

# TREND VÝVOJA STAVU SLOVENSKÝCH LESOV PODĽA EURÓPSKEHO MONITORINGU

Tomáš BUCHA, Jozef MINĎÁŠ

---

## Úvod a problematika

Začiatkom 80-tych rokov bolo celoeurópskom priestore zaznamenané rozsiahle zhoršenie zdravotného stavu lesov, v ktorom kľúčovým faktorom bolo vzrastajúce znečistenie ovzdušia. Reakciou bolo prijatie Medzinárodného kooperatívneho programu hodnotenia a monitorovania účinkov znečisteného ovzdušia na lesy (UN-ECE ICP Forests) v rámci CLRTAP konvencie v roku 1985. Následne krajiny EÚ prijali Council Regulation No. 3528/86, programu o Ochrane lesov pred atmosferickým znečistením (Protection of Forests against Atmospheric Pollution) a vytvorili tak legislatívnu bázu pre financovanie národných programov.

V zmysle metodiky UN/ECE ICP Forests sa pripravil na Slovensku v roku 1987 národný program, ktorý sa realizuje v sieti trvalých monitorovacích plôch (TMP) 16 × 16 km. Od roku 1993 sú úlohy riešené v rámci Čiastkového monitorovacieho systému lesy (ČMS Lesy) ako súčasť Informačného systému životného prostredia Slovenskej republiky (ISŽP SR). V roku 1994 sa krajiny EÚ dohodli vzniku Paneurópskeho programu intenzívneho monitoringu lesných ekosystémov, do ktorého sa od začiatku zapojila aj Slovenská republika. K 1.1.1998 vznikla národná sieť intenzívneho monitoringu pozostávajúca z 8 TMP.

V súčasnosti participuje na paneurópskom programe 38 krajín. Údaje a výsledky monitorovacích programov sú využívané pri strategických rozhodnutiach týkajúcich sa zlepšenia kvality ovzdušia, obmedzenia procesov acidifikácie, eutrofizácie, zníženia koncentrácie troposferického ozónu, zabezpečenia trvalo udržateľného obhospodarovania lesov, klimatických zmien, biodiverzity. Výsledky programu boli podkladom pri príprave rezolúcií S1 (Strasbourg), H1 (Helsinki) a L2 (Lisabon) ministerských konferencií o ochrane lesov v Európe, v ktorých boli stanovené základné rámce ochrany lesov v Európe a definované Paneurópske kritériá a indikátory pre trvalo udržateľné obhospodarovanie lesov. Za kľúčové kvantitatívne indikátory pre posúdenie zdravotného stavu a vitality lesných ekosystémov boli zvolené:

- Zmeny v defoliácii lesov podľa klasifikácie UN/ECE a EÚ (stupne poškodenia 2,3,4) za posledných 5 rokov
- Zmeny v rovnováhe živín a kyslosti pôd (pH) za posledných 10 rokov, úroveň nasýtenia sorpčného komplexu bázami na TMP
- Celkové množstvo a zmeny depozícií imisií za posledných 5 rokov (hodnotené na TMP)

Predmetom nášho príspevku, je na základe týchto indikátorov zhodnotiť vývoj stavu slovenských lesov v kontexte európskeho monitoringu.

## Vývoj zdravotného stavu a dopad na funkčnosť lesných ekosystémov

### *Vývoj defoliácie*

Defoliáciu (strata asimilačných orgánov) považujeme za základný okulárny, nešpecifický, integrovaný symptóm zdravotného stavu drevín, v ktorom sa odrážajú vnútorné i vonkajšie vplyvy faktorov ovplyvňujúce život jedinca (genetické, klimatické a stanovištné vplyvy, vplyv znečistenia ovzdušia a iné). Hodnotenie stavu koruny a v jej rámci aj hodnotenie defoliácie sa realizuje na 111 TMP od roku 1988. Posledné výsledky poukazujú na to, že v roku 2000 bolo na Slovensku 23,5 % a v roku 2001 až 31,7 % stromov hodnotených ako poškodené, tj. mali

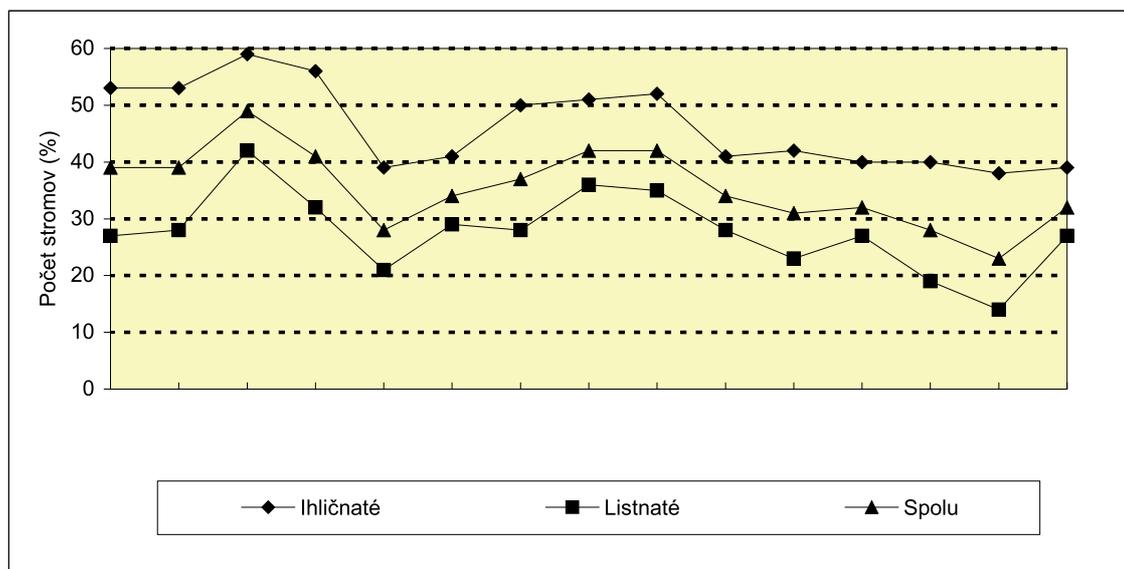
defoliáciu väčšiu ako 25 % (stupeň poškodenia 2 až 4). Dlhodobo horšia situácia je u ihličnatých drevín. *Z celoeurópskeho pohľadu je zdravotný stav lesov v našej subatlantickej oblasti horší ako európsky priemer.* Percento zastúpenia poškodených stromov v našich lesov je približne rovnaké ako v ostatných krajinách subatlantického regiónu (Nemecko – 23,0 %, Poľsko – 32 %, Maďarsko – 20,8 %). Výrazne horší zdravotný stav vykazuje Česká republika (51,7 %), výrazne lepší Rakúsko (8,9 %). Údaje sa vzťahujú k roku 2000 (UN–ECE, EC, 2001).

Z hľadiska dlhodobého vývoja dochádza k miernemu zlepšovaniu zdravotného stavu lesov. Mierne klesá priemerná defoliácia a aj percento poškodených stromov (stupeň poškodenia 2–4) Vývoj je zobrazený na obr. 1. Obidva ukazovatele sú však z celoeurópskeho hľadiska dlhodobo horšie ako európsky priemer, a to predovšetkým z dôvodu dlhodobo horšieho stavu ihličnatých porastov. *Percento poškodených stromov sa pri ihličnatých drevinách za posledných 5 rokov výrazne nemení a pohybuje sa okolo 40 %. To je výrazne horší stav ako európsky priemer, ktorý sa pohybuje za posledných 5 rokov v rozpätí 20–25 % (22,3 % v roku 2000).* Listnaté porasty sa vyznačujú väčšou dynamikou zmien defoliácie. Percento poškodených stromov sa za posledných 5 rokov pohybuje v rozpätí od 14 do 27 %. To zodpovedá celoeurópskemu priemeru, ktorý sa pohybuje za posledných 5 rokov v rozpätí 20–25 % (23,6 % v roku 2000).

Oblasťami s dlhodobo najhorším zdravotným stavom lesov na Slovensku sú Spiš, Kysuce, horná Orava, Nízke a Vysoké Tatry, zvláštnym prípadom s dlhodobo nepriaznivým stavom podľa monitoringu je aj juhozápadné Slovensko.

V regiónoch s výraznejším vplyvom špecifických imisií v minulosti, kde došlo *k zníženiu produkcie emisií a imisií* (imisie fluóru: Žiar n. Hronom, horečnaté imisie: Jelšava–Lubeník), došlo k zlepšeniu zdravotného stavu lesných porastov a to napriek tomu, že *pretrváva nepriaznivý stav pôd.*

Viacero autorov (ĎURSKÝ, 1996; PETRÁŠ, 1999) dokázalo *významný vplyv defoliácie na zníženie hrúbkového prírastku a s tým súvisiace očakávané zníženie zásob a zníženie hodnotovej produkcie porastov.*



**Obr. 1. Vývoj zastúpenia stromov v stupni poškodenia 2–4**

### **Zmeny v rovnováhe živín a kyslosti pôd**

Pôdne vlastnosti ovplyvňované imisiami sú jedným zo stresových faktorov pre lesné

dreviny. Doterajšie analýzy vzťahov medzi pôdnymi vlastnosťami a momentálnym zdravotným stavom lesných porastov však nepreukázali jednoznačné vzťahy so všeobecnou platnosťou (SEIDLING, 2001), čo spolu so skutočnosťou, že prebiehajúce procesy v pôde nemožno jednoducho a plne kompenzovať, komplikuje možnosti realizácie nápravných opatrení. Efektívne ozdravné opatrenia v konkrétnom území si vyžadujú špecifický prístup, podrobné a aktuálne informácie o stave lesných pôd, ale aj ďalšie podklady o stave lesov v danom území. Na základe doterajšieho monitoringu pôd realizovaného na 111 TMP (odbery vzoriek pôd boli realizované v rokoch 1988, 1993 a 1998) môžeme odvodiť nasledovné závery a tendencie, platné pre lesné pôdy Slovenska:

- Porovnanie nameraných hodnôt pH na veľkej časti plôch počas desiatich (1988–1998) rokov *indikuje pokles pôdnej reakcie (acidifikáciu) v počiatočnom období monitorovania a jej následnú stabilizáciu*. Rozdiely medzi nameranými hodnotami počas desiatich rokov sú však len malé. Výsledky monitorovania nám umožňujú hodnotiť iba zmeny v posledných desiatich rokoch, pričom iných výsledkov dlho–dobého výskumu je zrejmé, že *už v predchádzajúcom období došlo k najmä v niektorých oblastiach k dost' výraznej acidifikácii pôd*.
- Acidifikácia pôd sa v predchádzajúcom období prejavila nielen na chudobných substrátoch vo vysokých polohách a v lokalitách s vysokou mierou znečistenia ovzdušia, ale čiastočne aj v regiónoch považovaných za takmer bezproblémové z hľadiska zdravotného stavu lesa (napr. severovýchodné Slovensko)
- Podiel plôch s hodnotou pH (v CaCl<sub>2</sub>) v hĺbke 0–10 cm pod 4,2 tvoril v roku 1988 51 %, v roku 1993 60 % a v roku 1998 56 %.
- Výsledky hodnotenia vývoja ukazovateľov charakterizujúcich sorpčný komplex indikujú *pokračujúci mierny trend poklesu zásob báz a nasýtenia bázami*.
- Porovnanie nameraných hodnôt celkových obsahov hodnotených *ťažkých kovov* počas piatich rokov (od roku 1993 do roku 1998) naznačuje *mierny pokles ich koncentrácií*, najmä v pokryvnom humuse. Je to zrejmy dôsledok poklesu emisií ťažkých kovov v priemysle, ale najmä v doprave (hlavne olova)
- *V regiónoch s výraznejším vplyvom imisií v minulosti* – či už z lokálnych zdrojov alebo z diaľkového prenosu – *pretrváva (napriek miernemu zlepšeniu stavu z hľadiska emisií a imisií) nepriaznivý stav pôd*, či už z hľadiska acidity alebo zvýšených koncentrácií ťažkých kovov
- Špecifickým problémom je acidifikácia pôd v blízkosti kmeňov pri hladkokôrych drevinách, *najmä pri buku*, a tvorba tzv. *záster*: pri odbere vzoriek podľa metodiky ICP sa vzorky z bezprostrednej blízkosti stromov neodoberajú, podrobnejšie hodnotenie vlastností pôd na TMP druhej úrovne s bukovým porastom indikuje, že takúto „bodovú“ acidifikáciu tiež treba brať do úvahy.

### **Celkové množstvo a zmeny depozícií polutantov**

Oxidy síry a dusíka reprezentujú klasické polutanty, ktoré sú emitované do ovzdušia spaľovaním fosílnych palív, priemyselnou činnosťou a dopravou. Ich koncentrácie v ovzduší závisia predovšetkým od množstva emisií, distribúcie emisných zdrojov a meteorologických podmienok pre rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší.

Regionálne znečistenie ovzdušia v Európe aj na Slovensku od roku 1950 narastalo paralelne s emisiami škodlivín, pričom negatívne sa uplatnila výstavba vysokých komínov, ktoré predlžovali dobu zotrvania exhalátov v ovzduší (Správa o kvalite ovzdušia 2000). Trend znižovania imisií nastal až po podpísaní Dohovoru EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranice štátov, ku ktorému bolo prijatých 8 protokolov. Vývoj

koncentrácií oxidov síry a dusíka viac–menej korešponduje s vývojom európskych emisií. *Všetky európske monitorovacie stanice v rámci programu EMEP vykazujú pokles koncentrácií oxidov síry pričom tento pokles predstavuje zväčša hodnotu 30–60 % v porovnaní s rokom 1980. U oxidov dusíka je situácia odlišná, väčšina európskych staníc vykazuje mierny pokles koncentrácií (do 20 %).* Pokles koncentrácií oxidov síry a koncentrácií síranov v zrážkach sa odrazil aj v celkovom poklese depozície síry v Európe (EMEP/CCC–REPORT 7/2000).

Začiatkom 90–tych rokov sa depozície síry pohybovali v rozpätí 12–65 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> a depozície dusíka (nitrátového aj amoniakálneho) sa pohybovali od 10 do 55 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. Najvyššie hodnoty depozície síry aj dusíka sú viazané na oblasti horských lesov s vysokými úhrnmi atmosférických zrážok. Z výsledkov monitoringu na Slovensku môžeme konštatovať, že *depozície síry sú mierne vyššie ako depozície dusíka a v dlhodobom trende vykazujú významný pokles (cca 20–30 %–ný pokles depozície síry oproti roku 1990, podobne ako celková acidita zrážok).* Dá sa predpokladať, že v priebehu najbližších 10–15 rokoch budú postupne prevládať depozície dusíka nad depozíciami síry a *acidifikačné a eutrofizačné účinky depozícií dusíka budú pravdepodobne v budúcnosti zohrávať kľúčovú úlohu aj vo vzťahu k zdravotnému stavu lesných porastov.*

### **Kritické zátáže síry a dusíka**

Koncepcia kritických úrovní (KÚ) a kritických zátáží (KZ) sa využíva pri realizácii Dohovoru EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcim hranicami štátov, a to pre vedecké zdôvodňovanie diferencovanej stratégie znižovania emisií škodlivín na území Európy. KÚ/KZ sú sekundárne imisné/depozíčné limity, t.j. úrovne koncentrácií, resp. depozícií škodlivín, po prekročení ktorých sa podľa súčasnej úrovne poznania môžu vyskytnúť priame negatívne účinky na receptory (rastliny, ekosystémy, materiály). Mapovanie KZ je v súčasnosti zamerané na ochranu prírodného prostredia pred účinkami kyslej depozície a kvantifikáciu nevyhnutného zníženia emisií acidifikačných zlúčenín (oxidov síry a dusíka) do ovzdušia. Celoeurópske prognózy poukazujú na to, že aj po roku 2010 bude ešte značná časť Európy zotrvať pod vplyvom kyslých depozícií vrátane územia Slovenska. Obdobná je situácia aj u nutričného dusíku, kde rozsah prekročenia jeho kritických zátáží je ešte vyšší ako u celkovej acidity.

Doterajšie výsledky hodnotenia depozičných vstupov vo vzťahu ku kritickým zátážiam acidity naznačujú, že *k začiatku 90–tych rokov bola hruba 1/2 plochy lesov Slovenska pod priamym vplyvom acidifikácie.* Zníženie kyslej depozície prinieslo posun k lepšiemu a kyslou depozíciou bola *v roku 1995 ohrozená hruba 1/3 lesov Slovenska.* Analýza vývoja prekračovania kritických zátáží pri predpokladanom vývoji emisií síry a dusíka podľa Gothenburgského protokolu ukázala, že aj napriek ďalšiemu zníženiu emisií týchto polutantov v oblasti Strednej Európy je potrebné naďalej počítať s prekračovaním KZ na úrovni 20–30 % rozlohy lesov (CCE Status report 2001).

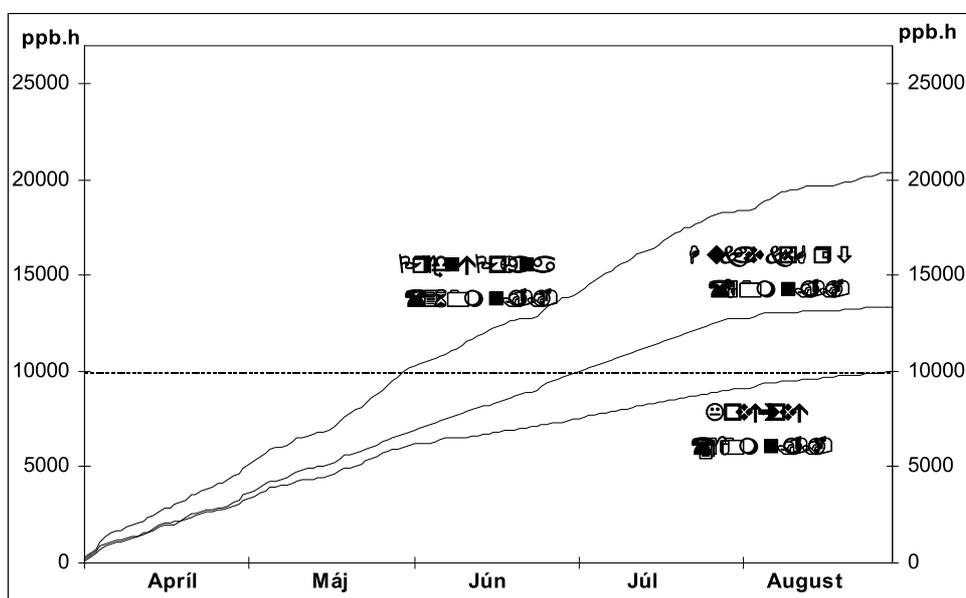
### **Troposférický ozón**

Troposférický ozón je toxický plyn fotochemického pôvodu, ktorý je v súčasnosti považovaný za jednu z najvýznamnejších zložiek znečistenia ovzdušia (BECK et al., 1998; SANDRONI et al., 1994).

Dokázalo sa, že ozón má výrazné škodlivé účinky na lesné ekosystémy a podieľa sa na odumieraní lesov „nového typu“ (new type of forest decline). Negatívny vplyv ozónu na citlivé dreviny sa môže prejaviť už pri bežne sa vyskytujúcich koncentráciách ozónu. Prejavuje sa biochemickými zmenami v asimilačných orgánoch, zníženou fotosyntézou, zníženým prírastkom, oslabením odolnosti dreviny voči škodlivým činiteľom alebo viditeľným poškodením asimilačných orgánov. Pri dlhodobej expozícii vysokými koncentraciami ozónu za spoluúčasti ostatných negatívnych faktorov prostredia (vysoké teploty, vysoké žiarenie,

dlhodobé sucho atď.) môže dôjsť vplyvom celkového oslabenia až k rozpadu porastu (MORTENSEN et al., 1995, SMIDT et al., 1994). Koncentrácie ozónu rastú s nadmorskou výškou až po hornú hranicu lesa, takisto i jeho depozícia. Za účelom posúdenia účinkov troposférického ozónu na vegetáciu a ľudské zdravie bol prijatý celý rad kritických úrovní, resp. imisných limitov. Z krátkodobých imisných limitov sa pre ochranu vegetácie používa 1–hodinový priemer 100 ppb a 24–hodinový priemer 32,5 ppb, z dlhodobých imisných limitov na ochranu vegetácie sa používa priemer z denných hodín vegetačného obdobia (apríl – september) 25 ppb. *Krátkodobé imisné limity navrhnuté pre ochranu vegetácie sú prekračované na území celého Slovenska, najmä však vo vyšších polohách horských lesov.*

Pre posúdenie dlhodobého vplyvu ozónu sa v lesníctve a poľnohospodárstve používa index AOT 40 (Accumulated Exposure over a Threshold of 40 ppb), ktorého kritická úroveň pre lesné ekosystémy je 10 000 ppb.h (počítané pre denné hodiny počas vegetačného obdobia apríl – september). Kritická úroveň indexu AOT 40 býva v stredohorských a vysoko-horských podmienkach Slovenska (nad 800 m n. m.) často dosahovaná už v prvej polovici vegetačného obdobia (MOLNÁROVÁ, 2000; BUCHA et al., 2001).



**Obr. 2. Vývoj indexu AOT 40 v období apríl až september 2000 na lokalitách Kováčová (480 m n. m.), Hukavský grúň (850 m n. m.) a Predná Pol'ana (1 360 m n. m.)**

Podľa výsledkov modelovania indexu AOT 40 podľa údajov monitorovacej siete EMEP patrí Slovensko medzi krajiny s najvyšším prekračovaním kritickej úrovne AOT 40 pre lesné ekosystémy v Európe.

## Záver

Počas 15 rokov medzinárodného programu monitoringu sa vytvorila komplexná celoeurópska báza údajov, ktorá umožnila získať znalosti o priestorovej a časovej zmene stavu lesa ako aj znalosti o vzťahoch k stresovým faktorom predovšetkým k znečisteniu ovzdušia v regionálnom, národnom a medzinárodnom merítku. Výsledky sa stali dôležitým podkladom pre prijímanie strategických rozhodnutí environmentálnej politiky tak na národnej ako aj medzinárodnej úrovni.

V rámci programu sa podrobne skúma vplyv polutantov na lesné ekosystémy, objasňuje sa charakter príčinnno–účinných vzťahov, upresňujú sa stanovenia kritických úrovní a záťaží. Výsledky sú priebežne využívajú pri príprave projektov ozdravných opatrení, pri prácach HÚL,

keď koncepcia kritických zátiaží a úrovni bola akceptovaná Lesoprojektom Zvolen pri vylišovaní pásiem ohrozenia.

Otvárajú sa však nové problémy, súvisiace s naplnením princípu trvalo udržateľného rozvoja. Nedoriešené sú otázky klimatických zmien a problematika bilancie uhlíka v lesných ekosystémoch. V budúcnosti tieto môžu významne ovplyvniť vývoj zdravotného stavu lesov v komplexe pôsobenia ostatných škodlivých činiteľov ako aj biodiverzitu lesných ekosystémov. Bude potrebné reagovať na európsky vývoj a realizovať účelné prepojenie existujúcich zisťovaní, monitorovacích a inventarizačných systémov. Potrebné bude posilniť klimatické a meteorologické merania, prieskumy, ktoré monitorujú biodiverzitu. Podporiť je potrebné rozvoj perspektívnych metód akými sú DPZ, ktoré objektivizujú hodnotenie stavu lesov a umožňujú ho celoplošne interpretovať. Nevyhnutné je dopracovať výsledky výskumu tak, aby boli realizovateľné v lesníckom plánovaní a lesníckej praxi.

Podrobnejšie je možné sa s uvedenou problematikou, informáciami a výsledkami oboznámiť na internete, na adrese Strediska ČMS Lesy: <http://frisweb.fris.sk/CmsLesy> alebo <http://www.fris.sk/sk/index.htm>. Autori sa budú tešiť na pripomienky a reakcie.

## Literatúra

- BECK, J. P., KRZYŻANOWSKI, M., KOFFI, B., 1998: Tropospheric Ozone in the European Union. The Consolidated Report. EEA, <http://www.eea.eu.int/Document/Entercrep/concoz/index.htm>.
- BUCHA, T. a kol., 2001: Zdravotný stav lesov Slovenska – správa z monitoringu 2001. LVÚ Zvolen, 50 s.
- CCE Status report 2001. Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe. RIVM, Bilthoven, Netherlands.
- ĎURSKÝ, J., 1996: Kvantifikácia vplyvu zmenených ekologických podmienok na rast a produkciu lesných porastov. ZS-čú AL 10–03 výskumného projektu GL 1030, LF TU Zvolen, december 1996, s. 54.
- EMEP/CCC–REPORT 7/2000. A contribution from CCC to the reevaluation of the observed trends in sulphur and nitrogen in Europe.
- MOLNÁROVÁ, H., 1999: Vertikálny gradient koncentrácií troposférického ozónu v oblasti Poľany a Zvolenskej kotliny. XI. konferencia mladých hydroológov a mladých meteorológov a klimatológov. Zborník referátov. Bratislava, s. 197 – 209.
- MORTENSEN, L., BASTRUP–BIRK, A., RO–POULSEN, H., 1995: Critical levels of O<sub>3</sub> for wood production of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Water, Air and Soil Pollution*. 85, 1349 – 1354.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., NOCIAR, V., 1999: Prírastky zásob dreva poškodených borovicových porastov. *Lesnícky časopis*, 45(4), str. 205–216.
- SANDRONI, S., BACCI, P., BOFFA, G., PELLEGRINI, U., VENTURA, A., 1994: Tropospheric ozone in the pre-alpine and alpine regions. *The Science of the Total Environment* 156/1994, 169 – 182.
- SEIDLING, W., 2001: Integrative Studies on Forest Ecosystem Conditions. Multivariate Evaluations on Tree Crown Conditions for two Areas with distinct Deposition Gradients. UN/ECE, ICP, BFH Hamburg 86pp.
- SMIDT, S., BERMADINGER–STABENTHEINER, E., HRMAN, F., 1994: Altitude-dependent ozone concentrations and changes of ozone-related plant-physiological parameters in the needles of Norway Spruce. *Proceedings of The Royal Society of Edinburgh*, 102 B, s. 113 – 117.
- SHMÚ, MŽP, 2001: Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike, 2000, Bratislava, 150 s.

Status report 2001 coordination center for effects. Modelling and mapping of critical thresholds in Europe. RIVM, The Netherlands, 188 pp.

UN-ECE and EC, 2001: Forest Condition in Europe. 2001 Executive Report. Geneva and Brussels, 29 S.

Dr. Ing. Tomáš BUCHA

RNDr. Ing. Jozef MINDÁŠ, PhD.

*Lesnícky výskumný ústav*

*T. G. Masaryka 22*

*960 92 Zvolen*

*e-mail: <tomas.bucha@fris.sk>; <jozef.mindas@fris.sk>*