

POTENCIÁLNE DOPADY GLOBÁLNYCH KLIMATICKÝCH ZMIEN NA LESNÉ SPOLOČENSTVÁ A HLAVNÉ PROBLÉMY V OCHRANE LESA

BOHDAN KONÔPKA

Úvod

K hromadeniu plynov v atmosfére zvyšujúcich skleníkový efekt dochádza najmä v dôsledku spaľovania fosílnych palív a nadmerného odlesňovania. Prebiehajúce globálne klimatické zmeny (GKZ) úzko súvisia s existenciou a funkčnosťou lesných spoločenstiev. Hoci lesné ekosystémy pokrývajú približne len štvrtinu povrchu súše, odhaduje sa, že sa v nich nachádza až 85 % rastlinného a 35 % pôdneho uhlíka (KIRSCHBAUM, FISCHLIN, 1996). To znamená, že lesy fixujú podstatnú časť zásob uhlíka súše Zeme a teda výrazne ovplyvňujú aj koncentráciu CO₂ v atmosfére. Preto lesné spoločenstvá v prípade uvážlivého obhospodarovania môžu zohrať významne pozitívnu úlohu v regulovaní narušeného kolobehu uhlíka v atmosfére. Je dokázané, že najlepšiu schopnosť fixovať uhlík majú prirodzené lesné ekosystémy, potom lesy s prírodou blízkym obhospodarovaním, ďalej monokultúry s holorubným hospodárskym spôsobom a najhoršiu plantáže drevín s krátkou rubnou dobou. Okrem uhlíkovej bilancie lesné spoločenstvá pozitívne vplývajú aj na ďalšie klimatické charakteristiky. Ide hlavne o reguláciu vlhkosti vzduchu, vyrovnávanie teplotných výkyvov a spomaľovanie vzdušných prúdov.

GKZ majú výrazný vplyv na lesné ekosystémy. Dreviny v porovnaní s poľnohospodárskymi plodinami potrebujú výrazne dlhší čas pre vývoj. Takže ich nemožno v priebehu pár rokov nahradiť inými, odolnejšími druhmi. Preto je hrozba negatívnych následkov GKZ na lesné ekosystémy omnoho väčšia než v prípade poľnohospodárskych kultúr. Čím GKZ prebehnú rýchlejšie, tým budú aj následky na lesné dreviny katastrofálnejšie. GKZ okrem priamych následkov na lesné ekosystémy budú vplývať aj nepriamo, pretože vytvoria vhodné podmienky pre mnohé škodlivé činitele.

Referát v krátkosti sumarizuje niektoré výsledky výskumu v zahraničí týkajúce sa vzťahu GKZ a lesných spoločenstiev. Ďalej sa zaoberá priamymi a nepriamymi následkami GKZ na lesné ekosystémy s hlavným zameraním na novovzniknuté problémy v ochrane lesa.

Výsledky výskumu v zahraničí

GKZ a ich možným následkom na lesné ekosystémy sa začala venovať intenzívna pozornosť najmä v USA, Veľkej Británii, Nemecku a Švédsku koncom osemdesiatych rokov. Treba konštatovať, že sa zatiaľ scenáre jednotlivých výskumníkov týkajúce sa priebehu GKZ dost' odlišujú. Ich hlavná pozornosť sa venuje koncentrácii CO₂, priebehu teplôt a distribúcii zrážok. Okrem toho sa očakávajú aj ďalšie klimatické a bioklimatické zmeny: zníženie relatívnej vlhkosti vzduchu, rast potenciálnej evapotranspirácie, pokles pôdnej vlhkosti, častejší výskyt extrémov počasia, odchýlky od prirodzeného priebehu ročných zrážok, pokles počtu dní so snehovou pokrývkou atď. (GATES, 1990).

Vedci prevažne očakávajú zhoršenie rastových podmienok pre väčšinu súčasných lesných ekosystémov, avšak pripúšťajú v určitých prípadoch aj pozitívny vplyv na lesy. Tak napríklad ARRIGO a kol. (1992) tvrdia, že zvýšená koncentrácia CO₂ a zrýchlená dekompozícia organických látok v dôsledku vyšších teplôt môžu mať stimulujúci efekt na produkčné vlastnosti niektorých drevín. Tento jav je však často dočasný a platí v prípade, že ekologická amplitúda drevín tvoriacich lesné ekosystémy sa nachádza v rámci novovzniknutých klimatických podmienok.

Väčšina doterajších experimentov sa sústredila na sledovanie rastových a fyziologických zmien v drevinách exponovaných umelo zvýšenou koncentráciou CO₂. JANSSENS a kol. (2000) zhrnuli hlavné poznatky z doterajších výsledkov týchto experimentov. Konštatujú, že sa stimuloval prírastok na nadzemnej a podzemnej biomase, pričom sa zvýšil podiel jemných korenkov. Spravidla vzrástla fotosyntetická aktivita na plošnú jednotku asimilačných orgánov. Zistili sa veľmi výrazné medzi- ale aj vnútrodruhové rozdiely v „správaní“ sa takto exponovaných stromov. Autori zdôrazňujú nedostatky pokusov. Napríklad, experimenty so zvýšenou koncentráciou CO₂ sú zatiaľ pomerne krátkodobé a spravidla sa vykonávajú len na sadeniach alebo mladých drevinách. Vždy išlo o pololaboratórne podmienky, s vylúčením mnohých prírodných faktorov. Taktiež sa väčšinou paralelne nesimulovali všetky negatívne následky GKZ (narušený chod zrážok a teplôt, zvýšené UV žiarenie a pod.). Preto na prvý pohľad pozitívne vplyvy týchto experimentov na rast drevín môžu byť zavádzajúce. Pri dlhodobjšom pôsobení zvýšená koncentrácia CO₂ spolu s ďalšími sprievodnými javmi GKZ bude viesť vo väčšine prípadov k výrazným fyziologickým poruchám drevín a prevažne k negatívnym zmenám v lesnej pôde.

Kombináciou laboratórnych a terénnych pokusov, štatistických údajov, ako aj matematických modelov sa vedcom podarilo približne vypočítať uhlíkovú bilanciu pre základné typy ekosystémov v krajinách Európy (tab. 1). Je zrejmé, že najpozitívnejší vplyv na koncentráciu atmosférického CO₂ majú krajiny s vysokým podielom lesov, a hlavne lesných spoločenstiev s prírodou blízky charakterom. Slovensko sa v tomto porovnaní nachádza na lichotivom - druhom mieste za Slovinskom. Ročne na Slovensku všetky typy ekosystémov spolu prijmu na m² plochy o 102 g uhlíka viac ako uvoľnia. Vysoko pozitívnu bilanciu tu majú lesné ekosystémy (128 g.m⁻²), najnegatívnejšiu poľnohospodárske kultúry (-37 g.m⁻²). Ročne je ekosystémami Slovenska o 5 miliónov ton uhlíka viac prijatého než uvoľneného.

Tabuľka 1. Ročné rozdiely medzi uhlíkom prijatým () a uvoľneným (-) lesmi a ostatnými typmi ekosystémov vyjadrené v gramoch na m² územia krajiny a celková ročná bilancia uhlíka jednotlivých štátov Európy v tonách (JANSSENS 2003)

Štát	Lesné spoločenstvá (g.m ⁻² .rok ⁻¹)	Ostatné ekosystémy (g.m ⁻² .rok ⁻¹)	Lesy + ostatné ekosystémy (g.m ⁻² .rok ⁻¹)	Celková bilancia uhlíka * (10 ³ t.rozloha ⁻¹ .rok ⁻¹)
Slovinsko	142,45	-7,36	135,09	2 742
Slovensko	127,86	-25,47	102,39	5 017
Rakúsko	89,88	5,85	95,73	8 041
Švajčiarsko	29,51	26,93	56,44	2 314
Bosna-Hercegovina	41,02	-5,72	35,30	1 804
Nemecko	64,48	-35,32	29,16	10 410
Rumunsko	56,41	-31,02	25,39	6 042
Švédsko	29,67	-6,29	23,38	10 520
Nórsko	16,54	0,25	16,79	5 439
Chorvátsko	30,38	-14,68	15,70	886
Taliansko	31,73	-20,07	11,66	3 509
Fínsko	25,56	-14,12	11,44	3 865
Španielsko	8,89	1,22	10,11	5 104
Francúzsko	25,94	-16,13	9,81	5 417
Bulharsko	43,61	-36,35	7,26	806
Juhoslávia	28,85	-24,45	4,40	308
Česko	49,43	-47,79	1,64	129
Grécko	5,23	-10,12	-4,89	-645
Albánsko	5,20	-11,40	-6,20	-178
Belgicko+Luxembursko	12,68	-23,22	-10,54	-349
Lotyšsko	48,84	-60,69	-11,85	-777
Veľká Británia	10,57	-22,65	-12,08	-2 961
Portugalsko	17,93	-41,51	-23,58	-2 170

Štát	Lesné spoločenstvá	Ostatné eko- systémy	Lesy + ostatné ekosystémy	Celková bilancia uhlíka *
	(g.m ⁻² .rok ⁻¹)	(g.m ⁻² .rok ⁻¹)	(g.m ⁻² .rok ⁻¹)	(10 ³ t.rozloha ⁻¹ .rok ⁻¹)
Maďarsko	37,51	-61,22	-23,71	-2 205
Bielorusko	49,71	-77,28	-27,57	-5 723
Ukrajina	22,26	-54,36	-32,10	-19 390
Írsko	6,43	-43,83	-37,40	-2 618
Litva	38,22	-75,83	-37,61	-2 452
Estónsko	34,67	-74,04	-39,37	-1 776
Poľsko	32,04	-72,92	-40,88	-12 794
Moldavsko	12,47	-62,03	-49,56	-1 670
Holandsko	21,62	-72,51	-50,89	-1 883
Dánsko	11,63	-82,62	-70,99	-3 052

Poznámka: * Rozumie sa uhlík prijatý a uvoľnený rôznymi ekosystémami (lesy, pasienky, poľnohospodárske kultúry a rašelinné spoločenstvá) bez ohľadu na emisiu uhlíka spôsobenú antropogénnou činnosťou.

Vypracovali sa modely a scenáre na optimálny manažment územia vrátane lesov s hlavným cieľom maximálneho viazania uhlíka. Ako príklad možno spomenúť „Land Use and Carbon Sequestration Model“ (Model využitie územia a viazania uhlíka) vyvinutý v USA (FAETH, 1995). Uvažuje sa hlavne s viazaním uhlíka lesnými spoločenstvami, konkrétne drevinami, ďalšou vegetáciou a pôdou. Rezervy sa hľadajú v zalesňovaní spustnutých plôch a v rekonštrukcii málo produkčných, či rozpadajúcich sa lesných porastov. Často sa do modelov zahrňuje aj faktor využitia dreva po ťažbe. Najnevhodnejšie je jeho spaľovanie. Naopak, pre fixáciu uhlíka je najprogresívnejšie využiť drevo na výrobky s dlhodobou trvanlivosťou, napr. ako konštrukcie budov (TIPPER, 1998).

Priame následky na lesné ekosystémy

GKZ môžu pôsobiť na lesné ekosystémy priamo, a to mechanicky ako aj fyziologicky. *Mechanické pôsobenie* sa prejavuje hlavne prostredníctvom vetra, snehu a námrazy.

Očakáva sa častejší výskyt ničivých víchrov (OVERPECK a kol., 1990). SLABÝ (1993) analyzoval meteorologické údaje v Českej republike počas troch desaťročí. Za sledované obdobie zistil postupný dlhodobý nárast dní s výskytom vetra s rýchlosťou nad 17 m.s⁻¹. Vietor s takouto rýchlosťou môže podľa viacerých autorov (napr. VICENA a kol., 1979) spôsobiť škody na menej stabilných lesných porastoch. KONÔPKA (1997) analyzoval dlhodobé údaje o objeme vetrových kalamít na území Slovenska. Konštatoval ich narastajúcu tendenciu počas ostatných troch desaťročí. Za jednu z možných príčin ich nárastu možno považovať GKZ.

Určítym rizikom v súvislosti s postupnou zmenou poveternostných podmienok je aj zmena smeru prevládajúcich vzdušných prúdov. Lesné porasty, prípadne jednotlivé stromy majú najvyššiu odolnosť proti vyvráteniu alebo zlomeniu na najčastejšie sa vyskytujúci smer vetra. Porasty často v takomto zmysle posilňuje aj lesný hospodár pestovno-ochrannými opatreniami. Existuje tu kolektívna ochrana stromov s dôrazom na nebezpečný smer vetra. V lesných porastoch so zložitejšou štruktúrou je rozhodujúca individuálna odolnosť stromov. Dreviny sú schopné posilňovať svoju odolnosť proti najfrekvencovanejšiemu smeru vetra, avšak zároveň sú zraniteľné, ak silný vietor prichádza z nezvyklého smeru. Ako príklad môže slúžiť rozsiahla vetrová kalamita na Horehroní z júla 1996, kedy víchrica prišla neočakávane z juhozápadu. Ak by teda GKZ výrazne ovplyvnili smery vetrov, tieto by mohli vo veľkej miere rozvracať existujúce staršie lesné porasty.

KETTUNEN a kol. (1997) vypočítali, že v prípade zdvojnásobenia koncentrácie CO₂ v atmosfére dôjde k nárastu priemernej ročnej teploty o 2-4 °C. Najvýraznejší nárast by podľa tých-

to autorov bol v najchladnejších mesiacoch (január a február), a to približne o 6-8 °C. Ďalej uvádzajú, že v týchto mesiacoch pravdepodobne dôjde k nárastu množstva zrážok. Skrátilo by sa obdobie s premrzaním pôdy. Takto sa zvýši riziko vyvrátenia drevín v zimnom období, pretože mokré nepremrznuté pôdy majú zníženú súdržnosť. Podobne možno predpovedať aj častejší výskyt padania mokrého, ťažkého snehu, ktorý poškodzuje hlavne mladšie prehustlé lesné porasty.

Fyziologické pôsobenie GKZ na lesné ekosystémy môže mať ešte negatívnejšie následky ako už uvádzané mechanické pôsobenie. Každá drevina má svoju ekologickú amplitúdu, ktorá okrem iného súvisí aj s teplotným a vodným režimom. V ostatných rokoch sa zaznamenávajú mnohé, niekedy aj niekoľkostoročné rekordy meteorologických javov. Podľa klimatológa ŠŤASTNÉHO (2002) dobrým príkladom je zima 2001/2002. Počas nej bol na Slovensku december najchladnejší za ostatných 100 rokov. V druhej polovici tejto zimy nastal opačný extrém, t. j. mimoriadne oteplenie a koncom januára sa prekonal 150-ročný rekord.

S GKZ sa očakáva postupný nárast priemerných ročných teplôt, čo zvýši evapotranspiráciu v lesných ekosystémoch. Týmto dreviny zvýšia spotrebu vody. Súčasne dôjde k narušeniu prirodzeného priebehu ročných zrážok, pričom sa ráta s ich poklesom vo vegetačnom období. Dreviny náročné na vlahu, a to hlavne rastúce na pôdach s menšou retenčnou schopnosťou, budú trpieť nedostatkom vody, čo ich bude oslabovať fyziologicky. Preto najviac ohrozenou drevinou bude smrek rastúci vo svojom suboptime. Podľa MINĎÁŠA a ŠKVARENINU (1994) budú ohrozené aj niektoré horské smrečiny limitované množstvom zrážok a imisným zaťažením. Ďalšou rizikovou skupinou, ktorá bude podliehať stresom v dôsledku nedostatku vody a klimatických výkyvov budú preriedené lesné porasty a rozdrobené lesné komplexy. Uvedené ekosystémy majú narušenú bioklímu a budú citlivé na ďalšie zhoršovanie klimatických pomerov. Nedostatkom vlahy budú trpieť aj lesné porasty na strmých svahoch orientovaných na juh alebo juhozápad.

STOLINA a kol. (1985) uvádzajú, že najodolnejšími drevinami k nedostatku vlahy sú dub plstnatý a brekyňa obyčajná. Pomerne odolné sú aj dreviny hrab, dub zimný, dub cerový, smrekovec, čiastočne aj borovica sosna. Naopak citlivé sú jedľa a smrek. Plytkokoreniace dreviny sú citlivejšie na suché periódy ako hlbokokoreniace dreviny. Mladé lesné porasty hlavne nárasty a kultúry sú menej odolné ako staršie.

Pravdepodobne častejšie bude poškodzovanie hladkokôrych drevín úpalom kôry rastúcich na porastových okrajoch alebo v porastoch so zníženým zakmenením. Teplé a suché periódy vo vegetačnom období zvýšia riziko požiarov. Ďalej možno očakávať nárast frekvencie atmosférických výbojov, ktoré dreviny priamo poškodia alebo aj spôsobia požiar. Taktiež sa predpovedajú časté potopy, ktoré negatívne ovplyvnia brehové porasty a lužné lesy.

Nepriame následky na lesné ekosystémy

Mechanicky a hlavne fyziologicky pôsobiace škodlivé činitele stimulované GKZ budú vážne narúšať konštitúciu drevín a celkovú ekologickú stabilitu lesných porastov. Z tohto dôvodu sa zníži ich rezistencia k pôsobeniu rozličných biotických škodcov. Napríklad smrečiny v štádiu žrdkovnín a žrdovín oslabené suchom následne napáda *Polygraphus polygraphus*, v kmeňovínach *Ips typographus* a oboch podkôrníkov sprevádza *Pityogenes chalcographus*. Dreviny smrek, jedľa, buk, ale aj iné druhy po suchých obdobiach napádajú podpňovky (*Armillaria* sp.), ale aj iné škodlivé huby. Duby v prípade oslabenia suchom napáda napr. drvinárik všežravý (*Xyleborus saxensis*). Duby sú po suchých rokoch náchylné na tracheomykózne ochorenia a ich zdravotný stav potom úzko súvisí s vývojom klimatických podmienok v ďalšom období. V dôsledku nepriaznivých klimatických pomerov sa objavujú čoraz častejšie vaskulárne mykózy na niektorých ďalších druhoch listnatých a ihličnatých drevín. Veľmi ohrozený bude smrek obyčajný, ktorého konštitúciu zhoršuje nevyrovnaná zrážková bilancia a teplotné

výkyvy. Fyziologicky oslabené smreký budú náchylné na upchávanie vodivých pletív endofytickými hubami.

Teplota je limitujúcim faktorom pre šírenie mnohých hmyzích škodcov. Predovšetkým chladné zimy chránia lesy mierneho pásma pred prenikaním niektorých druhov hmyzu z juhu alebo nižších nadmorských výšok. GKZ budú mať na hmyzích škodcov zväčša vplyv stimulačný (BENISTON, INNES, 1998). Ovplyvnia ich populačnú dynamiku (plodnosť, dĺžku vývojových štádií a celkového prežívania, frekvenciu a intenzitu gradácie), ako aj areál výskytu (v horizontálnom aj vertikálnom zmysle). PFEFFER a kol. (1961) uvádzajú, že v polovici minulého storočia sa podkôrny hmyz v Československu vyskytoval do maximálnej nadmorskej výšky 1 200 m. Dnes sa podkôrniky premnožujú na Slovensku aj v nadmorskej výške 1 400 m, často aj vyššie – až na hornej hranici lesa.

Pomerne málo prebádaný je potencionálny vplyv GKZ na životný cyklus, resp. virulenciu patogénnych húb. Avšak aj tu možno povedať, že dispozícia drevín k patogénnym hubám sa bude v dôsledku ich oslabenia klimatickými stresmi zvyšovať. Bude to platiť aj pre rôzne vírusy a baktérie. Limitujúcim faktorom bude predovšetkým nedostatok vody a vysoký výpar v letných mesiacoch. Na koreňoch takto stresovaných smrekov sa budú masovo šíriť hlavne podpňovky. JANKOVSKÝ (2000) uvádza, že v Českej republike podpňovka ohrozuje najviac smrečiny na živných stanovištiach 3. a 4. vs. Domnieva sa, že s priebehom globálnych klimatických zmien podiel ohrozených porastov vzrastie aj do vyššie položených vs. V súčasnosti je najagresívnejšou podpňovka smreková *Armillaria ostoyae*. Avšak v dôsledku ekologických zmien budú na význame nadobúdať aj ďalšie podpňovky. Šírením koreňových a kmeňových hnilôb sa výrazne zníži statická, ale aj celková ekologická stabilita lesných porastov, a to najviac v smrečinách a bučinách.

Zhorší sa situácia s nežiadúcou vegetáciou. Iniciálne štádia vývoja lesných porastov budú viacej stresované, zvýši sa úhyn semenáčikov a mladých stromčekov. Tým sa vytvorí kompetičný priestor pre nežiadúcu vegetáciu, čo zvýši náklady na zabezpečenie lesných porastov. V rozpadávajúcich sa lesných porastoch a na holinách možno očakávať epizódy premnoženia drobných hľadavcov. Ich populáciu podporí aj častý výskyt extrémne teplých a suchých období. Drobné hľadavce budú výrazne poškodzovať výsadby a mladé lesné porasty.

Nebezpečné bude zavlečenie nových hmyzích, hubových a iných škodcov, ktorí môžu nájsť v nových meniacich sa klimatických pomeroch dobré životné podmienky. Zavlečenie a rozšírenie škodcov je veľmi aktuálne v spojitosti s globalizáciou svetového trhu a dynamickou výmenou tovarov, vrátane rastlinného materiálu a dreva. Pravdepodobne sa objavia a budú postupne nadobúdať na význame aj tzv. prekvapiví škodcovia a choroby, t. j. tí, čo sa doteraz prejavovali len ako saprofyty, resp. ako príležitostní škodcovia.

Záver

Z uvedeného je zrejmé, že negatívne dopady GKZ budú mať rôznu intenzitu nielen pre jednotlivé dreviny, ale aj pre lesné ekosystémy rastúce v určitých vegetačných stupňoch Slovenska. Lesy v nížinách a pahorkatinách (približne 1.-3. vs) bude ohrozovať hlavne sucho. V dlhodobom časovom rámci sa očakáva šírenie stepných spoločenstiev na úkor dubín. Čoraz častejšie budú požiare, a to hlavne v borinách. Vzrastú škody spôsobené potopami na brehových porastoch a v lužných lesoch. Porasty v stredných a horských polohách (4.-6. vs) bude poškodzovať vietor, ale aj sneh a námraza. V týchto lesoch možno očakávať rozsiahle škody spôsobené nedostatkom zrážok, a to hlavne v prípade smreka. Možno predpovedať výrazné premnožovanie škodlivého hmyzu a rozsiahle šírenie hubových ochorení. Taktiež vysokohorské lesy (7. a 8. vs) bude poškodzovať nedostatok zrážok a ich neprirodzená distribúcia vo vegetačnom období. Negatívne následky budú najakútnejšie v preriedených a imisiami oslabených smrečinách. Pravdepodobne aj tu budú vznikať rozsiahle vývraty v prípade kombinácie víchric a intenzívnych dažďov. Z uvedených príčin bude v horských smrečinách pretrvávajúť

problém s prirodzenou obnovou. Spôsobí to expanzia trávových spoločenstiev a nedostatok vlhky a extrémna klíma pre prežívanie semenáčikov. Klimatické extrémny, často v kombinácii s imisiami, budú fyziologicky oslabovať porasty kosodreviny. Ich prípadný rozpad by mal katastrofické následky na existenciu hornej hranice lesa, ale aj na horské smrečiny (lavíny, erózia pôdy, narušený vodný režim a pod.).

GKZ majú, ale hlavne budú mať výrazne negatívne následky na lesné ekosystémy a vytvoria vhodné podmienky pre pôsobenie abiotických škodlivých činiteľov ako aj rozličných škodcov. Ochrana lesa bude preto nadobúdať na svojom význame. Tu treba pripomenúť „princíp predbežnej opatrnosti“, ktorý hovorí, že opatrenia treba urobiť už vtedy, keď hrozí nebezpečenstvo, resp. keď ešte nemožno celkom jednoznačne určiť jeho rozsah a dôsledky. Treba zobrať do úvahy, že v súčasnosti zakladané lesné porasty budú rásť a fázu dospelosti dosiahnu v úplne iných klimatických podmienkach ako sú dnes. Bolo by preto veľkým rizikom nereagovať už teraz na tieto skutočnosti a lesné porasty neprispôbiť predpokladaným ekologickým zmenám.

Literatúra

- ARRIGO, R. D., JACOBY, G. C., FREE, R. M., 1992. *Tree ring width and maximum laterwood density at the North America tree line: parameters of climatic change*. Can. J. For. Res., 22, s. 1290-1296.
- BENISTON, M., INNES, J. L., 1998. *The Impact of Climatic Variability on Forests*. Berlin : Springer, 329 s.
- FAETH, P., 1995. *Estimation of carbon sequestration of forestry using LUCS model*. WRI. Washington: 71 s.
- GATES, D. M., 1990. Dynamics of ecophysiological processes in tree crowns and forest canopies. In *Proceedings of a workshop held in Rhineland*. Rhineland, s. 17-23.
- JANKOVSKÝ, L., 2000. Některé zavlečené choroby lesních dřevin dvacátého století a možná aktivizace houbových patogenů v nadcházejících letech. In *Mykologická fytopatologie ve 20. a 21. století*. Praha, s. 104-113.
- JANSSENS, I. A., 2003. Nепublikovaný manuskript.
- JANSSENS, I. A., MOUSSEAU, M., CEULEMANS, R., 2000. Crop Ecosystem Responses to Climatic Changes: Tree Crops. In *Climate Changes and Global Crop Productivity*. New York : CABI Publishing, Oxon, s. 245-270.
- KETTUNEN, L., MUKULA, J., POHJONEN, V., VARJO, U., 1987. The effect of climatic variations on agriculture in Finland. In *The impact of climatic variations on agriculture*. Assessments in cool temperature and cold regions, 1, s. 1-90.
- KIRSCHBAUM, M. U. F., FISCHLIN, A., 1996. Climate change impacts on forests, In *Climate Change 1995 Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Changes: Scientific-Technical Analysis*. Cambridge : Cambridge University Press, s. 99-129.
- KONÔPKA, B., 1997. *Analysis of damage caused by wind, snow and ice in the forests of Slovakia*. Lesnictví-Forestry, roč. 43, s. 296-304.
- MINĎAŠ, J., ŠKVARENINA, J., 1994. *Globálne zmeny atmosféry a lesy Slovenska*. Les, roč. 50, s. 3-6.
- OVERPECK, J. T., RIND, D., GOLDBERG, R., 1990. *Climate-induced changes in forest disturbance and vegetation*. London : Nature, 343, s. 51-53.
- PFEFFER, A. a kol., 1961. *Ochrana lesů*. Praha : SZN, 510 s.
- SLABÝ, S., 1993. *Nárazy větru v České republice*. Meteorologické zprávy, 46, s. 4-10.
- STOLINA, M. a kol., 1985. *Ochrana lesa*. Bratislava : Príroda, 480 s.
- ŠTASTNÝ, P., 2002. *Čakajú nás extrémny* Slovenka, č. 7, s. 10-11.

TIPPER, R., 1998. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Forestry: A Review of Technical, Economic and Policy Concepts. In *Climate change impact on agriculture and forestry*. Brussels : European Commission, s. 319-326.

VICENA, I., PAŘEZ, J., KONŮPKA, J., 1979. *Ochrana lesa proti polomům*. Praha : SZN, Praha, 244 s.

Kontaktná adresa:

Dr. Ing. Bohdan KONŮPKA

Lesnícky výskumný ústav Zvolen

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

e-mail: <bkonopka@fris.sk>