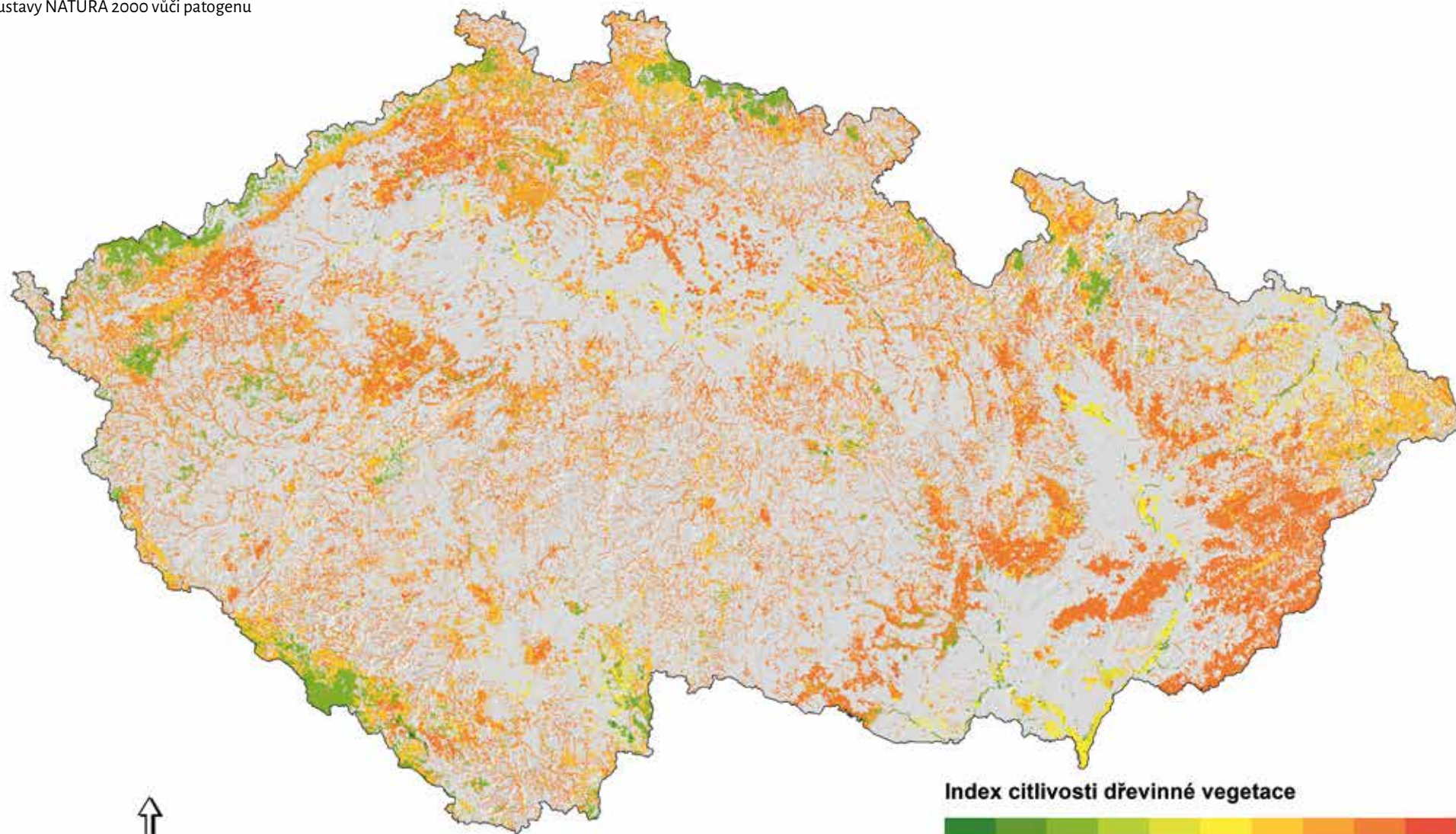
Phytophthora plurivora

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



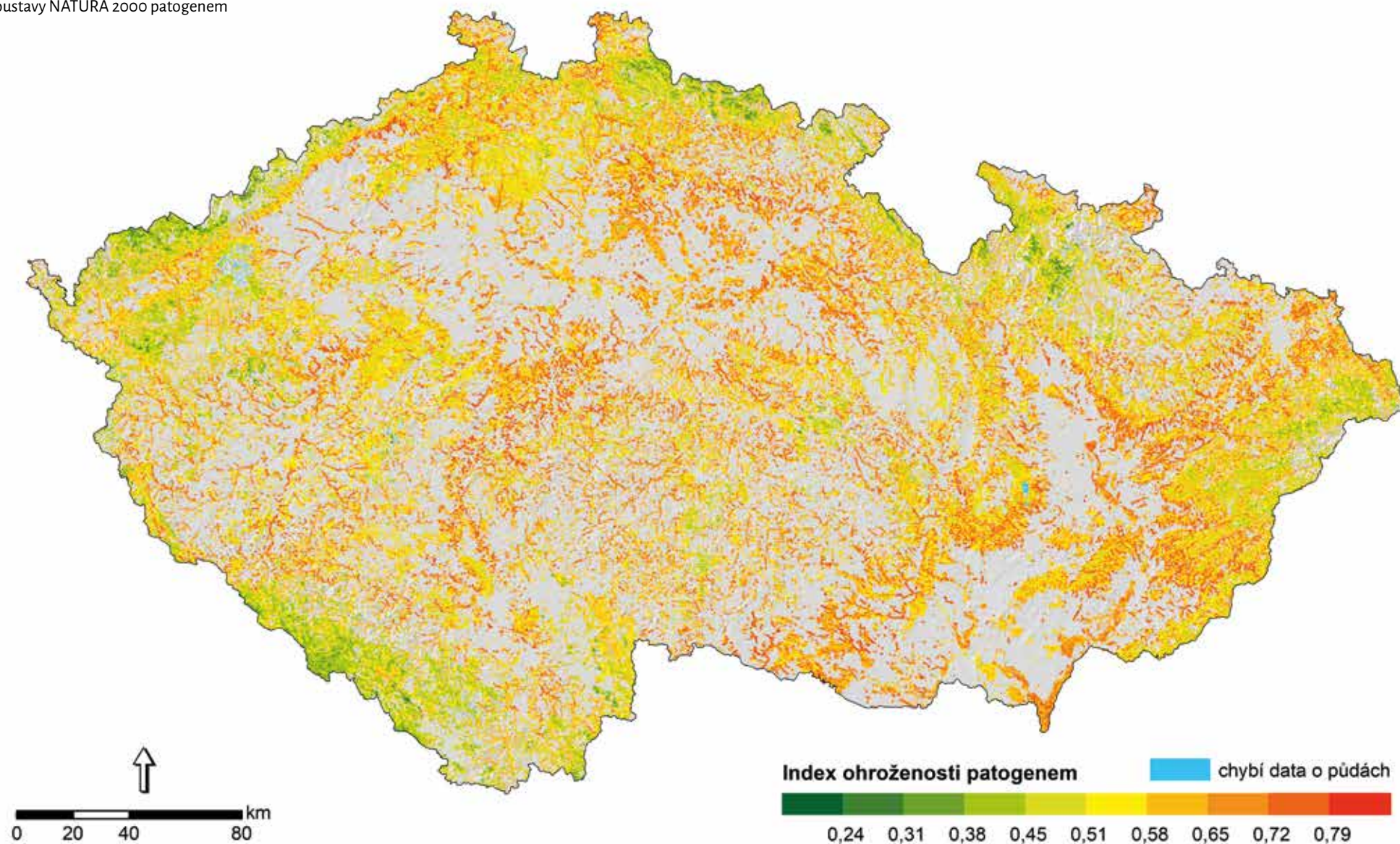
Phytophthora plurivora

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



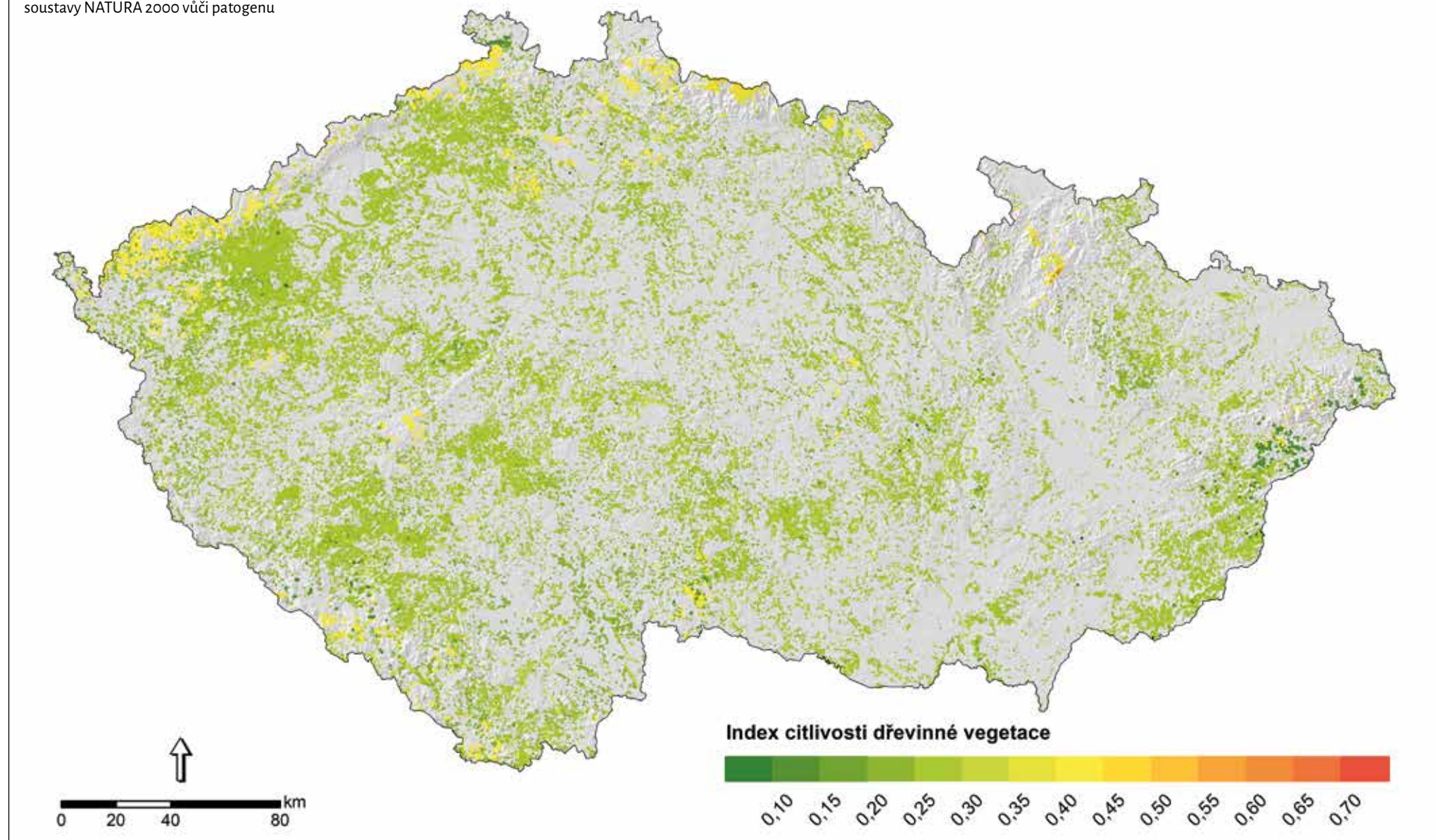
Phytophthora plurivora

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



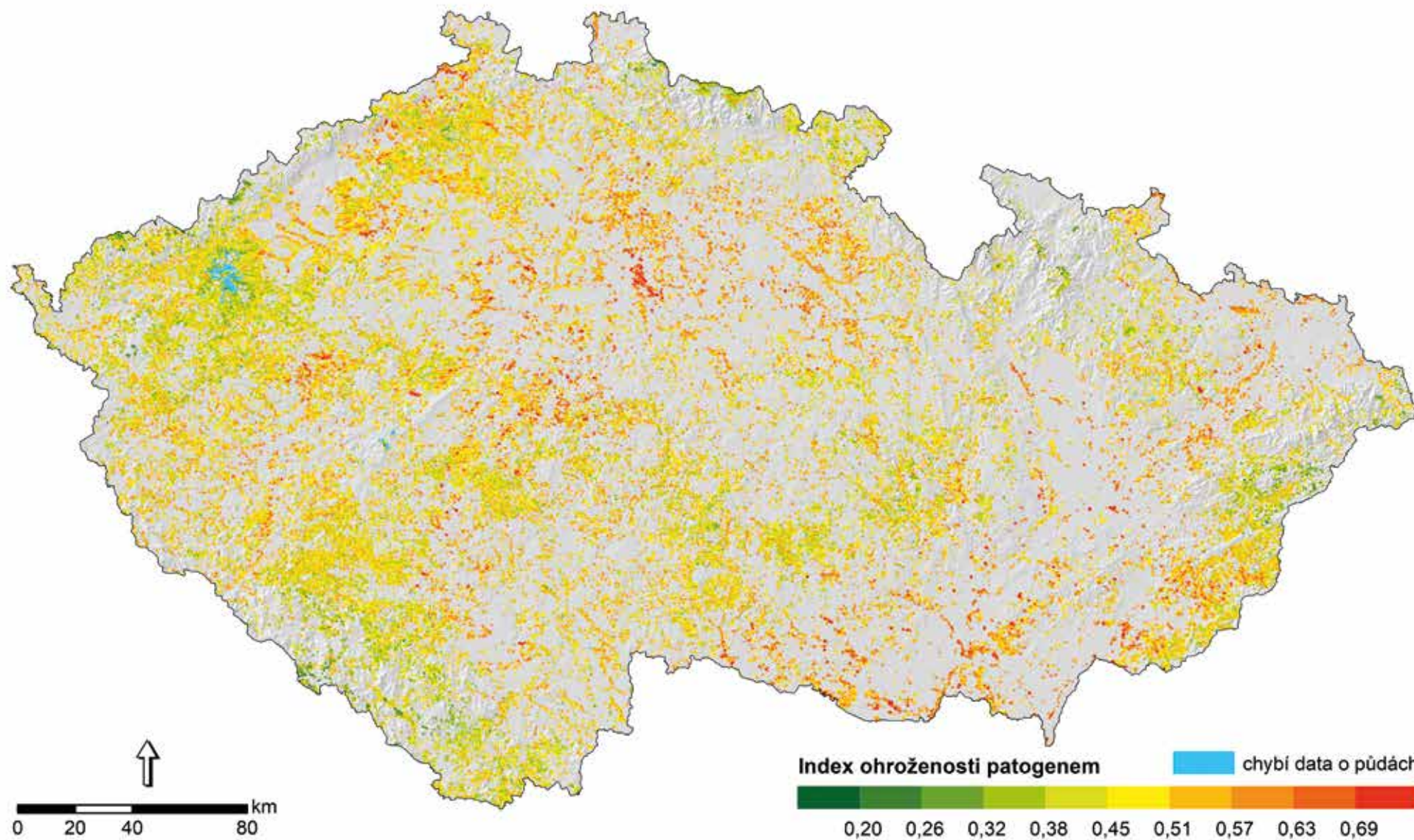
Phytophthora plurivora

Citlivost dřevinné vegetace vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu

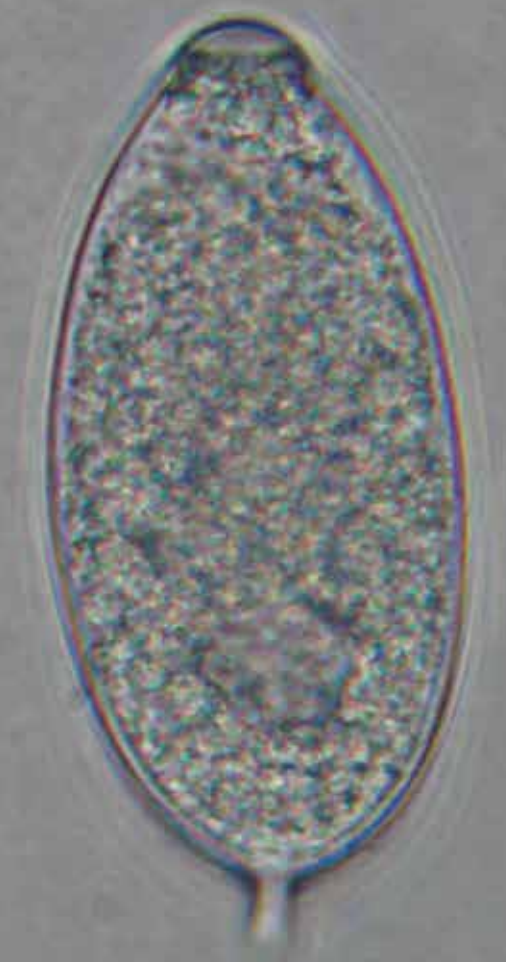


Phytophthora plurivora

Potenciální ohroženost vybraných přírodních nelesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



Phytophthora ramorum



14. *Phytophthora ramorum*

14.1. Charakteristika druhu

Phytophthora ramorum je druh známý od roku 2001, kdy byl identifikován jako původce onemocnění SOD (sudden oak death; náhlé odumírání dubu) v pobřežních lesích Kalifornie (Kliejunas 2010). Jeho původním areálem jsou s největší pravděpodobností horské lesy Vietnamu (Jung et al. 2020), odkud byl zavlečen do Severní Ameriky a Evropy. V Evropě je tento patogen nejvíce rozšířen ve Velké Británii a Irsku, kde mu vyhovuje mírné a vlhké klima (Webber et al. 2010). V roce 2017 byl zaznamenán první výskyt *P. ramorum* v kontinentální Evropě, v oblasti Bretaně (Schenck et al. 2018). V ČR je šíření tohoto druhu zatím spíše sporadické a omezené víceméně na okrasné školky a zahradní centra.

P. ramorum je polyfágní druh, mezi jehož hostitele lze zařadit více než 170 druhů rostlin (Farr & Rossman 2020, Harris et al. 2021). Patří mezi tzv. suchozemské fytoftory, což znamená, že infikuje především nadzemní části rostlin a hlavní způsob šíření je vzduchem. Nejčastějším projevem onemocnění je skvrnitost listů, krvácivé nekrózy a celkové odumírání hostitelů. U tohoto patogenu jsou rozlišovány dvě skupiny hostitelů a to tzv. kmenová a listová hostitelé. Choroba je pro hostitele letální jen, pokud infikuje kmen. Mezi původními dřevi-

14.2. Parametrizace modelů

Jako nejdůležitější faktory určující příznivost prostředí pro potenciální rozšíření *P. ramorum* byly stanoveny teplota, vlhkost a srážky. U tohoto patogenu byl navíc stanoven prediktor – sporulační potenciál hostitelů. Je to proto, že druh se šíří pouze v přítomnosti sporulačních hostitelů a šíření do habitatů pouze s kmenovými hostiteli bude minimální. U tohoto patogenu jsou sporulační hostitelé poměrně dobře popsáni, a proto je možné a podstatné je do modelu zahrnout.

Popis stupňů sporulačního potenciálu hostitelů:

1,00 = vysoký: počet sporangií nad 1000 na cm² (množství srovnatelné s *Larix japonica*)

0,75 = střední: počet sporangií cca 250–1000 na cm² (množství srovnatelné s *Rhododendron* spp.)

0,50 = malý: počet sporangií cca pod 250 na cm², či sporulace bez známého množství sporangií, či vysoká (střední) sporulace v rodu

0,25 = neznámý, potenciální: sporulace druhu neznámá, ale malá sporulace v daném rodu nebo vysoká (střední) sporulace v čeledi

0,00 = neznámý nebo nulový: sporulace druhu a rodu neznámá, nejvýše malá sporulace v čeledi.

namí ČR byli jako nejcitlivější hostitelé stanoveni modřín opadavý, buk lesní, dub cer, borůvka černá a tis červený. Listová (neboli sporulační) hostitelé mohou významně podporovat šíření *P. ramorum*. V Evropě lze mezi ně zařadit např. jasan ztepilý, šejk obecný nebo modřín opadavý (Denman et al. 2005, Tooley & Browning 2009, Harris et al. 2021).

Z hlediska abiotických podmínek se pro *P. ramorum* jeví jako nejvhodnější horské a podhorské oblasti. Nejcitlivější vůči tomuto patogenu jsou horské klenové bučiny. Vzhledem k menšímu zastoupení sporulujících hostitelů v biotopu však může být reálné poškození nižší. Více napadeny mohou být např. biotopy podél toků v chladnějších oblastech státu (např. jasanovo-olšové luhy L2.2), biotopy s podrostem vřesovcovitých jako např. horské třetinové smrčiny (L9.1), vlhké acidofilní doubravy (L7.2) či acidofilní bučiny (L5.4) anebo produkční lesy s vysokým zastoupením modřínu. Zbytkové populace původního genotypu tohoto druhu v ČR mohou být rovněž ohroženy.

Sporulační potenciál dřevinné vegetace přírodních lesních i vybraných nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 byl stanoven jako průměrný sporulační potenciál dřevin (stromů, keřů, polokeřů, keříků a lián) vážený jejich rolí v biotopu (dominantní, diagnostický, přítomný či nepřítomný druh). Ta byla určena dle údajů uvedených v druhové kombinaci daného biotopu v Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010). Použita přitom byla následující škála hodnot: 1 pro dominantní druh, 0,2 pro diagnostický druh nebo pro druh uvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu a 0 pro druh neuvedený v druhové kombinaci v popisu biotopu. Sporulační potenciál dřevin je uveden v Příloze 1 a sporulační potenciál biotopů v Příloze 2.

Výběr prediktorů, určení jejich vah do modelů a převod rozsahu hodnot či kategorií abiotických prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro druh *P. ramorum* vychází z těchto literárních zdrojů: Meentemeyer et al. (2004), Denman et al. (2005), Englander et al. (2006), Kliejunas (2010), Webber et al. (2010), Chadfield & Pautasso (2012), Ireland et al. (2013), Harris & Webber (2016), Tooley & Browning (2016), Schenck et al. (2018), Farr & Rossman (2020) a Harris et al. (2021).

Foto na předcházející straně: *Phytophthora ramorum*. Opadavá zoosporangia druhu se po odlomení snadno šíří vzduchem. Druh je na území ČR opakovaně zavlečen.

Tab. 31: Seznam prediktorů a jejich vah pro výpočet modelů.

Prediktor	Váha
Průměrná roční teplota	3
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září)	3
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu	3
Průměrný roční počet dní s mlhou	3
Tvary reliéfu	2
Průměrná roční rychlost větru	2
Sporulační potenciál dřevinné vegetace (biotopu)	8
Citlivost dřevinné vegetace (biotopu) vůči patogenu	8

Tab. 32: Citlivost dřevin vůči *Phytophthora ramorum*

Druh dřeviny	Citlivost	
Modřín opadavý	<i>Larix decidua</i>	1
Borůvka černá	<i>Vaccinium myrtillus</i>	0,75
Buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>	0,75
Dub cer	<i>Quercus cerris</i>	0,75
Tis červený	<i>Taxus baccata</i>	0,75
Ostatní dřeviny		0,5 a méně

Citlivost ostatních druhů dřevin ČR viz Příloha 1.

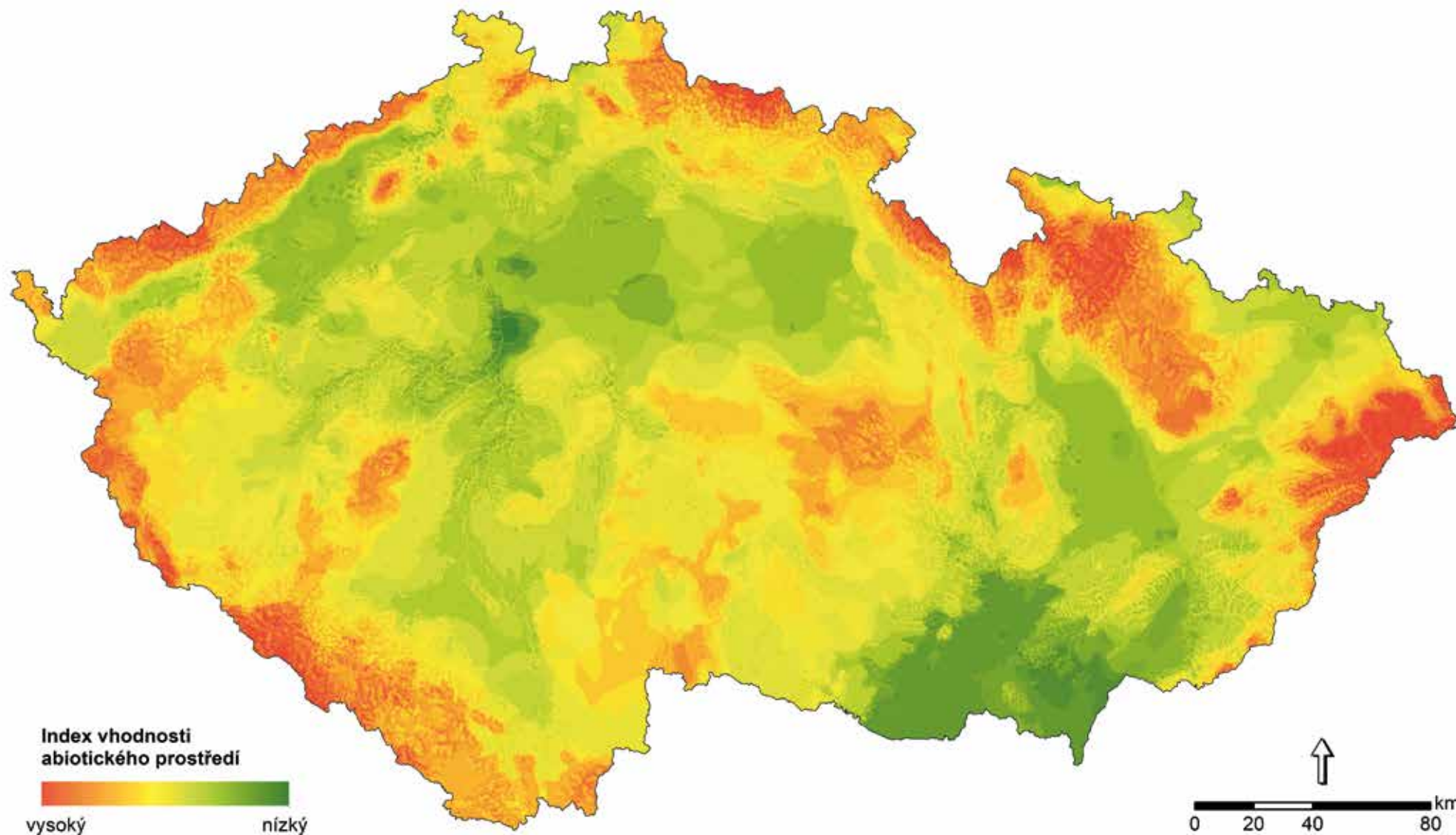
Tab. 33: Zhodnocení vztahu *Phytophthora ramorum* k abiotickým prediktorům, tj. převod rozsahu hodnot prediktorů na dílčí indexy vhodnosti pro patogen s rozsahem hodnot od 0 (zcela nevhodné prostředí) do 1 (nejvhodnější prostředí).

Prediktor	Index vhodnosti										
	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1
Průměrná roční teplota [°C]			≤ 3, > 10		(3, 4), (9, 10)		(4, 5), (8, 9)		(5, 6), (7, 8)		(6, 7)
Průměrný úhrn srážek v letním půlroce (duben–září) [mm]			≤ 400		(400, 500)		(500, 600)		(600, 700)		> 700
Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu [%]		≤ 75			(75, 80)			(80, 85)			> 85
Tvary reliéfu – kategorie landforms			7, 8, 9, 10			5, 6			2, 3, 4		1
Průměrná roční rychlost větru [m.s ⁻¹]		≤ 2	(2, 3)		(3, 4)		(4, 5)		(5, 6)		> 6
Průměrný roční počet dní s mlhou			≤ 60		(60, 90)		(90, 120)		(120, 150)		> 150

Tvary reliéfu: 1 – kaňony, hluboko zaříznuté řeky; 2 – odtok se středním sklonem, mělká údolí; 3 – náhorní (vysočinný) odtok, pramenné oblasti; 4 – údolí ve tvaru U; 5 – planiny; 6 – otevřené svahy; 7 – horní část svahu, stolové (tabulové) hory; 8 – lokální hřebeny, pahorky v údolích (náhlé změny sklonu); 9 – hřebeny se středním sklonem, malé pahorky na planinách; 10 – vrcholy hor, vysoké hřebeny

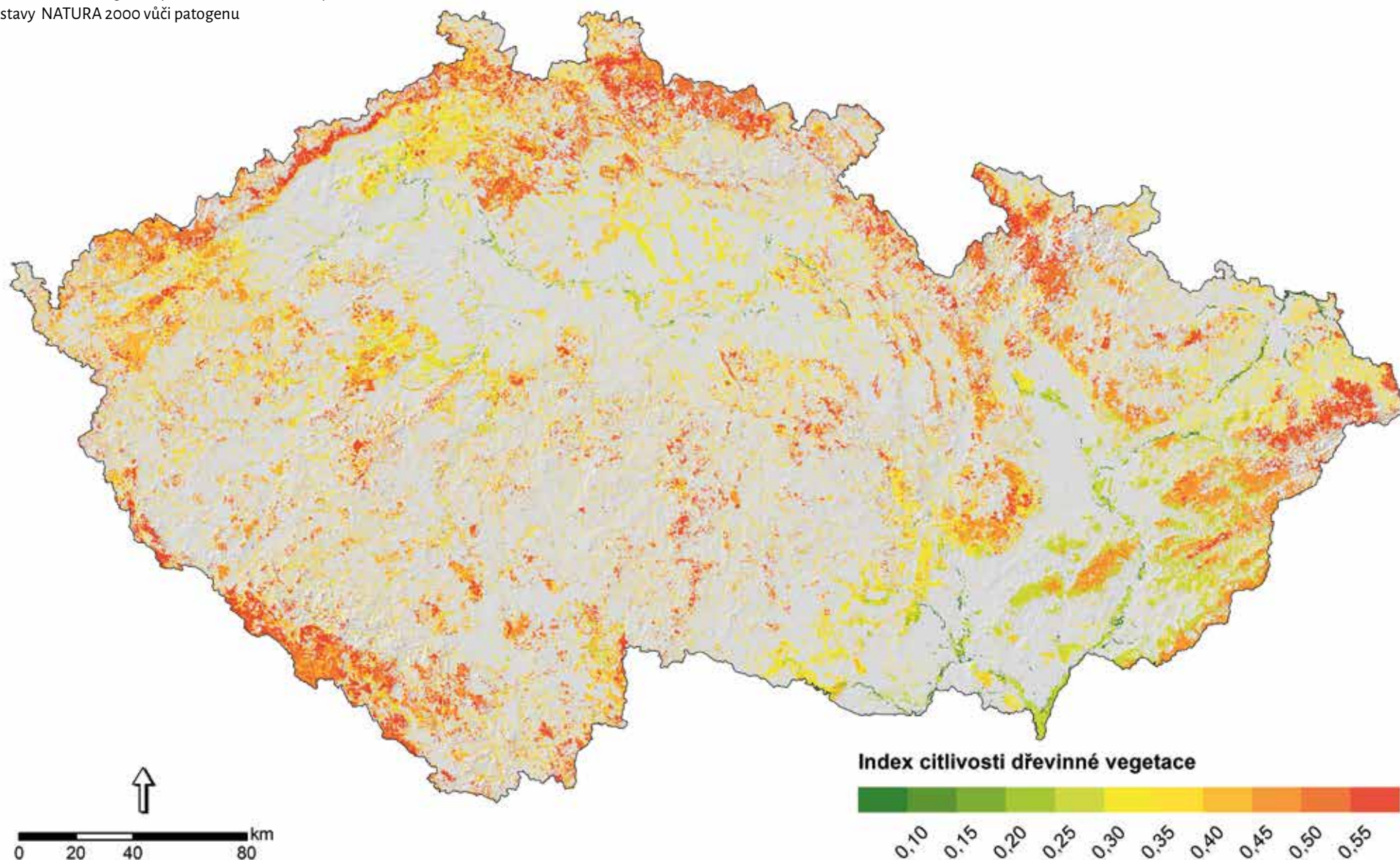
Phytophthora ramorum

Vhodnost abiotických podmínek prostředí pro patogen



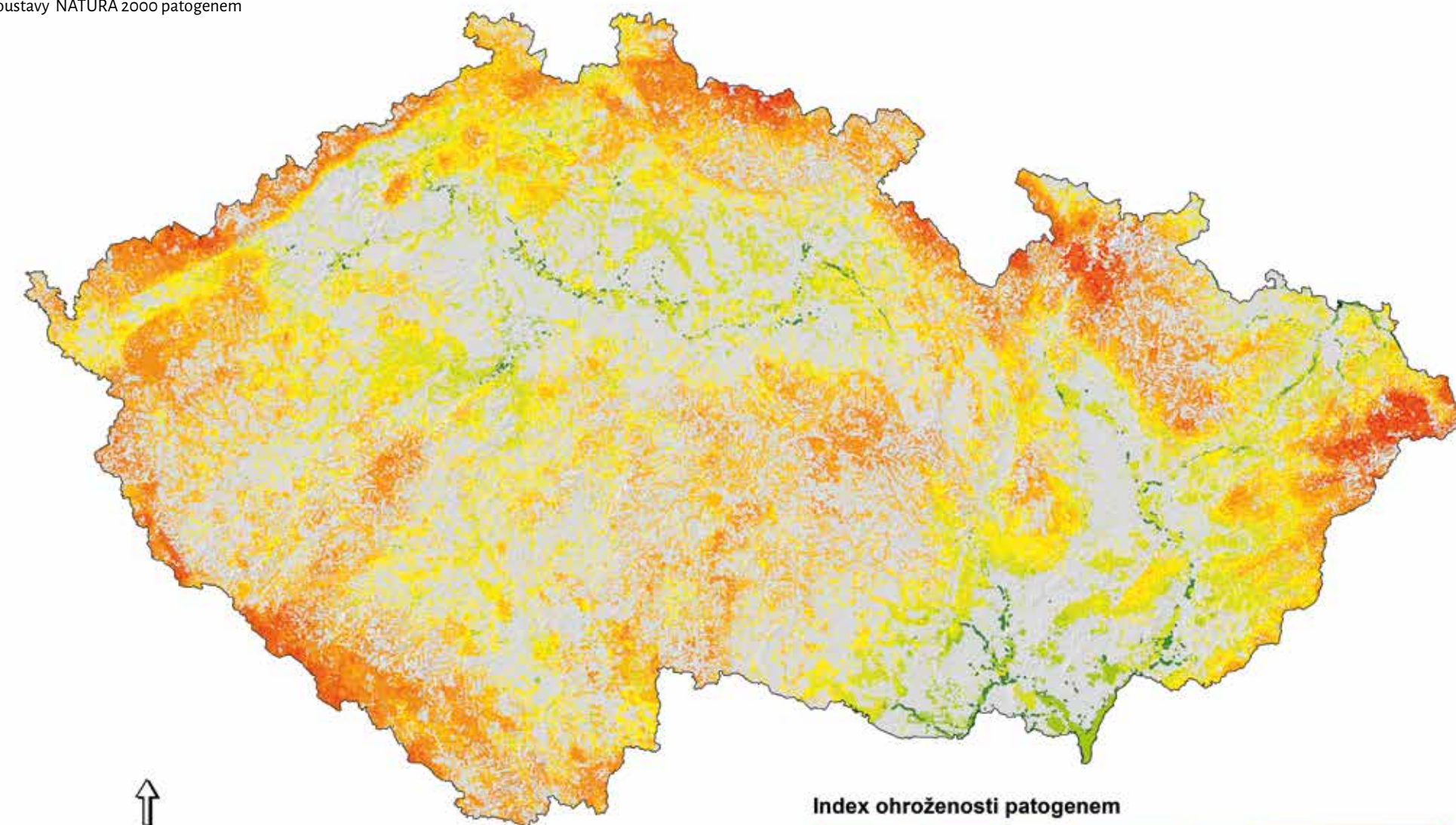
Phytophthora ramorum

Citlivost dřevinné vegetace přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Phytophthora ramorum

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



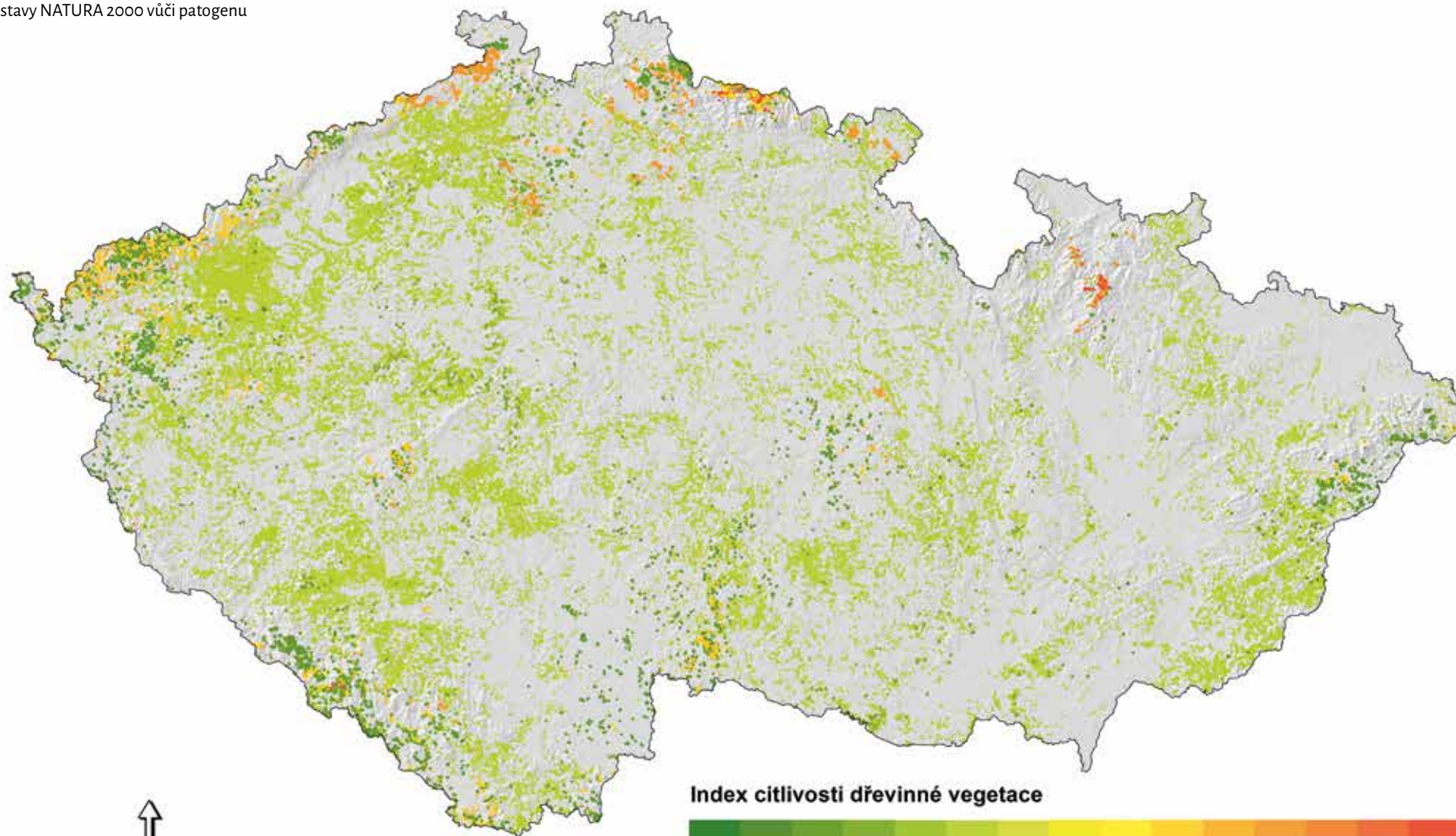
Index ohroženosti patogenem



0,12 0,19 0,25 0,32 0,38 0,44 0,51 0,57 0,64

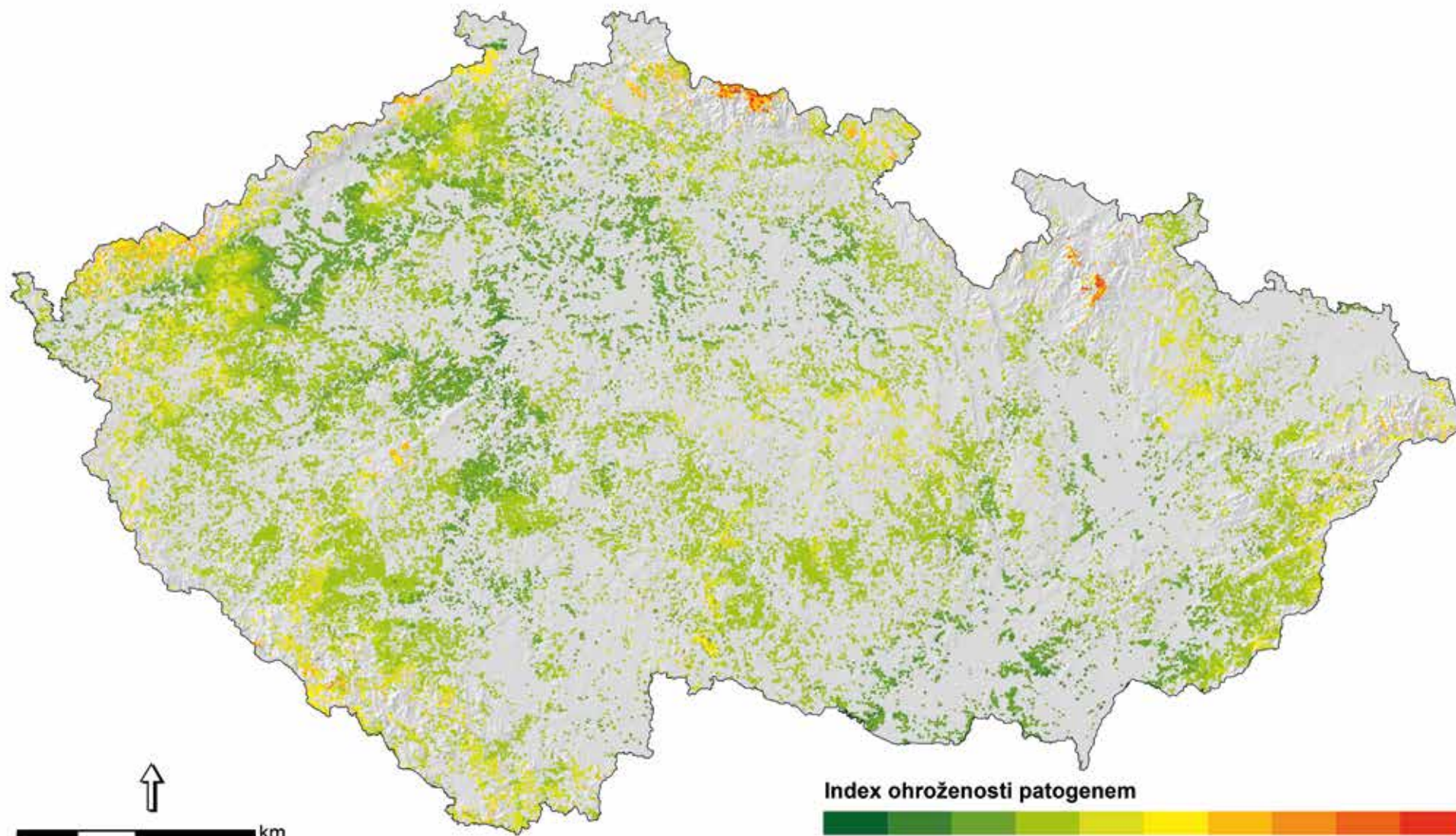
Phytophthora ramorum

Citlivost dřevinné vegetace vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči patogenu



Phytophthora ramorum

Potenciální ohroženost vybraných přírodních nelesních biotopů
soustavy NATURA 2000 patogenem



15. Syntéza pro 11 vybraných druhů patogenů

Vliv invazních patogenů na konkrétní biotopy závisí na celé řadě faktorů, zjednodušeně řečeno na diverzitě a nebezpečnosti invadujících organismů, citlivosti hostitelských druhů dřevin a jejich zastoupení a roli v biotopu a na abiotických podmínkách prostředí.

Vzhledem ke zvyšujícímu se počtu invadujících patogenů a narůstajícímu významu této problematiky se jeví jako přínosné odhadnout potenciální ohroženost biotopů ČR touto skupinou organismů. Ta bude ve výsledku samozřejmě značně ovlivněna zejména výběrem druhů patogenů zahrnutých do takového hodnocení. Při použití dobře promyšleného výběru druhů co do jejich nebezpečnosti pro dřeviny ČR a reprezentativnosti celé hodnocené skupiny organismů, však mohou jeho výsledky poskytnout cenné vodítko k vytvoření si celkové představy o současné úrovni invazibility a ohroženosti lesních ekosystémů ČR.

Z nashromážděných dat a výsledků analýz provedených při přípravě tohoto atlasu jasně vyplývá, že přírodní lesní biotopy vyskytující se v ČR se v potenciální invazibilitě a ohroženosti mezi sebou významně liší. Při použití daného výběru patogenů (11 druhů hodnocených v tomto atlase) se ukázalo, že průměrný počet patogenů, které mohou invadovat konkrétní biotop, se pohybuje kolem pěti. Minimální počet invazních druhů (tři) byl zjištěn u biotopů některých teplomilných doubrav (L6.3–L6.5), naopak nejvyšší počet byl predikován pro některé lužní lesy, konkrétně 10 druhů invazních patogenů pro údolní jasanovo-olšové luhy (L2.2) a tvrdé luhy nížinných řek (L2.3) a osm druhů pro horské olšiny s olší šedou (L2.1) a polonské dubohabřiny (L3.2). Tyto údaje lze vyvodit z dat uvedených v Příloze 2. Popsané rozdíly mezi biotopy jsou primárně dány samozřejmě počtem druhů dřevin, rozdíly v jejich diverzitě a navázanou diverzitou patogenů. Např. olše a javory patří k taxonům s nejvyšším počtem potenciálních patogenů (viz Příloha 1).

Ohrožení biotopů dále závisí na roli jednotlivých druhů dřevin v biotopech a na nebezpečnosti na ně navázaných druhů patogenů. Tyto skutečnosti byly zohledněny při výpočtu citlivosti biotopů vůči jednotlivým patogenům. Ze součtu hodnot citlivosti biotopů vůči všem patogenům (lze spočítat na základě dat uvedených v Příloze 2) lze vyvodit, že nejcitlivějším biotopem vůči hodnocenému výběru druhů jsou horské olšiny s olší šedou (L2.1), následují je horské klenové bučiny (L5.2) a dále mezi značně citlivé biotopy patří též údolní ja-

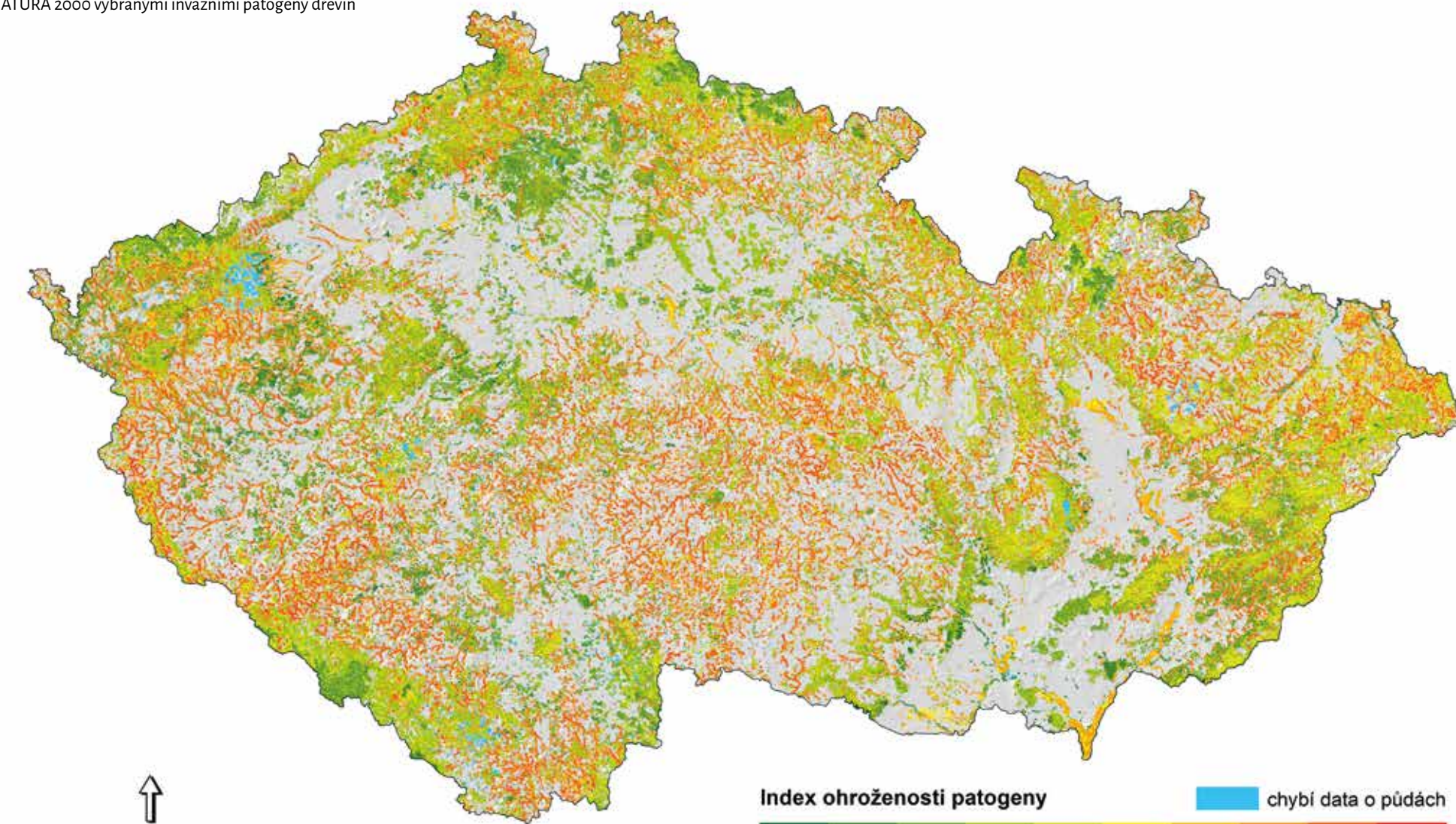
sanovo-olšové luhy (L2.2) a květnaté bučiny (L5.1). Jedná se jednak o druhově chudé biotopy s (potenciálním) výskytem velmi nebezpečných patogenů (v případě L2.1 a L2.2) a jednak o biotopy druhově bohatší, ale s vysokým podílem velmi citlivých hostitelů zejména vůči polyfágním oomycetům (v případě L5.2 a L5.1). Poněkud méně citlivé biotopy jsou tvrdé luhy nížinných řek (L2.3) a to zjevně díky vysoké druhové pestrosti. Mezi biotopy relativně málo citlivé vůči invazím lze zařadit např. měkké luhy nížinných řek (L2.4) a některé teplomilné doubravy (L6), které se skládají spíše z odolných taxonů dřevin.

Posledním faktorem významně ovlivňujícím celkovou potenciální ohroženost biotopů jsou abiotické podmínky prostředí a jejich vhodnost pro patogeny. Mezi nejdůležitější z nich patří zejména faktory prostředí související s jeho vlhkostí, neboť biologie většiny hub a oomycetů je na ní významně závislá. Proto citlivé biotopy vyskytující se v podmínkách vyznačujících se vyšší vlhkostí jsou ve výsledku nejvíce náchylné k negativnímu dopadu invazí. Jedná se často o biotopy v údolních polohách kolem vodních toků či v oblastech lužních lesů apod. Za další významný faktor prostředí (i když v menší míře) je považována teplota. Větší část invadujících patogenů je do jisté míry teplomilná, a je tudíž zjevné, že větší riziko poškození hrozí biotopům v nižších a středních nadmořských výškách s teplejším klimatem.

Celkovou potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů 11 hodnocenými druhy patogenů ukazuje následující syntetická predikční mapa. Nejvíce ohrožené jsou biotopy s významným podílem citlivých hostitelů nacházející se v údolích kolem vodních toků v nižších a středních nadmořských výškách a v oblastech lužních lesů středních Čech, jižní Moravy a Slezska. Vzhledem k prostorové struktuře těchto biotopů lze také předpokládat, že mohou sloužit jako komunikační kanály a přirozené cesty šíření patogenů v krajině. Poněkud nižší ohrožeností se vyznačují rozsáhlé oblasti bučin ve středních polohách Čech i Moravy. Nejnižší ohroženost je predikována pro smrčiny chladných horských poloh v pohraničních pohořích, suché bory rostoucí obecně v podmínkách méně vhodných pro patogeny (pískovcové oblasti, propustné sedimenty v pánvích) a teplomilné a acidofilní doubravy na vysychavých stanovištích (zejména v širších oblastech středních Čech a jižní Moravy, ale i jinde).

Syntéza pro 11 vybraných druhů patogenů

Potenciální ohroženost přírodních lesních biotopů soustavy
NATURA 2000 vybranými invazními patogeny dřevin



0 20 40 80 km

Index ohroženosti patogeny

chybí data o půdách

1,22 1,65 2,07 2,49 2,92 3,34 3,76 4,18 4,61

16. Závěr

V České republice došlo v důsledku působení invazních nepůvodních patogenů k plošné či alespoň lokální redukci populací již sedmi druhů původních lesních dřevin, z nichž některé představují důležité edifikátory společenstev (olše, jasan), na jiné je pak přímo vázáno významné množství biodiverzity (jilmy). Kvůli pokračující globalizaci, nárůstu zahraničního obchodu hlavně s Asíí, nedostatečným rostlinolékařským opatřením, změně klimatu či nevhodnému hospodaření v krajině lze navíc předpokládat, že současný trend nárůstu počtu nových introdukcí a zvyšování impaktu již zavlečených organismů v krajině bude pokračovat. V příštích dekádách lze očekávat např. zdomácnění *P. cinnamomi* v termofytiku, invazi *P. ramorum* a plošné poškození některých listnáčů, ale kupříkladu i modřínů v chladných oblastech státu, či masivní pronikání dalších druhů r. *Phytophthora* do bučin. Zde lze zmínit např. polyfágní druh *P. plurivora*; který již zcela obsadil tvrdé luhy nížinných řek L2.3. Dále předpokládáme šíření a nárůst impaktu druhu *Dothistroma septosporum* např. v blatkových borech, vrchovištích a porostech kosodřeviny či objevování se dalších ohnisek sazné nemoci javorů způsobené druhem *Cryptostroma corticale*.

Problematika invazního šíření nepůvodních houbových a houbám podobných patogenů dřevin a jejich často značného negativního vlivu na populace hostitelů i celých společenstev a ekosystémů v druhotném areálu vyžaduje dlouhodobé koncepční řešení. To by mohlo spočívat v několika na sebe navazujících a vzájemně se doplňujících základních krocích, mezi něž lze zařadit: 1) dokončení a kontinuální aktualizaci seznamu nepůvodních druhů nově objevených v ČR + potenciálních hrozeb zavlečení dalších nebezpečných druhů dle sledování vývoje situace v zahraničí (tj. v ostatních evropských státech i jinde ve světě), 2) tvorbu expertních prediktivních modelů a map pro druhy s možným impaktem na přírodu ČR sloužící k identifikaci oblastí a biotopů/porostů, kterým hrozí největší riziko invaze a poškození, 3) včasné odhalování nově zavlečených druhů, 4) následný monitoring jejich rozšíření, studium jejich ekologie, epidemiologie způsobovaných chorob a potenciálního impaktu na hostitelské dřeviny i celá společenstva a ekosystémy, 5) následné důkladné analýzy získaných dat pomocí statistických metod a 6) návrhy a důsledné dodržování mitigačních a adaptačních opatření s cílem minimalizace impaktu těchto druhů na přírodu ČR. Bohužel tato představa je dosud velmi vzdálená realitě.

Tato publikace je ojedinělou analýzou potenciální distribuce 11 prioritních druhů invazních patogenů dřevin nepůvodních v ČR. Zpracované druhy byly vybrány zejména z hlediska významnosti jejich aktuálního či

možného impaktu a nebezpečnosti pro přírodní prostředí ČR. Kromě zahrnutí nejvíce rizikových patogenů jsme při výběru druhů sledovali též cíl průřezového představení a přiblížení této skupiny organismů co do celkové diverzity druhů, pestrosti jejich ekologie, způsobů šíření, různosti způsobovaných chorob i odlišných citlivých biotopů. Patří mezi ně jak druhy, které již v ČR zdomácněly, tak druhy, jejichž významný negativní vliv na hostitelské dřeviny byl popsán jinde v Evropě či ve světě a zároveň již byl zaznamenán jejich výskyt v ČR.

Pro každý z hodnocených patogenů byly vytvořeny tři základní predikční mapy: mapa vhodnosti abiotických podmínek prostředí, mapa citlivosti lesních (příp. vybraných nelesních) biotopů soustavy NATURA 2000 a mapa potenciálního ohrožení lesních (příp. vybraných nelesních) biotopů soustavy NATURA 2000. Mapy vznikly na základě expertních prediktivních modelů, u kterých se k určení vztahu patogenu k vybraným environmentálním krajinným prediktorům používají data a zjištění z již provedených průzkumů a pokusů popsaných v dostupné literatuře spolu s názory odborníků. Tento přístup se jeví jako vhodný právě pro druhy invazně se šířící, kdy ještě nejsou k dispozici data o výskytu daného druhu patogenu v zájmovém území dostatečná pro statistické modelování jeho vztahu k podmínkám prostředí a vyvozování jeho ekologické valence a habitatových preferencí. Jako prediktory byly použity zejména klimatické, topografické a půdní charakteristiky a dále data o přítomnosti vodních toků a výskytu hostitelských dřevin.

Atlas zahrnuje též závěrečnou syntetickou mapu potenciálního ohrožení lesních biotopů soustavy NATURA 2000 všemi 11 hodnocenými klíčovými patogeny, která ukazuje celkovou predikovanou míru zátěže krajiny ČR touto skupinou invazních organismů.

Věříme, že prezentované predikční mapy mohou spolu se souběžně vzniklou metodikou nazvanou „Invazní patogeny v životním prostředí – determinace chorob a možnosti omezení šíření a impaktu na lesní ekosystémy“ sloužit jako přínosné nástroje využitelné při řešení problematiky invazních patogenů dřevin v ČR a při snaze minimalizovat dopad těchto organismů v krajině. Obě publikace mohou být aplikovatelné jak v ochraně přírody a krajiny, tak i v lesnictví. Mohou být užitečným podkladem pro prioritizaci území z hlediska ohrožení klíčovými invazními druhy patogenů dřevin, a mohou tak pomoci k včasné detekci nebezpečných druhů patogenů v krajině ČR a k včasné aplikaci opatření proti dalšímu šíření patogenů a k minimalizaci jejich impaktu.

Poděkování

Publikace je výstupem projektu TH03030306 „Invazní nepůvodní mikroorganismy jako riziko pro lesní ekosystémy ČR. Identifikace, analýza impaktu a návrh mitigačních a adaptačních opatření se zaměřením na zvláště chráněná území“ a byla vytvořena se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Epsilon. Autorský kolektiv velmi děkuje recenzentkám publikace RNDr. Jaroslavě Markové, CSc. (PřF UK, Praha) a Mgr. Lence Reiterové (NP Podyjí) za laskavé přečtení rukopisu, cenné připomínky a náměty k jeho doplnění.

Literatura

- Archibald S, Brown AV 2007. The relationship between climate and the incidence of red band needle blight in the East Anglia Forest District, Britain. Workshop of the IUFRO Working party. Foliage, shoot and stem diseases of forest trees, Sopron, Maďarsko.
- Balcì Y, Halmschlager E 2003. *Phytophthora* species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. *Plant Pathol* 52: 694–702.
- Barson G 1974. Some effects of freezing temperatures on overwintering larvae of the large elm bark beetle (*Scolytus scolytus*). *Ann Appl Biol* 78: 219–224.
- Bartels JM, Lanier GN 1974. Emergence and mating in *Scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae). *Ann Entomol Soc Am* 67: 365–370.
- Bednářová M, Palovčíková D, Jankovský L 2006. The host spectrum of Dothistroma needle blight *Mycosphaerella pini* E. Rostrup – new hosts of Dothistroma needle blight observed in the Czech Republic. *J For Sci* 52: 30–36.
- Bergot M, Cloppet E, Pérarnaud V et al. 2004. Simulation of potential range expansion of oak disease caused by *Phytophthora cinnamomi* under climate change. *Glob Chang Biol* 10: 1539–1552.
- Bjelke U, Boberg J, Oliva J, et al. 2016. Dieback of riparian alder caused by the *Phytophthora alni* complex: projected consequences for stream ecosystems. *Freshwater Biology* 61: 565–579.
- Bonkowski J 2020. Black Canker of Willow. Purdue University Extension. Landscape Report 20–12. Dostupné z: <https://www.purduelandscape.org/article/black-canker-of-willow/>
- Brasier CM 1996. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. *Ann Sci For* 53: 347–358.
- Brasier CM, Buck KW 2001. Rapid evolutionary changes in a globally invading fungal pathogen (Dutch elm disease). *Biol Invasions* 3: 223–233.
- Brasier CM, Gibbs JN 1973. Origin of the Dutch elm disease epidemic in Britain. *Nature* 242: 607–609.
- Brasier CM, Lea J, Rawlings MK 1981. The aggressive and non-aggressive strains of *Ceratocystis ulmi* have different temperature optima for growth. *Trans Br Mycol Soc* 76: 213–218.
- Brasier CM, Mehrotra M 1995. *Ophiostoma himal-ulmi* sp. nov., a new species of Dutch elm disease fungus endemic to Himalaya. *Mycol Res* 99: 205–215.
- Burgess TI, Scott JK, McDougall KL, et al. 2017. Current and projected global distribution of *Phytophthora cinnamomi*, one of the world's worst plant pathogens. *Glob Chang Biol* 23: 1661–1674.
- Byrt PN, Irving HR, Grant BR 1982. The effect of cations on zoospores of the fungus *Phytophthora cinnamomi*. *J Gen Microbiol* 128: 1189–1198.
- Cardillo E, Acedo A, Abad E 2018. Topographic effects on dispersal patterns of *Phytophthora cinnamomi* at a stand scale in a Spanish heathland. *PLoS One* 13: e0195060.
- Costa A, Pereira H, Madeira M (2010) Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Ann For Sci* 67: 204.
- CABI 2021. *Phytophthora cinnamomi* (*Phytophthora* dieback). Invasive Species Compendium. Dostupné z: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40957>.
- Corcobado T, Cech TL, Brandstetter M, et al. 2020. Decline of European beech in Austria: Involvement of *Phytophthora* spp. and contributing biotic and abiotic factors. *Forests* 11: 895.
- Corcobado T, Cubera E, Moreno G, Solla A 2013. *Quercus ilex* forests are influenced by annual variations in water table, soil water deficit and fine root loss caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Agric For Meteorol* 169: 92–99.
- Černý K, Tomšovský M, Mrázková M, et al. 2011. The present state of knowledge of *Phytophthora* spp. diversity in forest and ornamental woody plants in the Czech Republic. Proceedings of the fifth international IUFRO working party S07.02.09 meeting at Rotorua, New Zealand, 7–12 March 2010. *New Zeal J For* 41S: S75–S82.
- Černý K, Strnadová V 2016. Identifikace invazibilních oblastí, stanovišť a porostů jako základ dlouhodobého managementu fytoftorové hniloby olší. Certifikovaná metodika, MZe (osvědčení č. 2472/2017-MZE-16222/M142), Průhonice, 27 s.
- Černý K, Hejná M, Kolářová Z, et al. 2016. An overview of selected alien invasive fungal pathogens of woody plants in the Czech Republic. Dostupné z: <https://invaznidruhy.nature.cz/res/archive/291/035933.pdf?seek=1464781287>.
- Černý K, Hrabětová M, Svobodová I, et al. 2017. *Eutypella parasitica* naturalised in Bohemian and Polish Silesia. *For Pathol* 47: e12347.
- Dal Maso E, Montecchio L 2014. Risk of natural spread of *Hymenoscyphus fraxineus* with environmental niche modelling and ensemble forecasting technique. *Forest Res* 3: 131.
- Dal Maso E, Montecchio L 2015. Large-scale fuzzy rule-based prediction for suitable chestnut ink disease sites: A case study in north-east Italy. *For Pathol* 45: 311–323.
- Damm U, Cannon PF, Woudenberg JHC, et al. 2012. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud Mycol* 73: 37–113.
- Denman S, Kirk SA, Brasier CM, Webber JF 2005. In vitro leaf inoculation studies as an indication of tree foliage susceptibility to *Phytophthora ramorum* in the UK. *Plant Pathol* 54: 512–521.
- Desprez-Loustau ML, Courtecuisse R, Robin C, et al. 2010. Species diversity and drivers of spread of alien fungi (sensu lato) in Europe with a particular focus on France. *Biol Invasions* 12: 157–172.
- Dickenson SJ, Wheeler BEJ 1981. Effect of temperature and water stress in sycamore on growth of *Cryptostroma corticale*. *Trans Br Mycol Soc* 76: 181–185.
- Douzon G 2007. La suie de l'érable : un bon indicateur d'été chaud. Bilan de la santé des forêts en 2006. Département de la santé des forêts, 2 p.
- Drenkhan R, Tomešová-Haataja V, Fraser S, et al. 2016. Global geographic distribution and host range of *Dothistroma* species: a comprehensive review. *For Pathol* 46: 408–442.
- Drenkhan R, Solheim H, Bogacheva A, et al. 2017. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of local *Fraxinus* species in the Russian Far East. *Plant Pathol* 66: 490–500.
- Duque-Lazo J, Navarro-Cerrillo RM, van Gils H, Groen TA 2018. Forecasting oak decline caused by *Phytophthora cinnamomi* in Andalusia: Identification of priority areas for intervention. *For Ecol Manage* 417: 122–136.
- Dvořák M, Drápela K, Jankovský L 2012. *Dothistroma septosporum*: Spore production and weather conditions. *Forest Systems* 21(2): 323–328.

- Englander L, Browning M, Tooley PW 2006. Growth and sporulation of *Phytophthora ramorum* in vitro in response to temperature and light. *Mycologia* 98: 365–373.
- Faccoli M, Battisti A 1997. Observations on the transmission of *Ophiostoma ulmi* by the smaller elm bark beetles (*Scolytus spp.*). In Grégoire AM, Liebhold FM, Stephen KR, Salom SM (eds.) Proceedings: Integrating cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pests. USDA Forest Service General Technical Report NE-236, p. 172–176.
- Fairhurst CP, King CJ 1982. The effect of climatic factors on the dispersal of elm bark beetles. In Burdekin DA (ed.) Research on Dutch elm disease in Europe. Forestry Commission Bulletin 60: 40–46.
- Farr DF, Rossman, AY 2020. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Dostupné z: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>.
- Franklin J 2010. Mapping species distribution. Spatial inference and prediction. Cambridge University Press, 320 p.
- Gadgil PD 1967. Infection of *Pinus radiata* needles by *Dothistroma pini*. *New Zealand Journal of Botany* 5: 498–503.
- Garbelotto M, Frankel S J, 2020. *Phytophthora ramorum* (Sudden Oak Death (SOD)). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CABI. DOI:10.1079/ISC.40991.20210200692
- Gibbs JN, Greig BJW 1977. Some consequences of the 1975-1976 drought for Dutch elm disease in Southern England. *Forestry* 50: 145–154.
- Gibbs, JN 1997. Fifty years of sooty bark disease of sycamore. *Q J For* 91: 215–221.
- Gibbs JN, Lipscombe MA, Peace AJ 1999. The impact of *Phytophthora* disease on riparian populations of common alder (*Alnus glutinosa*) in southern Britain. *European Journal of Forest Pathology* 29: 39–50.
- Gibson IAS, Christensen PS, Munga FN 1964. First observations in Kenya of a foliage disease of pines, caused by *Dothistroma pini* Hulbar. *Commonwealth Forestry Review* 43: 31–48.
- Gilmour JW 1967. Distribution and significance of the needle blight of pines caused by *Dothistroma pini* in New Zealand. *Plant Disease Reporter* 51: 727–730.
- Gregory PH, Peace TR, Waller S 1949. Death of sycamore trees associated with an unidentified fungus. *Nature* 164: 275.
- Grigel J, Černý K, Mrázková M, et al. 2019. *Phytophthora* root and collar rots in fruit orchards in the Czech Republic. *Phytopathol Mediterr* 58: 261–75.
- Gross A, Holdenrieder O, Pautasso M, et al. 2014. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Mol Plant Pathol* 15: 5–21.
- Hantula J, Stringer RN, Lilja A, et al. 2012. Alder rust, *Melampsorium hiratsukanum* Ito, identified from Wales, UK and British Columbia, Canada. *For Pathol* 42: 348–350.
- Harris AR, Brasier CM, Scanu B, Webber JF 2021. Fitness characteristics of the European lineages of *Phytophthora ramorum*. *Plant Pathol* 70: 275–286.
- Harris AR, Webber JF 2016. Sporulation potential, symptom expression and detection of *Phytophthora ramorum* on larch needles and other foliar hosts. *Plant Pathol* 65: 1441–1451.
- Havrdová L 2015. Analýza vybraných faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí. ČZU v Praze, disertační práce. 106 p.
- Havrdová L, Zahradník D, Romportl D, et al. 2017. Environmental and silvicultural characteristics influencing the extent of ash dieback in forest stands. *Baltic For* 23: 168–182.
- Helfer S 2014. Rust fungi and global change. *New Phytologist* 201: 770–780.
- Hernández-Lambraño RE, González-Moreno P, Sánchez-Agudo J 2018. Environmental factors associated with the spatial distribution of invasive plant pathogens in the Iberian Peninsula: The case of *Phytophthora cinnamomi* Rands. *For Ecol Manag* 419: 101–109.
- Hosoya T, Otani Y, Furuya K. 1993. Materials for the fungus flora of Japan (46). *T Mycol Soc Jpn* 34: 429–432.
- Chadfield V, Pautasso M 2012. *Phytophthora ramorum* in England and Wales: which environmental variables predict county disease incidence? *For Pathol* 42: 150–159.
- Chandelier A, Abras S, Laurent F, et al. 2006. Effect of temperature and bacteria on sporulation of *Phytophthora alni* in river water. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 71: 873–880.
- Chytrý M, Kučera T, Kočí M, Lustyk P (eds.) 2010. Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Ireland KB, Hardy GESJ, Kriticos DJ 2013. Combining inferential and deductive approaches to estimate the potential geographical range of the invasive plant pathogen, *Phytophthora ramorum*. *PLoS One* 8: e63508.
- ISSG 2021. Global Invasive Species Database (GISD). Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission. Dostupné z <http://www.issg.org/database>.
- Ivory MH 1972. Resistance to *Dothistroma* needle blight induced in *Pinus radiata* by maturity and shade. *Transactions of the British Mycological Society* 59: 205–212.
- Jančařík V 1976. Vliv grafíózy na zastoupení jilmů v ČR. O grafíóze brestov, Zborník prednášok zo seminára, Nové Zámky – Palárikovo, s. 20–44.
- Jančařík V 1999. Grafíóza jilmů. *Lesnická práce* 78: 10/99.
- Jankovský L 2001. Červená sypanka borovice *Mycosphaerella pini* E. Rostrup běžným patogenem? *Lesnická práce* 80: 7/01.
- Jankowiak R, Stepniewska H, Bilański P, Kolařík M 2014. Occurrence of *Phytophthora plurivora* and other *Phytophthora* species in oak forests of southern Poland and their association with site conditions and the health status of trees. *Folia Microbiol (Praha)* 59: 531–542.
- Jánošíková-Hečková Z, Ondrušková E, Barta M, et al. 2018. The hosts and geographic range of *Dothistroma* needle blight in Slovakia. *For Path* 48: e12421.
- Johnson DW, Kuntz JE 1979. Eutypella canker of maple: ascospore discharge and dissemination. *Phytopathology* 69: 130–135.
- Jung T, Blaschke H, Oßwald W 2000. Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathol* 49: 706–718.
- Jung T, Blaschke M 2004. *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread and possible management strategies. *Plant Pathol* 53: 197–208.
- Jung T, Burgess TI 2009. Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* 22: 95–110.
- Jung T, Chang TT, Bakonyi J, et al. 2017. Diversity of *Phytophthora* species in natural ecosystems of Taiwan and association with disease symptoms. *Plant Pathol* 66: 194–211.
- Jung BT, Colquhoun IJ, Hardy GESJ 2013. New insights into the survival strategy of the invasive soilborne pathogen *Phytophthora cinnamomi* in different natural ecosystems in Western Australia. *For Pathol* 43: 266–288.

- Jung T, Orlikowski L, Henricot B, et al. 2016. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. For Pathol 46: 134–163.
- Jung T, Scanu B, Brasier CM, et al. 2020. A survey in natural forest ecosystems of Vietnam reveals high diversity of both new and described *Phytophthora* taxa including *P. ramorum*. Forests 11: 93.
- Jurc D, Ogris N, Slippers B, et al. 2006. First report of Eutypella canker of *Acer pseudoplatanus* in Europe. Plant Pathol 55: 577.
- Kabir MS, Ganley RJ, Bradshaw RE 2014. The hemibiotrophic lifestyle of the fungal pine pathogen *Dothistroma septosporum*. For Pathol 45(3): 190–202.
- Kais AG, Smalley EB, Riker AJ 1962. Environment and development of Dutch elm disease. Phytopathology 52: 1191–1196.
- Kapitola P, Kroutil P, Růžička T, et al. 2017. Karanténní škodlivé organismy na lesních dřevinách. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha, 103 s.
- Keen B, Vancov T 2010. *Phytophthora cinnamomi* suppressive soils. In: Mendez-Vilas A (ed) Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Formatex Research Center, Badajoz, Spain, pp 239–250.
- Kelnarová I, Koukol O, Černý K 2016. Sazná nemoc kůry – hrozba pro naše kleny? Živa 1: 14–17.
- Kelnarová I, Černý K, Zahradník D, et al. 2017. Widespread latent infection of *Cryptostroma corticale* in asymptomatic *Acer pseudoplatanus* as a risk for urban plantations. For Pathol 47: e12344.
- Kirisits T, Matlakova M, Mottinger-Kroupa S, et al. 2010. *Chalara fraxinea* associated with dieback of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia*). Plant Pathol 59: 411.
- Kliejunas JT 2010. Sudden oak death and *Phytophthora ramorum*: a summary of the literature. Gen. Tech. Rep. Albany, CA: USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, pp 181.
- Knaus BJ, Fieland VJ, Graham KA, et al. 2015. Diversity of foliar *Phytophthora* species on *Rhododendron* in Oregon nurseries. Plant Dis 99: 1326–1332.
- Koukol O, Kelnarová I, Černý K 2015. Recent observations of sooty bark disease of sycamore maple in Prague (Czech Republic) and the phylogenetic placement of *Cryptostroma corticale*. For Pathol 45: 21–27.
- Kowalski T 2006. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. For Pathol 36: 264–270.
- Lachance D 1971. Discharge and germination of *Eutypella parasitica* ascospores. Can J Bot 49: 1111–1118.
- Lane C, Berry SM, Anderson H 2013. Rapid pest risk analysis for *Melampsorium hiratsukanum*, Department for Environment, Food & Rural Affairs. 9 p. Dostupné z <https://secure.fera.defra.gov.uk/phiw/riskRegister/downloadExternalPra.cfm?id=3884>.
- Löw J et al. 1995. Rukověť projektanta místního územního systému ekologické stability. Teorie a praxe. Brno, Doplněk, 124 s + 9 příl.
- Marçais B, Bergot M, Pérarnaud V, et al. 2004. Prediction and mapping of the impact of winter temperature on the development of *Phytophthora cinnamomi*-induced cankers on red and pedunculate oak in France. Phytopathology 94: 826–831.
- Marçais B, Dupuis F, Desprez-Loustau ML 1996. Modelling the influence of winter frosts on the development of the stem canker of red oak, caused by *Phytophthora cinnamomi*. Ann des Sci For 53: 369–382.
- Marçais B, Husson C, Godart L, et al. 2016. Influence of site and stand factors on *Hymenoscyphus fraxineus* induced basal lesion. Plant Pathol 65: 1452–1461.
- Martín JA, Fuentes-Utrilla P, Gil L, Witzell J 2010. Ecological factors in Dutch elm disease complex in Europe – a review. Ecol Bull 53: 209–224.
- Matsiakh I, Kramarets V, Cleary M 2021. Occurrence and diversity of *Phytophthora* species in declining broadleaf forests in western Ukraine. For Pathol 51: e12662.
- Meentemeyer R, Rizzo D, Mark W, Lotz E 2004. Mapping the risk of establishment and spread of sudden oak death in California. For Ecol Manage 200:195–214.
- Meyer HJ, Norris DM 1973. A mathematical relation to describe the influence of wind on the initial flight dispersal of *Scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae). Ann Entomol Soc Am 66: 505–508.
- Moreira AC, Martins JMS 2005 Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal. For Pathol 35:145–162.
- Mrázková M, Černý K, Tomšovský M, et al. 2011. *Phytophthora plurivora* T. Jung & TI Burgess and other *Phytophthora* species causing important diseases of ericaceous plants in the Czech Republic. Plant Prot Sci 47:13.
- Mrázková M, Černý K, Tomšovský M, et al. 2013. Occurrence of *Phytophthora multivora* and *Phytophthora plurivora* in the Czech Republic. Plant Prot Sci 49: 155–164.
- Nesbitt HJ, Malajczuk N, Glenn AR 1979. Effect of organic matter on the survival of *Phytophthora cinnamomi* rands in soil. Soil Biol Biochem 11: 133–136.
- Ogris N, Jurc D, Jurc M 2006. Spread risk of Eutypella canker of maple in Europe. EPPO Bull 36: 475–485.
- Pajares JA 2004. Elm breeding for resistance against bark beetles. Invest Agrar: Sist Recur For 13: 207–215.
- Parke JL, Knaus BJ, Fieland VJ, et al. 2014. *Phytophthora* community structure analyses in Oregon nurseries inform systems approaches to disease management. Phytopathol Mediterr 104: 1052–1062.
- Pautasso M, Aas G, Queloz V, et al. 2013. European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback – a conservation biology challenge. Biol Conserv 158: 37–49.
- Peace TR 1955. Sooty bark disease of sycamore – a disease in eclipse. Q J For 49: 197–204.
- Peterson GW 1967. Dothistroma needle blight of pines in North America. Proceedings of the Fourteenth IUFRO Congress, September 4–9 1967. Part 5, Section 24, pp. 269–278. IUFRO, Mnichov, Německo.
- Pöldmaa K 1997. Explosion of *Melampsorium* sp. on *Alnus incana*. Folia Cryptog Estonica 31: 48–50.
- Robeck P 2007. Die Russrindenkrankheit (*Cryptostroma corticale*) des Ahorns in Deutschland. Leipzig: Grin Verlag.
- Romportl D, Chumanová E, Havrdová L, et al. 2016. Potential risk of occurrence and impact of *Phytophthora alni* in forests of the Czech Republic. Journal of Maps 12: 280–284.
- Rudinsky JA 1962. Ecology of Scolytidae. Annu Rev Entomol 7: 327–348.
- Rytkönen A, Lilja A, Werres S, et al. 2013. Infectivity, survival and pathology of Finnish strains of *Phytophthora plurivora* and *Ph. pini* in Norway spruce. Scand J For Res 28: 307–318.
- Santini AL, Ghelardini C, De Pace ML, et al. 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. New Phytol 197: 238–250.
- Schenck N, Saurat C, Guinet C, et al. 2018. First report of *Phytophthora ramorum* causing Japanese Larch dieback in France. Plant Dis 102: 2045–2045.

- 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 41: 7–10.
- Schumacher J, Leonhard S, Grundmann BM, et al. 2006. New Alder disease in Spreewald biosphere reserve – causes and incidental factors of an epidemic. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 58: 141–147.
- Sinclair WA, Lyon HH, Johnson WT 1987. Dutch elm disease. Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press, p. 366–367.
- Skovsgaard JP, Wilhelm CJ, Thomsen IM, et al. 2017. Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. Forestry. 90: 455–472.
- Solla A, Gil L 2002a. Influence of water stress on Dutch elm disease symptoms in *Ulmus minor*. Can J Bot 80: 810–817.
- Solla A, Gil L 2002b. Xylem vessel diameter as a factor in resistance of *Ulmus minor* to *Ophiostoma novo-ulmi*. For Pathol 32: 123–134.
- Spiers AC, Hopcroft DH 1993. Black canker and leaf spot of *Salix* in New Zealand caused by *Glomerella miyabeanana* (*Colletotrichum gloeosporioides*). Eur J For Pathol 23: 92–102.
- Swain SV, Koike ST, Michailides TJ, et al. 2012. First report of twig canker on willow caused by *Colletotrichum acutatum* in California. Plant Dis 96: 822.
- Thompson SE, Levin S, Rodriguez-Iturbe I 2014. Rainfall and temperatures changes have confounding impacts on *Phytophthora cinnamomi* occurrence risk in the southwestern USA under climate change scenarios. Glob Chang Biol 20: 1299–1312.
- Timmermann V, Børja I, Hietala AM, et al. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. EPPO Bull 41: 14–20.
- Tolasz R, Míková T, Valeriánová A, Voženílek V 2007. Atlas podnebí Česka. Univerzita Palackého v Olomouci – ČHMÚ, 255 s.
- Tomešová-Haataja V, Bednářová M, Vahalík P, et al. 2016. Červená sypavka borovice v České republice. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o., 56 s.
- Tooley PW, Browning M 2009. Susceptibility to *Phytophthora ramorum* and inoculum production potential of some common eastern forest understory plant species. Plant Dis 93: 249–256.
- Tooley PW, Browning M 2016. The effect of exposure to decreasing relative humidity on the viability of *Phytophthora ramorum* sporangia. J Phytopathol 164: 874–881.
- van Steekelenburg NAM 1973. Influence of low temperatures on the survival of *Phytophthora cinnamomi* Rands in soil. Mededelingen-Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent: 1399–1405.
- Von Keyserlingk H 1980. Control of Dutch elm disease by behavioural manipulations of its vectors. Meded Fac Landbouw Rijksuniv Gent 45: 475–488.
- Wallace P 1940. Notes on the smaller European elm bark beetle *Scolytus multistriatus* Marsham. In Connecticut State Entomologist thirty-ninth report 1939. Connecticut Agricultural Experiment Station, Bulletin 434: 293–311.
- Wallace PP, Beard RL 1943. The effect of low temperature upon mortality of the larvae of *Scolytus multistriatus* Marsham. Bulletin Connecticut Agricultural Experiment Station 472: 291–304.
- Webber JF 2004. Experimental studies on factors influencing the transmission of Dutch elm disease. Invest Agrar: Sist Recur For 13: 197–205.
- Webber JF, Brasier CM 1984. The transmission of Dutch elm disease: A study of the processes involved. In Anderson, JM, Rayner ADM, Walton D (eds.). Invertebrate – microbial interactions. Cambridge University Press, Cambridge, p. 161–193.
- Webber JF, Mullett M, Brasier CM 2010. Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by *Phytophthora ramorum*. New Dis Reports 22: 19.
- Weiss AD 2001. Topographic position and landforms analysis. Poster session presented at: ESRI Users Conference; San Diego, CA. Dostupné z: http://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC_18x22.pdf.
- Woods A, Coates KD, Hamann A 2005. Is an unprecedented Dothistroma needle-blight epidemic related to climate change? BioScience 55: 761–769.
- Zhao Y-J, Hosoya T, Baral H-O, et al. 2012. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. Mycotaxon 122: 25–41.

Příloha 1

Citlivost dřevin ČR vůči jedenácti vybraným druhům invazních nepůvodních patogenů. Použitá škála citlivosti od 0 (neznámá či nulová citlivost) do 1 (vysoká citlivost). U druhu *Phytophthora ramorum* uveden též sporulační potenciál dřevin. Použitá škála sporulačního potenciálu od 0 (neznámá či nulová sporulace) do 1

(vysoká sporulace). Nomenklatura dřevin dle Chytrý et al. (2010). Přehled je vytvořen na základě současných znalostí, tzn. může obsahovat jistou míru nejistoty a v budoucnu se může pohled na citlivost jednotlivých taxonů lišit.

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
Bez černý	<i>Sambucus nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,5
Bez červený	<i>Sambucus racemosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,5
Bílojetel německý	<i>Dorycnium germanicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Bílojetel bylinný	<i>Dorycnium herbaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Borovice kleč	<i>Pinus mugo</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0,25
Borovice blatka	<i>Pinus rotundata</i>	0	0	0,75	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25
Borovice rašelinná	<i>Pinus x pseudopumilio</i>	0	0	0,75	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Borůvka černá	<i>Vaccinium myrtillus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,75	0,75
Borůvka bažinná	<i>Vaccinium uliginosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,5	0,25
Brslen evropský	<i>Euonymus europaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,25	0
Brslen bradavičnatý	<i>Euonymus verrucosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0
Brusinka obecná	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Břečtan popínavý	<i>Hedera helix</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5
Bříza karpatská	<i>Betula carpatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0
Bříza trpasličí	<i>Betula nana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0
Bříza bělokorá	<i>Betula pendula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,75	0,5	0
Bříza pýřitá	<i>Betula pubescens</i>	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25	0,5	0,25	0
Buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	1	0,75	0,25
Čičorka pochvatá	<i>Coronilla vaginalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Čilimník rakouský	<i>Chamaecytisus austriacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Čilimník řezenský	<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Čilimník nízký	<i>Chamaecytisus supinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Čilimník zelenavý	<i>Chamaecytisus virescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Čilimníkovec černající	<i>Lembotropis nigricans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25
Devaterka rozprostřená	<i>Fumana procumbens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Devaterníček šedý	<i>Helianthemum canus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
Devaterník velkokvětý pravý	<i>Helianthemum grandiflorum subsp. grandiflorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Devaterník velkokvětý tmavý	<i>Helianthemum grandiflorum subsp. obscura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dřín obecný	<i>Cornus mas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0,5
Dřišťál obecný	<i>Berberis vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Dub cer	<i>Quercus cerris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75	0,75	0,5
Dub zimní	<i>Quercus petraea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0,5
Dub pýřitý	<i>Quercus pubescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0,5	0,25
Dub letní	<i>Quercus robur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	1	0,5	0,5
Habr obecný	<i>Carpinus betulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0
Hloh obecný	<i>Crataegus laevigata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Hloh jednosemenný	<i>Crataegus monogyna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,5	0,5
Hloh velkoplodý	<i>Crataegus x macrocarpa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Hrušeň planá	<i>Pyrus pyraeaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Jabloň lesní	<i>Malus sylvestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0,5
Jalovec obecný pravý	<i>Juniperus communis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0,5	0
Jalovec obecný nízký	<i>Juniperus communis subsp. alpina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0,25	0
Jasan úzkolistý	<i>Fraxinus angustifolia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,5	0,25	0,5
Jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,75	0,5	1
Javor babyka	<i>Acer campestre</i>	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0,25	0,75	0,25	0,5
Javor mléč	<i>Acer platanoides</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0,25	0,75	0,5	0,5
Javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0,25	0,75	0,5	0,5
Jedle bělokorá	<i>Abies alba</i>	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0,5	0,75	0,5	0,25
Jeřáb muk	<i>Sorbus aria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,5	0
Jeřáb ptačí	<i>Sorbus aucuparia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Jeřáb oskeruše	<i>Sorbus domestica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Jeřáb břek	<i>Sorbus torminalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Jilm horský	<i>Ulmus glabra</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,5	0,25	0,5
Jilm vaz	<i>Ulmus laevis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,5	0,25	0,25
Jilm habrolistý	<i>Ulmus minor</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,25	0,25
Jmelí bílé borovicové	<i>Viscum album subsp. austriacum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jmelí bílé pravé	<i>Viscum album subsp. album</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
Kalina tušalaj	<i>Viburnum lantana</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	0,5	0,5
Kalina obecná	<i>Viburnum opulus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	0,5	0,5
Klikva bahenní	<i>Vaccinium oxycoccos</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	o	0,25
Klokoč zpeřený	<i>Staphylea pinnata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Kručinka německá	<i>Genista germanica</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	o	0,25
Kručinka chlupatá	<i>Genista pilosa</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	o	0,25
Kručinka barvířská	<i>Genista tinctoria</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	o	0,25
Krušina olšová	<i>Frangula alnus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	o
Kyhanka sivolistá	<i>Andromeda polifolia</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	0,25	0,25
Lilek potměchuť	<i>Solanum dulcamara</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Lípa malolistá	<i>Tilia cordata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	1	0,25	o
Lípa velkolistá	<i>Tilia platyphyllos</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	o	o
Líska obecná	<i>Corylus avellana</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	o
Lýkovec vonný	<i>Daphne cneorum</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	o	o
Lýkovec jedovatý	<i>Daphne mezereum</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,5	o	o
Mandloň nízká	<i>Prunus tenella</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	o	o
Mateřídouška olýsalá	<i>Thymus glabrescens</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mateřídouška panonská	<i>Thymus pannonicus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mateřídouška časná	<i>Thymus praecox</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mateřídouška vejčitá	<i>Thymus pulegioides</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mateřídouška úzkolistá	<i>Thymus serpyllum</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Medvědice lékařská	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,25	0,5	0,25
Modřín opadavý	<i>Larix decidua</i>	o	o	0,25	o	o	0,25	o	o	0,5	0,5	1	1
Ochmet evropský	<i>Loranthus europaeus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	o
Olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>	o	o	o	o	o	0,5	o	1	0,5	1	0,5	o
Olše šedá	<i>Alnus incana</i>	o	o	o	o	o	1	o	1	0,5	0,75	0,25	o
Olše zelená	<i>Alnus alnobetula</i>	o	o	o	o	o	0,25	o	1	0,25	0,5	0,25	o
Ostružiník sivý	<i>Rubus caesius</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník šedavý	<i>Rubus canescens</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník stažený	<i>Rubus constrictus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník moruška	<i>Rubus chamaemorus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník malinový	<i>Rubus idaeus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	0,5	0,5	0,25	0,25

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
Ostružiník vzpřímený	<i>Rubus nessensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník zřasený	<i>Rubus plicatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník struhákový	<i>Rubus radula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Ostružiník skalní	<i>Rubus saxatilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Ožanka kalamandra	<i>Teucrium chamaedrys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ožanka horská	<i>Teucrium montanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pelyněk ladní	<i>Artemisia campestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pelyněk pontický	<i>Artemisia pontica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plamének plotní	<i>Clematis vitalba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ptačí zob obecný	<i>Ligustrum vulgare</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,25
Rojovník bahenní	<i>Ledum palustre</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,5	0,25
Růže polní	<i>Rosa agrestis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže šípková	<i>Rosa canina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže podhorská	<i>Rosa dumalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže galská	<i>Rosa gallica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže Jundzilova	<i>Rosa jundzilii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže májová	<i>Rosa majalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže malokvětá	<i>Rosa micrantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže alpská	<i>Rosa pendulina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže bedrníkolistá	<i>Rosa pimpinelifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže vinná	<i>Rosa rubiginosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže Sherardova	<i>Rosa sherardii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Růže plstnatá	<i>Rosa tomentosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Rybíz alpský	<i>Ribes alpinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Rybíz skalní	<i>Ribes petraeum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Řešetlák počistivý	<i>Rhamnus cathartica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0,25
Skalník celokrajný	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Skalník černoplodý	<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25
Srstka angrešt	<i>Ribes uva-crispa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25	0
Střemcha obecná pravá	<i>Prunus padus subsp. avium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Střemcha obecná skalní	<i>Prunus padus subsp. borealis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
Svída krvavá	<i>Cornus sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,5
Šicha černá	<i>Empetrum nigrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25	0,25
Tavolník vrbový	<i>Spiraea salicifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Tis červený	<i>Taxus baccata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0,75	0
Topol bílý	<i>Populus alba</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Topol černý	<i>Populus nigra</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Topol osika	<i>Populus tremula</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0
Topol šedý	<i>Populus x canescens</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Trnka obecná	<i>Prunus spinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
Třešeň obecná (ptačí)	<i>Prunus avium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,25
Třešeň křovitá	<i>Prunus fruticosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Třešeň prostřední	<i>Prunus xeminens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Višeň turecká	<i>Prunus mahaleb</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
Vrba bílá	<i>Salix alba</i>	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
Vrba ušatá	<i>Salix aurita</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba popelavá	<i>Salix cinerea</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba lýkovcová	<i>Salix daphnoides</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba šedá	<i>Salix eleagnos</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba křehká	<i>Salix fragilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
Vrba bylinná	<i>Salix herbacea</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba laponská	<i>Salix lapponum</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba pětimužná	<i>Salix pentandra</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba nachová	<i>Salix purpurea</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba rozmarýnolistá	<i>Salix rosmarinifolia</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba slezská	<i>Salix silesiaca</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba trojmužná	<i>Salix triandra</i>	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba košíkářská	<i>Salix viminalis</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vrba červenavá	<i>Salix x rubens</i>	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0
Vřes obecný	<i>Calluna vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,75	0,5	0,25
Vřesovec pletový	<i>Erica herbacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25	0,25
Vřesovec čtyřřadý	<i>Erica tetralix</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0,25	0,25

Druh dřeviny		Citlivost dřeviny vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál dřeviny	
		C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.		
Zimolez černý	<i>Lonicera nigra</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,5
Zimolez obecný	<i>Lonicera xylosteum</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,5
Zimostrázek nízký	<i>Polygala chamaebuxus</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Zimozelen okolíkátý	<i>Chimaphila umbellata</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	0,25	0,25	0,25	0,25
Židoviník německý	<i>Myricaria germanica</i>	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

C. s. = *Colletotrichum salicis*, C. c. = *Cryptostroma corticale*, D. s. = *Dothistroma septosporum*, E. p. = *Eutypella parasitica*, H. f. = *Hymenoscyphus fraxineus*, M. h. = *Melampsorium hirsukanum*, O. n.-u. = *Ophiostoma novo-ulmi*, P. a. = *Phytophthora alni*, P. c. = *Phytophthora cinnamomi*, P. p. = *Phytophthora plurivora*, P. r. = *Phytophthora ramorum*

Příloha 2

Citlivost přírodních lesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči jedenácti vybraným druhům invazních nepůvodních patogenů dřevin. Stanoveno jako průměrná citlivost dřevin vůči patogenu vážená jejich rolí v biotopu. U druhu *Phytophthora ramorum* uveden též sporulační potenciál biotopů vypočtený jako průměrný

sporulační potenciál dřevin vážený jejich rolí v biotopu. Přehled je vytvořen na základě současných znalostí, tzn. může obsahovat jistou míru nejistoty a v budoucnu se může pohled na citlivost jednotlivých biotopů lišit.

Biotop	Citlivost biotopu vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál biotopu
	C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
L1	0	0	0	0	0	0,23	0	0,42	0,23	0,46	0,29	0
L2.1	0	0,13	0	0,13	0	0,63	0,13	0,63	0,41	0,69	0,28	0,16
L2.2	0,05	0,05	0,01	0,05	0,26	0,13	0	0,26	0,21	0,67	0,39	0,43
L2.3	0,03	0,03	0	0,06	0,20	0,03	0,16	0,06	0,18	0,54	0,29	0,39
L2.4	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,31	0,01	0,01
L3.1	0	0,07	0	0,11	0	0	0,03	0	0,28	0,68	0,33	0,33
L3.2	0,02	0,03	0,01	0,03	0	0	0,03	0	0,25	0,53	0,31	0,25
L3.3A	0	0,05	0	0,09	0	0	0	0	0,26	0,68	0,30	0,29
L3.3B	0	0,05	0	0,10	0	0	0	0	0,24	0,70	0,30	0,26
L3.3C	0	0,05	0	0,10	0	0	0	0	0,24	0,68	0,30	0,29
L3.3D	0	0,05	0	0,11	0	0	0	0	0,27	0,68	0,30	0,29
L3.4	0	0,03	0	0,06	0	0	0,06	0	0,28	0,54	0,34	0,32
L4	0	0,18	0	0,18	0,09	0	0,09	0	0,19	0,57	0,32	0,34
L5.1	0	0,14	0,09	0,14	0	0	0,05	0	0,42	0,70	0,47	0,26
L5.2	0	0,36	0,05	0,36	0	0	0	0	0,48	0,75	0,57	0,33
L5.3	0	0,04	0,04	0,04	0	0	0	0	0,42	0,55	0,38	0,24
L5.4	0	0,04	0,08	0,04	0	0	0	0	0,50	0,57	0,56	0,40
L6.1	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,32	0,33	0,29	0,30
L6.2	0	0,04	0	0,08	0	0	0	0	0,48	0,61	0,43	0,39
L6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0,48	0,30	0,31
L6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0,71	0,40	0,41
L6.5A	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,36	0,17	0,28
L6.5B	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0,39	0,21	0,29
L7.1	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0,59	0,62	0,43	0,44
L7.2	0,02	0	0,01	0	0	0,02	0	0	0,39	0,54	0,40	0,34
L7.3	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0,57	0,62	0,51	0,42

Biotop	Citlivost biotopu vůči patogenu											P. r. – sporulační potenciál biotopu
	C. s.	C. c.	D. s.	E. p.	H. f.	M. h.	O. n.-u.	P. a.	P. c.	P. p.	P. r.	
L7.4	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0,48	0,60	0,33	0,35
L8.1A	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0,43	0,37	0,38	0,22
L8.1B	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0,44	0,37	0,40	0,33
L8.2	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0,34	0,36	0,33	0,18
L8.3	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0,34	0,26	0,19	0,17
L9.1	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0,45	0,38	0,53	0,46
L9.2A	0	0	0,10	0	0	0,03	0	0	0,47	0,37	0,42	0,35
L9.2B	0	0	0,05	0	0	0,04	0	0,03	0,47	0,38	0,43	0,34
L9.3	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0,42	0,38	0,46	0,25
L10.1	0,01	0	0,06	0	0	0,03	0	0	0,40	0,40	0,40	0,22
L10.2	0	0	0,07	0	0	0,02	0	0	0,51	0,39	0,45	0,36
L10.3	0	0	0,11	0	0	0,01	0	0	0,49	0,35	0,39	0,25
L10.4	0	0	0,20	0	0	0,01	0	0	0,44	0,29	0,39	0,33

C. s. = *Colletotrichum salicis*, C. c. = *Cryptostroma corticale*, D. s. = *Dothistroma septosporum*, E. p. = *Eutypella parasitica*, H. f. = *Hymenoscyphus fraxineus*, M. h. = *Melampsorium hirsukanum*, O. n.-u. = *Ophiostoma novo-ulmi*, P. a. = *Phytophthora alni*, P. c. = *Phytophthora cinnamomi*, P. p. = *Phytophthora plurivora*, P. r. = *Phytophthora ramorum*

Příloha 3

Citlivost vybraných přírodních nelesních biotopů soustavy NATURA 2000 vůči pěti vybraným druhům invazních nepůvodních patogenů dřevin. Stanoveno jako průměrná citlivost dřevin vůči patogenu vážená jejich

Biotop	Citlivost biotopu vůči patogenu					P. r. – sporulační potenciál biotopu
	C. s.	D. s.	P. c.	P. p.	P. r.	
A1.1	-	-	1,00	0,75	0,50	0,25
A2.1	-	-	0,63	0,44	0,50	0,44
A2.2	-	-	0,50	0,38	0,63	0,63
A4.1	-	-	0,50	-	0,75	0,75
A4.3	-	-	-	0,50	-	-
A6A	-	-	0,67	0,50	0,58	0,50
A6B	-	-	0,50	0,44	0,44	0,38
A7	-	0,28	0,46	0,39	0,43	0,41
A8.2	-	-	0,22	0,32	0,20	0,10
T2.1	-	-	0,50	-	0,75	0,75
T2.3A	-	-	0,19	0,13	0,13	0
T3.2	-	-	0,22	0,18	0,17	0,17
T3.4A	-	-	0,25	0,09	0,06	0,14
T3.4B	-	-	0,25	0,09	0,06	0,14
T3.4C	-	-	0,18	-	-	-
T3.4D	-	-	0,18	-	-	-
T3.5A	-	-	0,15	-	-	-
T3.5B	-	-	0,15	-	-	-
T4.2	-	-	0,38	-	-	-
T8.1A	-	-	0,56	0,36	0,19	0,21
T8.1B	-	-	0,55	0,35	0,17	0,23
T8.2A	-	-	0,62	0,43	0,50	0,43
T8.2B	-	-	0,61	0,43	0,50	0,46
T8.3	-	-	0,58	0,42	0,56	0,52
R2.2	-	-	0,25	-	-	-
R2.3	-	-	0,50	-	0,13	0,25
R2.4	-	-	0,50	-	-	-

rolí v biotopu. U druhu *Phytophthora ramorum* je uveden též sporulační potenciál biotopů vypočtený jako průměrný sporulační potenciál dřevin vážený jejich rolí v biotopu.

Biotop	Citlivost biotopu vůči patogenu					P. r. – sporulační potenciál biotopu
	C. s.	D. s.	P. c.	P. p.	P. r.	
R3.1	-	-	0,46	0,30	0,30	0,27
R3.2	-	0,30	0,44	0,33	0,31	0,27
R3.3	-	-	0,50	-	-	-
R3.4	0,10	-	0,40	0,35	0,35	0,20
M7	-	-	-	-	-	-
S1.3	-	-	0,46	0,40	0,25	0,21
S1.5	-	-	0,25	0,28	0,26	0,24
K1	0,16	-	-	0,25	-	-
K2.1	1,00	-	-	0,31	-	-
K2.2	0,29	-	0,03	0,28	-	-
K3	-	-	0,26	0,30	0,26	0,35
K4A	-	-	0,25	0,21	0,19	0,04
K4B	-	-	-	0,17	0,04	0,06
K4C	-	-	0,25	0,22	0,14	0,29

C. s. = *Colletotrichum salicis*, D. s. = *Dothistroma septosporum*, P. c. = *Phytophthora cinnamomi*, P. p. = *Phytophthora plurivora*, P. r. = *Phytophthora ramorum*

STUDIO  **PRESS**

© Grafická úprava: Studio Press s. r. o.
Sazba a tisk: Studio Press s. r. o., Pardubice



ATLAS

potenciální distribuce vybraných
druhů invazních patogenů dřevin
a jejich impaktu na lesní ekosystémy v ČR

© Eva Chumanová et al., 2021