

SÚČASNÁ ÚROVEŇ IMISNEJ ZÁŤAŽE SMREČÍN NA KYSUCIACH, ORAVE, STREDNOM SPIŠI, ŽIARI NAD HRONOM A TANAPE

Blanka MAŇKOVSKÁ

Pre výskum poškodenia smrečín na Slovensku je dôležité poznanie významných faktorov, ktoré narúšajú ich stabilitu a funkčnosť, prípadne ohrozujú ich existenciu. V prvom rade ide o *pôsobenie imisií* v spojitosti s prírodnými faktormi (hmyz, huby, lesná zver), s klimatickými vplyvmi, vetrovými a snehovými kalamitami a najmä pôsobením ozónu a dusíka. Podľa predpokladaného účinku imisií boli na Slovensku vylíšené *lesné imisné depozičné typy* (kyslý alkalický a amoniakálny a 8 subtypov), ktoré určujú hlavné chemické zložky imisií (MAŇKOVSKÁ, 1996). V Európe okrem pôsobenia toxických komponentov imisií boli hodnotené aj poruchy v rastlinnej výžive (MAŇKOVSKÁ, 1996). Nedostatočné množstvo živín môže priamo vplývať na zníženie vitality ale pôsobí aj ako faktor, ktorý zvyšuje nepriaznivý vplyv znečisteného ovzdušia. Podobne nepriaznivé chemické podmienky v koreňovej zóne v pôde môžu viesť k narušeniu zásob živín a nerovnováhe v nutričnej výžive stromov. Tieto pozorovania boli vykonané v mnohých oblastiach a ukázali, že poškodenie stromov súvisí s nízkym obsahom horčíku v asimilačných orgánoch lesných drevín, často v kombinácii s vysokým obsahom dusíka. Makro – aj mikroelementy sú nezbytnou výživou pre rast a normálny vývoj vegetácie a ich funkcia nemôže byť nahradená iným elementom. Rovnováha jednotlivých elementov v lesných drevinách je preto základom pre normálny rast. Elementy, ktoré sa nachádzajú v znečistenom ovzduší (napr. síra, ťažké kovy a iné) sa môžu vo vegetačných orgánoch kumulovať a tak narušiť rastlinnú rovnováhu. Ich prekročenie možno vyjadriť *koeficientom zaťaženia imisiami Kz* (MAŇKOVSKÁ, 1996).

Okrem domácich zdrojov znečisťovania ovzdušia sa na našom území vo veľkej miere kumulujú aj škodliviny z diaľkového prenosu najmä z Poľska a Českej republiky oproti ktorým má Slovensko z hľadiska prevládajúceho severného, severozápadného a západného prúdenia veľmi nevýhodnú polohu. Analýzy machov tento nález potvrdili a táto hraničná oblasť Slovenska, Moravy a Poľska bola v roku 1996 vyhlásená za druhý čierny trojuholník v Európe (MARKERT *a kol.*, 1996; UNECE ICP Vegetation 2003).

Cieľom práce bolo charakterizovať súčasnú imisnú záťaž v smrečinách na Kysuciach, Orave, strednom Spiši, Žiari nad Hronom a TANAPE pomocou Kz (koeficient zaťaženia imisiami) a pomocou KF (kontaminačný faktor).

Materiál a metódy

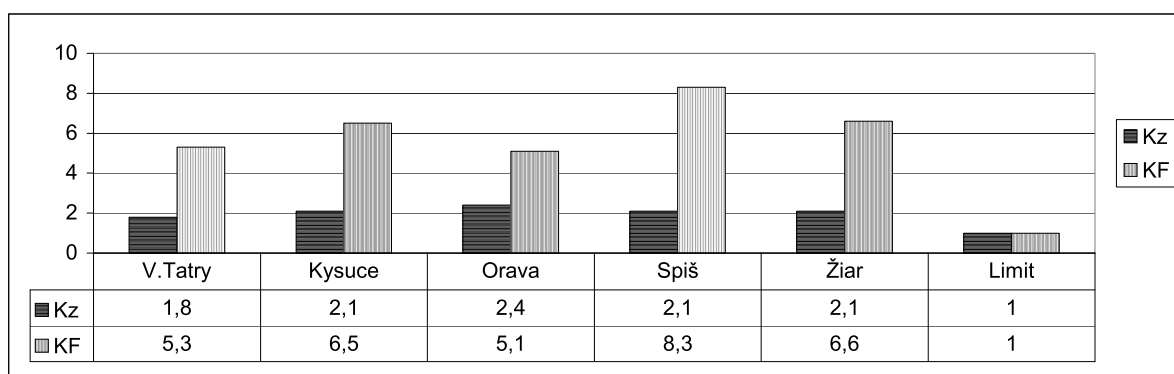
Údaje o koncentrácii elementov v machoch - boli čerpané z Európskeho mapovania znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi a rádionuklidmi (^{210}Pb , ^7Be , ^{40}K , ^{137}Cs) v SR s využitím machov ako bioindikátorov, ktoré nadväzujú na Európsku medzinárodnú spoluprácu od roku 1986 po rok 2000 (UNECE ICP Vegetation, 2003). Chemické analýzy machov financoval JINR Dubna. Toto zisťovanie pokračuje v rámci zahraničného projektu Atmospheric Deposition of Heavy Metals in Slovakia Studied by the Moss Biomonitoring Technique Employing Nuclear and Related Analytical Techniques and GIS Technology. *Project REGATA (2003–2005)*. Theme N-06-4-1036-2001/2004 “Neutron Physics – Fundamental and Applied Research”.

Údaje o koncentrácii elementov v asimilačných orgánoch (AO) lesných drevín boli čerpané z Geochemického atlasu – lesná biomasa (MAŇKOVSKÁ, 1996). Chemické analýzy AO financoval Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave cestou Ministerstva životného prostredia SR – Geologická sekcia. Údaje o koncentrácii elementov v dreve financoval JINR Dubna.

Výsledky a diskusia

Antropogénnu záťaž asimilačných orgánov lesných drevín na 5 vybraných lokalitách sme vyjadrili pomocou koeficientu zaťaženia imisiami K_z (obr. 1). Najviac zaťažené imisiami (K_z) sú smrekové porasty na Orave; zaťaženie smreka na Kysuciach je na úrovni imisných oblastí stredného Spiša a Žiaru nad Hronom; najmenej sú zaťažené Vysoké Tatry, kde však záťaž predstavuje prekročenie limitných údajov až o 1,8-násobok.

Kvalita ovzdušia bola najhoršia na strednom Spiši, kde $K_F = 8,3$ (to je 8,3-násobné prekročenie koncentrácií elementov v machoch v najčistejšej oblasti stredného Nórska ($K_F=1$) – s absolútnym maximom Ag, Cu a Sb); v oblasti Žiaru nad Hronom ($K_F = 6,6$); na Kysuciach ($K_F = 6,5$ – s absolútnym maximom pre Mo); vo Vysokých Tatrách ($K_F = 5,3$ – s absolútnym maximom pre Mn a Rb) a na Orave ($K_F = 5,1$ – s absolútnym maximom pre In).



Obr.1. Antropogénnu záťaž asimilačných orgánov lesných drevín vyjadrená pomocou koeficientu zaťaženia imisiami K_z a kvalita ovzdušia vyjadrená pomocou K_F

Hodnoty mediánu koncentrácie ťažkých kovov (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn) v machoch na Slovensku boli porovnané s hodnotami mediánu koncentrácie týchto prvkov v niektorých oblastiach Európy (Ural, Tula, Nórsko a Poľsko) (tab. 1). Ukazuje sa zvýšená koncentrácia olova na Slovensku v porovnaní s ostatnými krajinami. Koncentrácia kadmia je 1,3 až 7-krát vyššia na Slovensku, iba koncentrácia zinku a nikla je približne rovnaká ako koncentráciou daných prvkov v iných, pomerne znečistených lokalitách Európy. Nórsko, ako vidíme aj z tab. 1, je najmenej znečistenou krajinou, kde koncentrácia sledovaných prvkov je najnižšia.

Tabuľka 1. Hodnoty mediánu koncentrácie ťažkých kovov v machoch (mg.kg^{-2}) v niektorých krajinách Európy

Prvky	Slovensko	Ural	Tula	Nórsko	Pol'sko
Roky	2000	2000	2000	2000	1995 Medená panva 2000
V	5,6	9,4	5,7	1,3	3,9 2,5
Cr	6,5	9,5	3,7	0,7	1,5 1,4
Fe	1 560	1 511	1 660	362	362 357
Ni	3,2	6,2	3,2	1,1	1,4 1,8
Cu	8,7	13,5	8	4,2	7,6 20
Zn	50	49	52	32	43 45
As	0,71	1,45	0,4	0,1	0,4 0,6
Cd	0,6	0,3	0,28	0,1	1,5 —
Pb	28,0	7,4	8,2	—	13,6 —

Prekročenie koncentrácie elementov v machoch v porovnaní s Nórskom sme rozdelili do 4 tried; trieda 1 - elementy sú v norme a neprekračujú hodnotu 1; trieda 2 – slabá záťaž

(elementy sa pohybujú v rozmedzí od 1 do 3); trieda 3 – stredná záťaž (elementy sa pohybujú v rozmedzí 3 do 5); trieda 4 – silná záťaž (elementy sú vyššie ako 5-násobok) (tab. 2).

Tabuľka 2. Prekročenie koncentrácie elementov v machoch

Lokalita	V norme <= 1	Slabá záťaž <1–3>	Stredná záťaž <3–5>	Silná záťaž >5
Vysoké Tatry	Br, I, Se, Mg	Ba, Ca, Cl, Cu, Fe, Hg, K, Mn , Na, Ni, Rb , Sr, V, Zn	Cd, Co, Cs, La, Mo, Sc, Tb, Th	Ag , Al, As, Cr, Hf, I, In, Mo, Pb, Sb, Ta, U, Yb
Kysuce	Br, I, In, Mg	Ca, Cl, Cu, K, Mn, Na, Ni, Rb, Se, Zn	Al, Ba, Co, Ba, Cs, Fe, La, Sc, V	Ag, As, Cd, Cr, Hf, Hg, Mo, Pb, Sb, Sr, Ta, Tb, Th, U, Yb
Orava	Br, Ca, I, Mg, Rb, Se	Ba, Cl, Cs, Cu, Fe, K, Mn, Na, Ni, V, Zn	Al, As, Co, Hg, La, Sc, Sr, Th, U	Ag, Al, Cd, Cr, Hf, In , Mo, Pb, Ta, Tb, Yb
Spiš	Br, I, In, Se	Ca, Cl, Cs, Cu , K, Mg, Mn, Na, Ni, Rb, Zn	Ba, Fe, Sr, V	Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Hf, La, Mo, Pb, Sb , Sc, Ta, Tb, Th, U, Yb
Žiar nad Hronom	Br, Cl, I, In, Mn	Ba, Ca, Cs, Cu, K, Mg, Na, Rb, Se, Zn	Co, Fe, Hg, Ni, U, V	Ag, Al, As, Cd, Cr, Hf, La , Mo, Pb, Sb, Sc, Sr, Ta, Tb, Th, Yb

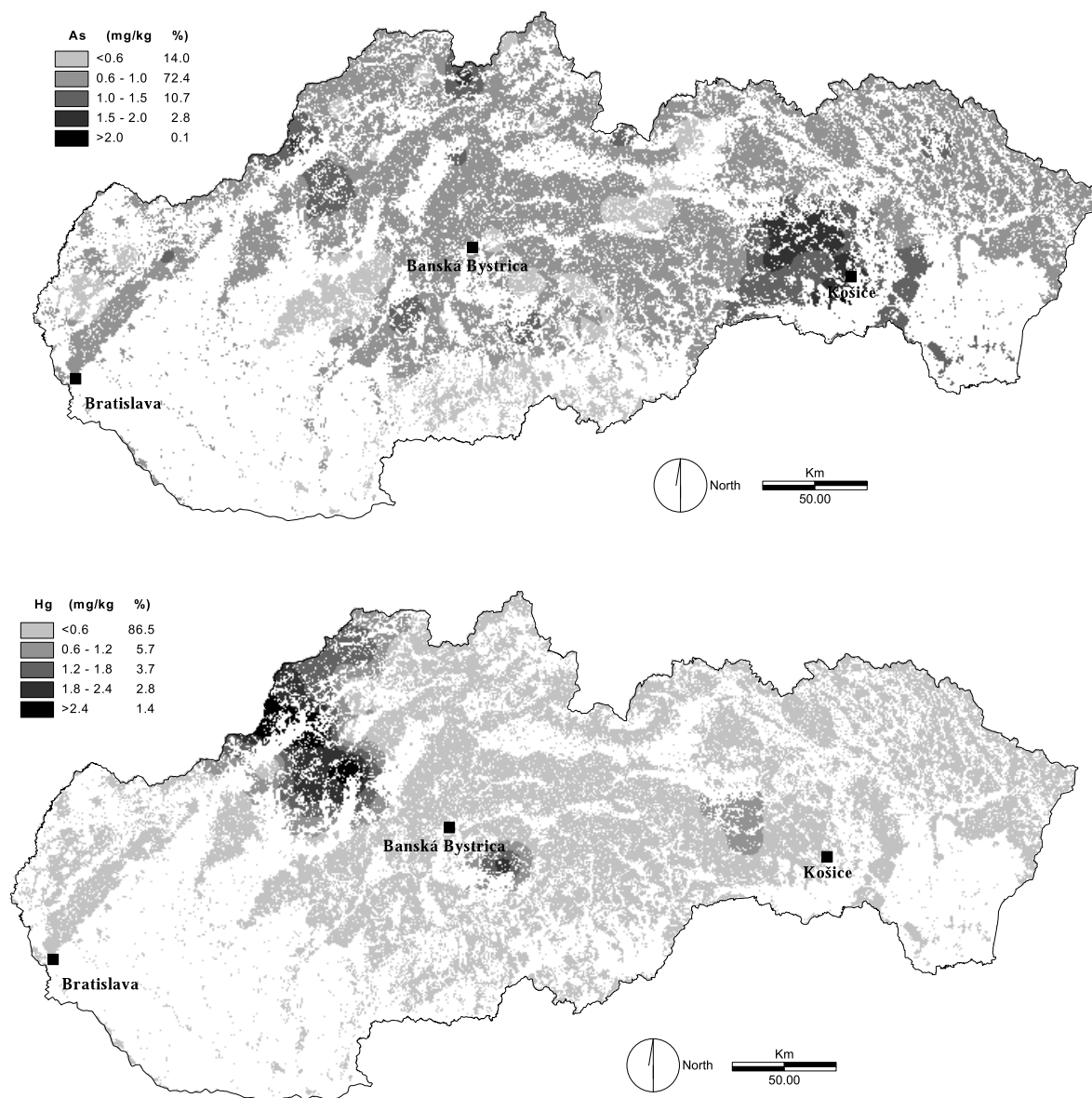
V tab. 3 sú sumarizované výsledky koncentrácií 20 prvkov v lipovom a smrekovom dreve z Nálepky a na porovnanie z LHC Stará Bystrica, Oščadnica, Čadca. Spád toxických prvkov Al, As, Au, Ba, Br, Ca, Cd, Co, Fe, K, Mn, Na, Ni, Rb, Sm, Sr, W a Zn bol vyšší na Kysuciach ako v imisnej oblasti stredného Spiša.

Tabuľka 3. Priemerná koncentrácia elementov v dreve lipy a smreka v závislosti na lokalitách (mg.kg⁻¹)

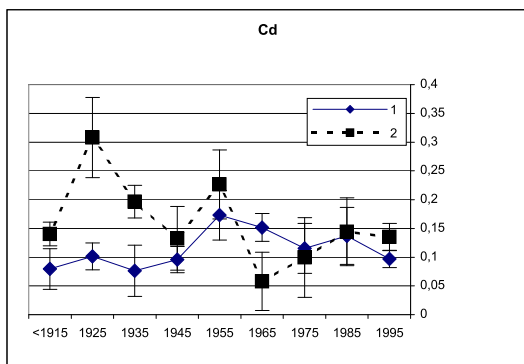
Lokality Elementy	Nálepky	Nálepky	Stará Bystrica	Oščadnica	Čadca
Dreviny	LP	SM	SM	SM	SM
Al	29	6,9	6,4	6,2	6,9
As	0,010	0,016	<u>0,017</u>	<u>0,023</u>	<u>0,027</u>
Au	0,0067	0,0086	0,0033	0,0045	0,0024
Ba	20,4	9,9	25,5	<u>16,5</u>	<u>20,6</u>
Br	0,36	0,106	0,069	0,060	0,081
Ca	927	609	589	<u>637</u>	1002
Cd	0,14	0,18	0,37	<u>0,24</u>	<u>0,30</u>
Cl	105	38,1	33,6	<u>47,1</u>	<u>44,8</u>
Co	0,13	0,14	0,21	0,10	<u>0,15</u>
Fe	64	142	68	139	118
K	1165	560	348	423	399
Mn	152	71	<u>101</u>	67	<u>99</u>
Na	38	40	24,4	21,1	23,6
Ni	1,55	1,10	2,11	1,0	1,0
Rb	2,15	1,84	1,00	0,51	0,37
Sb	0,0041	0,009	<u>0,0038</u>	0,0098	<u>0,0055</u>
Sm	0,0017	0,0021	0,0014	0,0017	0,0032
Sr	9,1	9,6	6,6	6,3	7,3
W	0,37	1,57	1,64	1,42	1,02
Zn	9,7	10,89	7,6	11,1	9,6
n	2	2	2	3	5

Poznámka: Najvyššie koncentrácie: koncentrácie vyššie ako v Nálepkove sú podčiarknuté

Využitím tzv. GIS technológie (geographical information systems) boli vyhotovené distribučné mapy koncentrácie prvkov na území SR. Na obr. 2 sú zobrazené distribučné mapy pre prvky As a Hg, kde sa zreteľne prejavuje prienik ortuti z Ostravsko-karvinského a Katowického revíru na územie Slovenska. Na obr. 3 a obr. 4 je znázornený priebeh koncentrácií Cd a W v lipovom dreve.

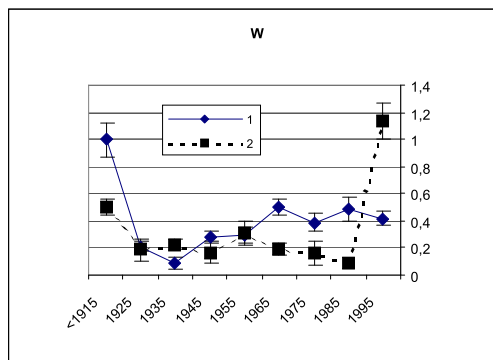


Obr. 2. Distribučné mapy koncentrácie prvkov As a Hg na území SR



Obr. 3. Koncentrácia Cd (mg.kg^{-1}) v 10-ročných segmentoch lipového dreva

Poznámka: --- odber zo severu
plná čiara z juhu



Obr. 4. Koncentrácia W (mg.kg^{-1}) v 10-ročných segmentoch lipového dreva

Poznámka: --- odber zo severu
plná čiara z juhu

Záver

Najväčším prínosom príspevku je skutočnosť, že sa podarilo lokalizovať vplyv imisí a sústrediť základné informácie o výške imisnej záťaže na Kysuciach, Orave a vo Vysokých Tatrách. Vzhľadom na smer prevládajúcich vetrov je možné predpokladať, že znečistenie ovzdušia prichádza z Katowickej a Ostravsko-karvinskej aglomerácie. Výsledky o zaťažení ovzdušia na 5 vybraných lokalitách sú originálne a prvé na Slovensku.

K originálnym výsledkom patria aj údaje o koncentracii elementov v dreve lipy a smreka na Kysuciach i na strednom Spiši. Prejavuje sa tu výrazný vplyv toxických prvkov. Je otázkou ďalších projektov pre prípadné využitie dreva ako dôkazového materiálu pre vymáhanie škôd imisiami.

Vplyv znečisteného ovzdušia na lesné ekosystémy je dôležitou otázkou prítomnosti aj budúcnosti. Lipové a smrekové drevo môže hrať dôležitú úlohu v redistribúcii týchto prvkov.

Literatúra

- MAŇKOVSKÁ, B., 1996: Geochemický atlas Slovenska, Lesná biomasa. MŽP SR Bratislava. ISBN 80-85314-51-7, 87 pp.
- MARKERT, B., HERPIN, U., MAŇKOVSKÁ, B. *et al.*, 1996: A comparison of heavy metal deposition in selected Eastern European countries using the moss monitoring method, with special emphasis on the "Black Triangle". *Sci Total Environ.* 193, p. 85–100.
- UNECE ICP Vegetation, 2003: Heavy metals in European mosses, 2000/2001 Survey, Marec 2003, ISBN: 1 8703

Ing. Blanka MAŇKOVSKÁ, DrSc.

Lesnícky výskumný ústav Zvolen
T. G. Masaryka 22
960 92 Zvolen

e-mail: mankov@fris.sk