

## Degradácia travinných porastov v blízkosti huty na spracovanie medi v Kropáčoch (Slovenské rudohorie)

### The disturbance of grasslands in the vicinity of copper plant in the town of Kropáčy (Slovenské rudohorie Mts, NE Slovakia)

VIERA BANÁSOVÁ & ANNA LACKOVIČOVÁ

Botanický ústav SAV, Dúbravská cesta 14, 845 23 Bratislava, viera.banasova@savba.sk, anna.lackovicova@savba.sk

The history of copper plant in the town of Kropáčy has been dated since 1843. The main pollutants were SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> and heavy metals Cu, Zn, Pb and As. The strong injury of *Arrhenatheretum elatioris* grasslands were probably induced by the significant increase of pollutants in 1989 – 1993. The decrease of the cover and the total number of species, prevailing acidophilous and heavy metal tolerant plant species were characteristic. Four stages of degradation were detected: stages with *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Avenella flexuosa*, and *Calamagrostis epigejos*. The toxic effects were visible on the development of bare soils after the dying of vegetation. The occurrence of lichens such as *Cladonia rei*, *C. fimbriata*, *Diploschistes muscorum*, *Placynthiella icmalea* and moss *Ceratodon purpureus* with 30 – 50 % cover, detected in 2003, may indicated possible regeneration of habitats after the pollution decrease to the sublimit concentrations. Vascular plants were not recorded on the bare soils so far.

**Keywords:** copper plant, grassland degradation, heavy metals, SO<sub>2</sub> pollution, tolerate herbs and lichens.

Emisie z kovohút patria na celom svete medzi významné zdroje znečistenia prostredia. Huta na spracovanie surovín pre produkciu medi v Kropáčoch pracuje s viacerými prestávkami od roku 1843. V roku 1935 sa závod zmodernizoval a v r. 1951 sa po rekonštrukcii opäť obnovila prevádzka. Emisie z huty obsahujú plynnú zložku s hlavnými komponentmi SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, ako aj pevnú zložku v podobe prachu s kovmi Cu, Zn, Pb, As (Hronec 1996, Bobro 1989). Ročná produkcia emisií súvisela s technológiou a intenzitou prevádzky v huti. Podľa údajov, ktoré sú k dispozícii (Hronec 1996; údaje z webovej stránky MŽP SR), emisie SO<sub>2</sub> od roku 1980 výrazne stúpali a dosiahli vrchol medzi rokmi 1985 – 1990. Od roku 1992 má znečisťovanie oxidom siričitým v súvislosti s reštrukturalizáciou priemyslu, poklesom výroby a zavedením nových technológií klesajúci trend, dokonca v roku 2001 bola úroveň znečistenia SO<sub>2</sub> pod hodnotami emisných limitov.

Negatívny vplyv emisií huty v Kropáčoch na rastlinstvo zaznamenal Hajdúk (1963), Banášová & Holub (1992) a znečistenie pôd a rastlín z okolia huty ťažkými kovmi vyhodnotili Banášová & Hajdúk (1975). Maňkovská (1997) potvrdila vysokú záťaž okolia Kropáč stanovením obsahu Cu, Zn a Pb v machu *Pleurozium schreberi*. Kaleta (1982) zistil zmeny v štruktúre lesných spoločenstiev okolia huty, najmä úhyn smreku. V 70. rokoch 20. storočia postavili v huti 200 m vysoký komín, aby sa exhaláty rozptýlili do širšieho okolia a znížili sa ich koncentrácie v Kropáčoch. Zmenou výšky komína sa zmenila distribúcia imisií a ich nega-

tívny účinok na vegetáciu sa prejavil vo väčšej vzdialenosti (Kaleta 1992, Kaleta & Banášová 1992). Vplyv znečistenia pôd ťažkými kovmi v okolí huty, ako aj vplyv exhalátov na poľnohospodársku výrobu zisťoval Hronec (1996). Výskum epifytickej lichenoflóry v osemdesiatych rokoch potvrdil v oblasti existenciu „lišajníkovej púšte“, v okruhu asi 2 km sa nevyskytovali žiadne lupeňovité ani kríčkované lišajníky (Lackovičová 1995).

Cieľom tohto príspevku je poukázať na zmeny vo vývoji travinných porastov vystavených dlhodobému pôsobeniu imisiam z kovohuty.

#### Metodika

Zber dát sa robil v júni a v júli, t. j. v čase optimálneho rozvoja travinných porastov v rokoch 1987 – 1993 a s odstupom desiatich rokov v r. 2003. Výskum sa sústredil na trávovo-bylinné porasty na severo-východne exponovanom svahu, ktorý sa nachádza oproti huti v nadmorskej výške okolo 525 m.

V rokoch 1987 – 1993 sa pod porastami odoberali pôdne vzorky a v nich sa potenciometricky stanovilo pH a pomocou absorpčnej spektrofotometrie obsah Cu, Pb, Zn, As. Z fytoocenologických zápisov získaných v rokoch 1987 – 1993 sa vypočítal Sorensenov koeficient podobnosti, vzťahovaný k prvým záznamom z roku 1987. Pre presnejšie zachytenie degradačných štádií sa urobil záznam na 40 m dlhom tranzekte na svahu, pričom najvyššie položená plocha bola približne na úrovni hornej časti najvyššieho komína. Mená rastlín sú podľa publikácie Marholda & Hindáka (1998).

#### Výsledky

V r. 1987 sa na svahu oproti huti väčšinou nachádzali travinné porasty blízke spoločenstvu *Arrhenatherum elatioris* Br.-Bl. 1915. Len na niektorých terasách prevládal druh *Brachypodium pinnatum*, alebo *Nardus stricta*. Na svahu, zhruba na úrovni starého komína, boli maloplošné porasty s *Calamagrostis epigejos* a fláky bez vegetácie (imisné holiny). Na miestach tesne nad úrovňou komína sa nachádzali husté, monocenotické porasty s *Agrostis capillaris*, alebo s *Avenella flexuosa*, niekde s vtrúsenými jedincami druhov *Dianthus carthusianorum*, *Galium mollugo* a *Luzula luzuloides*. Na imisných holinách v strede svahu sa na povrchu nachádzala 4 – 5 cm vrstva odumretých, nerozložených častí rastlín.

V závislosti od miery zasiahnutia imisiami porasty postupne degradovali. Na základe viacročných pozorovaní bolo možné rozlíšiť nasledovné degradačné štádiá.

#### Štádium s *Arrhenatherum elatius*

Blízke pôvodnému lúčnemu porastu s malými zmenami v štruktúre a v druhovom zložení, ktoré nastali vplyvom imisií. Sú to porasty s celkovou pokryvnosťou 80 – 90 %, s prevahou tráv *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*. S menšou pokryvnosťou sa vyskytovali *Avenella flexuosa*, *Jacea pratensis*, *Daucus carota*, *Dianthus carthusianorum*, *Galium mollugo*, *Lotus corniculatus*.

#### Štádium s *Calamagrostis epigejos*

Porasty sa na svahu vyskytujú na miestach pod úrovňou komína, alebo vysoko nad úrovňou komína. Jednoznačne prevláda *Calamagrostis epigejos*, ktorý vďaka dobrému vegetatívnemu rozmnožovaniu dosahuje 80 – 90% pokryvnosť. V hustom poraste iba zriedkavo nachádzajú priestor aj iné druhy, napr. *Galium verum*, *Pimpinella saxifraga*. Rastliny *Calamagrostis epigejos* mali viaceré deformity v súkvetí, často bola spodná časť metliny normálna a vrchná albinózna, s jalovými kláskami.

#### Štádium s *Agrostis capillaris*

Trávovo-bylinný porast s prevahou tráv *Agrostis capillaris* a *Festuca rubra* s celkovou pokryvnosťou okolo 70 %. Vyššiu pokryvnosť dosahovali druhy tolerantné voči ťažkým kovom ako napr. *Silene vulgaris*, *Silene latifolia* subsp. *alba* a *Equisetum arvense*. S malou pokryvnosťou sú prítomné *Luzula luzuloides*, *Galium verum*, *G. mollugo*, *Carlina acaulis*. Voľnú niku po ústupe druhu *Arrhenatherum elatius* využili tolerantné druhy, najmä *Luzula luzuloides*, *Avenella flexuosa*, *Agrostis capillaris*.

#### Štádium s *Avenella flexuosa*

Porasty s výrazne nízkym počtom druhov a s nízkou celkovou pokryvnosťou nepresahujúcou 50 %. Vyskytujú sa približne na úrovni komína. Prevládajú acidofilné druhy, najmä dominantná tráva *Avenella flexuosa*. S nízkou pokryvnosťou sa vyskytuje *Luzula luzuloides*, *Pimpinella saxifraga*, zriedkavo *Acetosella vulgaris*.

#### Posledné degradačné štádium – imisné holiny

Na imisiami najviac zasiahnutých častiach svahu, lokalizovaných na úrovni a tesne pod úrovňou komína, boli pozorované najväčšie zmeny vo vegetácii. Rastliny tu postupne odumreli a vznikli imisné holiny. Po odumretých rastlinách ostali na povrchu pôdy suché nerozložené trsy. Holiny zaberali z roka na rok väčšiu plochu a v dôsledku erózie sa z nich odplavila vrchná humusová vrstva. Na niektorých miestach sa na holinách ojedinele vyskytovali živoriace trsy tráv *Agrostis capillaris*, prípadne *Luzula luzuloides*.

Za viac ako storočnú prevádzku sa v pôdach v okolí huty akumulovalo značné množstvo kovov, ktoré prevyšuje platné hygienické normy. Rozptyl exhalátov do prostredia je vzhľadom na poveternostné podmienky a konfiguráciu terénu nerovnomerný. V súvislosti s mierou znečistenia sa vytvorila mozaika rôznych degradačných štádií vegetácie, a ich charakteristiku dokumentuje tab. 1.

Relatívne nízke hodnoty kovov mali pôdy štádia s *Arrhenatherum elatius*, ale aj degradačného štádia s *Calamagrostis epigejos*. Značné množstvá kovov, najmä Cu, Zn a As boli pod porastami degradačných štádií s *Agrostis capillaris* a *Avenella flexuosa*. V pôde posledného degradačného štádia sa zistili síce vysoké množstvá

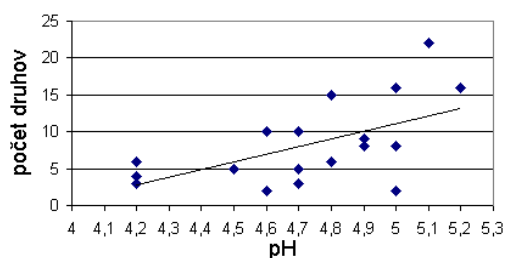
**Tab. 1** Priemerné hodnoty pH a obsahu kovov v pôdach (hĺbka 5 – 10 cm) na plochách s jednotlivými degradačnými štádiami ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) v období 1989 – 1993.

Mean values of pH and the metal contents in soils (depth 5 – 10 cm) on the plots with different degradation stages ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) in period 1989 – 1993.

Štádium s druhom parametre	<i>Arrhenatherum</i>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Avenella</i>	<i>Agrostis</i>	Imisné holiny	Limitné hodnoty
Cu	185,00	74,0	541,0	305,0	444,0	36,00
Zn	215,00	198,0	179,0	720,0	225,0	140,00
Pb	46,00	32,0	184,0	120,0	129,0	85,00
As	80,00	75,0	236,0	240,0	130,0	29,00
pH	5,02	4,6	4,7	4,9	3,9	–

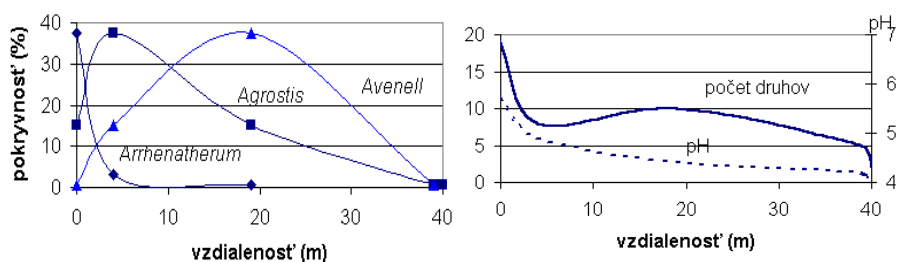
kovov (ale nie vyššie ako na plochách v štádiu s *Avenella flexuosa*), avšak kyslosť pôdy bola výrazne najnižšia (pH až 3,9).

Pôsobenie  $\text{SO}_2$  sa prejavuje v poklese pH pôdy. Na základe početných meraní možno skonštatovať, že tam, kde klesalo pH pôdy, klesal aj počet druhov v poraste (obr. 1). Potvrďuje to aj pozorovanie na tranzechte (obr. 2), kde sa zistila aj výmena dominant za odolnejšie druhy (obr. 2). Druh *Arrhenatherum elatius* rástol spolu s ďalšími 18 druhmi v spodnej časti svahu pri pH 5,7 a mal 50% pokrývnosť. S poklesom pH jeho pokrývnosť klesla a dominantou v poraste sa stal *Agrostis capillaris*. Na plochách s nízkym pH pod 4,2 prebrala funkciu dominantného druhu *Avenella flexuosa* so 40% pokrývnosťou, pričom celkový počet druhov klesol na 10. S ďalším zvyšovaním acidity sa redukoval počet druhov na 2 (obr. 1).



**Obr. 1.** Závislosť počtu druhov v poraste na gradiente pH pôdy v okolí huty.

**Fig. 1** Relation of the number of plant species to the soil pH gradient in the vicinity of plant



**Obr. 2.** Celkový počet druhov, pH pôdy a pokryvnosť dominantných druhov na tranzekte.  
**Fig. 2.** Total number of species, soil pH and the cover of dominant plant species in the transect.

Po desiatich rokoch od ostatného pozorovania – v r. 2003 – sa výskum zopakoval. Výsledky analýz poukázali na niekoľkonásobné zvýšenie obsahu kovov v pôde, pH pôdy ostalo nezmenené, zvýšená kyslosť prostredia sa prejavila na borke smreku (tab. 2). Napriek tejto skutočnosti sme na imisnej holine zaznamenali náznaky regenerácie vegetácie. Na totálne narušených plochách s odplavenou vrchnou humusovou vrstvou sme zistili výskyt nových rastlinných druhov. Vzhľadom na to, že koncentrácia kovov v pôde sa zvýšila, kyslosť prostredia pretrvávala, predpokladáme, že regenerácia súvisí s výrazným poklesom koncentrácie  $\text{SO}_2$  v ovzduší, ktorý nastal po roku 1990 (obr. 3).

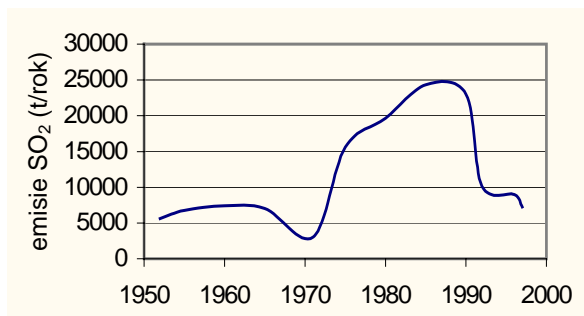
**Tab. 2** Priemerné hodnoty pH pôdy, obsahu kovov v pôdach (hĺbka 5 – 10 cm) a pH borky stromu *Picea abies* na plochách bývalých degradačných štádií ( $\text{mg. kg}^{-1}$ ) v r. 2003.  
 Mean values of pH and the metal contents in soils (depth 5 – 10 cm) and pH of the bark of *Picea abies* on the plots of former degradation stages ( $\text{mg. kg}^{-1}$ ) in 2003.

Štádium parametre	Regeneračné štádium na imisných holinách	Limitné hodnoty
Cu	1310,00	36,00
Zn	306,00	140,00
Pb	512,00	85,00
pH	3,90	-
pH borky	4,01	-

#### Štádium regenerácie

Na 5 cm hrubej, odumretej a nerozloženej organickej hmote (litter) sa vytvorila prízemná ( $E_0$ ) vrstva zložená z bezcievnatých rastlín *Cladonia rei*, *C. fimbriata*,

*Diploschistes muscorum*, *Placynthiella icmalea* (lišajníky) a *Ceratodon purpureus* (mach). Tieto pionierske rastliny, vyznačujúce sa veľkou toxitoleranciou, dosahujú miestami 30 – 50% pokrývnosť a pokrývajú jednak pôdu, ale aj zvyšky cievnatých rastlín.



**Obr. 3.** Ročná produkcia emisií SO<sub>2</sub> z huty v Krompachoch [podľa údajov Hronca (1996) a údajov MŽP SR].

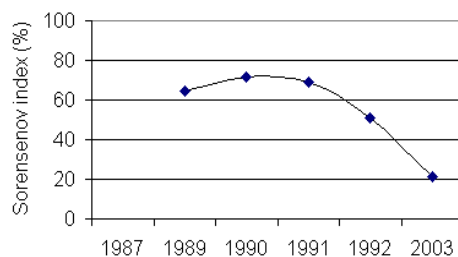
**Fig. 3** Annual production of SO<sub>2</sub> emissions in the Krompachy plant [according to Hronec (1996) and the Ministry of Environment of the Slovak Republic].

### Diskusia

Starý nízky komín huty znečisťoval desiatky rokov najmä bezprostredné okolie. Po výstavbe nového, vysokého komína v sedemdesiatych rokoch 20. storočia sa rozptýľovali exhaláty do oveľa širšieho okolia a výrazne zasiahli aj oblasť, kde sme robili výskum. V sledovanom území sme mohli zaznamenať prebiehajúcu regresnú sukcesiu. Lúčne porasty sa na najviac zasiahnutých miestach postupne menili. Prevládnutie niektorých druhov, ako napr. *Agrostis capillaris*, *Avenella flexuosa* v porastoch as. *Arrhenatherum elatioris* indikovalo už v čase nášho výskumu v r. 1987 negatívny vplyv imisií. Prekvapujúce boli rapídne zmeny až deštrukcia porastov v priebehu krátkeho časového intervalu od roku 1987 do roku 1993. Zmenu floristického zloženia porastov ukazuje aj pokles indexu podobnosti (obr. 4). Dlhodobé sledovanie tohto fenoménu umožnilo zovšeobecniť poznatky o degradácii a floristicky aj ekologicky charakterizovať degradačné štádiá.

Hlavnou zložkou emisií bol SO<sub>2</sub> a kovy. Ročná produkcia SO<sub>2</sub> v období medzi rokmi 1987 – 1993 vysoko prekračovala limit (obr. 3) a podľa údajov Hronca (1996) dosiahla v roku 1990 až 23 000 t/rok, čo zrejme bolo príčinou rapídnych zmien až úhynu vegetácie na študovanej lokalite. Je známe škodlivé pôsobenie SO<sub>2</sub> na fyziologické procesy, ktoré sa prejavuje napr. plošnými nekrotami pletív, vybielením chlorofylu a poruchami metabolizmu, čo sa môže u citlivých druhov prejaviť znížením produkcie biomasy až úhynom rastliny (Larcher 1988).

V okolí huty sa prejavil ako citlivý druh *Arrhenatherum elatius*, ale aj *Nardus*



**Obr. 4.** Hodnotenie floristickej podobnosti (Sorensenov index) vypočítaný k prvému záznamu v roku 1987.

**Fig. 4** Evaluation of floristic similarity (Sorensen index) calculated to the 1<sup>st</sup> record made in 1987.

*stricta*. [Slabšiu toleranciu k SO<sub>2</sub> u *Nardus stricta* experimentálne dokázali Dueck et al. (1987)]. V porastoch bolo viac druhov tolerujúcich určitý stupeň kontaminácie. Medzi ne patrí *Festuca rubra*, druh schopný vytvárať v prostredí znečistenom SO<sub>2</sub> tolerantné ekotypy (Wilson & Bell 1986), ako aj *Agrostis capillaris*, ktorý má podľa zistení viacerých autorov vysoký evolučný potenciál pre vývoj tolerance nielen k ťažkým kovom, ale aj k SO<sub>2</sub> (cf. Dueck et al. 1987).

Pôsobenie škodlivín sa prejavilo aj poklesom celkovej pokryvnosti vegetácie. V určitom štádiu regresnej sukcesie sa na uvoľnený priestor rozšírili druhy tolerantné k vysokým koncentráciám medi a iných kovov (cf. Banášová 1976, Ernst 1974), ako napr. *Silene latifolia* subsp. *alba* a *Silene vulgaris*. Z druhov, ktoré neboli v pôvodnom poraste a iba na určitý čas obsadili uvoľnené niky, možno menovať najmä *Calamagrostis epigejos*. Vitalita tohto druhu však bola po čase limitovaná.

Emisie SO<sub>2</sub> sekundárne spôsobujú acidifikáciu pôdy. To je ďalší faktor ovplyvňujúci zmenu zloženia porastov a pri veľmi nízkych hodnotách až úhyn vegetácie. Na pôdach s výrazným poklesom pH prežívali druhy acidofilné, najmä *Avenella flexuosa*.

Po roku 1990 v dôsledku zmien technologických postupov a výrazného zníženia produkcie huty postupne emisie SO<sub>2</sub> klesali až na podlimitnú úroveň v roku 2002. Tento pokles pravdepodobne podmienil nástup terestrických toxitolerných druhov lišajníkov. Prvý náznak obnovenia lišajníkovej flóry pozorovali v roku 1998 Hajdúk & Lisická (1999). Zistili výskyt druhu *Cladonia rei*, ktorý sa javil ako rezistentný voči škodlivinám. Lišajník spolu s machom *Ceratodon purpureus* pokrýval plochy, na ktorých predtým odumreli aj odolné druhy tráv.

V r. 2003 sme okrem uvedených taxónov zaznamenali výskyt ďalších lišajníkov: *Cladonia fimbriata*, *Diploschistes muscorum* a *Placynthiella icmalea*. Všetky tieto nenápadné druhy patria medzi pionierske rastliny, ktoré majú relatívne krátky život. Obyčajne rastú na okrajoch ciest, násypoch a odkrytých svahoch ciest, kde

tvoria súvislé krusty spevňujúce pôdu. Rod *Cladonia* sa vyznačuje širokou amplitúdou tolerancie voči pH pôdy a na rozdiel od iných rastlín vytvára druhovo bohaté spoločenstvá práve na kyslých a na živiny chudobných pôdach (Wirth 1997). Existenčné podmienky, ktoré ponúkajú svahy oproti krompašskej kovohuty evidentne nevyhovujú ani týmto skromným organizmom. Zoskupenia lišajníkov, ktoré tam prežívajú, majú síce pomerne značnú pokrývnosť, ale predstavujú iba fragmenty typických pôdných spoločenstiev kryptogamov. Predpokladáme však, že za pretrvávajúcich pozitívnych trendov v znižovaní imisnej záťaže sa čoskoro na skúmaných plochách začnú objavovať aj ďalšie druhy lišajníkov, machorastov a možno aj cievnatých rastlín.

Na svahu v porastoch a aj na imisnej holine sme zistili podobné, resp. nižšie koncentrácie Cu, As, Zn ako na haldách po ťažbe medených rúd v neďalekých Slovinkách (Banášová 1995). Na haldách rastú s dobrou vitalitou najmä *Agrostis capillaris*, *Avenella flexuosa*, *Silene vulgaris*, *Dianthus carthusianorum*, druhy, ktoré rástli aj v okolí huty v Kropáčoch. Rozdiel medzi týmito dvoma habitatmi predstavuje predovšetkým bezprostredné ovplyvňovanie travinných porastov v okolí huty imisiami SO<sub>2</sub>. Aj táto skutočnosť potvrdzuje dominantný vplyv oxidu siričitého na mieru poškodenia vegetácie v oblasti Kropáčoch.

### Záver

Prudká zmena vegetácie, ktorú sme zaznamenali medzi rokmi 1989 – 1993 bola odozvou na výrazný nárast emisií z krompašskej huty po roku 1975, s vyvrcholením v rokoch 1985 – 1990. Prejavila sa poklesom počtu druhov, znížením pokrývnosti porastov, prevahou druhov acidofilných a tolerantných voči nadbytku kovov. Na imisiami najviac zasiahnutých plochách vznikli holiny bez vegetácie. Zaznamenal sa však už náznak určitej regenerácie, ktorá sa prejavila prítomnosťou viacerých toxitolerantných druhov nižších rastlín. Cievnaté rastliny sa na holinách bez humusu, iba s hrubou krustou nerozložených rastlinných zbytkov z minulých rokov, zatiaľ neobnovujú. Bude preto zaujímavé sledovať či bude, za predpokladu produkcie emisií nepresahujúcich limitné hodnoty, prebiehať ďalšia regenerácia.

### PodĎakovanie

Príspevok vznikol v rámci projektu APVT 51-005102, ďakujeme Agentúre pre podporu vedy a techniky za financovanie výskumných prác v r. 2003. Mgr. K. Kresáňovej ďakujeme za determináciu machorastov.

### Literatúra

- Banásová V., 1976: Vegetácia medených a antimónových hald. – Biol. Práce Slov. Akad. Vied, 22: 1 – 109.  
Banášová V., 1995: Vegetácia hald v slovinsko-gelnickom rudnom poli. – (msc.), depon. in Geologia, Spiš. N. Ves.  
Banášová V. & Hajdúk J., 1975: Gehalt an Cu, Zn, As und andere Elementen in einigen Pflanzen und Haldeboden sowie in Gebieten mit Exhalatquellen. – Biologia (Bratislava), 30/4: 293 – 301.



- Banásová V. & Holub Z., 1992: The use of plant population to the indication of heavy metal contamination. – In: Boháč, J. [ed.], Proc. VI<sup>th</sup> Int. Conf. Bioindicator Deterioration Regionis. Institute of Landscape Ecology CAS, České Budějovice: 357 – 361.
- Bobro M., 1989: Banícko-úpravárenská činnosť na strednom Spiši a jej vplyv na výskyt niektorých škodlivín v imisiách. – Rudy, 9: 249 – 252.
- Dueck T. A., Dil E. W. & Pasmán F. J. M., 1987: Adaptation of grasses in the Netherlands to air pollution. – New Phytol., 108: 167 – 174.
- Ernst W. H. O., 1974: Schwermetallvegetation der Erde. – Gustav Fischer Verl., Stuttgart, 194 p.
- Hajdúk J., 1963: Florografické pomery územia Galmusu (Spišsko-gemerské rudohorie). – Biol. Práce Slov. Akad. Vied, 9/10, 52 p.
- Hajdúk J. & Lisická E., 1999: *Cladonia rei* (lichenizované askomycéty) na stanovištiach kontaminovaných imisiami z Kovohút Kropáč (SV Slovensko). – Bull. Slov. Bot. Spoločn., Bratislava, 21: 49 – 51.
- Hronec, O., 1996: Exhaláty – pôda – vegetácia. – TOP Prešov, 326 p.
- Kaleta M., 1982: Lesné ekosystémy v oblastiach kovohút na slovensku. – Čistota ovzdušia, Bratislava, 4: 1 – 7.
- Kaleta M., 1992: Vplyv imisii Spišsko-gemerskej priemyselnej aglomerácie na vegetáciu a pôdu a jeho monitorovanie. – Čistota ovzdušia, Bratislava, 22: 171 – 178.
- Kaleta, M. & Banášová, V., 1992: Vplyv imisii kovohút Rudnianska, Kropáč a Nižnej Slanej na vegetáciu a pôdu. – Zborn. prednášok z celošt. konf. „Ochrana a tvorba životného prostredia v najvýznamnejších sídelných aglomeráciách v ČSFR“, Košice: 109 – 116.
- Lackovičová A., 1995: Diverzita epifytických lišajníkov v oblasti Kropáč. – Zborn. zo VI. Zjazdu SBS pri SAV, Nitra: 158 – 163.
- Larcher W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. – Academia, Praha, 361 p.
- Maňkiovská B., 1997: Deposition of heavy metals in Slovakia – assesment on the basis of moss and humus analyses. – Ekológia, Bratislava, 16: 433 – 442.
- Marhold K. & Hindák F. [eds], 1998. Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. – Veda, Bratislava, 688 p.
- Wilson G. B. & Bell J. N. B., 1986: Studies the tolerance to sulphur dioxide of grass populations in polluted areas. – New Phytol., 102: 563 – 574.
- Wirth V. 1997: Flechten im außeralpinen Mitteleuropa. – In Schöller, H. [ed.], Flechten: Geschichte, Biologie, Systematic, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung, Frankfurt am Main, p. 112 – 118.
- <http://www.env.gov.sk>