

MODELOVÁNÍ DISTRIBUCE PTAČÍCH DRUHŮ

Shrnutí disertační práce


Fakulta životního prostředí
Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

**Modelování distribuce
ptačích druhů**
(Modelling the distribution of bird species)

Disertační práce

Ing. Martin Tejkal

Praha, 2015



Doktorská dizertační práce „**Modelování distribuce ptačích druhů** (*Modeling the distribution of bird species*)“ byla vypracována v rámci doktorského studia na Katedře aplikované geoinformatiky a územního plánování Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze.

Uchazeč: **Ing. Martin Tejkal**

Obor: Aplikovaná a krajinná ekologie

Školitel: **prof. Ing. Jiří Zezulák, DrSc.**

Konzultant: **Ing. Petra Šímová, Ph.D.**

Oponenti:

RNDr. Tomáš Václavík, Ph.D., Přírodovědná fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc

RNDr. Dušan Romportl, Ph.D., Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2

prof. Mgr. Miroslav Šálek, Dr., Fakulta životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, Katedra ekologie, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchdol

Autoreferát byl rozeslán dne: 12. 8. 2015

Obhajoba dizertační práce se koná dne 14. září 2015 v 10:00, v zasedací místnosti Z234 Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

S dizertační prací je možné seznámit se na Oddělení pro vědu a výzkum FŽP ČZU v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

Obsah

KAPITOLA 1	4
Úvod.....	4
Cíle práce	6
Literatura	7
KAPITOLA 2	8
Stav habitatu jadrovej populácie hlucháňa hôrneho (<i>Tetrao urogallus</i>) v Západných Karpatoch: Je ešte pre hlucháňa na Slovensku miesto?	8
KAPITOLA 3	10
Fragmentace prostředí a její vliv na populaci tetřeva hlušce na Šumavě a v Bavorském lese.....	10
KAPITOLA 4	12
Evaluating forest management intensity on an umbrella species: capercaillie persistence in central Europe.....	12
KAPITOLA 5	14
Logging impacts on capercaillie (<i>Tetrao urogallus</i>) habitat distribution and connectivity in the Carpathians	14
KAPITOLA 6	16
Effects of temporally dependent and independent evaluation on the performance of species distribution models.....	16
KAPITOLA 7	18
English summary.....	18
KAPITOLA 8	21
Odborný životopis.....	21
Publikační aktivita.....	23

KAPITOLA 1

Úvod

Znalosti o geografickém rozšíření živočišných a rostlinných druhů jsou zásadní pro zachování a podporu biologické rozmanitosti (Krebs 1994). Přesto není pro většinu regionů a taxonů v současnosti k dispozici dostatek informací o jejich rozšíření i navzdory rychlému rozvoji informačních technologií (Elith & Leathwick 2009). Jeden z alternativních způsobů, jak tyto informace získat, nabízí modelování druhové distribuce (v anglické literatuře označované např. jako „Species distribution modelling“; SDM), které se zabývá odhadem rozšíření druhů v prostoru a čase. Predikční modely odvozují ekologické požadavky druhu z kombinace údajů o jejich výskytu a environmentálních podmínkách prostředí, obvykle pomocí statistického algoritmu (Guisan & Zimmermann 2000). Distribuce druhu je následně vyjádřena pomocí predikčních map, ve kterých jsou požadavky druhů na environmentální podmínky splněny.

Modelování druhové distribuce lze využít například v mapování rozšíření (nejen) ohrožených druhů a druhové diverzity, předpovídání šíření invazních druhů nebo obecně ve snaze porozumět vztahům mezi druhy a jejich prostředím a z nich plynoucím ekologickým závěrům (Franklin 2009; Peterson *et al.* 2011).

I přes intenzivní rozvoj této problematiky v posledních letech, o čemž svědčí i množství dosud publikovaných studií, se překvapivě málo studií zabývalo praktickým využitím SDM v praktické ochraně druhů (Zimmermann *et al.* 2010; Guisan *et al.* 2013). Navíc v současnosti chybí studie, které by představily tuto problematiku v podmínkách České republiky.

Při volbě cílové skupiny živočichů, které by posloužily účelům této práce, byly záměrně vybrány právě ptačí druhy. Ty jsou obecně považovány za dobré indikátory změn v biologické rozmanitosti, díky kterým lze odvodit informace i o výskytu/biologii řady dalších druhů (Bibby *et al.* 1992).

Cíle práce

Disertační práce si klade za cíl seznámit jejího čtenáře s problematikou modelování druhové distribuce a jejími hlavními aspekty. V praktické části je cílem využít potenciál tohoto přístupu k predikci rozšíření vybraných druhů ptáků a současně zkoumat možnosti jeho využití v jejich ochraně.

Dílčí cíle práce:

- A. Využít modelování druhové distribuce ptačích druhů v souboru studií zaměřených na:
 - a. modelování druhové distribuce ohrožených druhů ptáků v ČR
 - b. využití SDM k odhadu rozšíření tetřeva hlušce v Karpatech vzhledem k probíhající asanační těžbě lesních porostů
 - c. zkoumání vlivu časové ne/závislosti testovacích dat na výsledek modelování vodních ptáků v ČR
- B. Formulovat na základě výše uvedených studií potenciál SDM v ochraně ptačích druhů včetně doporučení k ověření jeho výsledků.

Literatura

- Bibby C. J., Burgess N. D., & Hill D. A.* (1992). *Bird census techniques*. Academic Press, UK.
- Elith J., & Leathwick J.* (2009). Conservation prioritisation using species distribution modelling. In Moilanen A., Wilson K. A. & Possingham H. (Eds.) *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools*. Oxford University Press: 70–93, UK.
- Franklin J.* (2009). *Mapping species distribution*, Cambridge University Press, UK.
- Guisan A. & Zimmermann N. E.* (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147–186.
- Guisan A., Tingley R., Baumgartner J. B., Naujokaitis-Lewis I., Sutcliffe P. R., Tulloch A. I. T., Regan T. J., Brotons L., McDonald-Madden E., Mantyka-Pringle C., Martin T.G., Rhodes J. R., Maggini R., Setterfield S. A., Elith J., Schwartz M. W., Wintle B. A., Broennimann O., Austin M., Ferrier S., Kearney M. P., Possingham H. P., Buckley Y. M.* (2013) Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters* 16: 1424–1435.
- Krebs C. J.* (1994). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Harper Collins College Publication, USA.
- Peterson A. T., Soberón J., Pearson R. G., Anderson R. P., Nakamura M., Martinez-Meyer E., & Araújo M. B.* (2011). *Ecological Niches and Geographical Distributions*. Princeton University Press, USA.
- Zimmermann N. E., Edwards T. C., Graham C. H., Pearman P. B., & Svenning J. C.* (2010). New trends in species distribution modelling. *Ecography* 33: 985–989.

KAPITOLA 2

Stav habitatu jadrovej populácie hlucháňa hôrneho (*Tetrao urogallus*) v Západných Karpatoch: Je ešte pre hlucháňa na Slovensku miesto?

Abstrakt

Územie Nízkych Tatier a Veľkej Fatry predstavuje jadrovú populáciu hlucháňa hôrneho (*Tetrao urogallus*) v Západných Karpatoch. Po veternej smršti v roku 2004 tu došlo k významným zásahom do jeho habitatu. Pre záchranu tohto vtáčieho druhu sú kľúčové ucelené informácie o kvalite a rozlohe habitatu, ktoré sme spracovali v tejto štúdii, pomocou dvoch metodických prístupov. V rokoch 2011–2012 sme v uvedených pohoriach vykonali hodnotenie prostredia a výskytu tetrao hlucháňa na 666 bodových transektoch umiestnených na línii o dĺžke 132 km. Na posúdenie vhodnosti habitatov na úrovni porastu sme použili index vhodnosti habitatu (HSI). Na vytvorenie modelu vhodného habitatu na úrovni krajiny sme využili komplexný model MaxEnt. HSI na plochách suchého lesa bolo štatisticky významne vyššie v porovnaní s asanovanou plochou. HSI bol najvyšší pre prales, nižší pre hospodársky les a najnižší pre holiny. Z aplikácie modelu MaxEnt vyplynulo, že na úrovni krajiny najlepšie vysvetľovali prítomnosť hlucháňa premenné: priemerná ročná teplota, priemerné júlové zrážky, krajinná pokrývka, nadmorská výška (m n. m.), druhové zloženie porastu a zakmenenie porastu. Potenciálne vhodné územie pre výskyt hlucháňa malo rozlohu 180 km² (16 % lesných porastov modelového územia). Táto rozloha je pre minimálnu životaschopnú populáciu hlucháňa nedostatočná. Dochádza k fragmentácii habitatu vykonanými lesohospodárskymi zásahmi. Ohrozenie zdrojovej populácie hlucháňa predstavuje ohrozenie celoslovenskej populácie.

Je potřebné zabrániť ďalšej strate vhodných porastov a zmeniť spôsob manažmentu.

Klíčová slova

Ohrozené druhy, manažment lesa, hodnotenie biotopu, strata biotopu, minimálna životaschopná populácia

Citace

Mikolaš M., Kalafusova I., **Tejkal M.**, Černajova I., Michalova Z., Hlasny T., Barka I., Zrnikova K., Bače R. & Svoboda M. (2013). Stav habitatu jadrovej populácie hlucháňa hôrneho (*Tetrao urogallus*) v Západných Karpatoch: Je ešte pre hlucháňa na Slovensku miesto? *Sylvia* 49: 79–98.

KAPITOLA 3

Fragmentace prostředí a její vliv na populaci tetřeva hlušce na Šumavě a v Bavorském lese.

Abstrakt

Šumavská populace tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*) je v současnosti jedinou životaschopnou populací tohoto druhu v České republice. Její početnost se pohybuje na kritické hranici, kdy je možná její dlouhodobá existence. Pro úspěšnou ochranu tohoto deštníkového druhu je nezbytné stanovit velikost a prostorové rozmístění vhodného habitatu a míru jeho fragmentace. Uvedené aspekty jsou v této studii řešeny za pomoci metody maximální entropie, teorie grafů a simulace potenciálního pohybu tetřeva. Dle výsledků této studie lze nalézt nejvhodnější habitatové podmínky pro tetřeva v centrální (“jádrové”) části Šumavy a několika omezeně propojených lokalitách. Celková rozloha potenciálně vhodného habitatu tetřeva činí 503 km², z nichž 95 km² nepodléhá cílené ochraně. Omezené propojení lze nalézt především mezi populací tetřeva v jádrové části Šumavy a populací obývajících Trojmezenskou hornatinu, navíc silně závislé na přítomnosti vhodných biotopů na bavorské straně Šumavy. Podobně bylo nalezeno velmi slabé propojení vhodných biotopů v okolí Železné Rudy a biotopů nacházejících se v okolí Velkého Javoru, Jezerní hory a Můstku. Fragmentace vhodných území je v současnosti silně ovlivněna dopravními komunikacemi a frekventovanými turistickými stezkami. Pro zachování stávající populace tetřeva je žádoucí udržovat rozsáhlá území vhodných biotopů a jejich vzájemné propojení, zabezpečující úspěšnou vnitrodruhovou komunikaci. Současně je třeba věnovat více pozornosti okrajovým a izolovaným populačním jednotkám (zejména pokud nepodléhají cílené ochraně), jejichž zánik by mohl vést k oslabení celé populace.

Klíčová slova

Bavorský les, Conefor, fragmentace biotopu, Maxent, Šumava, Tetrao urogallus

Citace

Tejkal M., Mikoláš M. & Volf O. (2015). Fragmentace prostředí a její vliv na populaci tetřeva hlušce na Šumavě a v Bavorském lese. (Accepted in *Sylvia*)

KAPITOLA 4

Evaluating forest management intensity on an umbrella species: capercaillie persistence in central Europe.

Abstrakt

Deforestation and fragmentation of forests worldwide are negatively impacting biodiversity. The capercaillie (*Tetrao urogallus*) is an endangered umbrella species of montane forests in central Europe. Despite its status, it has largely been overlooked in forest management planning in the Carpathian Mountains, a biodiversity hotspot within the European Union. Previous investigations of timber management effects on capercaillie have shown contradictory results within Europe; habitat loss and fragmentation due to intensive forest management have been implicated in population declines, while other studies have suggested neutral or positive effects. In Romania, recent changes in forest management have shifted from extensive, selective logging to intensive clearcutting; this change provides the opportunity to assess the effects of harvesting on capercaillie numbers across a full range of forest management intensities, thereby addressing discrepancies in the literature. Across the Southern and Eastern Carpathian mountains from 2009–2011, we used spring counts of capercaillie males at leks to evaluate the impact of forest management, other human activities, and habitat at two spatial scales – stand (~2 ha) and landscape (~300 ha). At the landscape level, the proportion of forest clearcuts and intensity of tourism had significant negative effects on the number of capercaillie males in the lek. In contrast, low intensity selective logging had a positive effect at the local stand (lek) level. Large scale (landscape level) forest clear-cutting had a negative effect on the capercaillie population –

areas comprised of clearcuts of 30% reduced male lek counts by 76%. The protection of intact mature and old-growth forests, and forest management practices that emulate natural disturbance processes are recommended to support habitat of this critical umbrella species and associated biodiversity.

Klíčová slova

Capercaillie, Habitat requirements, Anthropogenic threat, Umbrella species, Ecological forestry, Forest management

Citace

Mikoláš M., Svitok M., **Tejkal M.**, Leitão P. J., Morrissey R. C., Svoboda M., Seedre M. & Fontaine J. B. (2015). Evaluating forest management intensity on an umbrella species: capercaillie persistence in central Europe. *Forest Ecology and Management* 354: 26–34.

KAPITOLA 5

Logging impacts on capercaillie (*Tetrao urogallus*) habitat distribution and connectivity in the Carpathians

Abstrakt

Habitat destruction and fragmentation are major drivers of local and global extinctions and information about the distribution and connectivity of suitable habitat for species of conservation concern is therefore important. Capercaillie (*Tetrao urogallus*), Europe's largest grouse species are increasingly threatened as the species is highly sensitive to habitat fragmentation. The Carpathian Mountains are one of the last strongholds of capercaillie in Europe, yet drastic changes in forest management and harvesting levels since the 1990s may have affected capercaillie negatively. To assess these impacts, we modelled capercaillie habitat across the Carpathians, using a species distribution modelling approach. We then use this model to quantify the impact of clear-cutting, mapped from Landsat satellite images, on habitat distribution and functional connectivity between 1985 and 2010. Capercaillie presence was best explained at the landscape scale by variables relating to climate, topography, forest composition and configuration, and the distance to roads and settlements. The total area of suitable habitat was 7,510 km² in 1985, but 1,109 km² of this habitat was lost until 2010 due to large-scale logging. Surprisingly, the loss of suitable habitats was higher inside protected areas (574 km²) than outside (535 km²). Functional connectivity, measured by the Equivalent Connected Area (ECA) index, declined by approximately 33% since 1985. Together, this suggests that suitable capercaillie habitat in the Carpathians is increasingly fragmented, with many patches likely not sufficiently large to

sustain viable populations. Larger areas with a high habitat suitability were also often far apart from each other, suggesting connectivity is critical for ensuring capercaillie persistence across the Carpathians. To protect capercaillie, forest management in important capercaillie areas should be adapted and include conservation goals, for example by refraining from large-scale clear-cutting, including salvage logging following insect outbreaks. Our study suggests capercaillie in the Carpathian Mountains are increasingly threatened by intensive forest management and highlight how habitat modelling and connectivity analyses can inform landscape-scale conservation planning to mitigate these threats.

Klíčová slova

Capercaillie, Umbrella species, Habitat fragmentation, Forest disturbances, Species distribution modelling

Citace

Tejkal M., Mikoláš M., Kuemmerle T., Griffiths P., Svoboda M., Leitão P. J., Hlásny T. & Morrissey R. C. (2015). Forest management impacts on capercaillie (*Tetrao urogallus*) habitat distribution and connectivity in the Carpathians. (Submitted in *Biological Conservation*).

KAPITOLA 6

Effects of temporally dependent and independent evaluation on the performance of species distribution models.

Abstrakt

Various evaluation approaches have been used to assess performance of species distribution models. Partitioning the original data of species occurrences to develop evaluation datasets is currently the most widespread approach. Unfortunately, such test data is not temporally independent. Some recent studies, however, have claimed that this approach provides overly optimistic model assessments compared to the generally recommended independent evaluation, wherein species occurrence data, for example, comes from different years or field surveys. To verify these claims, we used presence–absence data for 24 wintering waterbird species which was gathered in the Czech Republic during mid-January as part of the worldwide International Waterbird Census. To

ensure the robustness of our analysis, we tested differences between temporally dependent and independent evaluation using six common modelling techniques (two regression-based, three machine-learning, and one consensus) by means of four evaluation metrics (true skill statistic, kappa statistic, overall accuracy, and area under the receiver operating characteristic curve). Surprisingly, we found that performance of these two evaluation approaches varied substantially among all modelling techniques and evaluation metrics used. Our results indicate that overestimation of a model's performance may be strongly affected by the selected technique and evaluation metric. Therefore, assessment of species distribution models needs

to be carefully evaluated using several modelling techniques as well as accuracy metrics and should consider the effect of their selection on model performances. If there are no appropriate temporally independent data, evaluation using unbiased data coming from an adequate and correctly divided original dataset may also be used to create effective model selection tools.

Klíčová slova

Ecological niche modelling, Model performance, Overfitting, independent evaluation, International Waterbird Census

Citace

Tejkal M., Musil P. & Musilová Z. (2015). Effects of temporally dependent and independent evaluation on the performance of species distribution models. (Submitted in *Ecological Informatics*).

KAPITOLA 7

English summary

The present dissertation focuses on the issue of species distribution modelling (SDM) and its application in practical protection of selected bird species. This chapter briefly summarises the most important results and conclusions of the studies presented in full in chapter four of the original paper.

The first study (chapter 4.1) determined the geographical extent of the potentially suitable habitat for the capercaillie in Slovakia, representing the current minimum area for preserving its viable population. In this study, we also confirmed the validity of the HSI method (Storch, 2002), which helped us identify the capercaillie's higher preference for dry forest compared to areas with salvage logging. In the second study (chapter 4.2), we analysed the capercaillie's biotope preferences and the degree of fragmentation of its potential biotope in the Šumava and the Bavarian Forest. Based on the results, the best conditions for the capercaillie can be found in the central ("core") part of the Šumava and several partially connected sites. In spite of their relatively good interconnection, there is a justified concern about further increase in their fragmentation. This is caused primarily by inappropriate

forest management (logging) and development of tourism resorts, ski slopes and routes. Additional important findings are made in the third study (chapter 4.3), dealing with the effect of forest management on the fragmentation of the capercaillie's habitat in the Carpathians in the post-communist era. Besides findings concerning response to important environmental conditions at the landscape level, the study brings surprising results relating to the long-term loss of capercaillie suitable habitat (since 1985) and thus, their functional connectivity. The situation has been caused primarily by application of intensive forest management. The causes and impacts of this problem are examined in the penultimate study (chapter 4.4). There, the results of the regressive model confirmed the crucial importance of anthropogenic factors in explaining the capercaillie distribution. Specifically, they comprised the proportion of forest clearcuts, tourism intensity and selecting logging. One solution leading to improvement in the existing situation is a return to the original (extensive and "capercaillie-friendly") forest management. The results of the last, purely methodological study (chapter 4.5) present a comparison of two methods for evaluation of predictive models. Surprisingly, the results of this study show a noticeably inconsistent performance of prediction across time-(in)dependent evaluation methods, and are in contradiction of some of the present opinions.

The studies congruently demonstrate the various methods of application of species distribution modelling in practical protection of bird species. In this respect, SDM seems to be a promising tool for examining the relationship between a species and its environment, with a large potential in the conservation practice. At the same time, however, it must be noted that it is by far not the only (let alone absolutely objective) method of defining the extent of a selected species, for example. As a matter of principle, even the best model cannot describe the complex relationships between a species and its environment, and it will always be only a better or worse generalisation of reality.

Dissertation thesis consists of five studies, three of them are currently published (or are accepted for publishing) in journals *Sylvia* and *Forest Ecology and Management*. The results of two other studies are currently subject to a review procedure in journals *Ecological Informatics* and *Biological Conservation*.

KAPITOLA 8

Odborný životopis

Ing. Martin Tejkal

E-mail: tejkal@fzp.czu.cz
Telefon: +420 774 112 626
Adresa: Nerudova 24, Jihlava



Téma práce: **Modelování distribuce ptačích druhů**

Vzdělání:

- | | |
|-------------------|--|
| 2010 – současnost | Ph.D. – Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování,
Stud. program: Aplikovaná a krajinná ekologie |
| 2008/10 | Ing. - Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí,
Stud. program: Aplikovaná ekologie |
| 2004/08 | Bc. - Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí,
Stud. program: Aplikovaná ekologie |
| 2000/04 | Střední škola - FARMEKO, Jihlava,
Stud. program: Ekologie a životní prostředí |

Jazykové znalosti:

Angličtina – středně pokročilý

Zaměstnání:

02/2013 – 08/2015 Odborný asistent - Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Výuka na ČZU:

Geografické informační systémy (I, II), Modelování změn v krajině, GIS v ochraně přírody, Sběr a zpracování prostorových dat, Využití výpočetní techniky (2010 – 2015).

Vedené práce:

Kristýna Pokorná, Bc. Bullová Eva (Bc. 2015), Modelování rozšíření rysa ostrovida (*Linx linx*) v České republice

Markéta Chaloupková, Bc. (Bc. 2015), Predikce rozšíření ptačích druhů

Soňa Müllerová (Bc. 2016), Modelování potenciálního rozšíření invazních druhů rostlin v České Republice

Bc. Petra Pechová (Ing. 2017), Vliv detektability ptačích druhů na přesnost modelování jejich prostorové distribuce.

Granty:

2012/14 Vliv použitých geodat na výsledky analýz distribuce ptáků, CIGA CZU 20124215

2012/13 Modelování distribuce ptačích druhů, IGA FŽP 20124258

2015/17 Využití dat z dlouhodobých monitorovacích programů pro modelování detektability a skutečné distribuce ptáků, CIGA CZU 20154254

Publikační aktivita

Články publikované ve vědeckých časopisech s IF:

Mikoláš M., Svitok M., **Tejkal M.**, Leitão P. J., Morrissey R. C., Svoboda M., Seedre M. & Fontaine J. B. (2015). Evaluating forest management intensity on an umbrella species: capercaillie persistence in central Europe. *Forest Ecology and Management* 354: 26–34.

Články odeslané do vědeckých časopisů s IF:

Tejkal M., Mikoláš M., Kuemmerle T., Griffiths P., Svoboda M., Leitão P. J., Hlásny T. & Morrissey R. C. Logging impacts on capercaillie (*Tetrao urogallus*) habitat distribution and connectivity in the Carpathians. Recenzní řízení v *Biological Conservation*.

Tejkal M., Musil P. & Musilová Z. (2015). Effects of temporally dependent and independent evaluation on the performance of species distribution models. Recenzní řízení v *Ecological Informatics*.

Články publikované ve vědeckých časopisech v databázi SCOPUS:

Mikoláš M., Kalafusova I., **Tejkal M.**, Černajova I., Michalova Z., Hlásny T., Barka I., Zrníková K., Bače R. & Svoboda M. (2013). Stav habitatu jadrovej populácie hlucháňa hôrneho (*Tetrao urogallus*) v Západných Karpatoch: Je ešte pre hlucháňa na Slovensku miesto? *Sylvia* 49: 79–98.

Tejkal M., Mikoláš M. & Volf O. (2015). Fragmentace prostředí a její vliv na populaci tetřeva hlušce na Šumavě a v Bavorském lese. *Sylvia* – přijato.

Abstrakty a sborníky z konferencí:

Mikoláš M., Svitok M., **Tejkal M.**, Morrissey R. C., Trotsiuk V., Janda J., Bače R., Mrhalová H., Svoboda M., (2015). Habitat suitability, loss and connectivity of capercaillie populations in the Carpathians. ARANGE Science Conference 6. – 9.7., High Tatra Mountains, Slovakia.

Tejkal M., (2012). Modelování distribuce ptačích druhů. In Harabiš, F., & Solský, M. (Eds.), Kostecké inspirování, sborník abstraktů 4. Ročníku konference 29. – 30.11. Kostelec nad Černými lesy. Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 978-80-213-2317-9.

Tejkal M., (2011). Vyhodnocení modelů pro predikci výskytu ptačích druhů. In Harabiš, F., & Solský, M. (Eds.), Kostecké inspirování, sborník abstraktů 3. Ročníku konference 23. – 24.11. Kostelec nad Černými lesy. Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 978-80-213-220-2.