

EKOLOGICKÉ ZMENY LESNÉHO PROSTREDIA A MOŽNÉ DÔSLEDKY NA ĎALŠÍ VÝVOJ LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

PAVEL PAVLENDÁ, JOZEF MINDÁŠ, HANA PAVLENDOVÁ, JOZEF IŠTOŇA

Úvod

Vlastnosti lesného prostredia determinujú ráz lesných spoločenstiev. Aj keď pedosféra, atmosféra i hydrosféra nie sú vo svojej podstate stabilné a vyznačujú sa v niektorých svojich vlastnostiach výraznou dynamikou, v posledných desaťročiach dochádzalo v dôsledku ľudskej činnosti a následných zmien v atmosfére k takým zmenám lesného prostredia, ktoré ohrozovali a znižovali stabilitu lesných ekosystémov.

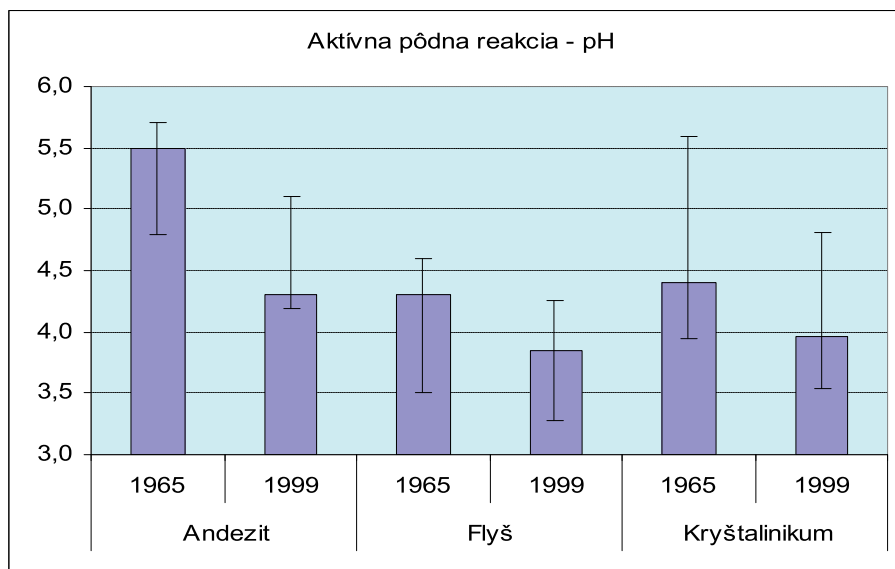
Zmeny v kvalite ovzdušia, klimatických faktorov, vodného režimu i pôdneho prostredia sú v centre pozornosti lesníckeho výskumu už niekoľko rokov, či už s cieľom monitorovania zmien a analýzy vzájomných vzťahov alebo aj priamo s cieľom návrhov opatrení pre zlepšenie súčasného stavu. Hoci destabilizácia lesných ekosystémov z hľadiska plnenia ich funkcií sa prejavovala najmä v najvyšších horských polohách, existovalo pomerne málo systematicky získaných údajov nielen o zmenách, ale aj o stave lesného prostredia v tomto pásme. Riešenie ČP „Ekologické zmeny lesného prostredia a ich vplyv na funkčný potenciál horských lesov Slovenska“ v rámci VTP „Výskum metód obhospodarovania horských lesov na princípe trvale udržateľného rozvoja“ prinieslo aktuálne poznatky o ekologických zmenách lesného prostredia a možných dôsledkoch na ďalší vývoj lesných ekosystémov. V tomto príspevku stručne prezentujeme vybrané výsledky, ktoré boli súčasťou záverečnej správy (MINDÁŠ a kol., 2002).

Zmeny pôdných vlastností

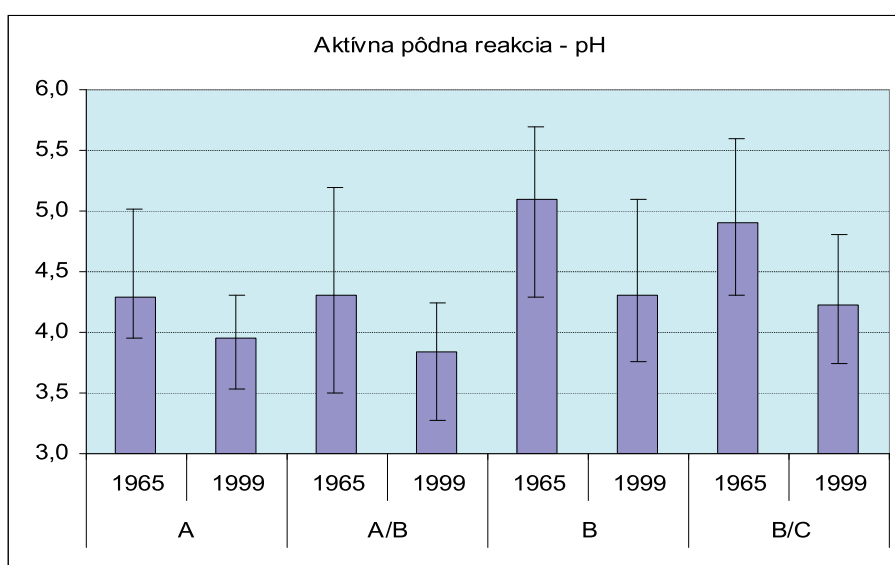
Jednou z dôležitých pôdných vlastností, pre ktorú sa pod vplyvom atmosférickej depozície prejavili v posledných desaťročiach významné zmeny, je pôdna reakcia. Jej meranie je jednoduché a teda aj zistenie zmien pH bolo často konštatované v súvislosti s depozíciou zakysľujúcich zložiek. Mnohí autori konštatovali zakyslenie lesných pôd Slovenska na základe zistení veľmi nízkych hodnôt pôdnej reakcie, ale najmä na základe nesúladu medzi nameranými hodnotami a morfológiou pôdneho profilu. Zakysľovanie pôd na nekarbonátových substrátoch v 5. a 6. lvs potvrdzujú aj hodnotenia prieskumov Lesoprojekt-u (RIZMAN, 1999). Popri konštatovaniach o zistených trendoch autor upozornil tiež na otázku degradačných štádií typologických jednotiek, resp. na otázku, dokedy možno degradačné štádium pokladať za štádium daného lesného typu a kedy už je potrebné považovať ho za iný lesný typ.

Pre hodnotenie dlhodobých zmien pôdnej reakcie sme využili údaje z rozsiahleho súboru typologicky reprezentatívnych plôch z prieskumu prírodných pomerov vykonávaných Lesoprojektom, ktorý bol základom pre hodnotenie stavu a zmien fytocenóz. Z tohto súboru bolo vybratých 38 plôch, ktoré boli jednoznačne identifikované, a z ktorých bolo možné porovnať aj údaje z rozborových listov z rokov 1961 až 1971 (v grafoch sú spoločne označené ako rok 1965) a nové údaje z rokov 1999 až 2001 (v grafoch označené rok 1999). Tieto údaje boli vyhodnotené podľa geologického podložia (združené skupiny pôdotvorných substrátov), výškových stupňov, lesných vegetačných stupňov, edaficko-trofických ekologických radov a skupín lesných typov. Porovnávali sa výsledky pH zo zvršku humusového horizontu (z hĺbky približne 0–10 cm), v niektorých prípadoch aj z iných hĺbok. V grafoch sú znázornené len údaje pre hĺbku 0–10 cm, a to mediánové hodnoty, ako aj minimum a maximum ako ukazovatele rozptylu hodnôt v danej skupine plôch.

Pri hodnotení podľa podložia (obr. 1) je zrejmé, že pre všetky hodnotené skupiny (andezit, flyšové horniny a horniny kryštalinika) došlo k poklesu hodnôt pH. Najvýraznejší v absolútnych hodnotách je tento pokles pre plochy na andezitoch, celkove je tu však stále najpriaznivejší stav, hoci v súčasnosti namerané hodnoty tu zodpovedajú skôr hodnotám na kryštaliniku a flyši v šesťdesiatych rokoch.



Obr. 1. Hodnoty pH a ich zmeny v rokoch 1965–1999 na VP podľa geologického podložia

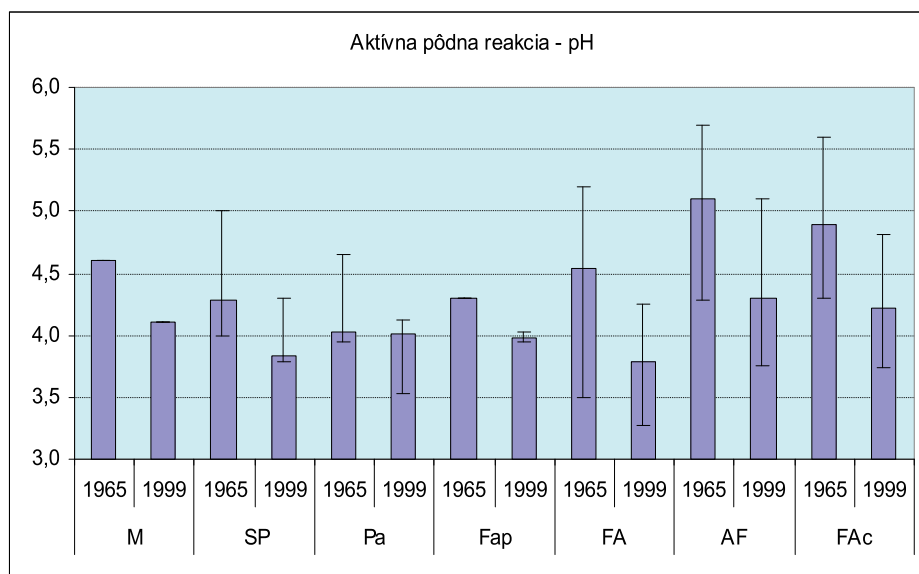


Obr. 2. Hodnoty pH a ich zmeny v rokoch 1965–1999 na VP podľa edafo-trofických radov

Z hľadiska edaficko-trofických ekologických radov (obr. 2) bol najväčší absolútny pokles pH zaznamenaný na plochách radu B a medziradu B/C.

Podobne aj podľa skupín lesných typov (obr. 3) bol najvýraznejší pokles zistený pre relatívne živné stanovišťa (plochy zaradené do SLT Fageto-Aceretum, Fageto-Abietum a Abieto-Fagetum). Túto skutočnosť, ktorá súvisí s logaritmicným vyjadrením pH (pokles pH z hodnoty 4,5 na 3,5 znamená desaťnásobne vyššie zakyslenie, resp. zvýšenie koncentrácie protónov H^+ než pri poklese z 5,5 na 4,5) bolo možné očakávať, napriek tomu zistené hod-

noty naznačujú, že pufrčná schopnosť pôd ani na relatívne živnejších stanovištiach nestačí na tlmenie depozičného vstupu kyslých iónov a došlo k ich značnému zakysleniu.



Obr. 3. Hodnoty pH a ich zmeny v rokoch 1965–1999 na VP podľa skupín lesných typov

Hoci daný súbor plôch nebol veľmi rozsiahly, vzhľadom na typologickú pestrosť možno získané údaje zovšeobecniť. Údaje získané z ďalších výskumných plôch, kde bol hodnotený stav pôd až do hĺbky 80 cm potvrdili konštatované zistenia. Údaje z monitoringu zasa dopĺňujú pohľad na zakysľovanie pôd v poslednej dekáde:

- Acidifikácia pôd v predchádzajúcich troch až štyroch desaťročiach sa významne prejavila na všetkých typoch pôd horských oblastí Slovenska okrem pôd, ktoré majú dostatočný potenciál tlmenia kyslej depozície rozpúšťaním karbonátov, t.j. pôd vyvinutých karbonátových pôdotvorných substrátov.
- V poslednom období je pôdna reakcia bez výraznejších zmien, prejavuje sa určitá stabilizácia (acidifikácia v zmysle poklesu hodnôt pH vo všeobecnosti už nepokračuje).
- Najväčší pokles pH je zaznamenaný na relatívne živnejších stanovištiach, čo viedlo k zmiernovaniu rozdielov v kyslosti pôd medzi pôvodne extrémne kyslými pôdami a relatívne priaznivejšími pôdami z hľadiska acidity.
- Zakysľovanie je najvýraznejšie vo zvršku A–horizontov, podľa údajov z plôch, kde sa hodnotili aj hlbšie vrstvy pôdy (B, resp. aj C horizont) dochádzalo k postupnému značnému zakysľovaniu aj v týchto hĺbkach.
- Porovnateľných podkladov pre hodnotenie poklesu zásob báz je veľmi málo, podľa dostupných výsledkov však mohlo dôjsť k značným stratám báz v koreňovej zóne pôd.

Cieľom výskumu v danom súbore plôch bolo aj získanie poznatkov o stave fytoocenóz a ich zmenách ovplyvnených dopadmi dlhodobého pôsobiacieho kyslej depozície. Hodnotili sa kvantitatívne a kvalitatívne zmeny geobiocenóz, a to štruktúra a diverzita fytoocenóz, zmena drevinového zloženia, prirodzená obnova a zmeny prostredia pomocou ekologickej analýzy fytoocenóz vo vzťahu k reakcii a dusíka v pôde. Na obnovených a zhodnotených 57 plochách sme pomocou fytoocenologickej analýzy zistili:

- pokles hodnôt ukazovateľa druhovej podobnosti (CC) o 10 až 35 %,
- významný pokles hodnôt ukazovateľa percentuálnej podobnosti (PS) o 24 až 51 %,

- ústup mezo- a eutrofných druhov,
- zvyšovanie pokryvnosti acidofilných a oligotrofných druhov,
- prevažne málo významné zmeny v diverzite fytoocenóz,
- pokles pokryvnosti jedle, smreka a brešta horského a vzostup pokryvnosti buka,
- stagnáciu prirodzenej obnovy,
- najväčšie zmeny ekospektra vo vzťahu k reakcii a k dusíku prebehli v sít AcP a FA vst.

Tieto zmeny rastlinných spoločenstiev teda tiež indikujú zmeny v lesnom prostredí, hoci napríklad zmeny ekospektra vo vzťahu k reakcii vo všeobecnosti neboli také výrazné ako samotné zmeny pH.

Úroveň polutantov v ovzduší a depozičných vstupov

Z hľadiska znečistenia ovzdušia sa v polohách horských lesov ako najvýznamnejší plynný polutant javí v posledných rokoch troposférický ozón. Jeho koncentrácie rastú s nadmorskou výškou, takisto i jeho depozícia. Vzhľadom na vzdialenosť významných zdrojov znečistenia oxidmi síry a dusíka je prítomnosť týchto látok vo vyšších nadmorských výškach podmienená prenosom zo stredných a väčších vzdialeností. Priemerné koncentrácie O_3 počas hodnoteného obdobia (1995–2000) dosahovali hodnoty od 25 do 50 ppb, pričom až na 35 % územia bola koncentrácia koncentrácia nad 40 ppb. Z hľadiska účinku na lesy sa popri koncentráciách hodnotia kritické hodnoty indexu expozície ozónom. Kritická hodnota indexu expozície AOT40 (10 000 ppb.h) je podľa doterajších poznatkov pravidelne prekračovaná na väčšine územia lesov Slovenska (zhruba od nadmorskej výšky 250 m n. m.). 1–hodinový priemer 100 ppb býva prekračovaný pomerne zriedkavo, iba na niektorých monitorovacích staniciach, a to najmä v závislosti od fotochemických podmienok v danom roku. Naproti tomu kritická úroveň 32,5 ppb pre 24–hodinový priemer býva prekračovaná bežne aj na monitorovacích staniciach s nižšou nadmorskou výškou.

Z výsledkov modelového výpočtu vyplýva, že hodnoty koncentrácií SO_2 a NO_x neprekračujú stanovené kritické úrovne (KÚ) pre ochranu vegetácie (ročný priemer $30 \mu g.m^{-3}$ pre NO_x a $20 \mu g.m^{-3}$ pre SO_2). Predpokladáme, že iba v lesoch v bližšom okolí veľkých emisných zdrojov môže dochádzať k lokálnemu prekračovaniu KÚ.

Kontrolné merania pojazdným laboratóriom potvrdili vyššie uvedené výsledky modelovania prekračovania kritických úrovní odvodených z monitorovacích staníc: koncentrácie ozónu pravidelne a dlhodobo prekračovali imisné limity, zatiaľ čo koncentrácie oxidov dusíka a oxidu siričitého sa prekračovali iba krátkodobo a priemerné koncentrácie z jednotlivých meraní hodnotu 15 ppb nedosiahli.

Na základe poznatkov o zrážkových pomeroch, depozičných údajoch z monitorovacích miest a depozičného faktora boli odvodené depozičné vstupy pre obdobie 1997–2000 pre horské lesy Slovenska. Výsledky medzi jednotlivými lesnými oblasťami sa vyznačovali značnou variabilitou, najmä v súvislosti s rozdielnymi zrážkovými pomermi. **Depozícia síry** sa podľa týchto výsledkov v horských lesoch Slovenska pohybuje v súčasnosti v priemere od 12 do $40 kg.ha^{-1}.rok^{-1}$ a **depozícia dusíka** od 12 do $45 kg.ha^{-1}.rok^{-1}$.

Súčasťou hodnotenia bolo aj modelovanie časových zmien depozície síry a dusíka v období 1950–2000 na základe rekonštruovaných vstupných parametrov. Z výsledkov je zrejmé, že ku kulminácii znečistenia ovzdušia oxidom siričitým a oxidmi dusíka na našom území došlo na prelome 70–tych a 80–tych rokov. Od tohto obdobia koncentrácie spočiatku prudšie (najmä pre SO_2), neskôr pozvoľnejšie klesajú, pričom však súčasné hodnoty znečistenia sú ešte stále vyššie ako na začiatku skúmaného obdobia. Podobný priebeh mali aj depozičné vstupy dusíka a síry.

Hodnotenie zmien klimatických podmienok

Vo svetovej literatúre venovanej problematike klimatických zmien a ich dôsledkov na lesné ekosystémy možno identifikovať niekoľko trendov. V 80–tych rokoch bola táto problematika riešená na kvalitatívnej úrovni. Kvalitatívna analýza býva spravidla založená na všeobecných poznatkoch, prípadne na analýze minulého vývoja lesov v podobných podmienkach aké očakávame v budúcnosti. Na prelome 80–tych a 90–tych rokov došlo k postupnej diferenciacii metodických prístupov. Pre podmienky Slovenska bolo vypracovaných niekoľko modelových riešení možných dopadov zmien klímy na lesné spoločenstvá. Vzhľadom na prognózovaný nepriaznivý vývoj jednotlivých zložiek vodnej bilancie najmä v nadmorských výškach do 500 m n. m. je takto ohrozených viac ako 40 % plochy lesov Slovenska. Ďalej je potrebné si uvedomiť, že zóna vyrovnanej vodnej bilancie lesných porastov (zrážky = výpar) sa v súčasných podmienkach nachádza v nadmorských výškach okolo 600–700 m n. m. a pri očakávanom posune tejto hranice do oblasti 800–900 m n. m. sa vodohospodársky účinná plocha lesov zníži na úroveň 10–15 % celkovej plochy lesov a možno očakávať zvýšený tlak na plnenie vodohospodárskej funkcie lesov v horských oblastiach. Nepriaznivý vývoj vodnej bilancie celého územia Slovenska je indikovaný značným poklesom prietokov v riekach (na juhu Slovenska je to až o 30 %) ako aj zmenou výdatnosti prameňov podzemných vôd. Z tohto hľadiska bude oblasť horských lesov zohrávať z hľadiska vodohospodárskej funkcie v budúcnosti mimoriadne dôležitú úlohu.

Dôsledky zmien lesného prostredia na ďalší vývoj lesných ekosystémov

Stručný prehľad poznatkov z riešenia problematiky zmien lesného prostredia so zameraním na horské lesy Slovenska potvrdzuje pretrvávajúce vplyvy antropogénnych činností na kvalitu ovzdušia, zmeny klimatických prvkov a pôdných vlastností, teda hlavných faktorov určujúcich lesné prostredie. Zároveň je zrejmé, že dochádza k posunu v dôležitosti jednotlivých zmien prostredia.

Medzi plynnými polutantmi výrazne poklesol význam oxidu siričitého a oxidov dusíka, naopak vzrástlo ohrozenie lesných drevín troposférickým ozónom. Podľa výsledkov modelovania vývoja depozície od roku 1950 po súčasnosť je zrejmé, že ku kulminácii znečistenia ovzdušia a zrážok na našom území došlo na prelome 70–tych a 80–tych rokov, odvtedy depozícia síry i dusíka klesala. Na značnej časti územia horských lesov však stále dochádza k prekračovaniu kritických záťaží pre síru a dusík. Súčasnú hodnotu znečistenia sú ešte stále vyššie ako na začiatku skúmaného obdobia (najmä pre dusík).

Podstatný význam majú zmeny chodu klimatických prvkov, najmä však vodného režimu, resp. vodnej bilancie. Zrážkové úhrny na Slovensku vykazujú dlhodobý trend mierneho poklesu v južných oblastiach Slovenska a na severe indikujeme viac menej vyrovnaný stav. Čo je však dôležité z hľadiska vodnej bilancie je dlhodobý trend rastu priemerných ročných teplôt vzduchu ako aj priemerných mesačných teplôt vegetačného obdobia, čo má za následok zvýšenie celkového výparu a prehlbovanie rozdielov medzi príjmom a výdajom vody v lesných ekosystémoch.

Z hľadiska pôdných vlastností je zrejmé, že zakyslenie pôd sa dotklo pomerne výrazne takmer všetkých pôd horských lesov Slovenska s výnimkou karbonátových pôd. V posledných rokoch sa v dôsledku zlepšenia kvality ovzdušia a poklesu úrovne polutantov zakyslenie pôd v podstate zastavilo. Popri samotnej pôdnej reakcii ako jednoduchom indikátore zmien si však pozornosť zasluhujú aj iné dôležité parametre, najmä zásoby báz, ktorých pokles dokumentujú výsledky z niektorých VP a TMP. Lokálne pretrvávajú problémy s kontamináciou pôd ťažkými kovmi, prípadne inými toxickými prvkami a zlúčeninami.

Uvedené zmeny prostredia samozrejme majú svoje dôsledky na stav a vývoj lesných ekosystémov. Tieto zmeny, vrátane zmien pôdneho prostredia, nie je možné jednoduchým spô-

sobom eliminovať a kompenzovať. Optimálnym riešením je ďalšie znižovanie emisií, každé iné opatrenie je iba čiastkovým riešením, pričom má aj svoje riziká a nevýhody. Základným princípom opatrení v horských lesoch musí byť ekosystémový, komplexný a dynamický prístup k lesným ekosystémom. Prípadné melioračné opatrenia v užšom zmysle slova (chemické melioračné opatrenia) musia byť súčasťou systému pestovných a hospodársko–úpravníckych opatrení, ktoré smerujú k obnove ekologickej stability so zohľadnením vývoja lesného prostredia i lesných porastov v minulosti a predpokladaného vývoja lesného prostredia a lesných porastov v strednodobom a dlhodobom výhľade.

Pre dostatočné posudzovanie vplyvu zmien lesného prostredia na lesy v najbližšej budúcnosti je však potrebné:

- aplikovať vo výskume najnovšie metódy hodnotenia vplyvu faktorov prostredia na lesné ekosystémy,
- pokračovať v podrobnom dlhodobom kontinuálnom monitorovaní lesov a prvkov lesných ekosystémov a využívať primerané postupy analýz a hodnotenia,
- priebežne prehodnocovať a aktualizovať hospodársko–úpravnícke postupy na základe aktuálnych poznatkov,
- aktualizovať adaptačné opatrenia v lesnom hospodárstve s ohľadom na klimatickú zmenu.

Literatúra

MINĎÁŠ, J., ČABOUN, V., IŠTOŇA, J., PAVLENDÁ, P., PAVLENDOVÁ, H., PRIWITZER, T., VLADOVIČ, J., 2002. *Ekologické zmeny lesného prostredia a ich vplyv na funkčný potenciál horských lesov Slovenska*. Záverečná správa čiastkového projektu VTP 2730–01. Zvolen : LVÚ Zvolen, 203 strán + 25 strán príloh.

RIZMAN, I., 1999. Degradácia lesných pôd a tým súvisiace zmeny v štruktúre lesných typov v imisných (flyšových) oblastiach severného Slovenska. In *Uplatnenie výsledkov typologického a ekologického prieskumu lesov v hospodárskej úprave lesov, v ochrane prírody a vo vyučovacom procese*. Zborník referátov z celoslovenského seminára. Lesoprojekt Zvolen, STANAP Tatranská Lomnica, s.45–49.

Kontaktné adresy:

Ing. Pavel PAVLENDÁ, PhD.

RNDr. Ing. Jozef MINĎÁŠ, PhD.

Ing. Hana PAVLENDOVÁ

Ing. Jozef IŠTOŇA

Lesnícky výskumný ústav Zvolen

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

e-mail: <pavlenda@fris.sk>