

EKONOMICKÉ DÔSLEDKY KLIMATICKÝCH ZMIEN V LESNÍCTVE

JOZEF TUTKA, ROMAN SVITOK

*Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22,
SK – 960 92 Zvolen, e-mail: tutka@nlcsk.org, svitok@nlcsk.org*

TUTKA J., SVITOK R.: Economic consequences of climate change in forestry. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, **56**(1): 31 – 55, 2010, 10 fig., tab. 11, ref. 16. Original paper. ISSN 0323 – 10468

The paper deals with general economic evaluation of possible impact of global climate change on the forestry of the Slovak Republic. Some current approaches to quantification of impact are characterized. There are distinguished the primary and secondary impact of CO₂ and greenhouse gases equivalents on forest ecosystems and economics. In the first case it is the question of direct influencing the biochemical reactions of natural growth process through CO₂ increase. The second group the mediated impact of global climate change on forest ecosystems as well as inputs and outputs of forestry production are considered. In this case CO₂ and greenhouse gases equivalents are considered one of initial factors of global climate change. Additional effects of processes within the main production activities of enterprising subjects, conditioning the amount of CO₂ in the atmosphere, are assessed as externalities. Economic branches, where production of CO₂ exceeds its consumption, produce the negative externalities as a rule. On the contrary, the branches with higher consumption than production of CO₂ produce positive ones. The paper presents some natural and value indices for measuring the impact of global climate change. Moreover, the paper deals with the results of negative externalities quantification based on the principle of changed tree species composition, increased costs for selected processes of forest production and lowered realization of timber depending on incidental felling. There are also presented some forestry outputs of positive externalities in the form of value (price) of ton of CO₂ bound in forestry ecosystems and forest products.

Key words: *economic evaluation, climate change, greenhouse gases, forestry, quantification, forest production, externalities*

Práca sa zaoberá rámcovým ekonomickým hodnotením možných vplyvov globálnych klimatických zmien na lesníctvo SR. Charakterizujú sa niektoré doterajšie prístupy kvantifikácie dopadov. Rozlišuje sa prvotný a druhotný vplyv CO₂ a ekvivalentov skleníkových plynov na lesné ekosystémy. V prvom prípade ide o priame ovplyvňovanie biochemických reakcií prírodného rastového procesu. V rámci druhej skupiny ide o sprostredkovaný vplyv globálnych klimatických zmien na lesné ekosystémy a vstupy a výstupy lesnej výroby. V tomto prípade sa CO₂ a ekvivalenty skleníkových plynov považujú za jeden z iniciačných faktorov globálnych klimatických zmien. Vedľajšie

účinky a efekty procesov hlavných výrobných činností podnikateľských subjektov, podmieňujúcich množstvo CO₂ v atmosfére, sa posudzujú ako externality. Hospodárske odvetvia, v ktorých prevažuje produkcia CO₂ nad jej spotrebou, produkujú spravidla záporné externality. Naproti tomu odvetvia s väčšou spotrebou ako je produkcia zasa kladné externality. Uvádzajú sa niektoré naturálne a hodnotové ukazovatele merania vplyvu globálnych klimatických zmien. Ide o kvantifikáciu záporných externalít, vyplývajúcich zo zmeny drevinového zloženia, zvýšených nákladov vybraných výkonov lesnej výroby a zníženého speňaženia dreva, v závislosti od náhodných ťažieb. Prezentujú sa tiež niektoré čiastky pozitívnych externalít lesnej výroby vo forme hodnoty (ceny) viazania CO₂ v lesných ekosystémoch a výrobkoch z dreva.

Kľúčové slová: *ekonomické hodnotenie, klimatické zmeny, skleníkové plyny, lesníctvo, kvantifikácia, lesná výroba, externality*

1. Úvod

V roku 2007 sa ukončilo riešenie úlohy výskumu a vývoja. „Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska“. V rámci značne širokej problematiky výskumu sa riešila aj otázka ekonomickej kvantifikácie dopadov klimatickej zmeny na produkciu dreva, ďalej na nákladovosť vybraných výkonov hlavných činností lesnej výroby, ale aj možné prínosy pozitívnej externality viazania CO₂ v lesných ekosystémoch.

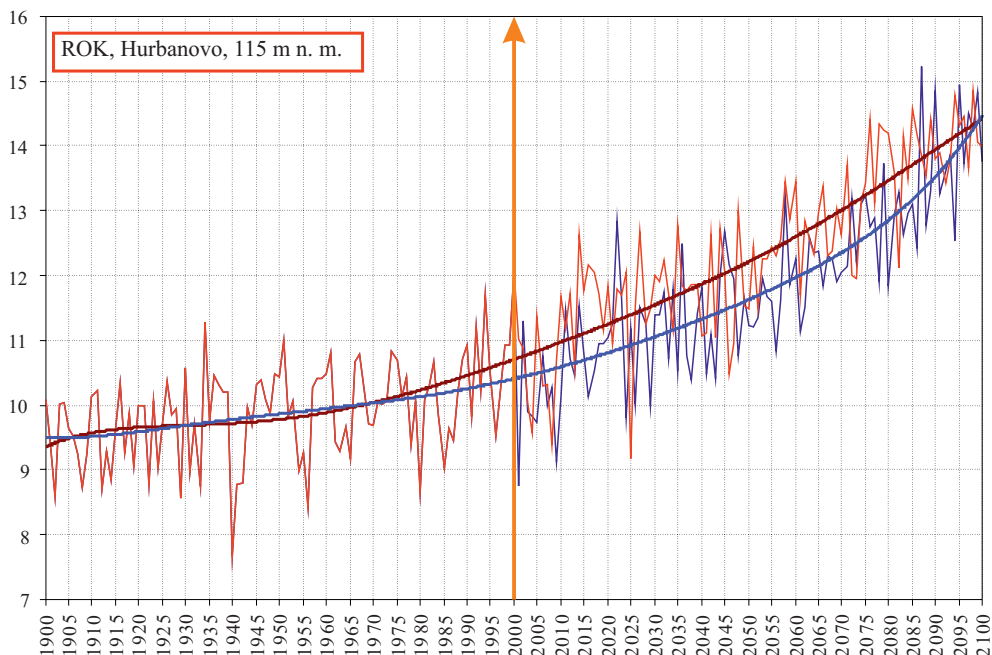
Rozsiahle aktivity človeka sa zákonite prejavujú v priamych a nepriamych zmenách na povrchu Zeme. Podľa NÁTRA (2000) sú nepriame vplyvy zásahov človeka do systému Zeme najvýznamnejšie. Odber látok z prírodných lokalít sa neprejavuje tak rušivo ako vlastné uvoľňovanie len niektorých zložiek z odobratých látok, napr. i oxidu uhličitého (CO₂).

Vyšší stupeň zložitosti našej planéty, ako je zložitosť rastlín a časovo i priestorovo ohraničená úroveň doterajšieho poznania vplyvu zvýšenej koncentrácie CO₂ na klímu a rastlinstvo, môžu aj seriózne odvodené tvrdenia viesť často k protichodným konštatovaniam (NÁTR 2000). Napríklad zvýšený obsah CO₂ v atmosfére má iba krátkodobý stimulačný účinok na rýchlosť fotosyntézy a nadväzne zvýšenie biomasy drevín (PRIVITZER *a kol.* 1997). Doterajšie pozorovania naznačujú, že dlhodobé pôsobenie zvýšenej koncentrácie CO₂ a vplyv ďalších stresových faktorov (extrémne teploty, fotooxidanty a kyselinotvorné oxidy) môžu viesť k aklimaçnej depresii fotosyntetickej aktivity asimilačného aparátu a prírastku produkcie.

Ani najnovšie výskumy fyzikov, astrofyzikov, matematikov a filozofov, v podaní HAWKINGA (1996, 2001) a jeho súčasníkov, ktoré významne posunuli poznatkovú úroveň o vesmíre a jeho chovaní, neznižujú jeho význam na klimatických zmenách. Veľká zložitosť a súvislosti vo vesmíre predstavujú stále značný podiel čiernej skrinky jeho chovania sa na týchto zmenách. Preto vlastný priestor na objasňovanie podstaty klimatických zmien z pohľadu faktora času, je stále značne determinovaný a obmedzený.

2. Problematika

Za príčinou klimatických zmien možno hľadať evolučné procesy slnečnej sústavy, galaxie a vesmíru a emisie skleníkových plynov, hlavne CO₂. Koncentrácia CO₂



Obr. 1. Merané údaje (1900 – 2000) a modifikované modelové výstupy modelu CCCM1997-modrá a CCCM2000-červená (2001 – 2100) (MINĎÁŠ a kol. 2004)

Fig. 1. Measured data (1900–2000) and modified model outputs of the model CCCM1997-blue and CCCM2000-red (2001–2100) (MINĎÁŠ et al. 2004).

v atmosfére je o 30 % vyššia ako na začiatku epochy industrializácie a má najvyššiu hodnotu za posledných 400 tisíc rokov, (Climate Press, 1999).

Relevantnými signálmi globálnej zmeny klímy sú:

Otepľovanie, dokumentované na príklade meteorologickej stanice Hurbanovo prezentuje obrázok 1.

- stúpajúca hladina svetových morí a zatápanie pevniny,
- zvyšujúca početnosť veterných smršťí a búrok (Vivian, Lotar, Katrina, Rita ap.),
- výnimočnosť poveternostných situácií, napr. El Niño,
- intenzívnejšia erózia časti pobreží a odlesnených území,
- zmeny v ústiach riek,
- prienik slanej vody poškodzujúcej prírodu a zásoby pitnej vody,
- posun výškových a horizontálnych vegetačných pásiem,
- zväčšovanie rozlohy suchých a púštnych oblastí,
- ubúdanie ľadovcov v Alpách, do roku 2050 má zmiznúť až 75 % ich rozlohy,
- ubúdanie zásob sladkej vody v ľadovcoch Arktídy a Antarktídy,
- rozširovanie nových škodcov ap.

Napriek odľahčeným výrokom politikov na fenomén zmeny klímy, že ide iba o mýtus skupiny exponovaných zanietencov, resp. že bude možné pestovať vinnú revu a užívať atraktívnu letnú dovolenku aj v novovybudovaných rekreačných centrách chladných severských miest alebo v zime ani v Rusku sa už nebudú nosiť kožuchy, nevyviedli z miery a ostražitosti vedu a racionálny hlas a svedomie ľudstva, aby nezačali zodpovedne konať. A tak z dvoch možností ponúkaných značnou časťou politikov, že vysporiadanie s problémom nás bude stáť viac, ako keď ho budeme iba tolerovať, resp., že lacnejšie by iste bolo s problémom sa vysporiadať, ale už aj tak je neskoro a nerobme teda nič, vyhrala tretia racionálna a relevantná možnosť aktívne konať a začať technológiami poznania.

Vlastnou problematikou ekonomických dopadov klimatických zmien a zvlášť na lesy Slovenska sa vzhľadom na čerstvý a „mladý“ problém, zaoberalo doteraz málo prác. Jednou z prvých lastovičiek posledného obdobia bola prípadová štúdia (HOLÉCY, MINĎAŠ, ŠKVARENINA 2000). V práci sa vychádzalo zo simulácie scenárov vývoja zásob dreva. Simulácia zásoby sa vykonala na základe zmeny zastúpenia drevín smrek, buk, dub pri prechode z i-tého vekového stupňa do i+1 vekového stupňa (podľa metódy pravdepodobnosti prechodu) za obdobie 80 rokov. Celkom sa definovalo 5 scenárov: základný a minimálna a maximálna verzia percenta prechodu (zmeny zastúpenia drevín) bez a s adaptačnými opatreniami. Zhoršené percento prechodu medzi vekovými stupňami v minimálnej verzii bolo pre smrek 2 % a pre dub a buk 1 % a v maximálnej verzii pre smrek 5 %, buk 2 % a dub 1,5 %. Rizika hospodárenia, resp. škody hospodárenia podľa scenárov 2 – 5 sa kvantifikovali ako rozdiely oproti základnému scenáru 1 na úrovni úradných cien lesných porastov ešte podľa vyhlášky 465/1991, Zb. Odvodené riziko možných dopadov klimatickej zmeny na hodnote lesného majetku sa pohybovalo od -2,225 – -4 206 mld. Eur (-67,32 – -126,7 mld. Sk). Predpokladaná realizácia adaptačných opatrení znižuje toto riziko o 0,68 – 1,12 mld. Eur, (20,7 – 33,7 mld. Sk).

V zahraničí sa tejto problematike venovali ŠIŠÁK a PULKRAB (2004). Autori vychádzali zo scenára vývoja lesov k časovému horizontu v roku 2050. V scenári vychádzali zo zmeny zastúpenia drevín a ich bonít v lesných vegetačných stupňoch (Ivs) a stálych cien vstupov a výstupov lesnej výroby. Ekonomické dopady zhodnotili na úrovni celkového priemerného hodnotového prírastku (CPHP) a hrubého ročného zisku. Pri kalkulácii dopadov predpokladali v časovom horizonte roku 2050 zastúpenie lesných drevín zodpovedajúce posunu Ivs o jeden Ivs vyššie. V dôsledku tejto zmeny zastúpenia drevín v Ivs nastane v 3. Ivs strata na CPHP vo výške 2,0 tis. Kč na ha, vo 4. Ivs. 1,2 tis. Kč na ha a v 5. Ivs. 2,4 tis. Kč na ha. Podobný priebeh má podľa ich výpočtov aj strata hrubého ročného zisku.

Za predbežný model riešenia ekonomickej stránky tejto problematiky možno označiť aj prácu o kvantifikácii škôd spôsobovaných imisiami na lesných ekosystémoch (TUTKA, NOCIAROVÁ 1993). Kvantifikácia vplyvu imisíí na lesné ekosystémy, v meniacich sa ekologických podmienkach sa skúmala nástrojmi korelačnej a regresnej analýzy. Závisle premennými boli náklady na meráciu jednotku vybraných výkonov pestovnej a ťažbovej činnosti a hospodársky výsledok a nezávisle premenou účinkov

imisií vyjadrený v % imisnej ťažby, % náhodnej ťažby a indexom zdravotného stavu lesa. Dôsledok zafaženia ekologických podmienok imisiami, a v našom prípade koncentráciou skleníkových plynov sa odzrkadľuje v zmene ekonomických ukazovateľov. V procedúre korelačnej a regresnej analýzy sa nezohľadnil faktor času, vo forme dĺžky účinku imisií, resp. skleníkových plynov. Vychádza sa z predpokladu, že percento náhodnej ťažby a index zdravotného stavu lesa možno uplatniť ako univerzálne meradlo negatívneho ovplyvňovania rastového procesu lesných ekosystémov a ekonomických parametrov výkonov lesnej výroby.

Vplyv imisií na 40 výrobnno-ekonomických ukazovateľoch sledoval a vyhodnotil v Severomoravských lesoch aj KAŇOK (1987). Zistil, že pokles zisku dosahuje v lesných závodoch (LZ) slabo zasiahnutých imisiami 10 % a silno zasiahnutých až 40 %. V LZ silne postihnutých imisiami klesá ročné speňaženie dreva o 1 % a zvyšujú sa celkové náklady lesnej výroby o 2,9 % na m³ ťažby.

Ekonomická a finančná stránka nepriameho vplyvu CO₂, ako externality hlavných výrobných procesov, sa rieši nepriamo v SR zákonom č. 572/2004 Z. z., ktorý vychádza zo Smernice 2003/87/ES Európskeho parlamentu a Rady z 13. októbra 2003, o systéme obchodu s uhlíkovými certifikátmi v spoločenstve a tiež zmeny smernice Rady 96/61/ES (Ú. v. ES L 275, 25. 10. 2003). Smernica definuje najdôležitejšie pojmy súvisiace s obchodom s uhlíkovými certifikátmi. Certifikát sa definuje ako oprávnenie na emisiu jednej tony ekvivalentu oxidu uhličitého v určitom časovom období, v ktorom sa budú kvóty prideľovať s ročným predstihom. Podľa článku 11 smerníc bolo stanovené najprv trojročné obdobie (2005 – 2007), v ktorom sa prideliť členským štátom 95 % certifikátov bezplatne a druhé, päťročné obdobie, ktoré začalo v roku 2008 a končí v roku 2012. V druhom období vydávania certifikátov sa najmenej 90 % certifikátov prideliť bezplatne. Nepridelenú, resp. ušetrenú časť emisnej kvóty môže producent vo vnútri štátu, resp. štát voči iným štátom predať na dražbe kvót ľubovoľným účastníkom systému obchodu.

V článku 30, písmene d smernice, sa uvádza využitie kreditov (dobropisov) predaja voľných emisií ekvivalentu CO₂. V prvých úvahách sa počítalo s cenou tony ekvivalentu CO₂ od 5 do – 10 USD, v rokoch 2005 – 2007 na úrovni 22 EUR a súčasnosti je evidovaná svetová tržobná cena tejto komodity na úrovni okolo 15 EUR. Výroba lesného hospodárstva, teda ako producenta, je v tomto špecifická, že bude produkovať emisné dobropisy (kredity), čo však nie je dostatočne vyriešené ani vo vyššie uvedenom zákone a smernici.

3. Materiál a metodické postupy riešenia

Základom ekonomickej kvantifikácie dopadov klimatických zmien na lesy a lesné hospodárstvo, v určitej časovej hladine, bola relevantná alternatíva (scenár) zastúpenia lesných drevín na lesných pozemkoch v existujúcich výškových pásmach (vegetačných stupňoch). Scenáre zastúpenia lesných drevín na lesných pozemkoch, k určitým časovým hladinám, vychádzajú v existujúcich scenároch klímy (LAPIN, MELO *a kol.* (2000), MINĎÁŠ *a kol.* (2003)). Rekonštrukcie rozšírenia vegetácie v boreálnom a subboreálnom období in MINĎÁŠ *a kol.* (2003) predstavujú určité hraničné modely zastúpenia drevín zodpovedajúcej klímy. V prípade, že parametre možných zmien klímy budúcich desaťročí a storočí nepresiahnu rozpätie klímy boreálu a subboreálu, bude možné v tomto intervale hľadať aj odpoveď na zastúpenie a rozšírenie drevín, s primeraným zohľadnením antropogénneho faktora.

Pri návrhu alternatívy relevantného scenára zastúpenia drevín sa vychádzalo zo syntézy poznatkov o možnom modeli zastúpenia drevín MINĐÁŠ *a kol.* (2003) a časovým radom do roku 2100, s ktorým pracuje väčšina scenárov vývoja klímy (CCCM200, GISS98).

Scenár minimálnej a maximálnej alternatívy zastúpenia drevín sa odvodil z východiskovej úrovne plošného zastúpenia drevín v roku 2004 a potom v rokoch 2010, 2020... 2100. Pre zníženie (zvýšenie) zastúpenia drevín v jednotlivých desaťročiach, v dôsledku klimatických zmien sa použili údaje z práce HOLÉCY *a kol.* (2000). Údaje sa aplikovali však pre zmenu plošného zastúpenia a nie zásoby dreva na pni.

Dôsledky zmeny klímy sa stanovili aj pre scenár zastúpenia drevín v časových hladinách 2045 a 2075, ktorý vychádza z vhodnosti podmienok pre jednotlivé dreviny, určených na základe frekvencie súčasného výskytu a rastových odoziev jednotlivých druhov drevín na zmenu klímy v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch, ďalej z analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre vybrané dreviny a z rastovej simulácie pomocou rastového simulátora Sibyla (ČABOUN *a kol.* 2008).

Scenáre zastúpenia drevín boli pre časové hladiny 2045 a 2075 vypracované aj s ohľadom na realizáciu nutných a vhodných opatrení pre všetky vegetačné stupne (ČABOUN *a kol.* 2008). Ako príklad sa uvádza 5. Ivs (jedľovo-bukový), a modely zastúpenia drevín a mitigačných opatrení pestovania lesa, ochrany lesa a hospodárskej úpravy lesov, ktoré sú výsledkom riešenia ČÚ1 – ČÚ4.

Na účely ekonomickej kvantifikácie základného scenára zastúpenia drevín a scenárov vyjadrujúcich dopady klimatických zmien sa použila veličina celkového priemerného prírástku (CPP) čistého výnosu združeného porastu v priemernom rubnom veku danej skupiny drevín (TUTKA *a kol.* 2000, 2002). V podstate ide o priemernú ročnú veličinu hraničného čistého výnosu rubnej (obnovnej) ťažby v rubnej dobe a agregovaného ťažbového výnosu predrubnej (výchovnej) ťažby v Sk/ha. Ekonomické dopady priameho vplyvu imisí na lesné ekosystémy sa kvantifikovali v práci TUTKA *a kol.* (1993) aj na základe ich merateľného účinku v % imisnej ťažby, % náhodnej ťažby a indexu zdravotného stavu lesa, cestou korelačnej a regresnej analýzy. Tento princíp sa využil aj pri kvantifikácii dôsledkov zmeny klímy, podmienenej aj zvýšenou koncentráciou skleníkových plynov, zvlášť CO₂.

Pri kvantifikácii vplyvu CO₂ ako pozitívnej externality sa vychádzalo z rámcov filozofie známych metodík bilancovania skleníkových plynov v LH SR a z využívania krajiny (IPCC – 1994, upravenej IPCC – 1994, revidovanej IPCC – 1996, Atmospheric flow a Stock change), upravenej pre LH MINĐÁŠOM *a kol.* (2004). Jej základom bolo stanovenie rozdielov celkového bežného prírástku nadzemnej a podzemnej stromovej hmoty a ťažby dreva, všetkých nielen hospodárskych lesov, v roku n , ďalej rozdielov odumretej a nerozloženej hmoty nehrúbia zo samozriedovania a ťažby, vrátane hmoty pňov a koreňov vyfašených stromov dvoch časových období (rokov) n a $n-m(p)$, kde „ m “ je doba rozkladu nadzemnej hmoty nehrúbia a „ p “ pňov a koreňov. Spaľovanie biomasy nehrúbia a zvyškov po ťažbe sa do bilancie nezahrnulo, vzhľadom na stále sa zvyšujúci podiel podrastového hospodárskeho spôsobu a spracovanie značnej časti tohto zvyškového dreva na štiepky a ich rozmetanie v porastoch, resp. využitie v podobe energetickej štiepky alebo spracovaných v samovýrobe. V bilancii sa nezohľadnili ani možné zmeny uhlíka z trvalého odlesňovania lesných pozemkov pre realizáciu investícií verejnej cestnej siete a priemyselných stavieb, ale aj z účelového zalesňovania nelesných pozemkov a z prírástku nadzemnej a podzemnej stromovej hmoty lesných drevín a krov rastúcich v krajine mimo lesa.

Pre stanovenie CO₂ viazaného vo výrobkoch z dreva sa vytvorili tri základné kategórie produktov jeho viazania: nábytok, drevostavby a výrobky z papiera. Pri stanovení množstva viazaného uhlíka v nábytku a drevostavbách sa vychádzalo z týchto komponentov: rezivo a veľkoplošné materiály – dyhy, preglejky, drevotriesky a drevovláknó. Pri výrobkoch z papiera sa zohľadnili všetky základné druhy papiera. Objemové a hmotnostné parametre viazania CO₂ vo výrobkoch z dreva sa stanovili na základe údajov o spotrebe z národohospodárskej evidencie a EUROSTATu. Hmotnosť sušiny sa stanovila z objemových a hmotnostných jednotiek základných materiálov na základe prepočtových koeficientov používaných v EUROSTATe. Priemerná doba uskladnenia uhlíka vo výrobkoch z dreva sa stanovila na základe konzultácií a dohode viacerých odborníkov a expertov drevospracujúceho priemyslu na kompromise: pre nábytok 15 rokov, pre drevostavby 60 rokov a pre knihy a časopisy 50 rokov.

4. Výsledky a diskusia

4.1. Návrh scenárov zastúpenia drevín v roku 2100

Východiskový scenár zastúpenia drevín v roku 2004 sa odvodil extrapoláciou zastúpenia drevín z obdobia 1950 – 2004 (tab. 1). Objektívna extrapolácia by si vyžadovala časový rad až od roku 1850. Pre nedostatok údajov sa tento relevantný variant neuplatnil, ale iba jeho zjednodušená podoba (od roku 1950). So zmenou úrodnosti lesných pozemkov sa neuvažovalo. Zníženie zastúpenia sa dotklo hlavne drevín, ktoré majú obmedzenú plochu pri vertikálnom posune ich areálu rozšírenia (tab. 2) a obr. 2.

V scenári maximálnej i minimálnej zmeny drevinového zloženia, ktoré vychádzajú z optimálnych priemerných hodnôt ročnej teploty vzduchu (T) a vodnej bilancie (Q) daných drevín sa zohľadnil aj model rekonštruovaného rozšírenia vegetácie v subbo-reálnom období (MINDÁŠ *a kol.* 2003), tabuľka 2. V scenári maximálnej zmeny drevinového zloženia sa ráta s najväčším ústupom dreviny smrek, menej jedle a čiastočne aj smrekovca, kosodreviny a hrabu. Drevine smrek sa vytvára určitý priestor v posune hornej hranice lesa a kosodrevine v zabratí plôch alpských trávnikov a exponovaných náhorných plošín s hraničnou dispozíciou pôdneho substrátu. Predpokladá sa, že týmto sa nenahradí schodok na ploche a pri smreku ani na produkcii v objemovom i hodnotovom vyjadrení.

Tabuľka 1. Skutočné a výhľadové zastúpenie drevín
Table 1. Real and prospective tree species distribution

Drevina ¹⁾	Skutočné zastúpenie drevín roky ²⁾			Výhľadové zastúpenie ³⁾	Priemerná bonita v m ⁴⁾
	1950*	1980*	2004*		
Smrek ⁵⁾	26,6	26,4	26,4	18,2	29,2
Jedľa ⁶⁾	7,5	5,8	4,07	6,7	28,2
Borovica ⁷⁾	6,1	7,5	7,26	7,2	25,3
Kosodrevina ⁸⁾	0,0	1,0	1,05	1,2	19,9
Smrekovec ⁹⁾	1,1	1,6	2,34	2,3	26,1
Ost. ihlič. ¹⁰⁾	0,4	0,2	0,02	2,6	15,1
Ihlič. spolu¹¹⁾	41,7	42,5	41,13	37,0	
Dub + cer ¹²⁾	14,7	14,4	13,39	17,7	23,5
Buk ¹³⁾	29,5	29,5	30,88	35,9	25,6
Hrab ¹⁴⁾	5,9	5,7	5,72	0,9	22,9
Ost. listn. ¹⁵⁾	8,3	8,0	7,85	8,5	22,5
List. spolu¹⁶⁾	58,3	57,5	58,87	63,0	

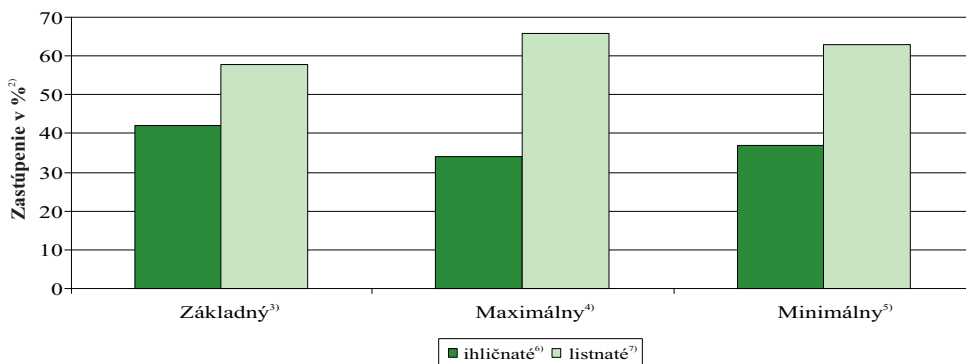
*Zdroj – Source: PIL, Zelená správa LH SR 1993 – 2008 – PIL, Green Reports for the years 1993 – 2008

¹⁾Tree species, ²⁾Real distribution of tree species, ³⁾Prospective distribution, ⁴⁾Average yield class, ⁵⁾Spruce, ⁶⁾Fir, ⁷⁾Pine, ⁸⁾Dwarf pine, ⁹⁾Larch, ¹⁰⁾Other conif., ¹¹⁾Conif. Together, ¹²⁾Oak+Turkey oak, ¹³⁾Beech, ¹⁴⁾Hornbeam, ¹⁵⁾Other broadleaved, ¹⁶⁾Broadleaved together

Tabuľka 2. Scenáre zastúpenia lesných drevín v roku 2100
 Table 2. Scenarios of forest tree species distribution in 2100

Drevina ¹⁾	Zastúpenie drevín rok 2100 ²⁾			Priemerná bonita ³⁾	Poznámka ⁴⁾
	Základný (extrap. 20. st.) ⁵⁾	Maximálny scenár ⁶⁾	Minimálny scenár ⁷⁾	Absolútna v m ⁸⁾	% zmeny pre dekádu (extrap. 20. st.) ⁹⁾
Smrek ¹⁰⁾	26,2	15,7	21,6	29,2	-5 m _x , -2 m _n
Jedľa ¹¹⁾	3,2	2,6	3,7	28,2	-2 m _x , -1 m _n
Borovica ¹²⁾	8,2	11,1	8,0	25,3	+3 m _x , +1 m _n
Smrekovec ¹³⁾	3,3	3,7	2,5	26,1	+1 m _x , +0,5 m _n
Kosodrevina ¹⁴⁾	1,1	1,0	1,05	19,9	-0,5 m _x , 0 m _n
Ost. ihličnaté ¹⁵⁾	0,1	0,02	0,1	25,1	+1 m _x , +0,5 m _n
Ihličnaté spolu¹⁶⁾	42,1	34,1	37,0		—
Buk ¹⁷⁾	32,1	37,5	34,6	25,6	+2 m _x , +1 m _n
Dub + cer ¹⁸⁾	12,6	15,5	14,8	23,5	+1,5 m _x , +1 m _n
Hrab ¹⁹⁾	5,6	4,2	5,4	22,9	-1 m _x , -0,5 m _n
Ost. listnaté ²⁰⁾	7,6	8,7	8,2	22,5	+1 m _x , +0,5 m _n
Listnaté spolu ²¹⁾	57,9	65,9	63,0	—	—
Spolu ihličn. + listnaté²²⁾	100,0	100,0	100,0	—	—

¹⁾Tree species, ²⁾Tree species distribution in 2100, ³⁾Average yield class, ⁴⁾Note, ⁵⁾Basic scenario, ⁶⁾Maximal scenario, ⁷⁾Minimal scenario, ⁸⁾Absolute in m, ⁹⁾% of change for decade, ¹⁰⁾Spruce, ¹¹⁾Fir, ¹²⁾Pine, ¹³⁾Larch, ¹⁴⁾Dwarf pine, ¹⁵⁾Other coniferous, ¹⁶⁾Conifer together, ¹⁷⁾Beech, ¹⁸⁾Oak + Turkey oak, ¹⁹⁾Hornbeam, ²⁰⁾Other broadleaved, ²¹⁾Broadleaved together, ²²⁾Conifer + broadleaved together



Obr. 2. Scenár zastúpenia ihličnatých a listnatých drevín v roku 2100

Fig. 2. Scenario of distribution of coniferous and broadleaved tree species in 2100.

Plochy, z ktorých ustúpi smrek zaberú v dôsledku výhodnejšej ekologickej dispozície buk a jemu podobne dreviny (jasene, javory, brest horský ap.). Na miesta, ktoré zanechá buk a jeho spoločenstva sa rozšíria spoločenstva charakteru terajších dubín a borín a podobných spoločenstiev. Predpokladá sa, že plochy, z ktorých ustúpia terajšie spoločenstvá dubín obsadia spoločenstva dubín, borín a ďalších spoločenstiev balkánskeho typu s nižšími nárokmi na hodnotu priemernej ročnej vodnej bilancie. Predpokladá sa tiež, že výmera lesov sa nezniží, ale naopak vzrastie o plochy, ktoré sa stanú nevhodné pre poľnohospodárstvo a o plochy na hornej hranici lesa, ktoré neboli doteraz obsadené lesnými drevinami, resp. neboli zahrnuté do lesných pozemkov.

Scenár zastúpenia drevín v časovej hladine 2045 a 2075 vychádza z výsledkov analýzy tried vhodnosti podmienok pre jednotlivé dreviny, určených na základe frekvencie súčasného výskytu a rastových odoziev jednotlivých druhov drevín v jednotlivých lesných vegetačných stupňoch a na základe výsledkov rastovej simulácie pomocou rastového simulátora Sibyla a výsledkov analýzy dopadov klimatických zmien na produkciu, ekologickú stabilitu, vitalitu drevín a štruktúru porastov pri použití modelov zmeny klímy pre vybrané dreviny (ČABOUN *a kol.* 2008), tabuľka 3.

Tabuľka 3. Scenáre zastúpenia lesných drevín v roku 2045 a 2075 pre 5. lvs jedľovo-bukový
Table 3. Scenarios of forest tree species distribution in 2045 and 2075 for fir-beech altitudinal vegetation zone

Drevina ¹⁾	Rok ²⁾	Opatrenia nutné ³⁾		Opatrenia vhodné ⁴⁾		Opatrenia nepotrebné ⁵⁾		Suma ⁶⁾
		ha	%	ha	%	ha	%	ha
Buk ⁷⁾	2045	3,24	0,0	12,96	0,01	9 9743,4	99,99	99 759,6
	2075	3,24	0,0	16,2	0,02	99 740,16	99,98	99 759,6
Dub ⁸⁾	2045	0,0	0,0	0,0	0,0	2 517,48	100	2 517,48
	2075	0,0	0,0	0,0	0,0	2 517,48	100	2 517,48
Smrek ⁹⁾	2045	18 435,6	9,52	25 430,76	13,14	149 713,9	77,34	193 580,3
	2075	18 017,6	9,31	24 886,44	12,86	150 676,2	78,1	193 580,3
Jedľa ¹⁰⁾	2045	29,16	0,08	1 662,12	4,46	355 752,2	95,46	37 266,48
	2075	3 696,84	9,92	7 983,36	21,42	25 586,28	68,63	37 266,48
Smrekovec ¹¹⁾	2045	3 116,88	18,3	1 172,88	6,78	13 002,12	75,19	17 291,88
	2075	3 029,4	17,52	1 130,76	6,54	13 131,72	75,94	17 291,88
Borovica ¹²⁾	2045	0,0	0,0	0,0	0,0	11 482,56	0,0	11 482,56
	2075	0,0	0,0	0,0	0,0	11 482,56	0,0	11 482,56

Vypracoval LVÚ-NLC, ZS úlohy „Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska“ 2007 – *Elaborated by NFC-FRI Zvolen, final reports of the task “Impact of global climate change on the forests of Slovakia“ 2007*

¹⁾Tree species, ²⁾Year, ³⁾Necessary measures, ⁴⁾Suitable measures, ⁵⁾Not necessary measures, ⁶⁾Sum, ⁷⁾Beech, ⁸⁾Oak, ⁹⁾Spruce, ¹⁰⁾Fir, ¹¹⁾Larch, ¹²⁾Pine

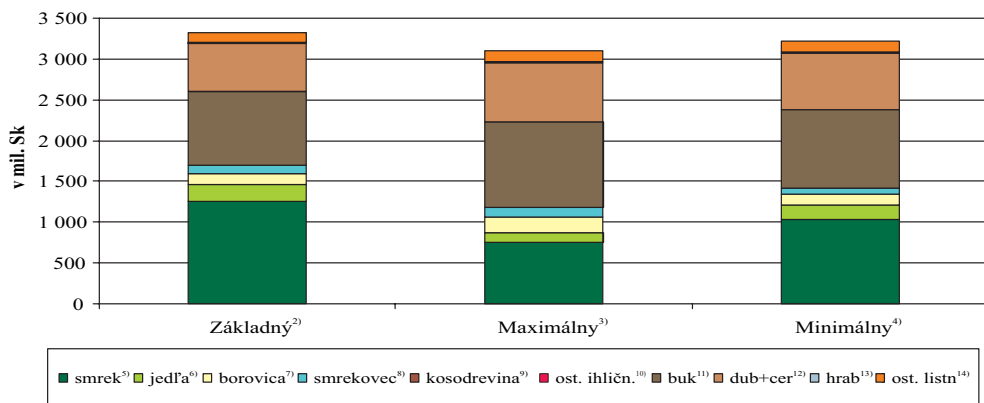
Scenáre zastúpenia drevín boli pre časové hladiny 2045 a 2075 vypracované aj s ohľadom na realizáciu nutných a vhodných opatrení pre všetky lesné vegetačné stupne (lvs) (ČABOUN *a kol.* 2008). Ako príklad sa uvádza 5. lvs (jedľovo-bukový).

4.2. Kvantifikácia ekonomických dopadov klimatických zmien na základe čistého výnosu

4.2.1. Kvantifikácia ekonomických dopadov klimatických zmien v roku 2100

Pri kvantifikácii dopadov klimatických zmien možno použiť extenzívne, intenzitné a relatívne ekonomické ukazovatele. ŠIŠÁK a PULKRAB (2004) vyjadrili dopady klimatických zmien v nominálnych hodnotách čistého výnosu, resp. hrubého zisku na ha lesa. V našom prípade sa kvantifikácia ekonomických dopadov pre scenáre možného zastúpenia drevín v tabuľke 2 kvantifikovali na základe CPP čistého výnosu združeného porastu v priemernom rubnom veku danej skupiny drevín (TUTKA *a kol.* 2003). Výsledky kvantifikácie základného scenára zmeny zastúpenia drevín a scenárov vyjadrujúcich dopady klimatických zmien sa uvádzajú v tabuľke 4 a obrázku 3. Z prezentovaných údajov vyplýva, že najväčší pokles ročného výnosu v rubnej dobe v scenároch maximálnych (m_x) a minimálnych (m_n) dopadov klimatických zmien oproti základnému scenáru (ZS) vykazuje smrek -14,3 mil. Eur / -430 mil. Sk (m_x) a -6,2 mil. Eur / -188 mil. Sk (m_n), resp. -40 % a -17 %. O niečo menší pokles výnosu je pri jedli (-2,3 mil. Eur / -69,3 mil. Sk a 0,8 mil. Eur / -24,1 mil. Sk). Ihličnaté celkom predstavuje pokles ročného výnosu hodnotou -14,8 mil. Eur / -447 mil. Sk (m_x) a -7,8 mil. Eur / -236 mil. Sk (m_n), resp. -31 % a -16 %.

V skupine listnatých drevín dôjde podľa scenárov m_x a m_n k zvýšeniu ročných výnosov v rubnej dobe oproti ZS pri buku o +17 % (m_x), +6 % (m_n) a dube



Obr. 3. Čistý výnos združeného porastu podľa drevín

Fig. 3. Net yield of coppice-with-standards according to tree species.

¹⁾In mil. SKK, ²⁾Basic, ³⁾Maximal, ⁴⁾Minimal, ⁵⁾Spruce, ⁶⁾Fir, ⁷⁾Pine, ⁸⁾Larch, ⁹⁾Dwarf pine, ¹⁰⁾Other coniferous, ¹¹⁾Beech, ¹²⁾Oak + Turkey oak, ¹³⁾Hornbeam, ¹⁴⁾Other broadleaved

Tabuľka 4. Hodnota CPP čistého výnosu združeného porastu v rubnej dobe v roku 2100
 Table 4. Value of CPP of net yield of coppice-with-standards during rotation in 2100

Skupiny drevín ¹⁾	CPP čistého výnosu združeného porastu v mil. Eur/Sk ²⁾			Rozdiel CPP čistého výnosu združeného porastu mil. Eur/Sk ¹⁾		Percento zmeny oproti základnému scenáru (%) ⁴⁾
	Základný scenár ⁵⁾	Maximálny scenár ⁶⁾	Minimálny scenár ⁷⁾	Max. sc. – zákl. sc. ⁸⁾	Min. sc. zákl. sc. ⁹⁾	
Smrek ¹⁰⁾	35,6/1 074	21,4/644	29,4/886	-14,3/-430	-6,2/-188	-40 m _x , -17 m _n
Jedľa ¹¹⁾	5,9/178	3,6/108	5,1/154	-2,3/-70	-0,8/-24	-39 m _x , -13 m _n
Borovica ¹²⁾	3,9/120	5,4/163	3,9/117	1,4/43	-0,1/-3	+36 m _x , -0 m _n
Smrekovec ¹³⁾	2,9/87	3,2/98	2,2/66	0,4/11	-0,7/-21	+13 m _x , -24 m _n
Kosodrevina ¹⁴⁾	0,03/1	0,03/1	0,03/1	0/0	0/0	-0 m _x , -0 m _n
Ost. ihličnaté ¹⁵⁾	0,03/1	0/0	0,03/1	-0,03/-1	0/0	-0 m _x , +0 m _n
Spolu ihličnaté¹⁶⁾	48,5/1 461	34,6/1 014	40,7/1 225	-14,8/-447	-7,8/-236	-31 m_x, -16 m_n
Buk ¹⁷⁾	25,7/775	30,0/905	27,3/823	4,3/130	1,6/48	+17 m _x , +6 m _n
Dub + cer ¹⁸⁾	16,7/502	20,5/618	19,6/590	3,8/116	2,9/88	+23 m _x , +17 m _n
Hrab ¹⁹⁾	0,6/18	0,4/13	0,6/17	-0,2/-5	-0,03/-1	-28 m _x , -6 m _n
Ost. listnaté ²⁰⁾	3,3/100	3,8/115	3,6/108	0,5/15	0,3/8	+15 m _x , +8 m _n
Spolu listnaté²¹⁾	46,3/1 395	54,8/1 651	51,1/1 538	8,5/256	4,7/143	+18 m_x, 10 m_n
Ihličnaté + listnaté²²⁾	94,8/2 856	88,5/2 665	91,7/2 763	-6,3/-191	-3,1/-93	-7 m_x, -3 m_n

CPP – celkový priemerný prírastok – total mean increment, ¹⁾Groups of tree species, ²⁾CPP of net yield of coppice-with-standards in mil Euro/SKK, ³⁾Difference of CPP of net yield of coppice-with-standards in mil Euro/SKK, ⁴⁾% of change compared with basic scenario, ⁵⁾Basic scenario, ⁶⁾Maximal scenario, ⁷⁾Minimal scenario, ⁸⁾Max. – Basic scenario, ⁹⁾Min. scenario-Basic s., ¹⁰⁾Spruce, ¹¹⁾Fir, ¹²⁾Pine, ¹³⁾Larch, ¹⁴⁾Dwarf pine, ¹⁵⁾Other conifers, ¹⁶⁾Conifers together, ¹⁷⁾Beech, ¹⁸⁾Oak+Turkey oak, ¹⁹⁾Hornbeam, ²⁰⁾Other broadleaved, ²¹⁾Broadleaved together, ²²⁾Coniferous+Broadleaved

o 23 % (m_x), 17 % (m_n). Zvýšenie sa zaznamenalo aj pri ostatných listnatých drevinách o 15 % (m_x) a 8 % (m_n). Zníženie čistého výnosu vykazuje iba drevina hrab a to o -28 % (m_x) a -6 % (m_n).

Predpokladá sa posun optimálnych vegetačných podmienok drevín smerom na sever a do vyšších nadmorských výšok. väčší priestor získajú listnaté dreviny. V zmysle alternatívnych scenárov drevinového zloženia sa zvýši aj ich podiel na tvorbe čistého ročného výnosu. Úmerne s ich zastúpením sa zvýšila aj celková ročná čiastka výnosu, ktorá ale nenahradila výpadok z predpokladaného zníženia zastúpenia ihličnatých drevín.

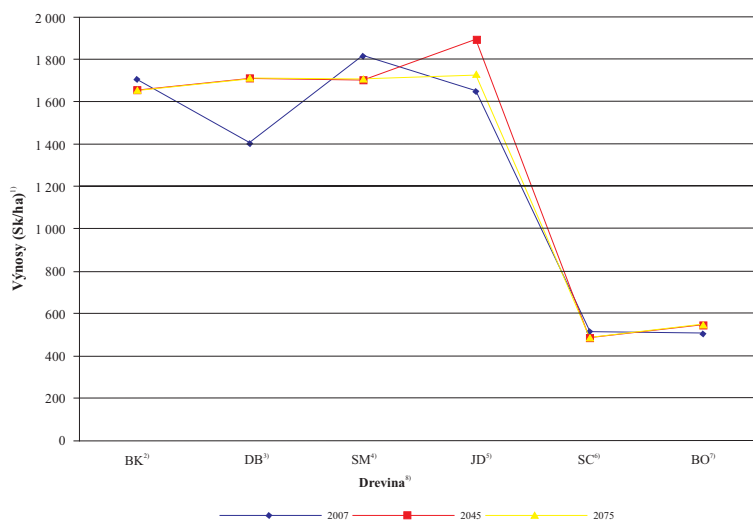
V predložených scenároch drevinového zloženia v roku 2100 (m_x i m_n) dôjde k zníženiu čistého ročného výnosu združeného porastu o -7 % a -3 %. Vo výpočtoch ekonomických dopadov klimatických zmien sa, vzhľadom na nedostatok poznatkov

z tejto oblasti, nezohľadnili možné pozitívne vplyvy adaptačných opatrení, hlavne v pestovnej a ťažbovej činnosti lesnej výroby, ako aj možné zmeny v štruktúre užitočnosti kvalitatívnych tried dreva (sortimentov) ap.

Reálnosť variantov ekonomickej kvantifikácie sa predbežne overila porovnaním základného scenára vývoja drevinového zloženia v roku 2100 so súčasnosťou. Veličinu ročného čistého výnosu v rubnej dobe 94,80 mil. Eur (2 856 mil. Sk) treba upraviť diskontáciou (2,5 %) na reálny vek stromov (60 rokov) vyrúbaných v rámci výchovnej a obnovnej ťažby a ďalej ešte korigovať o výmeru lesov na ktorej sa nerealizuje obnovná ťažba a v obmedzenej miere aj ťažba výchovná (25 %: CHÚ 5. st. ochr., ochranné lesy a CHÚ 3. – 4. st. ochr.). Potom hodnota čistého výnosu bude 32,19 mil. Eur (970 mil. Sk) ($2\ 856 \times 0,45289 \times 0,8$), čo je vcelku reálna veličina, v porovnaní s hospodárskym výsledkom (hrubým ziskom) LH SR v roku 2007 35,22 mil. Eur (1 061 mil. Sk), keď sa realizoval aj značný objem náhodnej ťažby, ktorá významne ovplyvnila nákladovosť lesnej výroby.

4.2.2. Kvantifikácia ekonomických dopadov klimatických zmien v roku 2045 a 2075

Kvantifikácia ekonomických dopadov klimatických zmien podľa scenárov zastúpenia drevín v rokoch 2007, 2045 a 2075 sa nerealizovala metódou Cost-benefit analýzy, tak ako sa pôvodne uvažovalo v metodike. Vzhľadom na vysoký stupeň



Obr. 4. Priebeh výnosu drevín ovplyvneného klimatickou zmenou v 5. lvs podľa časových hladín

Fig. 4. Course of tree species yields influenced by climate change in the 5th alt. vegetation zone according to time levels.

¹⁾Yields (SKK/ha), ²⁾Tree species

Tabuľka 5. Hodnota ekonomických dopadov klimatických zmien v roku 2007, 2045 a 2075 v 5. lvs (jedľo-bukovom)

Table 5. Value of economic impacts of climate change in the year 2007, 2045 and 2075 in the 5th alt. vegetation zone (fir-beech)

Drevina ¹⁾	Rok ²⁾	Výmera spolu ³⁾	Opatrenia nutné ⁴⁾		Opatrenia vhodné ⁵⁾		Bez opatrení ⁶⁾		Spolu výnos ⁷⁾	Ročný výnos ⁸⁾
			Výme- ra ⁹⁾	Výnos ¹⁰⁾	Výme- ra ⁹⁾	Výnos ¹⁰⁾	Výme- ra ⁹⁾	Výnos ¹⁰⁾		
			ha	mil. Sk	ha	mil. Sk	ha	mil. Sk		
BK ¹¹⁾	2007	99 759,6	0	0,00	9,72	1,43	99 749,88	17 955,58	17 957,01	179,57
	2045	99 759,6	3,24	0,24	12,96	1,91	99 743,4	17 954,41	17 956,56	179,57
	2075	99 759,6	3,24	0,24	16,2	2,39	99 740,16	17 953,83	17 956,46	179,56
DB ¹²⁾	2007	2 517,48	965,52	79,11	1 490,4	244,22	61,56	12,30	335,63	3,36
	2045	2 517,48	0	0,00	0	0,00	2 517,48	503,07	503,07	5,03
	2075	2 517,48	0	0,00	0	0,00	2 517,48	503,07	503,07	5,03
SM ¹³⁾	2007	193 580	4 344,84	434,10	15 973,2	3 191,83	17 3262,3	42 221,94	45 847,88	458,48
	2045	193 580	18 435,6	1 841,94	25 430,8	5 081,68	149 713,9	36 483,48	43 407,10	434,07
	2075	193 580	18 017,6	1 800,18	24 886,4	4 972,91	150 676,2	36 717,98	43 491,07	434,91
JD ¹⁴⁾	2007	37 266,5	592,92	57,07	4 642,92	893,76	32 030,64	7 519,38	8 470,22	84,70
	2045	37 266,5	29,16	2,81	1 662,12	319,96	35 575,22	8 351,49	8 674,26	86,74
	2075	37 266,5	3 696,84	355,82	7 983,36	1 536,80	25 586,28	6 006,53	7 899,15	78,99
SC ¹⁵⁾	2007	17 291,9	1 108,08	32,59	648	38,12	15 535,8	1 114,52	1 185,23	11,85
	2045	17 291,9	3 116,88	91,68	1 172,88	69,00	13 002,12	932,76	1 093,43	10,93
	2075	17 291,9	3 029,4	89,10	1 130,76	66,52	13 131,72	942,06	1 097,68	10,98
BO ¹⁶⁾	2007	11 482,6	6,48	0,15	204,12	9,21	11 271,96	620,52	629,88	6,30
	2045	11 482,6	0	0,00	0	0,00	11 482,56	632,11	632,11	6,32
	2075	11 482,6	0	0,00	0	0,00	11 482,56	632,11	632,11	6,32
Spolu ¹⁷⁾	2007	361 898	7 017,84	603,01	22 968,4	4 378,58	331 912,14	69 444,25	74 425,85	744,26
	2045	361 898	21 584,9	1 936,66	28 278,7	5 472,55	632 211,66	64 857,32	72 266,53	722,66
	2075	361 898	24 747,1	2 245,34	34 016,8	6 578,62	303 134,4	62 755,59	71 579,54	715,80

¹⁾Tree species, ²⁾Year, ³⁾Area together, ⁴⁾Necessary measures, ⁵⁾Suitable measures, ⁶⁾Without measures, ⁷⁾Yield together, ⁸⁾Annual yield, ⁹⁾Area, ¹⁰⁾Yield, ¹¹⁾Beech, ¹²⁾Oak, ¹³⁾Spruce, ¹⁴⁾Fir, ¹⁵⁾Larch, ¹⁶⁾Pine, ¹⁷⁾Together

neistoty, vyplývajúci z absencie poznatkov čiastkových úloh, ktoré mali byť vstupmi pre vytvorenie východiskového „modelového lesného porastu“ lesov Slovenska sa preto vykonala na základe čistého výnosu združeného porastu (TUTKA a kol. 2000). Ekonomický dopad klimatickej zmeny na úrovni zmien zastúpenia drevín a naliehavosti opatrení vo vegetačných stupňoch v roku 2007, 2045 a 2075 bol stanovený pre všetky vegetačné stupne, ale prezentuje sa iba pre 5. lvs (jedľovo-bukový), tabuľka 5, obrázok 4. Z údajov predposledného a posledného stĺpca tabuľky je vidno, že k zmenám výnosu medzi časovými hladinami došlo iba u drevín dub, smrek, jedľa a smrekovec. Najväčší pohyb bol medzi rokmi 2007 a 2045. Nárast výnosu sa zaznamenal u duba a jedle a pokles u smreka a smrekovca. Medzi rokmi 2045 a 2075 sa registrovala významnejšia zmena iba u jedli a to poklesom výnosu.

Agregované údaje výnosu hlavných drevín a zastúpených úrovní mitigačných opatrení za všetky LVS, sú prezentované na obrázku 4. Z priebehu čiar časových hladín polygónu vyplýva, že najväčšie zmeny vo výnose na ha nastanú medzi časovou hladinou 2007 a 2045 pri drevine dub nárast a jedľa a smrek pokles. Medzi časovými hladinami 2045 a 2075 dôjde k výraznejšiemu poklesu výnosu už iba pri jedli. U ostatných drevín sú zmeny nepatrné.

4.3. Kvantifikácia ekonomických dopadov na základe výšky náhodnej ťažby

Emisie škodlivých prímiesí do atmosféry bránia prenikaniu slnečného žiarenia, poškodzujú ochrannú vrstvu atmosféry alebo kumulujú transformované a vlastné

Tabuľka 6. Závislosť nákladov jednotlivých výkonov pestovnej činnosti od výšky náhodnej ťažby

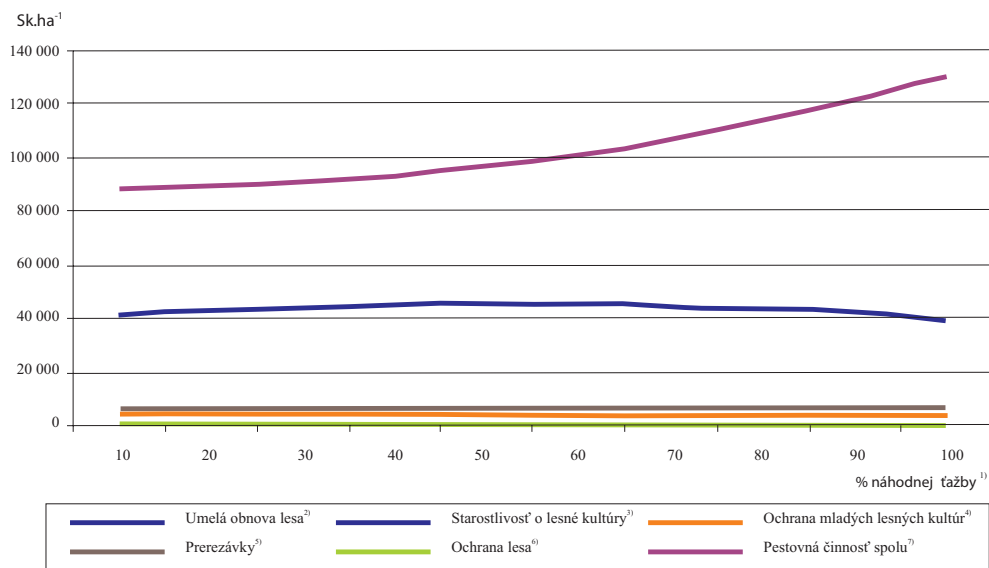
Table 6. Dependence of the costs of individual performances in silviculture on the volume of incidental felling

Výkon lesnej výroby ¹⁾	$Y = a + bx + cx^2$	y – náklady výkonov lesnej výroby C – celkové náklady ²⁾	x = % náhodnej ťažby (x – podiel náhodnej ťažby k celkovej ťažbe × 100) ³⁾
	druh nákladov ⁴⁾	Rovnica ⁵⁾	index korelácie ⁶⁾
Umelá obnova lesa ⁷⁾	C	$y = 41\,412,8 + 227,97x - 2,219x^2$	0,1948
Starostlivosť o lesné kultúry ⁸⁾		$y = 5113,3 - 19,47x + 0,138x^2$	0,1305
Ochrana mladých lesných porastov ⁹⁾		$y = 4878,6 - 18,58x + 0,132x^2$	0,2099
Prerezávky ¹⁰⁾		$y = 6424,8 + 7,59x - 0,023x^2$	0,0814
Ochrana lesa ¹¹⁾		$y = 67,1 + 0,048x - 0,0013x^2$	0,0815
Pestovná činnosť spolu¹²⁾		$y = 89\,891,8 - 132,35x + 5,42x^2$	0,2099

¹⁾Forest production performance, ²⁾Total costs, ³⁾Proportion of incidental felling in total felling, ⁴⁾Kind of costs, ⁵⁾Equation, ⁶⁾Correlation index, ⁷⁾Artificial forest regeneration, ⁸⁾Care about young plantations, ⁹⁾Protection of young forest stands, ¹⁰⁾Cleaning, ¹¹⁾Forest protection, ¹²⁾Silvicultural activities together

vyžarovanie Zeme. Takto ovplyvňujú ekosystémy Zeme priamo svojim účinkom na rastové procesy a nepriamo svojim podielom na zmene klímy. Koncom 80-tych rokov sa venovala zvýšená pozornosť škodlivinám SO₂ priamo poškodzujúcich pletivá a ovplyvňujúcich rastové procesy lesných drevín. Efekt poškodzovania lesných ekosystémov klimatickou zmenou je podobný, aj keď ho spôsobuje iná zostava faktorov.

Závislosť celkových nákladov vybratých výkonov pestovnej a ťažbovej činnosti, ako aj hospodárskeho výsledku od výšky náhodnej ťažby, vyjadrená regresnými funkciami druhého stupňa, upravenými na aktuálnu nákladovú úroveň sa prezentuje v tabuľkách 6 – 7. Ukazovateľ korelácie, charakterizujúci úroveň vysvetlených väzieb analyzovaných premenných, je až na odvoz dreva, málo, resp. stredne významný vzhľadom na to, že sa analyzoval celý základný súbor organizačných jednotiek stredného článku riadenia, v ktorých mali vplyv na celkové náklady aj iné prírodno-výrobné faktory. Preukaznosť týchto vplyvov by sa zvýšila vytvorením špecifických skupín spravodajských jednotiek s podobným priebehom prírodno-výrobných faktorov, resp. mnohonásobnou regresnou analýzou.



Obr. 5. Priebeh nákladov jednotlivých výkonov pestovnej činnosti v Sk.ha⁻¹ od výšky náhodnej ťažby v %

Fig. 5. Course of the costs of performances in silviculture in SKK.ha⁻¹ and its dependence on the volume of incidental felling in %.

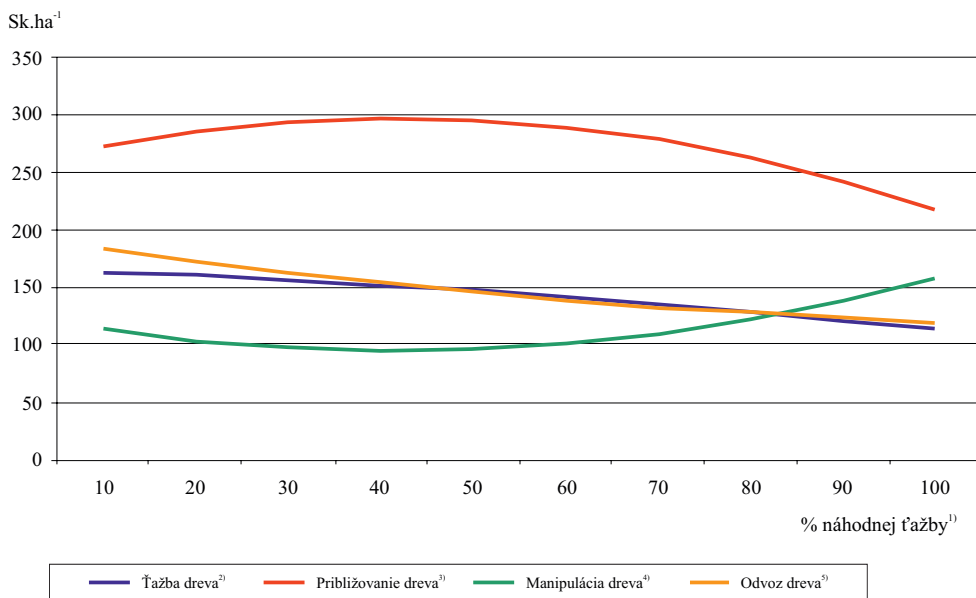
¹⁾Thousands SKK, ²⁾10 thousand SKK, ³⁾% of incidental felling, ⁴⁾Artificial forest regeneration, ⁵⁾Cleaning, ⁶⁾Care about young plantations, ⁷⁾Protection of young forest stands, ⁸⁾Silviculture together

Tabuľka 7. Závislosť nákladov jednotlivých výkonov ťažbovej činnosti od výšky náhodnej ťažby

Table 7. Dependence of the costs of performances in timber logging on the volume of incidental felling

Výkon lesnej výroby ¹⁾	$y = a + bx + cx^2$	y – náklady výkonov lesnej výroby C – celkové náklady ²⁾	$X_2 = \% \text{ náhodnej ťažby}$ (X_2 – podiel náhodnej ťažby k celkovej ťažbe $\times 100$) ³⁾
	Druh nákladov ⁴⁾	Rovnica ⁵⁾	Index korelácie ⁶⁾
Ťažba dreva ⁷⁾	C	$y = 166,9 - 0,266x - 0,0027x^2$	0,3730
Približovanie dreva ⁸⁾		$y = 255,9 + 1,96x - 0,0235x^2$	0,3976
Manipulácia dreva ⁹⁾		$y = 128,5 - 1,603x + 0,019x^2$	0,2989
Odvoz dreva ¹⁰⁾		$y = 194,9 - 1,207x + 0,0046x^2$	0,7416

¹⁾Forest production performance, ²⁾Total costs, ³⁾Proportion of incidental felling in total felling, ⁴⁾Kind of costs, ⁵⁾Equation, ⁶⁾Correlation index, ⁷⁾Timber felling, ⁸⁾Timber skidding, ⁹⁾Timber handling, ¹⁰⁾Timber transportation



Obr. 6. Priebeh nákladov vybraných výkonov ťažbovej činnosti od výšky náhodnej ťažby v %
Fig. 6. Course of the costs of some performances in logging in dependence on the volume of incidental felling in %.

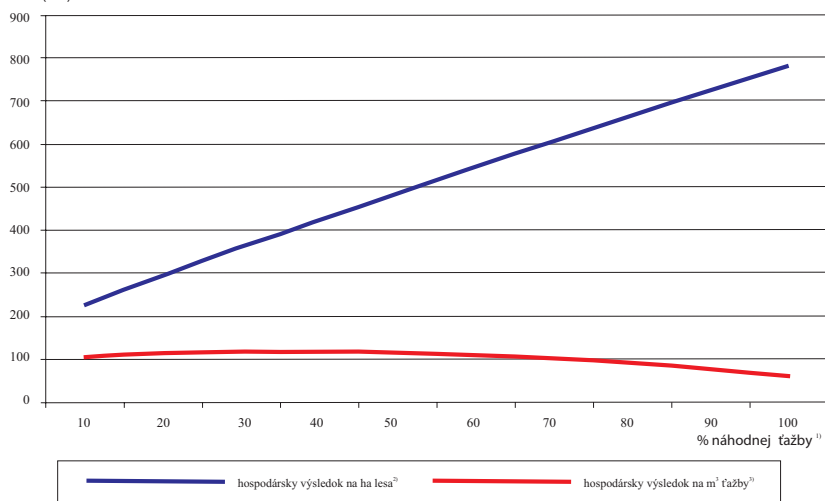
¹⁾Incidental felling in %, ²⁾Timber felling, ³⁾Timber skidding, ⁴⁾Timber handling, ⁵⁾Timber transportation

Tabuľka 8. Závislosť hospodárskeho výsledku hlavných činností lesnej výroby od výšky náhodnej ťažby

Table 8. Dependence of economic result of main activities in forest production on the volume of incidental felling

Ukazovateľ ¹⁾	$x_2 = \% \text{ náhodnej ťažby}$ ($x_2 - \text{objem náhodnej ťažby k celkovému objemu ťažby} \times 100$) ²⁾	
	Index korelácie ³⁾	Rovnica ⁴⁾
Hospodársky výsledok na ha lesa ⁵⁾	0,44467	$y = 161,03 + 6,81x - 0,00598x^2$
Hospodársky výsledok na m ³ ťažby ⁶⁾	0,14631	$y = 98,8 + 0,998x - 0,0135x^2$

¹⁾Indicator, ²⁾% of incidental felling, volume of incidental felling to total felling volume, ³⁾Correlation index, ⁴⁾Equation, ⁵⁾Economic result per ha of forest, ⁶⁾Economic result per m³ of felling



Obr. 7. Priebeh hospodárskeho výsledku hlavných činností lesnej výroby v Sk.ha⁻¹ a Sk.m⁻³ od výšky náhodnej ťažby v %

Fig. 7. Course of costs economic result of main activities in forest production in SKK per ha and m³ on the volume of incidental felling in %.

¹⁾% of incidental felling, ²⁾Economic results per ha of forest, ³⁾Economic results per m³ of timber felling

Pri regresných závislostiach výkonov pestovnej činnosti (tab. 6, obr. 5) stúpajú celkové náklady prezevávok, umelej obnovy lesa a ochrany lesa s % náhodnej ťažby. Pri pestovnej činnosti spolu klesajú celkové náklady po úroveň 20 % náhodnej ťažby a potom stúpajú až po hranicu 100 %. Pri ostatných výkonoch pestovnej činnosti uvedených v tabuľke 6 sa celkové náklady so zvyšovaním % náhodnej ťažby znižujú.

Celkové náklady na technickú jednotku výkonov ťažby a odvozu dreva (tab. 7, obr. 6) s rastom % náhodnej ťažby klesajú. Pri výkone približovanie dreva stúpajú do 50 % náhodnej ťažby a potom pri 100 % náhodnej ťažby klesnú až na hodnotu o 15 % nižšiu ako v prípade bez náhodnej ťažby. Jednotkové náklady manipulácie dreva vykazujú pokles do 50 % náhodnej ťažby a potom stúpajú až nad hodnotu absolútneho člena regresnej rovnice.

Aj hodnota agregovaného hospodárskeho výsledku hlavných činností lesnej výroby pomerne úzko súvisí s relatívnym podielom náhodnej ťažby. Hospodársky výsledok na ha lesa vykazuje rastúci trend s % náhodnej ťažby dreva (tab. 8). V prípade hospodárskeho výsledku na m³ ťažby stúpa jeho hodnota po úroveň takmer 75 % podielu náhodnej ťažby a potom klesá a pri hodnote 100 % náhodnej ťažby klesne až pod úroveň nákladov bez jej vplyvu.

4.4. Ekonomicko-sociálna stránka viazania uhlíka

V predchádzajúcich častiach príspevku sa prezentovali predovšetkým ekonomické dopady nepriameho vplyvu produkcie CO₂, ako negatívnej externality v procesoch zmeny klímy, prejavujúcej sa na znížení kvantity a kvality produkcie a zvýšení náhodných ťažieb a nákladov lesnej výroby. V tejto časti je kvantifikovaná pozitívna externalita uskladňovania CO₂ v lesných ekosystémoch a výrobkoch z dreva. Jej hodnota je podmienená čiastočne aj priamym vplyvom jej koncentrácie na zvýšenie intenzity tvorby biomasy.

4.4.1. Množstvo a hodnota uhlíka viazaného v ročnom prírastku biomasy

Jeden z možných prínosov pozitívnej externality produkcie emisií CO₂, spočívajúci vo vyššej intenzite rastových a sprievodných procesov, a teda vyššej produkcii biomasy nie je zatiaľ jednoznačne preukázaný. Preukázaná je ale užitočnosť pozitívnej externality viazania a uskladnenia CO₂ na dobu určitú, a výnimočne aj neurčitú v rastových procesoch ekosystémov a výrobných činnostiach podnikateľov – spotrebiteľov, vo výrobkoch z dreva. Z viacerých alternatív kvantifikácie CO₂ efektívne viazaného ročne v lesných ekosystémoch na Slovensku sa vychádzalo z celkového ročného bežného prírastku (CBP) hmoty hrubiny zníženého o ročnú ťažbu a odborných odhadov efektívnych ročných prírastkov hmoty nehrúbia, koreňov a nerozloženej odumretej biomasy a uhlíka v pôde. Hodnota ročne viazaného CO₂, sa určila z jeho ročnej hmotnosti v mil. ton a aktuálnej trhovej ceny CO₂ na medzinárodnom trhu (okolo 15 Eur).

Prehľad prírastkov jednotlivých druhov biomasy v m³, hmotnosti v t, absolútne suchej biomasy a CO₂ a trhovej hodnoty celého objemu CO₂ viazaného v ročnom objeme efektívneho prírastku biomasy udáva tabuľka 9, obrázok 8. Ročná hodnota viazaného CO₂ závisí od bežného ročného prírastu biomasy, ktorý vykazuje vyrovnané hodnoty,

Tabuľka 9. Ročná hodnota viazaného CO₂ v lesoch a časti výrobkov z dreva za roky 2003 – 2008

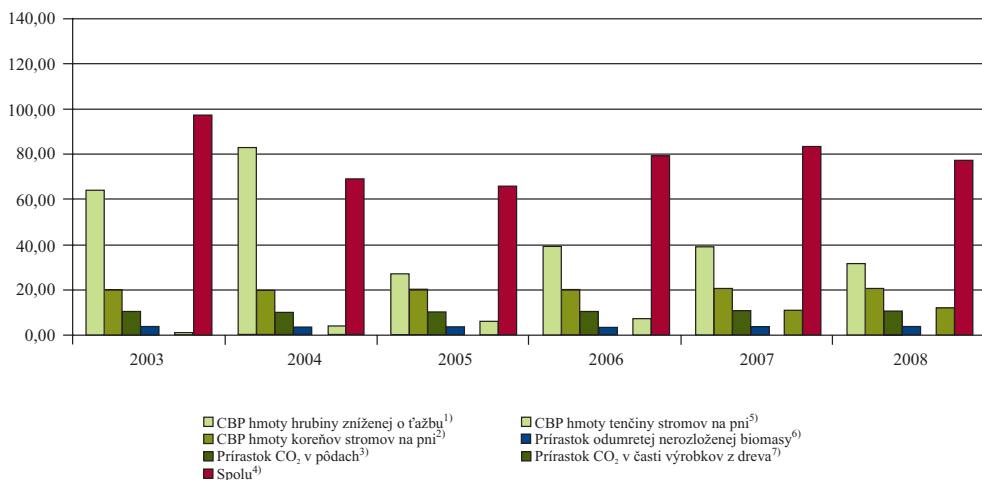
Table 9. Annual value of bound CO₂ in forests and parts of wood products for the years 2003–2008

Ukazovateľ ¹⁾	Roky ²⁾	CBP hmoty ³⁾			Prírastok odumretej nerozloženej biomasy ⁷⁾	Prírastok CO ₂ ⁸⁾		Spolu ¹¹⁾
		hrubiny zníženej o ťažbu ⁴⁾	tenčiny stromov na pni ⁵⁾	koreňov stromov na pni ⁶⁾		v pôdach ⁹⁾	v časti výr. z dreva ¹⁰⁾	
Biomasa v prírodnom stave v mil. m ³ ¹²⁾	2003	4,80	1,47	0,76	0,25	0,00	0,00	7,28
	2004	4,27	1,48	0,77	0,25	0,00	0,00	6,77
	2005	1,37	1,49	0,77	0,25	0,00	0,00	3,88
	2006	2,94	1,50	0,78	0,25	0,00	0,00	5,47
	2007	2,92	1,51	0,79	0,26	0,00	0,00	5,48
	2008	2,36	1,51	0,79	0,26	0,00	0,00	4,92
Hmotnosť CO ₂ v absolútne suchej biomase v mil. t ¹³⁾	2003	4,25	1,30	0,68	0,22	0,00	0,09	6,54
	2004	3,80	1,30	0,68	0,22	0,00	0,25	6,25
	2005	1,22	1,30	0,68	0,22	0,00	0,39	3,81
	2006	2,60	1,33	0,69	0,22	0,00	0,44	5,28
	2007	2,58	1,34	0,69	0,23	0,00	0,71	5,55
	2008	2,09	1,34	0,69	0,23	0,00	0,78	5,13
Hodnota CO ₂ mil. Eur (podľa svetovej trhovej ceny 15 Euro/t) ¹⁴⁾	2003	63,75	19,50	10,20	3,30	0,00	1,35	98,10
	2004	83,60	19,50	10,20	3,30	0,00	3,75	120,35
	2005	26,84	19,50	10,20	3,30	0,00	5,85	65,69
	2006	39,00	19,95	10,35	3,30	0,00	6,60	79,20
	2007	38,70	20,10	10,35	3,45	0,00	10,65	83,25
	2008	31,35	20,10	10,35	3,45	0,00	11,70	76,95

¹⁾Indicator, ²⁾Year, ³⁾Total current increment (TCI), ⁴⁾Of large wood volume lowered by felling, ⁵⁾Of the volume of small wood stumpage, ⁶⁾Of the roots volume of stumpage, ⁷⁾Increment of died not disintegrated biomass, ⁸⁾Increment of CO₂, ⁹⁾in soils, ¹⁰⁾in part of wood products, ¹¹⁾Together, ¹²⁾Biomass in natural state in mil m³, ¹³⁾Weight of CO₂ in absolutely dry biomass in mil tons, ¹⁴⁾Value of CO₂ in mil Euros (according to world trade market 15 Euro/t)

a predovšetkým od výšky realizovanej ťažby, vrátane spracovaných kalamít. Práve v rokoch 2005, 2006 a 2008, keď boli realizované najväčšie ťažby, podmienené aj spracovaním vetrových a podkôrníkových kalamít sa uskladnil v biomase lesných ekosystémov a lesnej pôdy za obdobie 2003 – 2008 najnižší objem a teda i hodnota CO₂.

Podobným spôsobom kvantifikovali objem viazaného uhlíka vo Švajčiarsku (COLEMAN 2002) na úrovni ročného prírastku zásoby (rozdiel CBP a ročnej ťažby) a zvýšeného využitia dreva v stavebnom materiáli a iných produktoch z dreva. Tento fenomén by sa ako klimatické služby švajčiarskeho lesníctva mal uplatniť pri kom-



Obr. 8. Hodnota CO₂ v mil. t podľa rokov

Fig. 8. Value of CO₂ in million tons according to years. Value of CO₂ in million Euros (according to world market price 15 Euro/t).

¹⁾Total current increment of large wood volume lowered by felling, ²⁾Total current increment of the volume of small wood stumpage, ³⁾Increment of CO₂ in soils, ⁴⁾Together, ⁵⁾Total current increment of the roots volume of stumpage, ⁶⁾Increment of died not disintegrated biomass, ⁷⁾Increment of CO₂ in parts of wood products

penzácii ročného záväzku zníženia CO₂ podľa Kjótskeho protokolu a jeho zvyšok zase predávať do zahraničia alebo potenciálnym domácim producentom.

4.4.2. Množstvo a hodnota uhlíka dlhodobo viazaného vo výrobkoch z dreva

Pri stanovení množstva uhlíka viazaného vo výrobkoch z dreva sa vychádzalo z predpokladanej spotreby materiálov ako je rezivo, dyhy, preglejky, drevotriesky, drevovláknó, nábytok, drevostavby a papier v jednotlivých kategóriách spotreby na Slovensku v rokoch 1980 – 2006. Spotreba sa stanovila z hlásení pre EUROSTAT a FAO/UNECE, ako súčet produkcie a rozdielu importu a exportu. Na prepočet objemu (m³) na hmotnostné jednotky (tony) sa uplatnili koeficienty EUROSTATu a EHK. Vlhkosť sa určila ako priemerná hodnota pre jednotlivé materiály. Doba uskladnenia (životnosti výrobkov) je odborným odhadom odborníkov z viacerých oblastí drevárstva. Takto boli stanovené údaje pre obdobie existencie Slovenskej republiky t. j. roky 1993 – 2006. Pre roky 1980 – 1992, boli k dispozícii len kumulatívne údaje za Československo. Produkcia jednotlivých druhov výrobkov sa stanovila modelovo z dodávok dreva a produkcie jednotlivých výrobných odvetví drevospracujúceho priemyslu tabuľka 10 a obrázok 9.

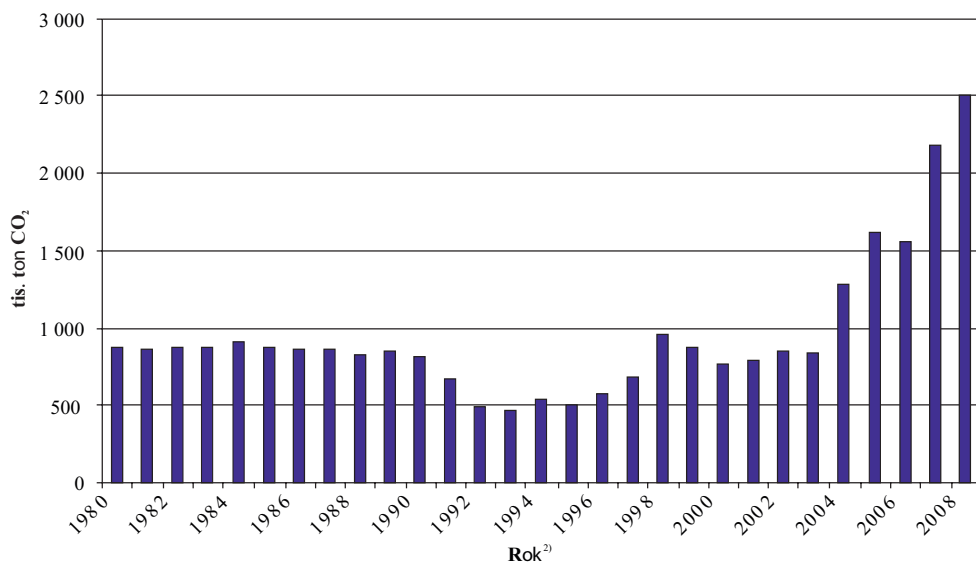
Uskladnenie C v sušine dreva nábytku je na Slovensku okolo 600 tis. ton CO₂ ročne. Pri nábytku sa prejavilo zníženie príjmu obyvateľstva menej výrazne ako pri drevostav-

Tabuľka 10. Uskladnenie C v dreve nábytku, drevostavbách a v papieri v tis. ton sušiny a CO₂ ročne

Table 10. Storage of C in wood of furniture, wood constructions and paper in ths tons of dry matter and CO₂

Rok ¹⁾	1989	1990	1991	1992	1993
Sušina ²⁾	464	443	364	265	251
CO ₂	849,833	811,718	667,264	485,573	460,859
Rok ¹⁾	1994	1995	1996	1997	1998
Sušina ²⁾	298	274	315	375	517
CO ₂	545,958	503,195	576,839	686,888	947,846
Rok ¹⁾	1999	2000	2001	2002	2003
Sušina ²⁾	476	412	432	459	457
CO ₂	872,944	755,461	791,408	842,026	837,655
Rok ¹⁾	2004	2005	2006	2007	2008
Sušina ²⁾	695	882	848	1 188	1 362
CO ₂	1 274,193	1 617,455	1 555,459	2 178,363	2 497,762

¹⁾Year, ²⁾Dry matter



Obr. 9. Uskladnenie uhlíka vo výrobkoch z dreva spolu

Fig. 9. Storage of carbon in wood products together.

¹⁾Storage of carbon in thousand tons in wood products, ²⁾Thousand tons of CO₂, ³⁾Year

bách. Pokles zo začiatku 90-tych rokov je miernejší ako pri drevostavbách. Od začiatku tisícročia domáci predaj nábytku stúpa a zároveň aj uskladnenie uhlíka, tabuľka 11.

Skutočné uskladnenie CO₂ v sušine v nábytku ako objem sušiny uchovanej v novom nábytku znížený o sušinu zlikvidovaného nábytku porovnateľnej dvojice predchádzajúceho časového obdobia – spreď 15 rokov, predstavuje na Slovensku za sledované obdobie 1995 – 2008 okolo 400 tis. ton CO₂ ročne. Začiatkom 90-tych rokov dochádza k zníženiu uskladnenia uhlíka v nábytku. Za celé sledované obdobie 1995 – 2008 pribudlo takto ako nová úschova sušiny v nábytku len 5 700 tis. ton, hoci v novom nábytku je prírastok okolo 600 – 700 tis. ton CO₂ ročne tabuľka 12, obrázok 10.

Tabuľka 11. Uskladnenie uhlíka v sušine objemu nábytku v tis. ton sušiny a CO₂ ročne
Table 11. Storage of carbon in dry matter of the volume of furniture in ths tons of dry matter and CO₂ per year

Rok¹⁾	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Sušina ²⁾	235	236	244	236	231	231	223	229	219
CO ₂	430,076	433,141	448,006	433,524	423,870	422,874	409,465	422,874	409,465
Rok¹⁾	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Sušina ²⁾	184	168	174	219	194	224	278	376	360
CO ₂	337,031	308,022	318,486	401,087	355,510	410,233	509,077	688,652	660,867
Rok¹⁾	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Sušina ²⁾	290	288	329	317	475	609	628	880	949
CO ₂	531,357	528,891	602,389	581,223	870,597	1116,141	1151,201	1612,943	1739,353

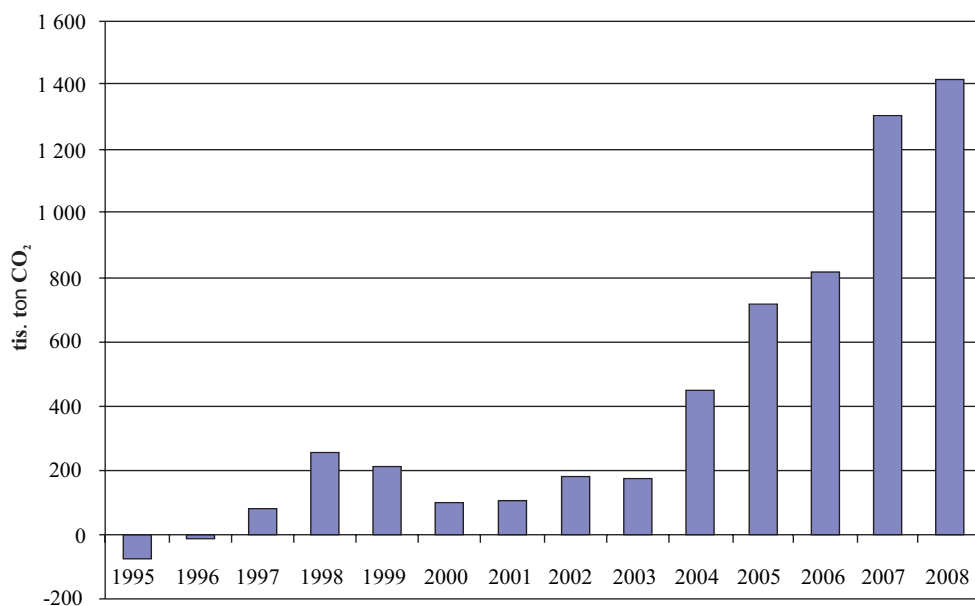
¹⁾Year, ²⁾Dry matter

Tabuľka 12. Uskladnenie CO₂ v prírastku (+ rozdiely) porovnateľných dvojíc časových období v tis. ton sušiny nábytku a CO₂ a mil. € ročne

Table 12. CO₂ storage in increment (+ difference) of comparable couples of time periods in ths tons of dry matter and CO₂ and million Euros per year

Rok¹⁾	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Sušina tis. ton ročne ²⁾	-41	-8	43	139	116	53
CO ₂ tis. ton ročne ³⁾	-75,179	-14,097	79,001	255,510	212,861	97,833
Milión € ročne ⁴⁾	-1,128	-0,211	1,185	3,833	3,193	1,467
Rok¹⁾	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Sušina tis. ton ročne ²⁾	98	94	246	390	444	712
CO ₂ tis. ton ročne ³⁾	179,515	171,758	450,328	714,721	814,170	1304,921
Milión € ročne ⁴⁾	2,693	2,576	5,755	10,721	12,213	19,574

¹⁾Year, ²⁾Dry matter in ths tons per year, ³⁾CO₂ ths tons per year, ⁴⁾Million Euros per year



Obr. 10. Uskladnenie uhlíka (CO₂) vo výrobkoch nábytku v tis. ton ročne

Fig. 10. Carbon storage (CO₂) in furniture products in thousand tons per year.

¹⁾Thousand tons of CO₂ stored per year in furniture, ¹⁾Thousand tons of CO₂

4.4.3. Bilancia uhlíka z exportu a importu dreva a výrobkov z dreva

Podobne ako pri stanovení uskladneného uhlíka v sušine výrobkov z dreva sa vychádzalo aj pri stanovení množstva sušiny dreva v jednotlivých produktoch v rámci importu a exportu z údajov EUROSTATu za roky 2003 – 2008. Celková bilancia uskladnenia CO₂ vychádza pre Slovensko kladne, t. j. viac sušiny výrobkov z dreva sa vyvezie ako dovezie. Rozdiel je 944 – 1 293 tis. ton sušiny. Najpriaznivejšiu bilanciu uskladňovania uhlíka má guľatina 532 – 942 tis. ton sušiny dreva a najnepriaznivejšiu majú drevovláknité dosky, sulfitová nebielená buničina a nenatieraný mechanický papier, zhodne po asi 30 – 75 tis. ton sušiny dreva. Celkovú bilanciu importu a exportu nespracovaného dreva a výrobkov z dreva v tis ton sušiny, tis. ton CO₂ a v tis € za CO₂ udáva tabuľka 13.

5. Záver

Príroda spočíva na rovnováhe a na cykloch, ktoré udržiavajú život (BROWN 2001). Všetok odpad akejkolvek bytosti v prírode poskytuje výživu inej bytosti a priebežne sa recykluje. Človekom vytvorené a riadené výrobné procesy súčasnosti to nerešpektujú dostatočne. Tlak na využívanie ekosystémov v priebehu posledného polstoročia prekročil limity trvalého výnosu. Príčinou bolo aj to, že trhové ceny za tovar nezahrňujú náklady zo sféry životného prostredia a sociálnej oblasti.

Tabuľka 13. Ročná bilancia z importu a exportu nespracovaného dreva a výrobkov z dreva
 Table 13. Annual balance from import and export of not processed wood and wood products

Celková bilancia dreva a jeho výrobkov z importu a exportu ¹⁾					
Rozdiel export – import v tis. ton sušiny ²⁾					
2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 092	944	1 276	1 230	1 293	1 195
Rozdiel export – import v tis. ton CO ₂ ³⁾					
2003	2004	2005	2006	2007	2008
2 002	1 731	2 340	2 256	2 371	2 191
Rozdiel export – import v tis. € za CO ₂ ⁴⁾					
2003	2004	2005	2006	2007	2008
40 044	34 616	46 791	45 118	47 428	43 829

¹⁾Total balance of wood and wood products from import and export, ²⁾Difference export – import in the tons of dry matter, ³⁾Difference export-import in the tons of CO₂, ⁴⁾Difference export-import in the Euros for CO₂

Budúcnosť vyžaduje preto zmenu výrobných procesov podľa vzorov prírody, čo by malo viesť k znižovaniu, resp. k úplnému vylúčeniu materiálneho odpadu. Znamená to projektovanie priemyselných systémov v biologickom duchu a zmenu podstaty priemyselných procesov a materiálov. Východiskom je teda uplatnenie ekologickej ekonómie, ktorá ponúkne svet, kde bude človek v harmónii s prírodou. Zahnutie nákladov na životné prostredie do cien produktov a služieb, by odrážalo ekologickú realitu a postupne odstránilo negatívny príspevok človeka k prírodným procesom globálnych zmien.

Podakovanie

Autori ďakujú Agentúre na podporu výskumu a vývoja za finančnú podporu získania poznatkov pre tento príspevok aj v rámci projektu APVV 27-019805 „Hodnotenie verejnoprospešných funkcií lesných a poľnohospodárskych ekosystémov a služieb odvetví“.

Použitá literatúra

1. BROWN L., 2001: Building an economy for Eart. Edition La Martiniere. Paríž. Climate Press, 1999: Treibhausgase: Wir verlassen den Schwangungsbereich der letzten 420 000 Jahre. Nr. 6. – 2. ČABOUN V. a kol., 2008: Vplyv globálnej klimateckej zmeny na lesy Slovenska. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy V, V. NLC-LVÚ Zvolen, 304 s. – 3. CZARNOVSKI M., 1996: Important mesure units and symbols used in plant physiology. Polish Academy of Sciences, Kraków, *Acta physiologiae plantarum*, **18**(2): 173–181. – 4. COLEMAN E., 2002: Schweizer Wald und die CO₂ – Problematik – ein Diskussionbeitrag. Sweiz. Z. Forstwes. 153/5: 176–183. – 5. HOLÉCY J., MINĎÁŠ J., ŠKVARENINA J., 2000: Ekonomická analýza rizika dopadu očakávaných klimateckých zmien na lesy Slovenska. In Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou. Zvolen, TU Zvolen, s. 31–39. – 6. HAWKING S., 1996, 2001: Stručná história času. Cambridgei, Bantam books, 1996, slov. vydanie, Vydavateľstvo Slovart, 2001, 256 s. – 7. KAŇOK

F., 1987: Ekonomické důsledky působení imisí v severomoravských státních lesích. *Lesnictví*, č. 7, s. 607–619. – **8.** LAPIN M., MELO M., 2004: Metods of Climate Change Scenarios Projektion in Slovakia and Selected Results. *Journal of Hydrol. and Hydromech.*, **52**(4): 224–238. – **9.** MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J. (eds.), 2003: Klimatické zmeny a lesné ekosystémy Slovenska. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 128 s. – **10.** MINĐÁŠ J., ŠKVARENINA J., LAPIN M., ČABOUN V., VLADOVIČ J., PRIWITZER T., ZÚBRIK M., MORAVČÍK M., 2004: Očakávané scenáre klimatických zmien a možné vplyvy zmenenej klímy na lesné ekosystémy. In VARÍNSKY J. a kol.: Aktuálne problémy v ochrane lesov. Zvolen, LVÚ Zvolen, s. 41–47. – **11.** MINĐÁŠ J., LONGAUER R., MACHANSKÁ E., 2005: Introdukované dreviny v lesnom hospodárstve Slovenska In Benčať T. (ed): Introdukcia a aklimatizácia drevín v podmienkach strednej Európy – Introduction and acclimatisation of forest tree species to Central Europe. partner, Poniky, p. 15–75. – **12.** NÁTR L., 2000: Koncentrace CO₂ a rastliny. Praha, ISV nakladateľství, 257 s. – **13.** NEČAS J., 2005: Klimatická zmena jako oslovení a výzva. Internetové správy (26. 10. 2005). – **14.** PRIWITZER T., KMEŤ J., STŘELCOVÁ K., 1997: Očakávané dôsledky klimatických zmien na fyziologické procesy v lesných drevinách. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, **43**(4): 239–249. – **15.** ŠÁLKA J., TRENČIANSKÝ M., HALAJ D., 2007: Návrh opatrení lesníckej politiky na usmerňovanie viazania uhlíka. Zvolen, TU Zvolen 91 s. – **16.** ŠIŠÁK L., PULKRAB K., 2004: Odhad ekonomických dôsledků dopadu klimatické změny na LH v ČR.

Summary

Presented results document that climatic changes shall affect negatively the economics of forestry in future, directly due to possible change in the proportions of tree species and indirectly by influencing returns and costs of forest production and production of public beneficial forest functions as well.

At time level 2010 with maximal scenario of the changes in tree species proportions total net yield will drop by 7% and with minimal scenario by 3% in comparison with basic scenario. A reason is a drop in the proportion of tree species with higher yields in favour of broadleaved tree species. Drop of total yield resulting from the changes in tree species proportions and performing various necessary and suitable measures was found also at the level of altitudinal vegetation zones at time level 2045 and 2075.

Correlation and regression analysis was used to find out the impact of climate change, being measured by the proportion of incidental felling, on the costs of some performances in silviculture and felling as well as on economic result.

The level of the effect of climatic changes expressed by correlation index was, with regard to the fact that only variables of basic set of organizational units of medium part of management were considered, except for timber transportation, only slightly up to moderately significant.

Quantified volume of bound carbon in annual increment of growing stock of forest ecosystems and in wood products represents currently potential financial source of forest sector. It could be used for compensation of annual commitment to reduce CO₂ in Slovakia or for the development of trading with CO₂ for domestic and foreign producers. Only in 2008 forest ecosystems produced the value of potential emission credits, which Slovakia obtained for emission credits in 2009 by selling below the price of 5.05 Euro per ton.

Translated by: Z. Al-ATTASOVÁ