

GEOBIOCENOLOGICKÁ TYPOLOGIE A SCÉNÁŘE VLIVŮ KLIMATICKÝCH ZMĚN NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

GEOBIOCOENOLOGICAL TYPOLOGY AND SCENARIOS OF CLIMATE CHANGE IMPACTS ON THE TERRITORY OF THE CZECH REPUBLIC

Antonín Buček¹, Ivo Machar², Veronika Vlčková³

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie. bucek@mendelu.cz

²Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra rozvojových studií, ivo.machar@upol.cz

³České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav aplikované informatiky v dopravě, v.vlc@seznam.cz

ABSTRACT

The paper demonstrates the methodology and results of a prognostic scenarios of climatic conditions of vegetation tiers in the landscape of Czech Republic. The model uses climatological prediction data and geobiocoenological characteristics of vegetation tiers of the landscape from the Register of biogeography. The mathematical model of the shift in vegetation tiers due to defined climate change is designed as a set of special programs (programming language FORTRAN) and GIS Arc/Info applications. According to the model, the projected trends in climatic conditions of vegetation tiers will be demonstrated by a substantial improvement in the conditions suitable for xerothermophilous Ponto-Pannonian biota in Czechia (the area of the 1st vegetation tier will increase). On the contrary, the size of the area with climatic conditions of 6th to 8th vegetation tiers will decrease. The model allows the algorithmization of specific climatic growing conditions of individual biological species (e.g. agricultural crops or forest trees) and, therefore, it can be applied not only to the creation of scenarios of climate change in the landscape but also as a support tool for creating strategies of adaptation and mitigation measures.

Key words: climate change, vegetation tiers, Czech Republic

Úvod

V zemské atmosféře dochází ke zvyšování koncentrace plynů, vyvolávajících skleníkový efekt. Koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší, která na počátku průmyslové revoluce kolem roku 1700 činila 250 ppm, se v současnosti zvýšila na 400 ppm. Naprostá většina odborníků se shoduje na tom, že antropicky podmíněné zvyšování obsahu plynů, vyvolávajících skleníkový efekt, vyvolává globální klimatické změny.

Cílem biogeografické diferenciací krajiny v geobiocenologickém pojetí je vytvoření uceleného souboru podkladů pro územní a krajinné plánování, pro péči o krajinu, ochranu přírody a krajiny a navazující obory. Metodický postup biogeografické diferenciací krajiny v geobiocenologickém pojetí (viz např. LACINA et al. 2015) využívá moderní koncepční přístupy biogeografie, ekologie krajiny a geobiocenologie, jeho výsledkem jsou prostorové rámce, umožňující exaktně diferencovat péči o krajinu. Postup biogeografické diferenciací krajiny se skládá z řady vzájemně propojených etap, cílevědomě využívajících návaznost individuálního a typologického členění krajiny. Součástí tohoto postupu je také prognóza změn vegetační stupňovitosti v důsledku globálních změn klimatu.

Vhodným prostorovým rámcem pro predikci vlivů klimatických změn na přírodu ČR jsou vegetační stupně, které jako nadstavbové jednotky geobiocenologické typologie krajiny vyjadřují závislost bioty na dlouhodobém působení výškového a expozičního klimatu,

především na teplotách ovzduší a množství a rozložení atmosférických srážek. Geobiocenologická typologie krajiny je založena na teorii typu geobiocénu a v tomto pojetí tedy vegetační stupně zahrnují soubor potenciálních přírodních a do různého stupně změněných současných geobiocenóz až geobiocenoidů. Současné rozdíly ekotopu, bioty a antropogenních vlivů v rámci vegetačních stupňů jsou popsány v charakteristikách nadstavbových jednotek geobiocenologické typologie (BUČEK, LACINA 2007).

Cílem tohoto příspěvku je prezentovat východiska, metodický postup a dosavadní výsledky tvorby scénářů změn vegetační stupňovitosti, využívajících originálně vytvořené počítačové modely (VLČKOVÁ 2014). Starší prognostický model, vznikající od 90. let 20. století označujeme GEOBIOCÉN 1, novější, využívaný v současné době jsme nazvali GEOBIOCÉN 2.

METODIKA

Pro zpracování scénářů posunu vegetačních stupňů v důsledku vlivu klimatických změn na území ČR byl využit registr biogeografie, který obsahuje informace o zastoupení nadstavbových jednotek geobiocenologického členění krajiny v katastrálních územích České republiky (BUČEK, LACINA 1988, MACHAR 2013). Registr biogeografie vznikl jako součást ISÚ – Integrovaného informačního systému o území (KOPECKÁ 1994, BUČEK, KOPECKÁ 1993). Katastrální území bylo vybráno jako základní prostorová jednotka registru biogeografie především proto, aby bylo možné hodnotit dynamiku změn v krajině s využitím těch periodicky obnovovaných databází ISÚ, které charakterizují současný stav a zatížení krajiny (zvláště využití půdního fondu a počet obyvatel). V těchto databázích je základní prostorovou jednotkou katastrální území nebo jiný svázaný prvek územní identifikace. Takto daná výhodná možnost vytváření aplikačních programů, využívajících aktuálních údajů o faktorech působících na krajinu, byla hlavním důvodem použití katastrálních území jako základních prvků registru biogeografie, přičemž přinejmenším vyvážila negativní stránky tohoto prostorového rámce. Katastrální území jako historicky podmíněné jednotky členění území pro účely evidence nemovitostí a druhů ploch nejsou homogenní z hlediska přírodních podmínek, mají velmi různou velikost a rozmanitý tvar. Nevýhodou soustavy katastrálních území je tedy to, že se jedná o nepřírozené, uměle antropogenně vymezené prostory, jejichž hranice jen málokdy odpovídají přírodním hranicím homogenních jednotek členění krajiny na různých hierarchických úrovních.

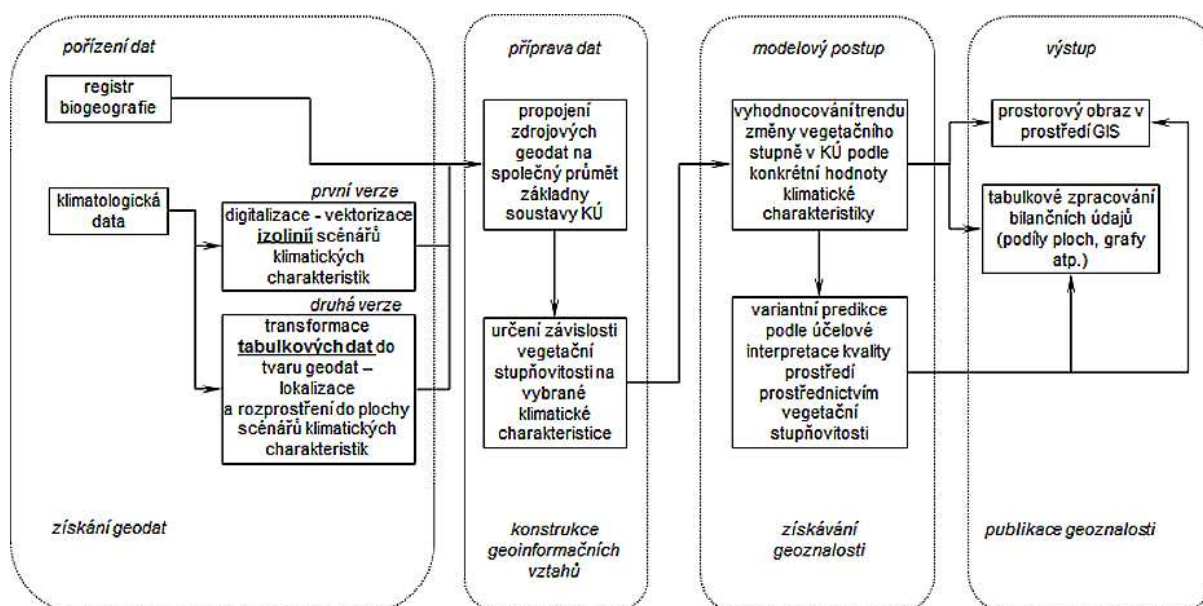
Nadstavbové jednotky geobiocenologické typologie krajiny, použité jako obsahová náplň registru biogeografie, jsou typologickými (homogenními) jednotkami chorické úrovně. Jednotlivá katastrální území jsou v registru biogeografie charakterizována jejich typickými kombinacemi. Každé katastrální území je v registru biogeografie charakterizováno třemi údaji v pořadí: kód vegetační stupňovitosti – kód trofických řad – kód hydrických řad. Hlavním podkladem pro naplňování registru biogeografie byly biogeografické mapy potenciálních přírodních geobiocenóz v měřítku 1:200 000, zpracované v bývalém Geografickém ústavu ČSAV v Brně. Plošné zastoupení geobiocenologických jednotek v katastrálních územích bylo zpracováno expertním odhadem. Počet katastrálních území (cca 13 000) a jejich průměrná velikost (6 km²) umožňují dostatečně výstižnou charakteristiku zastoupení těchto jednotek na regionální úrovni ČR.

Charakter vegetační stupňovitosti v katastrálních územích ČR vystihuje v registru biogeografie 26 kódovacích jednotek, z nichž sedm je homogenních (zahrnuje výskyt pouze jednoho vegetačního stupně) a 19 heterogenních. Obsah heterogenních kódů byl vymezen tak, že zahrnuje převládající vegetační stupeň (50–70 % plochy katastrálního území) a vegetační stupeň navazující (30–50 % plochy katastrálního území), případně i jemnější odlišení zastoupení vegetačních stupňů, především v horských oblastech, pro jejichž katastrální území jsou charakteristické kombinace 5. až 8. vegetačního stupně.

Pro tvorbu scénáře změn vegetačních stupňů byl vypracován model, založený na prognostické metodě prostorových analogií (Obr. 1). Počítačový model posunu vegetačních stupňů v důsledku prognózovaných globálních klimatických změn je řešen jako soubor speciálních programů (programovací jazyk FORTRAN) a aplikací v prostředí GIS produktů Esri (VLČKOVÁ 2014). K definičním bodům katastrálních území jsou přiřazeny klimatické charakteristiky v jednotlivých časových horizontech. Jako vztahový ukazatel je použit Langův dešťový faktor (LDF), což je poměr ročního úhrnu srážek v mm k průměrné roční teplotě ve °C. Vypracovaný model lze označit z hlediska klasifikace modelů předvídání vlivů globálních změn na terestrické ekosystémy jako nedynamický korelativní model, vycházející ze vztahu mezi současnými klimatickými podmínkami a vegetačními typy. Jedná se o model statický, neumožňující předpovídat rychlost změn vegetace, jestliže dojde ke změnám klimatických podmínek. Základem modelu je jednak vztah současné vegetační stupňovitosti a disponibilních klimatických charakteristik, jednak předpoklad, že i v budoucnu bude tento vztah zachován. Předpokládané změny klimatických podmínek se tedy projeví v posunu současné vegetační stupňovitosti.

První výsledky modelování potvrdily dříve formulovanou hypotézu, že na území ČR existují regionální rozdíly v klimatických charakteristikách vegetačních stupňů, které se projeví i v trendu posunu vegetační stupňovitosti v důsledku globálního oteplení (BUČEK, KOPECKÁ 1994). Jako nejvhodnější prostorové rámce pro regionální scénáře byly vybrány biogeografické regiony (CULEK 1996). Regionální scénář trendu změn vegetační stupňovitosti na území ČR byl zpracován následujícím postupem:

- byly zjištěny současné i prognózované klimatické charakteristiky v katastrálních územích určitého biogeografického regionu
- scénář trendu posunu vegetačních stupňů byl zpracován na základě grafu vztahu vegetačních stupňů a hodnot Langova dešťového faktoru v jednotlivých biogeografických regionech, v případě posunu vegetační stupňovitosti do těch kategorií, které se v současnosti v bioregionu nevyskytují, byly použity vztahy odvozené v sousedních regionech, případně i celorepublikové průměry
- jednotlivé regionální modely byly složeny do celorepublikového modelu ČR a kartograficky znázorněny v souboru map.



Obr.1: Schéma postupu algoritmizace modelu GEOBIOCEN

Zdrojem klimatických dat pro prognostický model GEOBIOCÉN 1 byl regionální scénář klimatické změny na území ČR, zpracovaný počátkem 90. let 20. století. Při jeho tvorbě vycházeli klimatologové z globálních scénářů a modelů. Pro růst emisí skleníkových plynů byl použit scénář BaU (Business as Usual), který je založen na uvažovaném zdvojnásobení koncentrací skleníkových plynů oproti předindustriálnímu období již kolem roku 2030. Podkladem pro prognózu trendů změn vegetační stupňovitosti se staly mapy izolinií průměrných ročních teplot a průměrných ročních úhrnů atmosférických srážek na území České republiky, zjištěných za období 1960-1990 a předpovězených pro rok 2030 podle regionálního scénáře klimatických změn pro území ČR.

Zdrojem klimatologických dat pro model GEOBIOCÉN 2 je predikční klimatická databáze CLIDATA Českého hydrometeorologického ústavu, obsahující validovanou databázi klimatických prvků vypočítaných modelem ALADIN-CLIMATE.CZ pro období 2010–2100 podle scénáře SRES A1B. Tato databáze váže data na soustavu 131 bodů pravidelně rozmístěných po celém území České republiky v podobě pravidelné lichoběžníkové sítě. Klimatické charakteristiky byly definičním bodům Registru biogeografie přiřazeny analyticko-geometrickou cestou konstrukce podrobnější sítě bodů v území (krok 250 m), do nichž jsou gradientní metodou přepočteny hodnoty klimatických veličin příslušných čtyř nejbližších sousedních původních bodů klimatické databáze ČHMÚ.

VÝSLEDKY

Změny ploch s klimatickými podmínkami jednotlivých vegetačních stupňů podle prognostických scénářů GEOBIOCÉN 1 a GEOBIOCÉN 2 jsou prezentovány v Tab. 1. Časové horizonty změn jsou odlišné v závislosti na vstupních klimatologických podkladech, ale trendy změn jsou totožné. Dochází k výraznému zlepšení podmínek pro xerotermofilní ponticko-panonskou biotu, neboť se zvyšuje rozsah území s klimatickými podmínkami současného 1. a 2. vegetačního stupně. Postupně dochází k omezení plochy území s podmínkami pro existenci druhů střevoevropských listnatých lesů, neboť se zmenšuje plocha území s klimatickými charakteristikami 3.-5. vegetačního stupně. Výrazně se zmenší rozsah území s podmínkami pro výskyt horských druhů boreálního rozšíření, vázaných na chladnější a vlhčí klima, neboť plocha území s klimatickými podmínkami 6.-8. vegetačního stupně se zachová jen výjimečně.

Vegetační stupeň	GEOBIOCÉN 1		GEOBIOCÉN 2			
			Rok			
	1990	2030	2030	2050	2070	2090
1 – dubový	3,46	29,44	3,98	12,78	38,41	38,41
2 – bukodubový	12,01	17,11	14,29	5,49	38,51	38,51
3 – dubobukový	18,21	27,40	20,14	20,14	16,41	16,41
4 – bukový původně rozlišováno: 4a – bukový 3b a 4b – dubojehličnatý	43,24	20,07	54,92	54,91	5,60	6,39
5 – jedlobukový	19,52	4,77	5,60	5,60	1,08	0,28
6 – smrkojedlobukový	2,51	1,22	0,80	0,80	0,00	0,00
6 až 7 – smrkový	0,80	0,00	0,28	0,28	0,00	0,00
6 až 8 – klečový	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab.1: Scénáře změn vegetační stupňovitosti na území ČR – podíl výměry v % z plochy ČR

V následujícím přehledu prezentujeme publikované výsledky aplikace obou prognostických modelů. Jednotlivé publikace obsahují kromě podrobné charakteristiky metodického přístupu a dosažených výsledků také jejich srovnání v mezinárodním kontextu.

Starší prognostický počítačový model, který v současné době označujeme GEOBIOCÉN 1 vznikl v 90. letech minulého století, změny vegetační stupňovitosti zjištěné podle tohoto modelu a jejich hodnocení byly publikovány až počátkem tohoto století (BUČEK, KOPECKÁ 2001a,b, 2004, 2009b). Mapa změn vegetační stupňovitosti a mapy změn podmínek pro pěstování smrku ztepilého a buku lesního byly zařazeny do Atlasu krajiny České republiky (BUČEK, VLČKOVÁ 2009a). Samostatně byl publikován komentář k souboru map s prognózou možných důsledků globálních klimatických změn na přírodu ČR (BUČEK, VLČKOVÁ 2011). Při interpretaci výsledků jsme konstatovali, že v případě, že dojde k naplnění předpokladů scénáře změn klimatu, budou ekologické projevy těchto změn odpovídat s velkou pravděpodobností regionálnímu scénáři trendu změn vegetační stupňovitosti a upozorňovali na to, že se jedná o nedynamický korelativní model, neumožňující předpovídat rychlost změn vegetace.

V současné době jsou postupně publikovány výsledky, dosažené aplikací novějšího prognostického modelu GEOBIOCÉN 2. Souborný článek je věnován využití geobiocenologické typologie krajiny při modelování důsledků klimatických změn. Obsahuje metodologii a příklady výsledků obou prognostických modelů (VLČKOVÁ et al. 2015). V kontextu současného stavu modelování vegetační stupňovitosti je podrobně představen metodologický koncept modelu GEOBIOCÉN 2, charakterizovány vstupy do modelu a prezentovány predikované změny klimatických podmínek vegetační stupňovitosti (MACHAR et al. 2017c). Důsledky těchto změn pro růst buku a péči o bukové porosty jsou rozebrány v samostatné publikaci (MACHAR et al. 2017a). V několika publikacích je pojednána změna podmínek pro pěstování zemědělských plodin v důsledku změn klimatu (MACHAR et al. 2016, PECHANEC et al. 2017), nastíněny jsou důsledky těchto změn pro pěstování řepy (KOPECKÁ et al. 2013) a vinné révy (MACHAR et al. 2017). Výsledky scénáře ukazují, že predikované trendy klimatických změn v budoucnu ovlivní růstové podmínky zemědělských plodin a pěstební podmínky lesních dřevin diferencovaně – tento fakt by měl být klíčový pro tvorbu regionálních strategií mitigačních a adaptačních opatření na predikované klimatické změny v sektorech zemědělství a lesnictví.

DISKUSE

Prostorovými rámci diferenciací klimatických charakteristik jsou vegetační stupně. Podle současných názorů se nynější vegetační stupňovitost v průběhu postglaciálního vývoje bioty střední Evropy postupně ustálila v období staršího subatlantika. Rozložení jednotlivých vegetačních stupňů v krajině tedy odráží charakter orograficky podmíněných rozdílů klimatických poměrů a jejich fluktuací v období podstatně delším, než je doba, pro kterou jsou k dispozici výsledky měření základních klimatických charakteristik. V souvislosti s vyhodnocováním vlivů možných změn klimatu na krajinu je důležité zvažovat hierarchii procesů v ekosystémech v závislosti na prostorových a časových rámcích. Průběh a změny fyziologických procesů jedinců organismů lze zjišťovat ve velmi krátkých časových rámcích (v řádu hodin, dní, týdnů až měsíců) a materiálové koloběhy v ročních cyklech. Změny procesů a jejich důsledky na úrovni ekosystémů a krajiny se ovšem projevují až v řádu desetiletí až staletí.

Důsledky klimatických změn se nejvýrazněji projeví v biocenózách v ČR nejrozšířenější normální hydrické řady, vázaných na hydrický režim půd, závislý na množství atmosférických srážek, spadlých na lokalitu. Méně výrazné důsledky budou mít změny klimatických podmínek v biocenózách suché a omezené řady na extrémně teplých a vysýchavých lokalitách s převahou xerofilních S-strategů. Také biocenózy zamokřené, mokré

a rašeliništní hydrické řady s přídatnou vodou budou pravděpodobně ovlivněny méně výrazně.

ZÁVĚR

Aplikace principu předběžné opatrnosti vede k tomu, že přes všechny nejistoty a neurčitosti, které doprovázejí modelování globálních klimatických změn a jejich regionálních důsledků, přes pochyby o tom, lze-li vůbec v oblasti chaotických systémů počasí a klimatu navrhnout scénáře odpovídající realitě je třeba zabývat se interpretací výsledků prognostických scénářů. Neměli bychom výsledky prognostických scénářů podceňovat. Již v současné době je účelné postupně přizpůsobovat využití krajiny tak, aby změny globální změny klimatu pokud možno neměly katastrofální důsledky. Dosavadní zkušenosti s vyhodnocováním varovných geoeologických prognóz totiž ukazují, že se obvykle naplňují.

PODĚKOVÁNÍ

Věnováno památce Ing. Igora Míchala, CSc. (1932–2002), významného lesnického typologa, krajinného ekologa a územního plánovače, který inicioval vznik Registru biogeografie ISÚ a koncipoval jeho aplikace.

LITERATURA

BUČEK, A., KOPECKÁ, V. (1993): Geobiocenologické podklady v informačním systému o území. Sb. ref. konf. k 90. výročí prof. A. Zlatníka. Ediční středisko VŠZ Brno, s. 126–133.

BUČEK, A., KOPECKÁ, V. (1994): Využití registru biogeografie ISÚ pro prostorové vyhodnocení trendu změn vegetačních stupňů ČR v důsledku globálních změn klimatu. In: Závěrečná zpráva zakázky č. 94 057. TERPLAN a.s. Praha.

BUČEK, A., KOPECKÁ, V. (2001a): Globální klimatické změny a vegetační stupně na území ČR. Veronica, 15:1:10–14.

BUČEK, A., KOPECKÁ, V. (2001b): Scénáře důsledků vlivů globálních klimatických změn na přírodu České republiky. In: Tvář naší země – krajina domova. Sb. příspěvků konf. 21.–23. února 2001 na Pražském hradě a v Průhonicích. Česká komora architektů. s. 294–298.

BUČEK, A., KOPECKÁ, V. (2004): Možná globální změna klimatu a vegetační stupně. In: POLEHLA, P. (ed.): Hodnocení stavu a vývoje lesních geobiocenóz. Sb. příspěvků z mezinárodní konf. 15–16. 10. 2004 v Brně. Geobiocenologické spisy, sv. 9, MZLU v Brně. s. 73–88.

BUČEK, A., LACINA, J. (1988): Registr biogeografie v Integrovaném informačním systému o území ISÚ a jeho využití při geografické diferenciaci stavu životního prostředí. In: Ungerman, J. (ed.): Vybrané aspekty geografického hodnocení stavu a vývoje životního prostředí v ČR. Geografie- teorie a praxe. Geografický ústav ČSAV Brno. Sv. 10:30–48.

BUČEK, A., LACINA, J. (2007): Geobiocenologie II. Geobiocenologická typologie krajiny České republiky. MZLU v Brně. 244 s.

BUČEK, A., VLČKOVÁ, V. (2009a): Možný vliv globálních změn klimatu na vegetační stupně, na pěstování smrku ztepilého a buku lesního. Mapy 1:2 000 000. Atlas krajiny České republiky. Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Praha. 7 oddíl, s. 320, mapy č. 324–328.

BUČEK, A., VLČKOVÁ, V. (2009b): Scénář změn vegetační stupňovitosti na území ČR: deset let poté. Ochrana přírody, 64, zvláštní číslo, s. 8–11.

BUČEK, A., VLČKOVÁ, V. (2011): Soubor map s prognózou možných důsledků globálních klimatických změn na přírodu České republiky. Acta Průhoniciana, 98:83–87.

CULEK M. (ed.) (1996): Biogeografické členění České republiky. Enigma Praha. 348 s.

KOPECKÁ, V. (1994): Ekologická banka dat ISÚ. Roční situační zprávy pro Integrované

informační systém o uzemí ISÚ v letech 1983–1994. TERPLAN – Statní ustav pro uzemní planování, Praha.

MACHAR, I. (2013): Applying of the Biogeography Register to Predicting the Consequences of Global Climate Changes on the Landscape in the Czech Republic. In: Proceed. of the 11th Int. Conference on Environment, Ecosystems and Development. Brasov, Romania, 15–18.

MACHAR, I., BUČEK, A., VLČKOVÁ, V., PECHANEC, V., BRUS, J. (2016): The application of landscape ecology to the prediction of changes in climatic conditions for growing agricultural crops. A case study from the Czech Republic. In: HALADA, L., BAČA, A., BOLTÍŽIAR, M. (eds.): Landscape and Landscape ecology. Proceedings of the 17th Int. Symp. on Landscape Ecology: Landscape and Landscape Ecology, 27–29 May 2015. Nitra, Slovakia. Institute of Landscape Ecology, Nitra. pp. 124–131.

MACHAR, I., VLČKOVÁ, V., BUČEK, A., VOŽENÍLEK, V., ŠÁLEK, L., JEŘÁBKOVÁ, L. (2017a): Modelling of Climate Conditions in Forest Vegetation Zones as a Support Tool for Forest Management Strategy in European Beech Dominated Forests. *Forests*, 8:3:82, 17 p.

MACHAR, I., VLČKOVÁ, V., BUČEK, A., VRUBLOVÁ, K., FILIPPOVOVÁ, J., BRUS, J. (2017b): Environmental modelling of climate change impact on grapevines: case study from the Czech Republic. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26:4:1–7.

MACHAR, I., VOŽENÍLEK, V., KIRCHNER, K., VLČKOVÁ, V., BUČEK, A. (2017c): Biogeografický model změn klimatických podmínek vegetační stupňovitosti v Česku. *Geografie*, 122:1:64–82.

LACINA, J., BUČEK, A., ČERNUŠÁKOVÁ, L., FRIEDL, M., KOUTECKÝ, T. (2015): Geobiocenologie III. Aplikace geobiocenologie. Mendelova univerzita v Brně. 168 s.

KOPECKÁ, V., MACHAR, I., BUČEK, A., KOPECKÝ, A. (2013): Vliv klimatických změn na možnosti pěstování cukrové řepy v České republice. *Listy cukrovarnické a řepářské*, 129:11:326–329.

PECHANEC, V., MACHAR, I., KILIÁNOVÁ, H., VLČKOVÁ, V., BUČEK, A., PLÁŠEK, V. (2017): Prediction of climate change impacts on sustainable agricultural management in the Czech Republic. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26:12:7580–7586.

VLČKOVÁ, V., BUČEK, A., MACHAR, I., DANĚK, T., PECHANEC, V., BRUS, J., KILIÁNOVÁ, H. (2015): The application of geobiocoenological landscape typology in the modelling of climate change implications. *Journal of Landscape Ecology*, 8:2:69–81.

VLČKOVÁ, V. (2014): Systémový charakter modelování možných trendů důsledků klimatických změn nástroji geografických informačních systémů, *Acta Informatica Pragensia*, 3, 1, 70–88.