

Možná globální změna klimatu a vegetační stupně.

Possible global climate change and vegetation tiers

Ing. Antonín Buček, CSc, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a typologie, Mendelova zemědělská a lesnická universita, Zemědělská 3, 613 00 Brno

Ing. Veronika Kopecká, CSc, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Kališnická 4-6, 130 23 Praha 3 - Žižkov

Abstrakt

Vegetační stupně jako nadstavbové jednotky geobiocenologické typologie krajiny vyjadřují rozdíly bioty podmíněné rozdíly ve výškovém a expozičním klimatu. Data prognostického scénáře klimatických změn na území České republiky byla využita pro vytvoření modelu změn vegetačních stupňů. V příspěvku jsou prezentovány a diskutovány výsledky hodnocení trendů změn vegetační stupňovitosti a jejich důsledky. Z hlediska lesnictví je velmi důležité to, že podle modelu by mohlo dojít ke zmenšení plochy vegetačních stupňů s dobrými podmínkami pro pěstování smrku ztepilého (*Picea abies*) ze současných 79,22% na pouhých 40,02% lesní půdy v ČR.

Abstract

Vegetation tiers as a superstructural units of geobiocoenological landscape typology express the continuity of the sequence of biota differences with the sequence of differences in altitudal and exposure climate. Data from prognostic scenario of climate changes for the territory of Czech republic were utilised for creation of model of vegetation tiers changes. In this article are presented and discussed results of vegetation tiers changes trends assesment and their consequences. From forestry point of view is very important that by the model the area of vegetation tiers with good conditions for Norway spruce (*Picea abies*) growing would go down from actual 79,22% to 40,02% of CR forest land.

1. Globální klimatické změny a jejich důsledky

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 0,0280% (Houghton 1998), se v současnosti zvýšila na 0,0365%. Naprostá většina odborníků se shoduje na tom, že antropicky podmíněné zvyšování obsahu plynů, vyvolávajících skleníkový efekt může vyvolávat globální klimatické změny (Dawson 1992). Současné poznatky o průběhu antropogenních změn klimatu shrnuje např. Bengtsson (1997), který konstatuje, že předpokládané zdvojnásobení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře v období 2030-2040 způsobí globální oteplení o 1,9⁰C a že v období 1990-2100 lze očekávat celkové oteplení o 3,5⁰ C. Problematiku globálních a regionálních důsledků vlivů globálního oteplení na vegetaci a krajinu shrnuje Walker (1994). Pro předpovědi globálních změn vegetace jsou používány především nedynamické korelativní modely, založené na poznacích o vztazích mezi současným klimatem a typy vegetace. Tyto modely neumožňují předpovídat rychlost změn vegetace v důsledku změny klimatu. Pro řešení otázky charakteru změn terestrických ekosystémů jsou hledány analogie v paleoekologických poznacích o vztahu změn klimatu a vývoje vegetace v kvartéru, zvláště v postglaciálním holocenním období (Street-Perrot 1994). Velkým problémem je ovšem rychlost antropogenních změn klimatu, která zřejmě v postglaciálním období nemá analogii. Pro středoevropské podmínky se podle scénáře vzrůstu teploty o 1-2⁰C do roku 2030 posunují izotermy k severu přibližně rychlostí 6-7 km ročně. Přitom populace dřevin, hlavních edifikátorů přirozených středoevropských biocenóz, migrují v závislosti

na migračních schopnostech do vzdálenosti 0,1-0,4 km ročně (Csaba 1997). K obdobným závěrům došel i podrobný rozbor problematiky globálních změn klimatu a lidských vlivů na lesní ekosystémy v kontextu postglaciálního vývoje, současné situace a budoucích trendů ve střední Evropě (Puhe, Ulrich 2001). Autoři konstatují, že předpokládaná rychlost oteplení je 15-40x větší, než rychlost, která ovlivňovala středoevropské lesní ekosystémy v postglaciálu. Na rozdíly mezi rychlostí posunu biologického optima dřevin v důsledku oteplení a jejich migrační schopností upozorňuje i studie změn potenciálních lesních typů v Nové Anglii (Spencer 2001). Výsledky prognostického modelu ukázaly, že pro více než polovinu dřevin se biologické optimum posune o více než 100 km, pro sedm dřevin dokonce o 250 km, zatím co historicky zjištěná rychlost migrace se v závislosti na druhu pohybuje mezi 10 až 50 km za sto let. Regionální specifika rizik změn klimatu na území ČR a návrh strategie jejich snížení shrnuje monografie vydaná Národním klimatickým komitétem (Moldan 1993), na kterou navazují studie o vlivu možných klimatických změn na zemědělství (Brázdil-Rožnovský 1996) a lesy (Vinš 1996).

Důsledky vlivů změn klimatu na vegetaci se nejdříve projeví tam, kde ekologické gradienty vytvářejí ostré hranice vegetačních formací, např. na přirozené hranici lesa. Významné změny lze očekávat na hranici tundry a tajgy, podle některých modelů lze očekávat při zdvojnásobení obsahu CO₂ v atmosféře snížení rozlohy tundrového biomu na dvě třetiny současného stavu (Skre, Barter, Crawford, Callaghan, Fedorkov 2002). Studium posunu stromové hranice v jižní části pohoří Skandy ve Švédsku v průběhu 20. století vedlo k závěru, že stromová hranice různých druhů dřevin se posunula vzhůru o 100-165 m, v případě borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se jedná o nejvyšší polohu v posledních 4000 letech. Posun stromové hranice je vysvětlován oteplováním klimatu v průběhu 20. století, hlavní část posunu proběhla do roku 1950, další posun byl zjištěn v 90. letech (Kullman 2001).

2. Tvorba modelu změn vegetační stupňovitosti na území ČR

2.1. Východiska

Východiskem úvah o vlivu globálních klimatických změn na přírodu na území ČR byl regionální scénář klimatické změny na území ČR (Kalvová, Brázdil 1993). 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. Tento scénář předpokládá, že nedojde k realizaci významnějších opatření na snižování emisí skleníkových plynů. Prozatím se zdá, že se tento scénář postupně naplňuje. Z modelů globálních klimatických změn byly využity především modely GISS (Godard Institute of Space Studies) a GFDL (Geophysical Fluids Dynamics Laboratory). Tyto modely předpokládají v roce 2030 zvýšení ročního průměru teploty o 1.9 - 2.6⁰ C oproti roku 1990. Je potřeba zdůraznit, že se nejedná o předpověď časového vývoje klimatu. Stanovit přesné časové změny teploty a dalších charakteristik klimatu v následujících desetiletích není dosud možné, a proto se přistupuje k vytváření různých scénářů klimatické změny, ke stanovení několika různých možných variant stavu klimatu, odpovídajících změně určitých klimatotvorných faktorů. Tyto scénáře globálního oteplování pak dávají odpověď na otázku, co se s klimatem může stát, zvýší-li se koncentrace skleníkových plynů v atmosféře o konkrétně předpokládanou hodnotu, specifickou pro daný scénář.

Regionální scénář klimatických změn pro Českou republiku je proto nutno chápat jako jeden z možných stavů klimatického systému, ke kterému může vést neustálý růst koncentrací skleníkových plynů v atmosféře. Globální, a ještě více regionální scénáře klimatických změn jsou ovšem zatíženy celou řadou neurčitostí, ale přesto je nutné brát jejich výsledky vážně

a považovat je přinejmenším za varovné prognózy, které s určitou pravděpodobností naznačují, co by se mohlo v budoucnu stát. 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 roky 2010 a 2030 podle regionálního scénáře klimatických změn pro území ČR (Kalvová, Brázdil 1993).

Vhodným prostorovým rámcem pro hodnocení vlivů možných klimatických změn na přírodu jsou vegetační stupně, které jako nadstavbové jednotky geobiocenologické typizace krajiny vyjadřují závislost bioty na dlouhodobém působení výškového a expozičního klimatu, především na teplotách ovzduší a množství a rozložení atmosférických srážek, včetně srážek horizontálních. Geobiocenologická typizace krajiny je založena na teorii typu geobiocenu a v tomto pojetí tedy vegetační stupně zahrnují soubor potenciálních přírodních a do různého stupně změněných současných geobiocenóz až geobiocenoidů. V tomto pojetí jsou současné rozdíly ekotopu, bioty a antropogenních vlivů v rámci vegetačních stupňů popsány v charakteristikách nadstavbových jednotek geobiocenologické typizace (Buček, Lacina 1999). Podle současných názorů se nynější vegetační stupňovitost v průběhu postglaciálního vývoje bioty střední Evropy postupně ustálila v období staršího subatlantika, které začíná 800-500 let př.n.l. (Jankovská 1997). Rozložení geobiocenóz jednotlivých vegetačních stupňů v krajině tedy odráží charakter orograficky podmíněných rozdílů klimatických podmínek a jejich fluktuací v období podstatně delším, než je doba, pro kterou jsou k dispozici výsledky měření základních klimatických charakteristik.

2.2. Registr biogeografie

Jedním z významných a obtížných úkolů ekologie krajiny je prostorová, územní interpretace zjištěných zákonitostí o vztahu abiotických a biotických složek ekosystémů na úrovni krajiny a o jejich změnách, vyvolaných činností člověka. Vytváření integrovaných informačních systémů o území a využití metodologií geografických informačních systémů (GIS) umožňují tento úkol řešit. Informační systém, obsahující data o trvalých ekologických podmínkách území a o stavu bioty, podmíněném lidskou činností, umožňuje nejen charakterizovat současný stav, ale také modelovat a územně diferencovat změny, ke kterým by došlo změnou některého z faktorů, jež rozhodujícím způsobem krajinné systémy ovlivňují.

Pro prognózování důsledků globálních klimatických změn na přírodu České republiky byl v letech 1994-1999 vytvořen model, využívající databázi registru biogeografie, spravovaného v současné době v širším rámci Informačního systému ochrany přírody ISOP, vedeného Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR (Kopecká, Buček 1999). Registr biogeografie obsahuje informace o zastoupení nadstavbových jednotek geobiocenologické typizace krajiny (vegetačních stupňů a ekologických řad) v takřka 13 000 katastrálních územích ČR. 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 údajů, které v rámci katastrů charakterizují současné využití krajiny a antropické tlaky (např. využití půdního fondu a počet obyvatel).

Katastrální území jako historicky podmíněné jednotky členění území pro účely evidence nemovitostí a druhů využití 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, antropogenně vymezené prostory, jejichž hranice jen málokdy odpovídají přírodním hranicím homogenních jednotek typologického členění krajiny na různých hierarchických úrovních. Generalizace geoekologických informací z topické a chorické úrovně na úroveň regionální je vždy problematická. Je přitom nutno nalézt vztah mezi homogenními jednotkami typologického členění krajiny na topické úrovni a nově vytvořenými heterogenními jednotkami na chorické a regionální úrovni, které by měly

vyjadřovat charakteristickou kombinaci typologicky vymezených homogenních rámců členění krajiny. Nadstavbové jednotky geobiocenologické typizace krajiny, použité jako obsahová náplň registru biogeografie jsou typologickými (homogenními) jednotkami chorické úrovně. Jednotlivá katastrální území ČR jsou v registru biogeografie charakterizována typickými kombinacemi převládajících vegetačních stupňů, hydrických a trofických řad. Počet katastrálních území (cca 12950) a jejich průměrná velikost (6 km²) umožňují dostatečně výstižně charakterizovat zákonitou mozaiku zastoupení geobiocenologických nadstavbových jednotek na regionální úrovni České republiky.

Každé katastrální území je v registru biogeografie charakterizováno třemi údaji v pořadí: kód vegetační stupňovitosti – kód trofických řad – kód hydrických řad. Obsahová náplň kódů, charakterizujících nadstavbové jednotky geobiocenologické typizace krajiny v katastrálních územích musela být přizpůsobena tomu, že naprostá většina katastrálních území není z hlediska nadstavbových jednotek homogenní, ale že se jedná o heterogenní mozaiku různých vegetačních stupňů, trofických a hydrických řad. Proto je obsahová náplň většiny kódů heterogenní, zahrnující charakteristické kombinace navazujících vegetačních stupňů a ekologických řad.

Charakter vegetační stupňovitosti v katastrálních územích vystihuje 26 kategorií (kódovacích jednotek), z nichž sedm je homogenních (katastry s výskytem pouze jednoho vegetačního stupně) a 19 heterogenních (katastry, které zahrnují dva a nebo více vegetačních stupňů). Obsah heterogenních kategorií byl vymezen tak, že zahrnují 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 (viz příl.1). Naplňování registru biogeografie bylo prováděno s využitím biogeografických map potenciálních přírodních geobiocenóz v měřítku 1 : 200 000, zpracovaných v Geografickém ústavu ČSAV s přihlédnutím k dalším dostupným materiálům, a to především ke geologickým, pedologickým a geobotanickým mapám.

Kvantifikace plošného zastoupení geobiocenologických jednotek v katastrálních územích je pochopitelně pouze rámcová, byla zpracována odhadem, ale přesto lze konstatovat, že na regionální úrovni dostatečně přesně vystihuje rozdíly v ekologických podmínkách katastrálních území. Registr biogeografie není pouze mechanickou transformací kartografických informací z biogeografických map do číselných kódů. Má svébytnou obsahovou náplň, vycházející z jednotčího pohledu na prostorové zákonitosti rozmístění vegetačních stupňů, trofických a hydrických řad. Registr biogeografie byl vytvořen v 80. letech 20.století (Buček, Lacina 1988) a jeho obsahová náplň byla využita např. pro zjištění současného stavu využití krajiny v nadstavbových jednotkách geobiocenologické typizace (Buček, Kopecká 1993) a pro charakteristiku jejich zastoupení v biogeografických regionech (Culek 1996).

2.3. Tvorba prognostického modelu

Počítačový model posunu vegetačních stupňů v důsledku možných změn klimatu byl řešen jako soubor speciálních programů (programovací jazyk FORTRAN) a aplikací v GIS ARC/INFO (Kopecká, Buček 1999). Nespornou výhodou využití geografického informačního systému při modelování změn ekosystémů a jejich ekologických podmínek v krajině je možnost vytváření variantních prognóz, umožňujících vystihnout rozdíly v prostorovém rozložení určitého jevu při různě stanoveném rozsahu změny určitého faktoru. Variantní prognostické modely odpovídají na otázku, co se stane, když dojde ke změně ekologického faktoru. Využití územního informačního systému umožňuje odpovědět na otázku, kde se prognózované jevy projeví.

Pro variantní prognózu důsledků možných globálních změn klimatu na území České republiky byl vypracován metodický postup prognózy změn vegetační stupňovitosti s využitím údajů registru biogeografie (Buček, Kopecká 1994), který je založen na prognostické metodě časoprostorových analogií. Vypracovaný model lze označit z hlediska klasifikace modelů předvídání vlivů globálních změn na terestrické ekosystémy (Walker 1994) jako nedynamický korelativní model, vycházející ze vztahu mezi současnými klimatickými podmínkami a vegetačními typy (top-down model). Jedná se o model statický, neumožňující předpovídat rychlost změn vegetace, jestliže dojde ke změnám klimatických podmínek. Základem modelu je jednak vztah současné vegetační stupňovitosti (příl. č. 4) 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.

Prvním krokem metodického postupu tvorby prognostického modelu bylo přiřazení disponibilních klimatických charakteristik v jednotlivých časových horizontech (1990, 2010, 2030) k definičním bodům katastrálních území. Toto přiřazení bylo provedeno pomocí digitalizace map izolinií průměrné roční teploty a průměrných ročních srážek. Jako vztahový ukazatel byl použit Langův dešťový faktor (LDF) což je poměr ročního úhrnu srážek v mm k průměrné roční teplotě ve $^{\circ}\text{C}$.

Dalším krokem bylo zjištění průměrné roční teploty, průměrných ročních srážek a hodnoty Langova dešťového faktoru ve 26 kategoriích kombinací vegetační stupňovitosti v katastrálních územích ČR a následně pro jednotlivé vegetační stupně ve třech různých časových horizontech - období 1961 - 1990, k r. 2010 a k r. 2030. Trend posunu vegetační stupňovitosti byl odvozen metodou prostorových analogií. Vycházeli jsme z předpokladu, že změně trvalých ekologických podmínek, vyvolaných zvýšením průměrné roční teploty a průměrných ročních srážek, bude odpovídat i trend posunu vegetačních stupňů. Trend posunu kategorií vegetační stupňovitosti, resp. vegetačních stupňů byl zjišťován odděleně pro průměrné roční teploty a pro Langův dešťový faktor v letech 2010 a 2030. Jednotlivá katastrální území byla do vegetačních stupňů zařazena analogicky podle současných klimatických charakteristik.

V první etapě prací (Buček, Kopecká 1994) byly pro prognózu posunu použity hodnoty průměrných ročních teplot. Trend posunu vegetačních stupňů při použití tohoto modelu byl skutečně extrémní. Vliv očekávaných změn klimatických podmínek na vegetaci a vlastní trend posunu vegetační stupňovitosti komplexněji vystihuje model použitý ve druhé etapě, pracující s hodnotami Langova dešťového faktoru. Trend posunu vegetační stupňovitosti podle tohoto modelu je mírnější a lze konstatovat, že se zřejmě blíží reálným podmínkám, které nestanou, potvrdí-li se prognózované změny klimatu.

Počítačové určení závislosti vegetační stupňovitosti na současných klimatických podmínkách umožnilo vypracovat model posunu vegetační stupňovitosti v letech 2010 a 2030. Trend posunu vegetační stupňovitosti byl odvozen metodou prostorové analogie, založené na předpokladu, že změně trvalých ekologických podmínek, vyvolané změnou teplot a srážek bude odpovídat i trend posunu vegetačních stupňů. 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). Hypotézu o regionálních rozdílech hodnot disponibilních klimatických charakteristik ve vegetačních stupních v různých regionech potvrdila analýza tohoto vztahu ve dvou regionech. Zatímco v Jevišovické pahorkatině se hodnoty teplot i srážek pohybovaly výrazně pod průměrem hodnot, zjištěných pro vegetační stupňovitost celé ČR, v Bílých Karpatech byly hodnoty srážek, teplot i Langova dešťového faktoru v kategoriích vegetační stupňovitosti registru biogeografie nadprůměrné.

Prognostický model byl tedy vypracován ve dvou variantách – celorepublikové a regionální. Základem celorepublikové varianty jsou průměrné hodnoty klimatických charakteristik v kódovacích kategoriích vegetační stupňovitosti registru biogeografie v celé ČR (příl.č.2). Jako nejvhodnější prostorové rámce pro regionální variantu prognostického modelu byly vybrány biogeografické regiony (Culek 1996). Regionální varianta modelu změn vegetační stupňovitosti na území ČR byla zpracována následujícím postupem :

- byly zjištěny klimatické charakteristiky v katastrálních územích jednotlivých biogeografických regionů podle map izolinií průměrných ročních teplot a srážek z období 1961-1990 a prognostických map 2010 a 2030
- scénář trendu posunu vegetačních stupňů byl zpracován na základě grafu vztahu kategorií vegetačních stupňů v registru biogeografie a hodnot Langova dešťového faktoru v 90 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.

Tímto postupem vznikl funkční prognostický model, umožňující na chorické úrovni analyzovat vztahy mezi klimatickými charakteristikami a vegetačními stupni jako nadstavbovými jednotkami geobiocenologické typizace. Rozdíly výsledků prognózování trendů změn vegetační stupňovitosti mezi celorepublikovou a regionální variantou modelu potvrdily dřívější předpoklady o regionálních zvláštích vztahu klimatických charakteristik a vegetačních stupňů. Lze konstatovat, že v případě, že dojde k naplnění předpokladů scénářů změn klimatu, budou projevy těchto změn odpovídat s velkou pravděpodobností právě regionálnímu trendu změn vegetační stupňovitosti.

3. Trendy posunu vegetačních stupňů

Vegetační stupňovitost se utvářela za období podstatně delší, než pro jaké jsou dostupné řady klimatických údajů. Druhové složení a dynamika vývoje biocenóz jsou přitom ovlivňovány nejen průměrným chodem počasí, ale velmi výrazně na ně působí - často jako limitující faktor - i okamžité extrémy počasí. Současná vegetační stupňovitost odráží tedy nejen současné klima, ale i kolísání klimatu a extrémy počasí v posledních dvou tisíciletích. Tyto skutečnosti je třeba brát do úvahy při následné interpretaci výsledků předkládaného modelu. Výhodiskem prognostického modelu důsledků možných klimatických změn na území ČR jsou klimatické údaje za období 1961 - 1990, tedy za relativně velmi krátké období. I tyto údaje ovšem dostatečně vystihují rozdíly v klimatických podmínkách, které se v krajině projevují vznikem geobiocenóz, odlišných v rámci jednotlivých vegetačních stupňů. Nelze však na základě těchto údajů hovořit o změnách vegetačních stupňů, a proto používáme v této souvislosti termín „trend změn vegetační stupňovitosti“, vyjadřující směr vývoje bioty v krajině v souvislosti se změnami klimatu. Je ovšem nepochybné, že v případě dlouhodobého působení změněného klimatu by postupně k proměnám vegetace i fauny docházelo.

Trendy změn vegetační stupňovitosti podle regionální varianty prognostického modelu jsou mnohem výraznější než podle varianty celorepublikové (příl. č. 3). Plocha území s klimatickými podmínkami 1. dubového vegetačního stupně v roce 2030 se podle regionálního modelu zvyšuje na 29,44% oproti 18,29% podle modelu celorepublikového. Podle celorepublikového scénáře by v roce 2010 byl nejrozšířenějším vegetačním stupněm 4. bukový, zaujímající 42,34% území ČR, podle modelu regionálního by největší plochu zaujímal území s podmínkami 3. dubobukového stupně (34,49%). V roce 2030 by podle celorepublikového modelu byl nejrozšířenějším vegetačním stupněm 3. dubobukový (34,25%), podle regionálního stupně dubový.

Rozdíly obou variant se nejméně projevují v oblastech deštného stínu v západních Čechách a na jihozápadní Moravě, např. v bioregionu Džbánském, Karlovarském, Plzeňském a Jevišovickém. Intenzivnější trend změn vegetační stupňovitosti v biogeografickém regionu Džbánském potvrzuje i prognóza posunu, zpracovaná v této oblasti odlišnou metodou s využitím údajů lesnických typologických map (Vinš 1996). Výrazné zvýšení plochy území s podmínkami 1. dubového stupně podle obou použitých modelů již v roce 2010 je podmíněno tím, že podle Zlatníkovy koncepce vegetační stupňovitosti není v Čechách dubový vegetační stupeň zonálně rozšířen, (Buček, Lacina 1988, 1999), vyskytuje se souvisle pouze v panonských bioregionech jižní Moravy. Jedná se většinou o území, která jsou nově označována jako suchá (xerická) varianta 2. bukodubového vegetačního stupně (2.x), tedy tzv. suchá území v deštném stínu, kde je účast buku v přírodních geobiocenózách problematická, neboť jeho presenci či absenci nelze spolehlivě dokázat vzhledem k tomu, že již od neolitu jsou převažující plochy těchto území přeměněny na polní biocenoidy (Buček, Lacina 1999). Od geobiocenóz vlastního dubového vegetačního stupně se společenstva 2.x suché varianty bukodubového stupně odlišují výskytem řady typických mezofilních druhů, které se v panonském 1. vegetačním stupni nevyskytují.

Podle regionálního scénáře trendu změn vegetační stupňovitosti (příl. č. 5) bude v ČR v roce 2030 nejrozšířenější území s podmínkami 1. dubového vegetačního stupně, které bude zaujímat takřka třetinu plochy (29,44%) oproti současným 3,46%. Plocha území s podmínkami 2. bukodubového stupně se zvýší ze současných 12,06% na 17,11% a plocha území s podmínkami 3. dubobukového stupně vzroste z 18,11% na 27,40%. Rozsah území v současné době v ČR nejrozšířenějšího 4. bukového vegetačního stupně klesne v roce 2030 na polovinu, ze současných 43,07% na 20,07%. Velmi výrazně poklesne rozsah území s podmínkami 5. jedlobukového stupně, ze současných 19,52% na 4,77% v roce 2030. Plocha 6. smrkjedlobukového, 7. smrkového a 8. klečového vegetačního stupně se sníží ze současných 3,68% území ČR na 1,22%. Klimatické podmínky výskytu biocenóz 5. vegetačního stupně a vyšších horských vegetačních stupňů zůstanou podle regionálního scénáře v roce 2030 zachovány pouze v nejvyšších hraničních pohorích, v Čechách v Krušných horách, Slavkovském lese, Českém lese, na Šumavě, v Novohradských horách, v Krkonoších, Jizerských a Orlických horách a na Kralickém Sněžníku, na Moravě jen v Hrubém Jeseníku a v Moravskoslezských Beskydech.

4. Interpretace výsledků regionálního scénáře trendů změn vegetační stupňovitosti

Vegetační stupňovitost se utvářela za období podstatně delší, než pro jaké jsou dostupné řady klimatických údajů. Druhové složení a dynamika vývoje biocenóz jsou přitom ovlivňovány nejen průměrným chodem počasí, ale velmi výrazně na ně působí – často jako limitující faktor – i okamžité extrémní počasí. Současná vegetační stupňovitost odráží tedy nejen současné klima, ale i kolísání klimatu a extrémní počasí nejméně v posledních dvou tisíciletích. Tyto a další skutečnosti je třeba brát při interpretaci výsledků modelů změn vegetační stupňovitosti. Výchozími modely jsou klimatické charakteristiky v období 1961-1990, tedy za relativně velmi krátké období. Současné vegetační stupně jsou charakterizovány pouze hodnotami průměrných ročních teplot a srážek a jejich vztahem, který vyjadřuje Langův dešťový faktor. I tyto jednoduché klimatické údaje dostatečně vystihují rozdíly v klimatických podmínkách, které se v krajině projevují vznikem geobiocenóz, odlišných v rámci jednotlivých vegetačních stupňů. Nelze však na základě těchto údajů hovořit o změnách vegetačních stupňů, a proto používáme v této souvislosti termín „trend změn vegetační stupňovitosti“, vyjadřující směr vývoje bioty v krajině v souvislosti se změnami klimatu. Je ovšem nepochybné, že v případě dlouhodobého působení změněného klimatu by postupně k proměnám vegetace i fauny docházelo.

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. Na základě výsledků takřka desetiletého vytváření modelů změn vegetační stupňovitosti s využitím databáze registru biogeografie lze konstatovat, že v případě, že dojde k naplnění předpokladů scénářů změn klimatu, budou ekologické projevy těchto změn odpovídat s velkou pravděpodobností regionálnímu scénáři trendu změn vegetační stupňovitosti.

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 vysychavých lokalitách s převahou xerofilních S-strategů. Také biocenózy zamokřené, mokré a rašeliništní hydrické řady s přídatnou vodou budou ovlivněny méně výrazně.

Prognózovaný trend změn vegetační stupňovitosti se na území ČR projeví výrazným zlepšením podmínek pro xerotermofilní ponticko-panonskou biotu, především pro S-strategie, adaptované na omezené vlhkostní podmínky. Rozsah území s klimatickými podmínkami současného 1. dubového a 2. bukodubového vegetačního stupně se zvýší ze současných 15,51% na 46,55% v roce 2030. Dojde k výraznému omezení plochy území s podmínkami pro existenci druhů středoevropských listnatých lesů, především C-strategů, vázaných na vyrovnaný teplotní a vlhkostní režim, neboť plocha území s klimatickými charakteristikami 3.- 5. vegetačního stupně se sníží ze současných 80,80% na 52,24%. Obdobně se výrazně zmenší rozsah území s podmínkami pro výskyt horských druhů boreálního rozšíření, vázaných na chladnější a vlhčí klima, neboť plocha území 6. smrkojedlobukového a vyšších vegetačních stupňů klesne ze současných 3,68% na 1,22% území ČR.

Důsledky prognózovaných trendů změn vegetační stupňovitosti pro současné biocenózy kulturní krajiny lze dokumentovat na změně podmínek pro pěstování smrku ztepilého (*Picea abies*), v současné době nejrozšířenější dřeviny lesů ČR (příl.č.6, příl.č.7).

Podíl ploch lesní půdy s klimatickými podmínkami zcela nevhodnými pro pěstování smrku (1. a 2. vegetační stupeň) se podle regionálního scénáře v ČR zvýší ze současných 6,25% na 31,65% v roce 2030. Podíl ploch lesní půdy s málo příznivými podmínkami pro pěstování smrku (3. vegetační stupeň) vzroste ze současných 14,27% na 28,32%. Podíl ploch lesní půdy s příznivými podmínkami pro pěstování smrku (4. vegetační stupeň) klesne ze současných 41,95% na 26,85% a podíl ploch s velmi příznivými klimatickými podmínkami (5.-7. vegetační stupeň) se sníží ze současných 37,17% na 13,17% plochy lesní půdy v roce 2030. Zastoupení smrku ztepilého v současných lesních porostech činí 54,1% oproti 11,2% v přirozené dřevinné skladbě a 36,5% v dřevinné skladbě doporučené (ÚHÚL 2001). Ještě v roce 1990 činil podíl smrku na umělé obnově lesa 57,9%, v 90. letech začal sice tento podíl postupně klesat, přesto však smrkem bylo ještě v roce 2000 zalesňováno 43% uměle obnovovaných lesních porostů. V současné době vysazované smrkové porosty nebudou v roce 2030 ani v polovině obmýtní doby. Důsledky prognózovaných změn klimatických podmínek pro pěstování smrku podle scénáře trendu posunu vegetačních stupňů k roku 2030 vedou v podstatě k závěru, že dobré a velmi dobré klimatické podmínky pro smrk ztepilý zůstanou zachovány pouze v oblastech jeho přirozeného rozšíření. Výsledky modelování změn vegetační stupňovitosti lze z hlediska využití smrku při obnově lesa interpretovat takto :

- v územích, kde podle scénáře budou v roce 2030 zcela nevhodné klimatické podmínky pro pěstování smrku, je z hlediska principu předběžné opatrnosti lépe neuvažovat se smrkem

ztepilým jako s hlavní porostotvornou dřevinou; a to ani tam, kde jsou v současné době klimatické podmínky vhodné

- v územích s málo vhodnými klimatickými podmínkami v roce 2030 lze smrk pěstovat pouze jako příměs, především na plochách ovlivněných přídatnou vodou

- v územích, kde v roce 2030 zůstanou dobré klimatické podmínky, je možné podíl smrku v nově zakládaných porostech zvýšit, ale ani zde by neměl smrk být jedinou hlavní porostotvornou dřevinou

- hlavní porostotvornou dřevinou může smrk zůstat v územích, kde budou podle scénáře zachovány velmi dobré klimatické podmínky. Jedná se o horské polohy Novohradských hor, Šumavy, Slavkovského lesa, Krušných hor, Jizerských hor, Krkonoš, Orlických hor, Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd.

V přirozené dřevinné skladbě lesů ČR by měl nejvyšší zastoupení buk lesní (*Fagus sylvatica*) - 40,2 %, přitom současné zastoupení činí pouze 6,0 % (ÚHÚL 2001). Buk se v přirozených lesích začíná vyskytovat od 2. bukodubového vegetačního stupně, ekologické a produkční optimum má ve 4. bukovém vegetačním stupni a jako jedna z hlavních porostotvorných dřevin se vyskytuje do 6. smrkojedlobukového stupně. Vyhodnocení scénářů trendu posunu vegetačních stupňů z hlediska klimatických podmínek pro pěstování buku (příl. č. 8, příl. č. 9) ukazuje, že k roku 2030 budou zcela nevhodné podmínky pro buk především v těch oblastech, kde se i v současné době vyskytuje jen výjimečně anebo zde v lesních porostech zcela chybí. Lze konstatovat, že ani případný posun vegetačních stupňů podle scénáře k roku 2030 by neznamenal katastrofické zhoršení podmínek pro existenci buku, ani výrazné omezení rozsahu území, kde buk může tvořit porostotvornou dřevinu v lesních porostech. Došlo by ovšem k omezení kompetiční schopnosti buku a snížení produkce. Katastrofické zhoršení by se neprojevovalo v žádném z typických „bukových“ biogeografických regionů v karpatské části Moravy ani v žádném z „bukových“ nadregionálních biocenter.

Možné důsledky globálních klimatických změn na přírodu ČR (příl. č. 10) byly hodnoceny na základě předpokládaného trendu odezvy biocenóz, a to od nepatrných až po kritické změny. Předpokládaná odezva biocenóz byla odstupňována pro klíčové druhy, především pro stromové edifikátory lesních společenstev. Jedná se o pokus integrovaně postihnout důsledky možných klimatických změn jako stresového faktoru biocenóz :

- *nepatrné změny* lze předpokládat tam, kde nedojde k posunu vegetační stupňovitosti
- *malé změny* nastanou tam, kde posun nevybočí z ekologického optima klíčových druhů
- *střední změny* vyvolá posun klimatických podmínek mimo ekologické optimum
- *významné změny* nastanou při posunu klimatických podmínek k mezním hodnotám
- *kritické změny* lze očekávat při posunu klimatických podmínek mimo ekologickou amplitudu klíčových druhů.

Prostorovými rámci hodnocení byly kódovací kategorie vegetační stupňovitosti. Předpokládaný trend odezvy biocenóz je odstupňován pro klíčové druhy, především pro stromové edifikátory přirozených lesních společenstev. Kritické změny lze očekávat především tam, kde dojde k posunu vegetačních stupňů s dominancí mezofilních střeoevropských druhů (3. - 5. stupeň) do 1. až 2. vegetačního stupně. Bilance předpokládaných trendů odezvy biocenóz v biogeografických regionech ukázala, že v celé řadě bioregionů lze očekávat kritické změny na více než polovině jejich území. Jedná se o následující biogeografické regiony : Mostecký, Litovelský, Verneřický, Křivoklátský, Plzeňský, Ralský, Plánický, Votický, Opavský, Ostravský, Hranický, Jevišovický. Především v těchto biogeografických regionech je účelné sledovat reálné procesy odezvy biocenóz v krajině a případně modifikovat způsoby péče o krajinu.

4. Trend změn vegetační stupňovitosti Žďárských vrchů a jeho důsledky

Model změn vegetační stupňovitosti na území ČR v důsledku možných globálních změn klimatu lze také účelně využít při predikci trendů změn v jednotlivých biogeografických regionech (Kopecká 1995). Příkladem regionální interpretace výsledků prognostického modelu je posouzení trendů změn geobiocenóz ve Žďárských vrších (Buček 2000).

Chráněná krajinná oblast Žďárské vrchy reprezentuje v síti velkoplošných chráněných území ČR harmonickou kulturní krajinu 5.jedlobukového vegetačního stupně (Buček 2000). Vymezení CHKO se v podstatě shoduje s vymezením Žďárského biogeografického regionu (Culek 1996). Podle výsledků celorepublikového scénáře trendu změn vegetační stupňovitosti (Buček, Kopecká 1994, Kopecká 1995) by se v roce 2010 měl ve Žďárském bioregionu snížit podíl území s klimatickými podmínkami 5. vegetačního stupně na 57,4% a v roce 2030 na 37,8%, ve zbytku území se klimatické podmínky posunou do 4.bukového vegetačního stupně. Ještě výraznější je posun podle regionálního scénáře, kdy k posunu převážné části území do 4.vegetačního stupně dojde již v roce 2010 a v roce 2030 budou klimatické podmínky celého biogeografického regionu odpovídat bukovému vegetačnímu stupni, respektive jeho dubojehličnaté variantě. Klimatické podmínky pro pěstování smrku se změní z velmi dobrých na dobré, klimatické podmínky pro pěstování buku naopak z dobrých na velmi dobré. Posun klimatických podmínek pro pěstování smrku z produkčního optima v 5.vegetačním stupni do dosud sice příznivých, ale ne optimálních podmínek bukového stupně znamená, že smrk ztepilý by v normální hydrické řadě neměl být jedinou hlavní porostotvornou dřevinou ani v hospodářských lesích. Z hlediska předpokládaného trendu odezvy biocenóz dojde k významným změnám, především vzhledem k naprosté převaze smrku v současných lesních porostech Žďárských vrchů. Dojde také ke zhoršení podmínek výskytu typických horských druhů s boreálním rozšířením.

Výsledky biogeografické diferenciacie krajiny v geobiocenologickém pojetí (Buček-Lacina 1977, Buček 1995) umožňují v CHKO Žďárské vrchy vyhodnotit důsledky možných globálních klimatických změn na úrovni základních jednotek geobiocenologické typizace, tedy skupin typů geobiocénů. Nejvíce budou ovlivněny geobiocenózy normální hydrické řady, závislé pouze na srážkové vodě, tedy lokality skupin typů geobiocénů *Abieti-fageta* (jedlové bučiny), *Fagi-abieta* (bukové jedliny) a *Fageta piceoso-abietina* (smrkojedlové bučiny). V CHKO zaujímají více než polovinu plochy území (55,06%). Geobiocenózy normální hydrické řady, především nejrozšířenější jedlové bučiny (43,17% plochy území) tvoří přitom matici přírodní krajiny Žďárských vrchů. Lze očekávat, že nejmenší změny proběhnou v geobiocenózách rašeliništní hydrické řady, jejichž výskyt je podmíněn velkým množstvím přídatné vody, tedy ve skupinách typů geobiocénů *Pini-piceeta turfosa* (rašeliništní borové smrčiny) a *Pineta rotundatae* (blatkové bory). Zaujímají sice pouze 1,11% území CHKO, ale patří k ekologicky nejcennějším geobiocenózám. Prakticky shodná společenstva se vyskytují i v klimatických podmínkách 4.vegetačního stupně (dubojehličnaté varianty). Relativně vysoké atmosférické srážky a plochý vrchovinový reliéf podmínily ve Žďárských vrších vysoký podíl rašeliničkových a přesličkových jedlových smrčín (*Piceeta abietina sphagnosa* a *Abieti-piceeta equiseti*) ze zamokřené hydrické řady, které zaujímají 36,46% plochy území. V těchto skupinách typů geobiocénů lze očekávat dosti výrazné změny, související se změnou hydrického režimu půd, ovlivněnou zvýšenou teplotou a tedy i vyšším evapotranspirací. Pro územní diferenciaci intenzity změn společenstev v rámci skupin typů geobiocénů lze v CHKO Žďárské vrchy využít databázi jednoho z prvních geografických informačních systémů, zpracovaných v ČR, ve kterém jsou zahrnuty i geobiocenologické podklady (Brokeš, Buček, Downey, Heywood, Pauknerová, Petch 1992).

5. Verifikace hypotéz

V souvislosti s vyhodnocováním vlivů možných změn klimatu na ekosystémy a krajinu je důležité zvažovat hierarchii procesů v ekosystémech v závislosti na prostorových a časových rámcích. Zatímco průběh a změny fyziologických procesů jedinců organismů lze zjišťovat ve velmi krátkých časových rámcích (v řádu hodin, dní, týdnů až měsíců), materiálové koloběhy v ročních cyklech, projevují se změny procesů a jejich důsledky na úrovni ekosystémů a krajiny v řádu desetiletí až staletí (Puhe, Ulrich 2001). Rozbor důsledků možných globálních klimatických změn v boreálních lesích v 21.století vedl k závěru, že v případě překročení mezí resilience současných ekosystémů mohou být změny vegetace velmi rychlé a neočekávané, často vedoucí ke vzniku ekosystémů velmi odlišných (Chapin, Callaghan, Bergeron, Fukuda, Johnstone, Juday, Zimov 2004).

Hypotézu o vlivu možných globálních klimatických změn na biocenózy a krajinu lze ověřit jedinečně dlouhodobým sledováním dynamiky přirozených společenstev v územích, kde se neprojevují jiné přímé antropogenní vlivy. Pro takto zaměřený monitoring má prioritní význam síť rezervací s dlouhodobě se samovolně vyvíjejícími klimaxovými lesními biocenózami. Proto je třeba postupně založit reprezentativní soustavu výzkumných polygonů s trvalými geobiocenologickými plochami a periodicky hodnotit trend jejich vývoje. Nejčennější výsledky poskytují plochy založené v minulosti, umožňující již dnes srovnávat vývoj v delších časových řadách. Z tohoto hlediska má výjimečný význam síť trvalých výzkumných polygonů a ploch, založená ve 30. letech prof. A. Zlatníkem na území dnešní Zakarpatské Ukrajiny (Zlatník 1938) , a také geobiocenologické plochy, založené v některých lesních rezervacích na území Školního lesního podniku „Masarykův les“ ve Křtinách.

Opakovaná šetření na výzkumných polygonech prof. A. Zlatníka ve Východních Karpatech byla započata v 90. letech 20. století a vyhodnocování výsledků přináší cenné poznatky o dynamice přirozených lesních geobiocenóz (Buček 2002). Některá pozorování na výzkumném polygonu č.11 v pohoří Pop Ivan Maramurešský a v jeho okolí vedla k závěru, že se projevuje posun výškového rozšíření dřevin, především buku a smrku do vyšších poloh (Hrubý 2002). Tyto první předběžné výsledky sice dosud není možné považovat za objektivní důkaz dlouhodobých vlivů oteplení klimatu, ale ukazují, že v každém případě je nutno v opakovaných šetřeních pokračovat a pečlivě vyhodnocovat výsledky všech výzkumů, které mohou pomoci v objasnění důsledku vlivů klimatických faktorů a jejich případných změn na ekosystémy a krajinu.

Začne-li se v některých regionech projevovat nástup druhů nižších vegetačních stupňů do lokalit, náležejících v současné době vyšším stupňům, bude to znamenat, že vlivy globálního oteplení opravdu působí. Na změny trvalých ekologických podmínek nejrychleji reaguje živočišná složka geobiocenóz. Proto má zásadní význam sledování stavu a proměn populací bioindikačně významných modelových skupin, které jsou dlouhodobě podrobněji studovány v rámci nadstavbových jednotek geobiocenologické typologie, zvláště vegetačních stupňů (Holuba 2003), např. masařek (Povolný, Znojil 1998), měkkýšů (Vašátko 2000), střevlíkovitých (Šustek 2002) a pisivek (Holuša 2000). V případě hmyzu lze očekávat, že více druhů bude klimatickou změnou ovlivněno negativně, že tedy dojde spíše k mizení a úbytku našich domácích druhů, než k šíření druhů nových (Laštůvka, Šefrová 2004).

Neměli bychom výsledky prognostických scénářů podceňovat. Již v současné době je účelné dbát principu předběžné opatrnosti a přizpůsobit využití krajiny tak, aby případné změny klimatu neměly katastrofální důsledky. Dosavadní zkušenosti s vyhodnocováním varovných geoekologických prognóz totiž ukazují, že se obvykle naplňují.

Literatura

- Bengtsson, L. (1997)* : A numerical simulation of anthropogenic climate change. *Ambio*, 26 : 1 : 56-65
- Brázdil, R., Rožnovský, J. /ed./ (1995)* : Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. Národní klimatický program ČR - sv. 18. ČHMÚ Praha, 140 s.
- Brokeš, P., Buček, A., Downey, I. I., Heywood, I., Pauknerová, E., Petch, J. R. (1992)* : Remote sensing and GIS in management of protected areas . Pilot study – Žďárské vrchy, Czechoslovakia. *Zprávy Geografického ústavu ČSAV*, 29:1:5-10.
- Buček, A. (2000)* : Chráněná krajinná oblast Žďárské vrchy v kontextu vývoje české kulturní krajiny. *Drosera*, 9 : 24 - 27
- Buček, A. (1995)*: Prostorové vztahy skupin typů geobiocénů v CHKO Žďárské vrchy. Sb.ref.konf. Člověk a ochrana přírody v CHKO Žďárské vrchy. KGKS Brno, s.10-13.
- Buček, A. (2000)*: Scénáře důsledků vlivů globálních klimatických změn na přírodu ČR a CHKO Žďárské vrchy. Sb. konf. Žďárské vrchy v čase a prostoru, Sphagnum, Žďár n. Sáz., s. 35-41
- Buček, A.(2002)*: Význam výzkumu přírodních lesů Východních Karpat pro Zlatníkovu geobiocenologickou typologii středoevropské krajiny. In : Vološčuk, I. (ed.) : Ekologický výzkum a ochrana přírody Karpát. Zb. ref. mez. ved. konf..Lesoprojekt Zvolen, 2002. s. 17-27
- Buček, A. (2002)* : Natural forest dynamics data for an ecological network creation. Abstr. Intern. Workshop „Carpathian upper mountain forests“. Kostryno, Ukraine, 26.-29. 4. 2002. Uzhgorod University. p. 12, 43
- Buček, A., Kopecká, V. (1993)*: Geobiocenologické podklady v informačním systému o území. Sb. ref. symp. Geobiocenologický výzkum lesů. 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. Záv. zpr., Terplan, Praha, 27 s. a 25 příl.
- Buček, A., Lacina, J. (1977)*: Hodnocení biogeografických poměrů CHKO Žďárské vrchy. *Zprávy Geografického ústavu ČSAV*, 14:2-3: 21-57.
- Buček, A., Lacina, J. (1988)*: Registr biogeografie v integrovaném informačním systému o území a jeho využití při geografické diferenciaci stavu životního prostředí. *Geografie - teorie a praxe*. Geografický ústav ČSAV Brno.Svazek 10 : 30-48
- Buček, A., Lacina, J. (1999)*: Geobiocenologie II. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno, 249 s.
- Csaba, M. (1997)*: Conservation of genetic resources in a changing world – strategy considerations for temperate forest tree species. *Proceed.of the XI. World Forestry Congress, Antalya*,vol. 2 : 195-201
- Culek, M. /ed./ a kol. (1996)*: Biogeografické členění České republiky. Enigma Praha, 347 s. + 1 mapa v příl.
- Dawson, A. (1992)*: Global climate change. Oxford University Press. 48 pp.
- Holuša, O. (2002)*: Bude sloužit řád písevek jako modelová skupina při hodnocení vztahu rostlinné a živočišné složky lesních geobiocénů ve vegetačních stupních? In : Maděra, P. (ed.) : Ekologické sítě. Sb. příspěv. z mez. konf. 23.-24.11. 2001 v Brně. Geobiocenologické spisy, sv. 6, MZLU v Brně a Mze, Praha. s. 31 – 34
- Holuša, O. (2003)*: Skupiny živočichů a jejich vazba na geobiocenologické (lesnicko-typologické) jednotky. In : Štykar, J. (ed.) : Geobiocenologie a její využití v péči o les a chráněná území. Sb. ref. konf. 4-5. 10. 2002 ve Křtinách. Geobiocenologické spisy, sv.7, MZLU v Brně. s. 148-162
- Houghton, J. (1998)*: Globální oteplování. Academia Praha. 228 s.

- Hrubý, Z., Veska, J. (2003):* Výsledky výzkumu na obnovených trvalých výzkumných plochách prof. Zlatníka v pralesích Podkarpatské Rusi. . In : Štykar, J. (ed.) : Geobiocenologie a její využití v péči o les a chráněná území. Sb. ref. konf. 4-5. 10. 2002 ve Křtinách. Geobiocenologické spisy, sv.7, MZLU v Brně. s. 148-162
- Hrubý, Z. (2002):* Dynamika vývoje přirozených lesních geobiocenóz ve Východních Karpatech. Dokt. dis. práce. MZLU Brno. Sv. I. : 104 s., 32 příl., Sv. II : 163 s.
- Chapin, F. S. III, Callaghan, T. V., Bergeron, Y., Fukuda, M., Johnstone, J. F., Juday, G., Zimov, A. (2004):* Global change and the boreal forest: thresholds, shifting states or gradual change? *Ambio*, 33 : 6 : 361-365
- Jankovská, V. (1997):* Vývoj vegetace střední Evropy. Lesnická práce, 76:11:409-412.
- Kalvová, J., Brázdil, R. (1993):* Změny klimatu. In : Moldán, B. /ed./ : Rizika změny klimatu a strategie jejich snížení. ČHMÚ Praha. s. 48-91
- Kopecká, V. (1995) :* Přehled krajinně ekologických charakteristik biogeografických regionů. Záv.zpr., AOPAK ČR, Praha.
- Kopecká, V., Buček, A. (1999):* Modelování možných důsledků globálních klimatických změn na území České republiky. Záv. zpr. proj. VaV 610/3/96. AOPAK ČR, Praha. 27 str., 13 kartogramů
- Kullman, L. (2001):* 20th century climate warming and tree-limit rise in the Southern Scandes of Sweden. *Ambio*, 30 : 2 : 72-80
- Laštůvka, Z., Šifrová, H. (2004):* Dochází k nebývalému šíření teplomilného hmyzu na naše území? *Veronica*, 18 : 4 : 1-3
- Moldan, B. /ed./ (1993):* Rizika změn klimatu a strategie jejich snížení. Národní klimatický program ČR – sv.10. ČHMÚ Praha. 174 s.
- Povolný, D., Znojil, V. (1998):* Společenstva masařek ve Zlatníkovských vegetačních stupních střední Evropy (Diptera, Sarcophagidae). *Acta univ.agric. et silvic. Mendel. Brun. (Brno)*, 46 : 1 : 99-109
- Puhe, J., Ulrich, B. (2001):* Global climate change and human impacts on forest ecosystems : postglacial development, present situation, and future trends in Central Europe. *Ecological Studies* 143. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 592 pp.
- Skre, O., Barter, R., Ceawford, R.M.M., Callaghan, T.V., Fedorkov, A. (2002)* How will the tundra-tajga interface respond to climate change? *Ambio*, Special report 12, Tundra-tajga treeline research : 37-46
- Spencer, S. (2001):* Current and future potential forest cover types. In : New England Regional Assessment Group: Preparing for a changing climate : the potential consequences of climate variability and change. New England overview. University of New Hampshire. Case study 4 : 47-48.
- Street-Perrott, F. A. (1994):* Palaeo-perspectives : changes in terrestrial ecosystems. *Ambio*, 23:1:37-43
- Šustek, Z. (2002):* Spoločenstvá bystuškovitých (Coleoptera, Carabidae) a ich využitie ako doplnkovej charakteristiky geobiocenologických jednotiek : problémy a perspektivy. In : Maděra, P. (ed.): Ekologické sítě. Sb. přísp. z mez. konf. 23.-24.11. 2001 v Brně. Geobiocenologické spisy, sv. 6, MZLU v Brně a Mze, Praha. s. 18 – 31
- Vašátko, J. (2002):* Živočišná složka geobiocenóz (zoocenóza) a její význam pro charakteristiku jednotek geobiocenologické typizace krajiny. In : Maděra, P. (ed.) : Ekologické sítě. Sb. přísp. z mez. konf. 23.-24.11. 2001 v Brně. Geobiocenologické spisy, sv. 6, MZLU v Brně a Mze, Praha. s. 12 – 14
- Vinš, B. /ed./ (1996):* Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice. Národní klimatický program ČR - sv. 19. ČHMÚ Praha, 134 s.
- Walker, B.H. (1994):* Landscape to regional scale responses of terrestrial ecosystems to global change. *Ambio*, 23:1:67-73

Příloha č. 1

Kódovací kategorie registru biogeografie

I. Vegetační stupňovitost

kód	podíl plochy	vegetační stupeň	podíl plochy	vegetační stupeň	podíl plochy	vegetační stupeň
1	100%	1. dubový				
2	70-100%	1. dubový	0-30%	2. bukodubový		
3	50-70%	1. dubový	30-50%	2. bukodubový		
4	100%	2. bukodubový				
5	50-70%	2. bukodubový	30-50%	1. dubový		
6	50-70%	2. bukodubový	30-50%	3. dubobukový		
7	100%	3. dubobukový				
8	50-70%	3. dubobukový	30-50%	2. bukodubový		
9	50-70%	3. dubobukový	30-50%	4.a bukový		
10	100%	4.a bukový				
11	50-70%	4.a bukový	30-50%	3. dubobukový		
12	50-70%	4.a bukový	30-50%	5. jedlobukový		
13	100%	4.b dubojehličnatý				
14	50-70%	4.b dubojehličnatý	30-50%	3. dubobukový		
15	50-70%	4.a bukový	30-50%	4.b dubojehličnatý		
16	50-70%	4.b dubojehličnatý	30-50%	5. jedlobukový		
17	100%	5. jedlobukový				
18	50-70%	5. jedlobukový	30-50%	4.a bukový		
19	50-70%	5. jedlobukový	30-50%	4.a bukový	0-20%	6. smrkojedlobukový
20	70-100%	5. jedlobukový	0-30%	6. smrkojedlobukový		
21	50-70%	5. jedlobukový	30-50%	6. smrkojedlobukový		
22	50-70%	6. smrkojedlobukový	30-50%	5. jedlobukový		
23	50-70%	5. jedlobukový	30-50%	6. smrkojedlobukový	0-20%	7. smrkový
24	50-70%	6. smrkojedlobukový	30-50%	7. smrkový		
25	50-70%	6. smrkojedlobukový	30-50%	7. smrkový	0-20%	8. klečový
26	100%	6. smrkojedlobukový				

II. Trofické řady a meziřady

kód	podíl plochy	řada	podíl plochy	řada	podíl plochy	řada
1	100%	A, A/B				
2	50-70%	A, A/B	30-50%	B		
3	50-70%	A, A/B	30-50%	B/C, C		
4	100%	B				
5	50-70%	B	30-50%	A, A/B		
6	50-70%	B	30-50%	B/D, D		
7	50-70%	B	30-50%	B/C, C		
8	100%	B/D, D				
9	50-70%	B/D, D	30-50%	B		
10	50-70%	B/D, D	30-50%	B/C, C		
11	100%	B/C, C				
12	50-70%	B/C, C	30-50%	B/D, D		
13	30-50%	A, A/B	30-50%	B	30-50%	C, B/C
14	50-70%	B/C, C	30-50%	B		
15	50-70%	A, A/B	30-50%	B/D, D		

III. Hydrické řady

kód	podíl plochy	řada	podíl plochy	řada	podíl plochy	řada
1	100%	normální				
2	50-70%	normální	30-50%	zamokřená		
3	50-70%	normální	30-50%	zamokřená v aluviích		
4	100%	zamokřená				
5	50-70%	zamokřená	30-50%	normální		
6	100%	zamokřená v aluviích				
7	50-70%	zamokřená v aluviích	30-50%	normální		
8	70-90%	normální	10-30%	omezená		
9	30-50%	normální	30-50%	zamokřená	20-30%	zamokřená v aluviích

Citace:

BUČEK, A., KOPECKÁ, V.(2004): Možná globální změna klimatu a vegetační stupně. Geobiocenologické spisy, sv.9. MZLU v Brně. s.73-88