SLOVENSKÁ POĽHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

1131426

RASTLINNÉ DRUHY EXTRÉMNYCH STANOVÍŠŤ ANTROPOGÉNNEHO PÔVODU

2011 **Lukáš Páleník**

SLOVENSKÁ POĽHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

1131426

RASTLINNÉ DRUHY EXTRÉMNYCH STANOVÍŠŤ ANTROPOGÉNNEHO PÔVODU

(Bakalárska práca)

Študijný program:	Manažment živočíšnej výroby
Študijný odbor:	4179700 Živočíšna produkcia
Školiace pracovisko:	Katedra botaniky
Školiteľ:	Ing. Peter Ferus, PhD.

Nitra, 2011 **Lukáš Páleník**

Nitra 2011 **Lukáš Páleník**

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Názov záverečnej práce: Rastlinné druhy extrémnych stanovíšť antropogénneho pôvodu
Označenie záverečnej práce: bakalárska práca
Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský

Študent: Lukáš Páleník
Študijný program: Manažment živočíšnej výroby
Študijný odbor: 4179700 Živočíšna produkcia
Školiace pracovisko: Katedra botaniky
Školiteľ: Ing. Peter Ferus, PhD.
Konzultant: Ing. Peter Ferus, PhD.
Vedúci školiaceho pracoviska: prof. RNDr. Tibor Baranec, CSc.

Dátum schválenia: **.....**
podpis vedúceho školiaceho pracoviska

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Podpísaný Lukáš Páleník týmto vyhlasujem, že bakalársku prácu na tému *"Rastlinné druhy extrémnych stanovíšť antropogénneho pôvodu"* som vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. Marca 2011

……..

Poďakovanie

Touto cestou by som sa chcel poďakovať vedúcemu predloženej bakalárskej práce Ing. Petrovi Ferusovi, PhD. za odborné vedenie, pomoc a cenné rady pri spracovaní zhromaždených materiálov a tvorbe mojej bakalárskej práce.

ABSTRAKT

Rastliny obývajú často stanovištia extrémne svojimi pôdnymi resp. klimatickými pomermi. K vzniku takýchto stanovíšť prispieva v značnej miere aj človek. Svojou činnosťou výrazne zasahuje do pôdnej kvality - predovšetkým kontamináciou pesticídmi, soľami, ropnými produktmi či ťažkými kovmi, resp. mení kvalitu ovzdušia a klímu. V našej práci sme sa zamerali na charakteristiku špecifík niektorých extrémnych stanovíšť, a to z hľadiska podmienok a výskytu rastlinných druhov. V centre nášho záujmu boli zošľapávané stanovištia miest, železničné trate, cestná sieť, no najväčší priestor sme venovali rastlinám tolerantným voči ťažkým kovom, extrémnemu pH a súčasne suchu, ktoré sa viažu k haldám po ťažbe alebo spracovaní rudy. Popísali sme účinky niektorých ťažkých kovov na životné prejavy rastlín, a načrtli mechanizmy, ktorými sa rastliny bránia pred poškodením, nimi vyvolávaným. Zároveň sme charakterizovali účinky ťažkých kovov na zdravie hospodárskych zvierat.

Kľúčové slová: rastliny, haldy po ťažbe a spracovaní rudy, ťažké kovy, ochorenia hospodárskych zvierat

ABSTRACT

Plants are able to survive extreme soil and climate conditions. Man significantly contributes to formation of such locations. His activities affect soil quality – mainly by contamination with pesticides, salts, oil products or heavy metals, and change air quality and climate. In our work, we concentrated on characterization of some extreme stands, from position of stand specifity and plant species occurance. In the centre of our interest were locations of permenantly disturbed plant cover (in cities), railways and roads, but the largest space we dedicated to plants tolerant to heavy metals, extreme pH as well as drought, associated with scads formed as a waste from ore mining or processing. We also described effects of some heavy metals on plant performance and outlined mechanisms eliminating tissue disturbances. Thereafter we characterized their effect on animal health, as well.

Key words: plants, scads, heavy metals, aminal health

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK

ATP - adenozíntrifosfát

CO_2 – Oxid uhličitý

mg – miligram

ppm – parts per million

SAV – Slovenská Akadémia Vied

SO_2 - síran

SO_3 - siričitan

ZSNP – Závod SNP a.s. Žiar nad Hronom

µM – mikromol

OBSAH

Úvod.....10
1 Cieľ práce.....11
2 Materiál a metódy.....12
3 Prehľad literatúry - štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky.....13
3.1 Lokality so zhoršenými podmienkami pre rastliny ako výsledok činnosti človeka.....13
3.1.1 Zošľapávané stanovištia.....13
3.1.1.1 Tr*: Plantaginetea majoris* – spoločenstvá na zošľapovaných a udupávaných stanovištiach……...16
3.1.2 Železničné trate.....16
3.1.2.1 Tr. *Artemisietea vulgaris* – ruderálne spoločenstvá dvojročných alebo trvácich bylín……...18
3.1.3 Cesty.....18
3.1.3.1 Tr. *Galio-Urticetea* – nitrofilné lemové ruderálne spoločenstvá……....19
3.1.4 Haldy a odpady po spracovaní rudy.....20
3.1.4.1 Vegetácia haldy pri Smolníku……..…...22
3.1.4.2 Vegetácia kalových polí ZSNP a.s. ŽIAR NAD HRONOM……....24
3.1.4.3 Vegetácia okolia huty v Krompachoch……...…26
3.1.4.4 Vlastnosti pôd na všetkých haldách.....28
3.2 Rastlinné druhy na haldách Slovenska – botanická charakteristika.....30
3.2.1 Machy a lišajníky.....30
3.2.2 Byliny.....31
3.2.3 Trávy.....37
3.2.4 Dreviny.....42
3.3 Stresové situácie rastlín a živočíchov vyplývajúce z antropogénnych aktivít.....45
3.3.1 Vplyv ťažkých kovov na rastliny.....47
3.3.1.1 Vplyv zinku na rastliny.....48
3.3.1.2 Vplyv kadmia na rastliny.....49
3.3.1.3 Vplyv olova na rastliny.....50
3.3.1.4 Vplyv hliníka na rastliny.....51
3.3.2 Ťažké kovy a detoxikačná funkcia fytochelatínov.....52
3.3.3 Vplyv ťažkých kovov z rastlín na zvieratá.....53
3.3.4 Živočíchy ako bioindikátory znečistenia prostredia.....56

3.4 Fyziologické a reprodukčno–biologické predpoklady tolerancie a šírenia sa týchto druhov na danom území…….57
3.4.1 Mechanizmus tolerancie rastlín voči ťažkým kovom.....57
3.4.2 Reprodukčné úsilie druhov rastlín v stresových podmienkach.....58
4 Záver……...….....60
5 Použitá literatura……...……61

Úvod

S rozvojom a zdokonaľovaním civilizácie sa spájajú aj mnohé technické zásahy do vegetačného krytu Zeme, ktoré, žiaľ, kúsok po kúsku ukrajujú z pôvodnej vegetácie. Odpoveď prírody na „rany“ spôsobené činnosťou človeka je rôzna. Jedna z nich prichádza v podobe synantropnej vegetácie - vegetácie, ktorej vznik a vývoj je priamo od činnosti človeka závislý. V povedomí ľudí je tento typ vegetácie väčšinou spojený s burinami a vnímaný negatívne, ale v konečnom dôsledku je neodmysliteľnou súčasťou nášho života a je dobre, že existuje, lebo má nezastupiteľnú funkciu predovšetkým pri tvorbe kyslíka, ktorý umožňuje život všetkým živým organizmom, vrátane človeka. Dokonca často slúžia ako potravinová základňa pre väčšinou voľne žijúce živočíchy a tiež tvoria surovinový zdroj pre mnohé odvetvia. Nesporne sú dôležité aj pre estetizáciu prírodnej krajiny a životného prostredia človeka. Prevažná väčšina týchto rastlín je vystavovaná vplyvom nežiadúcich podmienok vonkajšieho prostredia spôsobených ľudskou činnosťou. Ide predovšetkým o aktivity človeka, ktoré sú spojené najmä zo spriemyselňovaním krajiny, či už ide o dopravu, stavbu obydlí, alebo priamo o priemyselnú činnosť, ktorou sa vytvárajú rastlinám extrémne podmienky pre život a hlavne rozvoj nadzemnej biomasy. Medzi najzákladnejšie resp. najzávažnejšie extrémne stanovištia vzniknuté činnosťou človeka sú predovšetkým banské haldy a odpady vzniknuté banskou činnosťou, okraje ciest, železničné trate a v konečnom dôsledku aj zošľapávané stanovištia, či už v mestských aglomeráciách alebo mimo nich, ktoré som vo svojej práci aj bližšie špecifikoval. Spomenuté extrémne miesta sa vyznačujú najmä zvýšeným obsahom ťažkých kovov a toxických látok. Tieto látky sú transportované do tiel rastlín a vytvárajú im nevhodné podmienky pre svoj rozvoj. Častokrát sa rastlinám nepodarí týmto podmienkam adaptovať a ich životná púť sa skončí. No aj napriem tomu si zachovávajú svoju odolnosť a najmä preto dnes môžeme charakterizovať rastlinné druhy extrémnych stanovíšť antropogénneho pôvodu.

1 Cieľ práce

Vzhľadom k značným špecifikám rastlinných druhov extrémnych stanovíšť, ktoré sú hodné detailného štúdia v kontexte šľachtenia plodín, a potenciálne využiteľné v rekultivácii človekom pozmenených lokalít, vymedzili sme si nasledovné ciele:

- analyzovať podmienky a vegetačný kryt niektorých typov lokalít zasiahnutých činnosťou človeka (zošľapávané plochy, železničné trate, cestné komunikácie)

- zvlášť sa sústrediť na účinky banskej činnosti resp. priemyselného spracovania rudy na krajinu a rastlinstvo, a na botanickú charakteristiku druhov v týchto podmienkach žijúcich

- popísať stresové situácie rastlín vyplývajúce z ich výskytu na takýchto substrátoch, ktoré sú charakteristické vysokým obsahom ťažkých kovov

- charakterizovať účinky ťažkých kovov na živočíchy, ktorým sa do krmu dostali rastliny s vysokým obsahom ťažkých kovov.

2 Materiál a metódy

Vzhľadom ku kompilačnému charakteru predkladanej bakalárskej práce budeme pri jej vypracovávaní postupovať podľa nasledovnej metodiky:

- V prvej fáze koncipujeme predbežný obsah práce. Vychádzame pri tom z dostupných poznatkov v danej oblasti a perspektív ďalšieho vývoja.

- Za týmto účelom zhromaždíme domáce a zahraničné literárne zdroje cestou rešerše, samostatného vyhľadávania v internetových databázach, stiahnutia prístupných vedeckých prác, vyžiadania cez medzikniž ničnú službu Slovenskej poľnohopodárskej knižnice resp. osobného kontaktovania autorov literárneho diela.

- V prípade prác v anglickom jazyku realizujeme preklad do slovenčiny.

- Zhromaždené a preložené práce následne použijeme pri koncipovaní jednotlivých kapitol bakalárskej práce. Z týchto poznatkov vyplývajú určité závery, ktoré budú popísané v samostatnej kapitole.

3 Prehľad literatúry - štúdia o súčasnom stave riešenej problematiky

3.1 Lokality so zhoršenými podmienkami pre život rastlín ako výsledok činnosti človeka

Rozvoj ľudskej civilizácie spôsobuje čoraz väčšie technické zásahy do prírodných ekosystémov. Jedným z indikátorov tohto javu je aj nástup a šírenie synantropnej vegetácie. Synantropná vegetácia predstavuje porasty, ktoré osídlili stanovištia vytvorené alebo narušené človekom. Nezaraďujeme sem však napr. lúky, ktorých existencia závisí takisto od človeka, avšak tá sa vyvinula dlhodobým obhospodarovaním, zatiaľ čo synantropná vegetácia sa vytvorí ihneď po zásahu človeka do ekosystému. Takúto vegetáciu tvoria nestabilné a rýchlo sa meniace spoločenstvá burín. Sú to väčšinou krátkoveké (1-ročné terofyty, alebo 2-ročné hemikryptofyty) rastliny s ruderálnou stratégiou. Štruktúra týchto spoločenstiev býva jednoduchá, tvorená iba bylinným poschodím s riedkym zápojom. Z hľadiska vývoja vegetácie ide o prvé štádiá sekundárnej sukcesie, ktoré zakrátko vystriedajú ďalšie, stabilnejšie spoločenstvá s trvácimi druhmi. So synantropnou vegetáciou sa stretneme na periodicky narušovaných stanovištiach, napr. na poliach, v záhradách, viniciach, poľných cestách, staveniskách, výsypkách, skládkach a iných opustených plochách. Environmentálny význam synantropnej vegetácie je skôr negatívny, pretože sa vyskytuje najmä v blízkosti sídel, kde pôsobí neesteticky, je zdrojom alergénneho peľu a pod. Pozitívny význam môže mať napr. na miestach, kde je zvýšené riziko erózie pôdy. Synantropná vegetácia tu má, hoci slabú, ale predsa len protieróznu funkciu v porovnaní s úplne obnaženou pôdou. Pri klasifikácii synantropnej vegetácii sa zohľadňuje najmä spôsob narušovania stanovišťa človekom (orba, zošľapávanie, prenos substrátu, výrub stromov). Z ekofaktorov je to charakter substrátu a jeho minerálna úživnosť. Synantropnú vegetáciu môžeme rozdeliť na segetálnu - vegetácia burín na poliach a ruderálnu - vegetácia na rôznych antropogénnych stanovištiach v sídlach a ich okolí (Košťál, 2003).

3.1.1 Zošľapávané stanovištia

Botanický svet sídlových jednotiek nie je natoľko pestrý ani druhovo, ani rastlinnými spoločenstvami. Je však unikátnym bohatstvom a množstvom mikroštruktúr. Architektúra sídlovej jednotky je bezprostredne alebo s určitým časovým odstupom akoby

nasledovaná architektúrou vegetácie. Čím je architektúra sídlovej jednotky štruktúrne bohatšia, tým viac sa vegetačná pokrývka rozlieva do drobných mikroštruktúr, pričom uberá apofyt (pôvodnú vegetáciu) a priberá antropofyt (vegetáciu vzniknutú na miestach zásahov človeka). Naopak čím je jednoduhšia štruktúra sídlovej jednotky, tým je vyšší podiel apofytu a nižší antropofytu. Základným prvkom (bunkou) sídlovej jednotky je samota. Samota, primárna sídlová bunka, je zložená z ruderálnej vegetácie bezprostredného okolia, zošlapávaných miest, trávnikov a záhrady (veľkosti úmernej veľkosti obytnej jednotky). Najmenej rastlinami osídlovaná je vysoká zástavba. Okolie stĺpov a kruhy okolo stromov sú jedinými viditeľnými stanovišťami. Do tohto je nutné započítať vnútroblokové záhradky, málo prístupné a často tmavé. Napríklad kombinácia komunikácií a novej panelovej zástavby v Košiciach spôsobili nezvyčajné šírenie *Iva xanthifolia* už od 60. rokov 20. storočia. Vznikom zástavby panelového sídliska a zmenou komunikačnej siete v Českých Budějoviciach v 80. rokoch nastala na nových fyziotopoch explózia *Rorippa austriaca*.

Výskum flóry a vegetácie sídel na Slovensku prebiehal (a prebieha) najmenej v troch rovinách:

1. V rámci floristických resp. fytocenologických štúdií (výskumov) určitého regiónu resp. vymedzeného územia, kde sa synantropná flóra a vegetácia skúma ako jedna zo súčastí kveteny resp. vegetácie územia. Takéto štúdiá prebiehajú na Slovensku od najstarších čias (17. storočie, prípadne skôr) a prevládajú do konca 2. svetovej vojny. Z novšieho obdobia je to najmä obdobie plošného (celoštátneho) geobotanického mapovania, t.j. rekonštrukčného mapovania prirodzenej potenciálnej vegetácie. Výsledky štúdií sa publikovali ako monografie lokálnych flór, prodromy flór prírodných resp. administratívnych celkov (napr. župy), prípadne väčšie floristické či floristicko-fytocenologické príspevky.

2. Štúdie o synantropnej (ruderálnej) flóre a vegetácií sídel v regióne (regionálne štúdie) alebo aj v jednotlivých sídlach - mestách a dedinách (lokálne štúdie), sú zamerané obvykle na veľké sídla (mestá) alebo obce, často ako dôsledok osobného vzťahu k územiu (napr. rodisko, bydlisko a pod.). Na jeseň 1969 vznikla pri Slovenskej botanickej spoločnosti pri SAV v Bratislave odborná pracovná skupina pre výskum synantropnej flóry a vegetácie. Vytvorila sa skupina špecialistov – synantropných botanikov, ktorí sa orientovali na výskum synantropnej flóry a vegetácie Slovenska.

3. Ako súčasť výskumu a analýzy rizšírenia taxónu (skupiny taxónov) resp. syntaxónu na území štátu resp. regiónu, t.j. ako súčasť špeciálnych fytogeografických (chorologických) resp. fytocenologických štúdií (Jehlík et al., 1994).

Rastliny zošľapávaných stanovíšť sú vystavené častému, intenzívnemu mechanickému narušovaniu, pri ktorom dochádza k poškodzovaniu ich nadzemných častí a často i k úplnému zničeniu. Tieto stanovištia sú však väčšinou dobre zásobené živinami, čo rastlinám uľahčuje rýchlu obnovu biomasy. Pri dostatku vlahy sú niektoré druhy schopné tvoriť behom roka i niekoľko generácií (napr. *Poa annua*). Fyzikálne vlastnosti pôd sú pre rastliny nepriaznivé. Pôdy sú silne zhutnené, čo má za následok malé prevzdušňovanie a zlú vzlínavosť vody (Ellenberg, 1996).

Druhy rastlín na zošľapávaných stanovištiach sa vyznačujú rýchlym životným cyklom a vysokou reprodukčnou kapacitou, ale zároveň odolnosťou voči stresu. Príčinou stresu býva kombinácia vysokej koncentrácie živín a dlhodobého vysýchania pôdy. Rastliny sú vystavené neustálemu zošľapávaniu, ktoré ich väčšinou neničí, ale opakovane im odstraňuje časť biomasy. Preto tu vzniká akýsi druh adaptácie charakterizovaný nízkym vzrastom, pružnosťou a mechanickou odolnosťou stonky. Vplyvom častého a v mnohých prípadoch silného mechanického narušovania a nepriaznivých vlhkostných podmienok sú na zošľapávaných miestach rastliny tvoriť tzv. nanizmy, teda zakrslé rastliny so zmenšenými orgánmi, ktoré však sú schopné kvitnúť a tvoriť semená. I na veľmi silno disturbovaných miestach populácie niektorých druhov pretrvávajú vďaka značnej zásobe semien v pôde a tiež vďaka ich dostatočnému prísunu z okolia. Ich diaspóry sa šíria na kolesách najrôznejších dopravných prostriedkoch, na topánkach chodcov a nohách zvierat. Semená niektorých rastlín vylučujú slizovitú hmotu na oplodie alebo osemenie, a spolu s blatom sa tak ľahko lepia na podrážky topánok, nohy zvierat alebo kolesá vozidiel (Chytrý, 2009).

Archeobotanické nálezy dokladujú existenciu vegetácie charakteristickú pre zošľapávané stanovištia v stredoveku, a to v podobnom druhovom zložení ako dnes. Variabilita vegetácie na zošľapávaných stanovištiach závisí prevažne na frekvencii a intenzite zošľapávania, ďalej na vlhkostných pomeroch a obsahu živín v pôde. Na najsilnejšie zošľapávaných stanovištiach sú spoločenstvá rastlín tvorené prevažne len druhmi jednoročnými. Ich porasty sú obvykle rozčlenené a plôšky porastené vegetáciou sa striedajú s plôškami s holým povrchom pôdy. Naopak na menej narušovaných plochách je vegetácia hustejšia a s väčšou pokryvnosťou sú v nej zastúpené druhy trvalé. Na

zošľapávaných pôdach sa v závislosti na frekvencii a charaktere disturbácie vedľa seba často vyskytujú rôzne vývojové štádiá vegetácie (Opravil, 1990).

Syntaxonomické poňatie vegetácie zošľapávaných stanovíšť nie je v strednej Európe jednotné. V strednej Európe sa spoločenstvá diferencujú predovšetkým v závislosti od nadmorskej výšky a pôdnej vlhkosti (Simonová, 2008).

Aj pastva hovädzieho dobytku spôsobuje intenzívnejšie zošľapovanie vegetácie, ale i zhutňovanie pôdy, čo môže vyústiť až do obnaženia pôdy a jej erózii. Spoločenstvo je vplyvom zošľapovania nízkeho vzrastu, jeho prirodzený vývoj (sukcesia) je brzdený. Pasienkové spoločenstvo teda predstavuje pastvou blokované sukcesné štádium. Uplatňujú sa druhy, ktoré znášajú udupávanie a zhutnenú pôdu, a to sú opäť druhy plazivé, trsnaté a pod. (Košťál, 2003).

3.1.1.1 Tr*: Plantaginetea majoris* – spoločenstvá na zošľapovaných a udupávaných stanovištiach

Sú to jednoduché nízke jednovrstvové porasty s prevahou terofytov na miestach, ako sú poľné a lesné cesty, ihriská, trávniky, vidiecke dvory, vypĺňajú medzery medzi dlažbou alebo obrubníkmi chodníkov a pod. Rastliny vytvárajú poliehavé formy, nanizmy. Uplatňujú sa plazivé druhy, schopné regenerácie a znášajúce udupávanie a zhutnenú pôdu. Zastúpené sú ružicovité hemikryptofyty, ktoré majú listové ružice pritlačené k zemi. Takým je napr. skorocel väčší (*Plantago major*). Ďalšími typickými druhmi sú: stavikrv vtáčí (*Polygonum aviculare*), rumanček diskovitý (*Matricaria discoidea*), pakost nízky (*Geranium pussilum*), z tráv mätonoh trváci (*Lolium perenne*) a lipnica ročná (*Poa annua*) (Košťál, 2003).

3.1.2 Železničné trate

Rozširovanie rastlín po obvode dopravného uzlu (železničná stanica, prekladisko) je intenzívne. Rastliny, ktoré sú schopné sa šíriť z pôvodného stanovištia (koľajnice, rampy, odstavné koľajnice, prístavné rampy) na nové stanovište objektov, vytvárajú už svojim množstvom primárne ohnisko výskytu. Patria sem najmä výhrevné a často i dosť výživné pôdy (substráty) popola, múry, škvára na dopravných uzloch, pozdĺž železničných tratí, na železničných staniciach a pod. Tieto pôdy obvykle nie sú pokryté súvislou

vegetáciou. Špecifické vlastnosti antropogénnych stanovíšť (vysoká výhrevnosť tmavých substrátov, rôzne gradienty fyzikálnych vlastností) umožňujú rastlinným druhom prečkať radu vegetačných období za nepriaznivých mikroklimatických podmienok a umožniť im tak ekologickú adaptability. Špecifické vlastnosti druhov železničných tratí sú zvláštnosti v klíčení, urýchlenom dozrievaní, v rozšírených možnostiach šírenia diaspór, schopnosti anabiózy v nepriaznivých obdobiach a pod. Vyznačujú sa širokou škálou agestochorného šírenia. Zdomácňovanie adventívnych druhov je značne pomalé v podmienkach ruderálnych spoločenstiev. Je to spôsobené značne vitálnymi „domácimi" spoločenstvami, ktoré tvoria často v oblasti prekladísk a skládok bariéru, ktorá bráni prenikaniu nových druhov. V dlhodobom procese sa môžu adaptovať druhy predovšetkým viacročné s veľmi výraznou ekologickou plasticitou – napr. *Cardaria draba subsp. draba*. Tento proces môže byť urýchlovaný v pomeroch veľkých miest za predpokladu značnej pestrosti antropogénnych pôd i značnej pestrosti stanovíšť a vplyvom človeka. Česká a Slovenská republika patrí k oblastiam s hustou železničnou sieťou, ktorá je intenzívne využívaná nielen pre osobnú, ale predovšetkým pre vnútroštátnu i tranzitnú nákladnú dopravu. Železničná komunikácia (nielen stanice, ale i šíra trať) patrí u nás medzi najvýznamnejšie typy extrémnych stanovíšť rôznych druhov rastlín.

Synantropné stanovištia v obvode železničných komunikácií majú niektoré spoločné rysy:

1. Početné plochy bez vegetácie - znížená konkurencia domácich rastlín
2. Pôdy sú veľmi mladé - tzv. antropogénne pôdy, predstavujú umelú formu reliéfu.
3. Vysušené stanovištia - podzemná voda nie je väčšinou rastlinám k dispozícii
4. Zvýšená teplota substrátu spôsobená jeho tmavým povrchom
5. Neustále ovplyvňovanie povrchu pôd priamym alebo nepriamym pôsobením človeka, ktoré zaisťuje tiež trvalý prísun nových diaspór.

Výskum synantropnej flóry železničných staníc má vo vnútrozemských, ekonomicky vyspelých štátoch zásadný význam pre poznanie dynamiky a šírenia rastlín všeobecne, čo je predmetom základného botanického výskumu. Bez poznania aktuálnej železničnej flóry sa nedá seriózne porozumieť problematike adventívnej flóry na danom území. Na železničných staniciach možno nájsť množstvo adventívnych druhov. Medzi rozlohou jednotlivých železničných staníc, medzi veľkosťou prepravovanej záťaže vo vzťahu k prepravovaným substrátom, ktoré môžu byť významným zdrojom diaspór, a v poslednom rade vo vzťahu ku klimatickým a orografickým podmienkam príslušnej železničnej makrolokality existuje priama závislosť. Všeobecne platí, že najviac

rastlinných druhov sa nachádza na veľkých železničných uzloch v priemyselných mestských a veľkomestských sídlach (Jehlík et al., 1998).

3.1.2.1 Tr. *Artemisietea vulgaris* – ruderálne spoločenstvá dvojročných alebo trvácich bylín

Vyskytujú sa na podobných stanovištiach ako spoločenstvá radu *Sisymbrietalia,* na ktoré naväzujú v sukcesnom rade. Ide teda o staršie rumoviská, smetiská, navážky, okraje ciest. Dôležitými ekologickými faktormi sú charakter pôdy (obsah živín, najmä dusíka, vlhkosť, skeletnatosť). Charakteristickými druhmi sú napr. palina obyčajná (*Artemisia vulgaris*), lopúchy (*Arctium*), bodliaky (*Carduus*), pichliače (*Cirsium*), divozely (*Verbascum*). Na skeletnatejších a suchších pôdach sú to čakanka obyčajná (*Cichorium intybus*), mrkva obyčajná (*Daucus carota*), hadinec obyčajný (*Echium vulgare*), komonica lekárska (*Melilotus officinalis*). Na úhoroch a medziach teplejších oblastí prevláda pýr plazivý (*Elytrigia repens*), ktorý je konkurenčne silný vďaka schopnosti vegetatívneho rozmnožovania podzemkami (Košťál, 2003).

3.1.3 Cesty

Doprava v poslednom období napomáha šíreniu nepôvodných druhov, najmä expanzívnych a inváznych, ktoré sa ďalej šíria pozdĺž koridorov v krajine, akými sú cesty, železnice, vodné toky a pod. Invázne druhy prenikajú hlavne do ruderálnych (tr. Galio-Urticetea), ale aj do prirodzených spoločenstiev, napr. do pobrežných (zv. Calystegion sepii), lesných a pod. (Košťál, 2003).

Okraje ciest sú stanovištiami početných druhov rastlín, ležiace mimo dosah agrotechnických zásahov. Opakovanou reprodukciou a šírením niektorých z nich umožňujú špecifické stanovištné podmienky. Krajnice ciest, ako čiastočne obnažené a mechanicky často narušované antropogénne pôdy, poskytujú vhodné podmienky pre ecesiu (uchytenie a následné šírenie) početných druhov rastlín a burín. Prevažujú jednoročné druhy, ktoré sú prispôsobivé extrémnym pôdnym, pôdne hydrologickým a mikroklimatickým podmienkam týchto stanovíšť. Typickým lokálnym druhom je *Amaranthus retroflexus,* ktorý znáša i značne vyššiu koncentráciu NaCl (chlorid sodný) alebo KCl (chlorid draselný) v pôde spôsobenú práve solením ciest v zimnom období. Priekopy, hrany priekop, svahy, násypy a cestné zárezy- na týchto stanovištiach nachádza

vhodné životné prostredie len obmedzený počet druhov rastlín. Sú to najmä spoločenstvá tráv, ktoré kladú značný odpor prenikaniu ostatných druhov. Stanovištia s dočasne obnaženým pôdnym povrchom vznikajú pri stavebných úpravách ciest a poskytujú veľmi vhodné podmienky pre prechodné, obvykle však masové šírenie rôznych burín (Jehlík et al., 1998).

Vzhľadom na skutočnosť, že doprava je zdrojom emisií, ktoré nepriaznivo vplývajú na okolitú krajinu, je nutné pri pestovaní sprievodnej vegetácie ciest zohľadniť aj tento fakt. Nie všetky druhy rastlín sú tolerantné k imisiám, ktoré sú viazané na automobilovú dopravu. Výfukové plyny motorových vozidiel obsahujú takmer 16 (niektoré pramene uvádzajú ešte viac) zložiek (Streďanský et al., 2005).

Upchávaním prieduchov tuhými časticami sa znižuje príjem CO_2, pletivá rastlín sa prehrievajú a vznikajú na nich nekrózy. Anorganické zložky, ktoré obsahujú výfukové plyny predstavujú hlavne oxidy uhlíka (CO a CO_2), oxidy dusíka (NO_x), oxidy síry (SO_x) a olovené radikály vznikajúce pri spaľovaní. Aj tieto látky nepriaznivo vplývajú na zdravotný stav rastlín (Streďanský, 1989).

3.1.3.1 Tr. *Galio-Urticetea* – nitrofilné lemové ruderálne spoločenstvá

Tvoria ich viacročné byliny, väčšinou hemikryptofyty alebo terofyty. Osídľujú antropicky narušené poloprirodzené, zatienené stanovištia na okrajoch lesov, krovín, parkov, záhrad, cestných priekop, cintorínov a pod. Najväčšie zastúpenie majú poloruderálne rastliny z čeľade mrkvovitých. Sú to mnohé pôvodne lesné druhy, ktoré sa dostali vzhľadom na lepšie svetelné podmienky na nové stanovištia. Na suchších stanovištiach sú to napr. trebuľka lesná (*Anthriscus sylvestris*), trebuľka voňavá (*A. cerefolium*), torica japonská (*Torilis japonica*) – mrkvovité rastliny, cesnačka lekárska (*Alliaria officinalis*), lastovičník väčší (*Chelidonium majus*), kuklík mestský (*Geum urbanum*), hluchavky (*Lamium*), veronika brečtanolistá (*Veronica hederifolia*). Na vlhkejších stanovištiach sa vyskytujú konkurenčne silná kozonoha hostcová (*Aegopodium podagraria*), boľševník borščový (*Heracleum sphondylium*) – obe mrkvovité, žihľava dvojdomá (*Urtica dioica*). V týchto spoločenstvách nachádzajú najlepšie podmienky a útočisko neofyty inváznehо charakteru – boľševník obrovský (*Heracleum mantegazzianum*), netýkavka malokvetá (*Impatiens parviflora*), štiavec špenátový (*Rumex patientia*) (Košťál, 2003).

3.1.4 Haldy a odpady po spracovaní rudy

S intenzívnym rozvojom priemyslu a s rozširovaním baní sa čoraz viac dostáva do popredia u nás aj vo svete problematika háld. Sú to zvyšky ťažby, ktoré nadlho ovplyvňujú celkový vzhľad oblastí, v ktorých sa dobývali alebo dobývajú rudy, uhlie a iné nerastné suroviny. V krajine sú haldy cudzím neorganickým prvkom a rušivo pôsobia v súbore faktorov životného prostredia. Z botanického hľadiska, ale aj krajinárskeho hľadiska je dôležité a zaujímavé poznanie prirodzeného osídľovania rastlín na týchto stanovištiach. Haldy ako podklad, na ktorom sa pôda iba začína vytvárať, sú vhodným objektom pre štúdium prirodzených pedogenetických procesov, ale najmä pre štúdium prirodzeného nástupu vegetácie a vývoja rastlinných spoločenstiev. Na Slovensku, v krajine s bohatou baníckou tradíciou, sa nachádza mnoho starých háld- zvyškov ťažby rozličných rúd. Rudné haldy tvoria celkom špecifický substrát pre vegetáciu. Oproti uhoľným haldám je v substráte výrazný vysoký obsah niektorých toxických elementov. Na rudných haldách sa stretávame s rastlinnou sukcesiou, ktorá prebieha vo veľmi zvláštnych a zložitých podmienkach, v dôsledku čoho sa na haldách vytvárajú nové, doteraz neznáme, alebo iba veľmi málo známe rastlinné spoločenstvá. Rozsiahle poznatky o stanovištných pomeroch na haldách, o ich prirozdenej rastlinnej pokrývke, o autekológii druhov, ktoré rastú na haldách, možno veľmi výhodne využiť v praxi, najmä pri ich rekultivácii. Pri baníckej činnosti, pri zakladaní háld sa v krajine mení základný prvok, a to tvar územia. Vznikajú hromady jalového materiálu, niekde sú to iba malé haldy, väčšinou sa však materiál sype tak, že vzniká komplex háld, nadväzujúcich jeden na druhý, takže sa vytvárajú obrovské „vrchy“, ktoré esteticky veľmi narúšajú prirodzený ráz okolia. Okrem toho, haldy zaberajú časť pôdneho fondu. Alebo je nimi pokrytá ornica, lúky, alebo v lesnatých terénoch musel ustúpiť les. V každom prípade nastáva narušenie istej rovnováhy v prírode. Práve z týchto dôvodov vzniká potreba urýchlene rekultivovať tieto neúrodné plochy. Prvoradým cieľom je nejakým spôsobom ozeleniť haldy, čím sa nesleduje iba estetické skrášlenie povrchu háld, ale predovšetkým má zeleň plniť dôležité funkcie – filtrácia vzduchu, zadržovanie vlahy a zvyšovanie relatívnej vlhkosti nad zeleňou, ako aj produkcia, najmä pri drevinách. Rastliny na haldách osídľujú najmä priehlbiny, alebo časti so zvetranejším materiálom, kde je vlhkejšie a kde sa hromadia rastlinné zvyšky vytvárajúce surový humus. Preto vznikol mozaikovitý porast. Prevahu majú rastliny trváce, jedno-dvojročné sa vyskytujú veľmi zriedka. Na povrchu skál, medzi trávami a bylinami rastú tolerantné druhy machov a lišajníkov. Haldy s anomálnym obsahom kovov (napr. Staré Hory, Gelnica, Smolník), sú

akýmsi ekologickým ostrovom, pretože v porovnaní s okolím, majú veľmi špecifickú vegetáciu. V priebehu mnohých desiatok rokov sa prirodzeným vývojom vylúčili rastliny (imigranti), ktoré nemali prispôsobovaciu schopnosť. Konečný výsledok tohto vývoja je malá skupina rastlín, zvláštna druhová kombinácia, schopná existencie za daných fytotoxických podmienok (Banásová 1976).

Rekultivácia na haldách však nie je jednoduchá. Haldy sú totiž stanovišťom s množstvom nepriaznivých podmienok pre rastlinstvo, ako napr. nedostatok organických živín, dusíka, nedostatok vlahy, extrémne teploty povrchu, zvýšená veterná a vodná erózia zvlášť na svahoch, na rudných haldách vysoký obsah skeletu a nízky podiel jemnozeme, ako aj vysoká koncentrácia niektorých kovov v toxických množstvách. Pred začiatkom vlastného ozeleňovania je dôležitá úprava spomínaných nepriaznivých stanovištných pomerov. Nedostatok organických látok sa rieši v mnohých prípadoch prevrstvovaním substrátu háld úrodnou zeminou. Na obohatenie pôd dusíkom volí sa vysievanie niektorých druhov z čeľade bôbovitých, ako napr. *Lupinus polyphyllus* (Šoltýs, 1959).

Závažným problémom pri rekultivácii najmä rudných háld je toxicita niektorých kovov alebo síry v substráte. Zmiernenie toxicity síry a medi možno dosiahnuť napr. pridaním väčšieho množstva vápnika do pôdy. Pri návrhoch rekultivácie na medených a antimónových haldách sa možno iba niekedy opierať o výsledky dosiahnuté pri rekultivácii uhoľných háld. Zásadný rozdiel medzi rudnými haldami a väčšinou uhoľných háld je v mechanickom zložení substrátu a v obsahu veľkých koncentrácií mikroelementov v pôde. Kým uhoľné haldy sú zložené prevažne zo sivých miocenóznych ílov, rudné haldy sú zložené z bridlíc, kremeňa a rudných minerálov. S mechanickým zložením súvisia aj ďalšie faktory prostredia, ako zásobenie vodou, živinami, toxicita atď. Vznikli jedinečné rastlinné spoločenstvá, ktoré nemožno nájsť na inom type stanovišťa. Tvoria ich rastliny, schopné vytvárať tolerantné ekotypy ako napr. machy a lišajníky: rohozub purpurový (*Ceratodon purpureus*), dutohlávky (*Cladonia mitis. C. coniocraea, C. fimbriata C. pyxidata* a i.), lekanory (*Lecanora subaurea, L. handelii*), drevkatce (*Stereocaulon nanodes, S. incrustatum, S. paschale*), trávy: psinček obyčajný (*Agrostis capillaris*), psinček výbežkatý (*Agrostis stolonifera*), metlica krivoľaká (*Deschampsia/Avenella flexuosa*), tomka voňavá (*Anthoxanthum odoratum*), kostrava červená (*Festuca rubra*), byliny: silenka obyčajná (*Silene vulgaris*), knotovka červená (*Melandrium rubrum/Silene dioica*), štiavnička obyčajná (*Rumex acetosella/Acetosella vulgaris*), žerušničník piesočný (*Arabidopsis arenosa*), peniažtek modrastý (*Thlaspi caerulescens*), vres obyčajný (*Calluna vulgaris*), klinček kartuziánsky (*Dianthus carthusianorum*) (Banásová, 1976).

3.1.4.1 Vegetácia haldy pri Smolníku

Začiatky banskej činnosti v Smolníku siahajú do 11. storočia. Zo smolníckych rúd sa získavali meď, striebro, olovo, zlato a antimón (Bartalský, 1993). Z bohatých chalkopyritových šošoviek sa ťažili medené rudy a od 19. storočia pyritové rudy (Koděra et al., 1990). Aktívna banská činnosť zanechala stopy v krajine v podobe háld. Pochádzajú z rôzneho obdobia, a preto je na nich vyvinutá vegetácia v odlišných sukcesných štádiách (Banásová, 1983). Vyťažené medené aj železné rudy sa v 19. storočí zhutňovali v neďalekej Smolníckej Huti (Bartalský, 1993).

Bohaté pyritové rudy obsahovali 44 až 47 % S a približne rovnako aj Fe, obsah Zn sa pohyboval v rozsahu 0,4 až 0,7 % a Pb 0,1 až 0,3 %. Tmavá troska má rôznu veľkosť od 1–2 cm až po kusy dosahujúce 20–30 cm. Metalurgická troska patrí do skupiny vitrifikovaných materiálov, ktoré sa tvoria tavením v peciach a obsahujú rôzne množstvo horninového skla. V optickom mikroskope sa vo výbruse študovanej vzorky trosky z povrchu skládky odlíšili najmä živce, ktoré tvoria pekne vykryštalizované lištovité až ihlicovité kryštály v homogénnejšej matrix, tvorenej oxidmi a silikátmi, ale aj menšie množstvo skla a zrná pyritu. Ukázalo sa, že troska po rozrezaní úlomkov na platničky obsahovala v dutinách vo vnútri aj kúsky zuhoľnateného dreva, ktoré sa používalo pri starom spôsobne tavenia rudy. Na typicky nerovnom povrchu úlomkov trosky sa miestami nachádzajú hrdzavo-hnedé (okrové) oxidy železa. Okrová vrstvička je tvorená goethitom a pravdepodobne aj inými veľmi jemnozrnnými oxyhydroxidmi Fe, čo však bude treba overiť detailnejším výskumom. Troskové haldy predstavujú špecifické stanovište, pretože majú celý rad vlastností, ktoré obmedzujú možnosti existencie rastlín. Je to najmä nedostatok zeme, a s tým spojený nedostatok živín a vody. Troskové haldy sú navezené na alúviu potoka, takže vyššia vzdušná vlhkosť čiastočne nahrádza nedostatok vlahy v substráte. Zvetrávanie trosky a vytváranie jemnozeme prebieha veľmi pomaly. Podľa merania je vznikajúca pôda kyslá, má pH 4,8. Napriek zhutňovaciemu procesu, ktorým prešli vyťažené rudy, troska obsahuje v porovnaní s prirodzenými pôdami veľa medi, selénu, cínu a železa. Tým je ovplyvňovaný sortiment rastlín, ktoré tu môže rásť. Navážka trosky je charakteristická nízkym zastúpením vegetácie, pretože druhové zloženie je limitované schopnosťou adaptácie rastlín. Celková pokryvnosť vegetácie troskového komplexu dosahuje asi 40 %. Vegetácia je sústredená na malých ostrovčekoch o veľkosti 0,5 až 2 m^2. Na najvhodnejších miestach sa vytvárajú nesúvislé, mozaikovité porasty s osobitnou štruktúrou a so špecifickým druhovým zložením. Tvorí ho porast zložený

prevažne z viacerých druhov lišajníkov a s menším počtom tráv a bylín. Na miestach, kde chýba jemná zemina a humus, tam sa vôbec nenachádzajú vyššie rastliny len lišajníky. Epipetrické a terestrické lišajníky pokrývajú plochy niekoľko dm^2 až $1m^2$ a dodávajú porastom nápadnú fyziognómiu. Významný je výskyt potenciálne ohrozených druhov *Lecanora subaurea, L. handelii, Lecidea inops, Porpidia musiva, Stereocalon dactylophyllum, S. nanodes, S. vesuvianum.* Na povrchu trosky sa vyskytujú rôzne druhy kôrovitých lišajníkov z rodu *Lecidea*. Medzi troskou spolu s niektorými vyššími rastlinami rástli najmä zástupcovia rodu *Cladonia,* z nich nápadné 15–20 cm veľké žltozelené vankúšikovité trsy vytvárala *Cladonia arbuscula* subsp. *mitis*. Pokryvnosť ďalších dutohlávok (*Cladonia carneola, C. cervicornis* subsp. *verticillata, C. gracilis,* a *C. rei)* varírovala na rôznych plochách. Medzi kusmi trosky sa vyskytovali ďalšie potenciálne ohrozené druhy lišajníkov ako *Stereocaulon incrustatum, S. tomentosum* a *Pycnothelia papillaria. Z* tráv mal najväčšiu frekvenciu druh *Agrostis capillaris*. Často sa vyskytoval medzi lišajníkmi ako jediný z vyšších rastlín. Vďaka schopnosti vegetatívneho šírenia sa tvoril druh *Acetosella vulgaris* miestami kolónie o veľkosti 20×30 cm. Menej často sa vyskytovali aj ďalšie druhy *Gypsophila muralis* a *Silene dioica*. Na viacerých miestach, kde boli malé kusy trosky alebo malá vrstva navážky, a väčší obsah jemnozeme, vytváral vres (*Calluna vulgaris*) kolónie prerastené lišajníkom *Cladonia arbuscula* subsp. *mitis*. Okrem spomínaných rastlín sa ojedinele vyskytovali aj dreviny z náletu. Mali často zakrpatený vzrast, alebo oslabenú vitalitu, dorastali do výšky 20 cm až 1,5 zriedkavo 2 m. Výšku nad 3 m dosahovalo len niekoľko exemplárov brezy (*Betula pendula*) s bizarnými, zdeformovanými tvarmi. Asi dvojmetrové borovice (*Pinus sylvestris*) mali na starších vetvách anomálne sfarbené ihličie – chlorotické alebo úplne červené. Smrek (*Picea abies*) a jedľa (*Abies alba*) boli zriedkavé a dorastali maximálne do 0,5 m výšky. Na miestach, kde bola troska v malej vrstve, alebo bola premiešaná so zeminou, sa vytvárali riedke porasty vyšších rastlín a lišajníkov, blízke spoločenstvu *Cladonio mitis-Silenetum inflatae* opísaného z háld s vysokým obsahom medi na Slovensku. Byliny, ktoré sa vyskytujú na smolníckych troskových haldách, patria medzi druhy časté na haldách po ťažbe rúd na Slovensku (Banásová, 1976).

Súčasne sú to rastliny, ktoré sa vyskytujú aj na haldách po hlbinnej ťažbe pyritových rúd v Smolníku (Banásová, 1983).

Obrázok 1. Haldy po ťažbe medi a pyritu, Smolník (Zdroj: http://www.preshowminerals.szm.sk/bane/rudohorie/smolnik/04.jpg).

3.1.4.2 Vegetácia kalových polí ZSNP a.s. ŽIAR NAD HRONOM

Prejavom vplyvu antropogénnej činnosti na životné prostredie je i narušenie rovnováhy - homeostázy prostredia, a tým zmeny prirodzeného toku látok a energie, štruktúry ekosystémov, ich vzájomných väzieb a vzťahov a výrazného zníženia regeneračnej schopnosti krajiny. O strate ekologickej stability môžeme hovoriť aj v regióne Žiarskej kotliny. Dlhodobé používanie technológie výroby hliníka z bauxitovej rudy (názov je odvodený od mesta Les Baux vo Francúzsku) s veľkým množstvom toxického odpadu, spôsobuje zvyšovanie ekologickej lability prostredia. Región Žiaru nad Hronom je pod negatívne pôsobiacim ekologickým tlakom od r.1953, kedy prevádzka Závodu SNP a.s. postupnou intenzifikáciou zvýšila výrobu hliníka z pôvodných 48 tis. ton na 70 tis. ton. Rozšírením výroby oxidu hlinitého o Bayerovú vetvu vzrástla jej produkcia na 210 tis.ton z pôvodných 140 tis.ton. V roku 1985 rozhodný obrat v ekologickej situácií ZSNP spôsobila zásadná modernizácia výroby hliníka na elektrolýzu s vopred vypaľovanými anódami a prvé elektrolyzéry s komplexným čistením plynov boli uvedené do prevádzky v r. 1995. Nezanedbáva sa ani otázka ozelenenia skládky kalových polí na okraji priemyselnej zóny. „Červený gigant“ esteticky, ale najmä ekologicky narúša identitu a charakter krajiny Štiavnických vrchov. Potenciálna prirodzená vegetácia je zastúpená jaseň-brest-dubovými a jeľšovými lužnými lesmi. Je to územie so stredným zastúpením stromov a riedkym výskytom kríkov, vegetácia je silne ovplyvnená exhalátmi.

Fytogeneticky patrí územie do obvodu predkarpatskej flóry, endemity sa tu nevyskytujú. Územím prechádzajú vedľajšie migračné cesty vtákov. Geologický typ územia je montánna krajina mierneho pásma, kotlinová akumulačno-erózna krajina s kapilárnymi a pórovými podzemnými vodami, s ilimerizovanými pôdami a dubohrabinou, nivy s nivnými pôdami a mäkkým lužným lesom s jelšou lepkavou (Rožňovský a Litschmann, 2002).

V posledných rokoch prebieha na odkalisku primárna sukcesia, ktorá prechádza procesom postupných zmien prostredia, a výsledkom čoho sú spontánne sa vyvíjajúce spoločenstvá. V prvej etape vývoja spoločenstva dochádza k rýchlej výmene živín medzi biotickým a abiotickým subsystémom, ale v ďalších rokoch toto tempo klesá. Prejavilo sa to v zníženej ekologickej stabilite (až labilite) ekotopov v prostredí odkaliska, kde sa na takto blokovanom sukcesnom štádiu presadzujú rastliny prispôsobené extrémnym ekologickým podmienkam - stresom (vysoké pH, nedostatok živín a vlhkosti, vysoký obsah Na^{+}, nevhodné fyzikálne vlastnosti a pod.). Znaky adaptácie rastlín na tieto stresy veľmi rozmanitého charakteru sú hodnotené pomalým rastom, nízkou produkciou biomasy, dlhovekosťou (stromy, kry, trvalé trávy a byliny), vytrvalými asimilačnými orgánmi, ukladaním veľkej časti asimilátov do podzemných orgánov atď. Možno sem podľa charakteru kalu zaradiť typické halofytné spoločenstvá a podľa geobiocenózy vyskytujúce sa rastliny patria do spoločenstva radu - alkalofilné (Krížová, 1998).

Charakter kalu podmienil výskyt rastlín, ktoré znášajú suché až svieže pôdy, chudobné až stredne zásobené dusíkom a so širokou škálou pôdnej reakcie, od slabo kyslej cez neutrálnu až po bázickú. Veľký význam má i ich trvácnosť celé leto, čím môžu zabezpečiť dobrú porastovú mikroklímu i v suchom období. Rozširovanie diaspór je pri týchto druhoch zabezpečené pomocou vetra ale tiež vplyvom antropogénneho vplyvu, pravdepodobne z privezenej zeminy, použitej v substráte na rekultiváciu kalových polí (Kutílek, 1978).

Chemický proces zvetrávania sa prejavuje i vo vzniku rozptýlených kryštálikov karbonátov (Lacika, 1998).

Vytvorené trhlinky a pukliny v kale sa stali priestorom pre autochtónnu vegetáciu. Nedostatok minerálnych živín a ostatných pôdnych zložiek ovplyvnil výskyt hlavne nenáročných druhov a zrnitostné zloženie kalu nasmerovalo ujatosť predovšetkým druhov vyžadujúcich piesočnaté až štrkovité pôdy. Už v roku 1992 sa v prostredí kalového poľa hovorilo o „potenciálnej prirodzenej vegetácii“ ktorá vznikla pôsobením klimatických podmienok bez zásahu človeka. Rekognoskácia terénu kalového poľa umožnila zostaviť

zoznam vyskytujúcich sa rastlín: *Swida sanguinea* - svíb krvavý, *Salix caprea* - vŕba rakyta, *Salix cinerea* - vŕba popolavá, *Betula pubescens* - breza plstnatá, *Rosa canina* - ruža šípová, *Taraxacum officinale* - púpava lekárska, *Linaria vulgaris* - pyštek obyčajný, *Verbascum densiflorum* - divozel veľkokvetý, *Tussilago farfara* - podbeľ lekársky, *Melilotus officinalis* - komonica lekárska, *Onopordum acanthium* - ostropes obyčajný, *Eupatorium cannabinum* - konopáč obyčajný, *Artemisia vulgaris* - palina obyčajná, *Calamagrostis villosa* - smlz chĺpkatý, *Sinapis arvensis* - horčica roľná (Rožňovský a Litschmann, 2002).

Obrázok 2. Halda ZSNP a.s. Žiar nad Hronom (Zdroj: http://img.geocaching.com/cache/log/c7bce163-c5f0-4a02-a04d-3272525b97ab.jpg).

3.1.4.3 Vegetácia okolia huty v Krompachoch

Emisie z kovohút patria na celom svete medzi významné zdroje znečistenia prostredia. Huta na spracovanie surovín pre produkciu medi v Krompachoch 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_2, SO_3, ako aj pevnú zložku v podobe prachu s kovmi Cu, Zn, Pb, As (Hronec, 1996).

Negatívny vplyv emisií huty v Krompachoch na rastlinstvo zaznamenal Hajdúk (1963), a znečistenie pôd a rastlín z okolia huty ťažkými kovmi vyhodnotili Banásová a Hajdúk (1975).

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 Krompachoch. Zmenou výšky komína sa zmenila distribúcia imisií a ich negatívny účinok na vegetáciu sa prejavil vo väčšej vzdialenosti (Kaleta, 1992; Kaleta a Banásová, 1992).

V r. 1987 sa na svahu oproti huti väčšinou nachádzali trávne porasty blízke spoločenstvu *Arrhenatheretum elatioris*. 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 fľaky 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 (Banásová a Lackovičová, 2004).

Obrázok 3. Pozostatky huty v Krompachoch (Zdroj: http://pamiatky.custodea.com/images/spu/6/image/6811.jpg).

3.1.4.4 Vlastnosti pôd na všetkých haldách

Haldy sú tvorené textúrne pestrým materiálom pozostávajúcim najmä z amfibolitov a rudonosných hornín: aktinolitických bridlíc a fylitov s obsahom sulfidov, ktoré podliehajú intenzívnemu zvetrávaniu (oxidácii). Vplyv zvetrávania v materiáli banskej hlušiny sa prejavuje výkvetmi solí a povlakmi sekundárnych bližšie neurčených síranov (Fe, Al, Ca) a oxihydroxidov železa, ktoré tmelia haldový materiál. Rozšírenie pôd na haldách je v závislosti od vegetačného krytu prevažne mozaikové a viazané najmä na vrchnú plošinu háld. Na svahoch vzhľadom na pomerne veľký sklon nie sú vytvorené priaznivé podmienky pre rast rastlín a hromadenie odpadu. V študovanej oblasti sú dôležitými pedogenetickými faktormi substrát, reliéf, a klíma. Medzi okolitými prirodzenými pôdami prevládajú pôdy kambizemného typu, čo je spôsobené prevahou kryštalického substrátu. V menšej miere sú zastúpené rendziny a pararendziny. Klimatická diferenciácia horskej oblasti je príčinou rôznych podmienok priebehu základných pedogenetických procesov a vlastností sorpčného komplexu pôd. Prejavuje sa to hlavne pri pôdach kambizemného typu (Mašlár et al., 2001).

Morfologické vlastnosti pôd na haldách

Nadložné horizonty sú vyvinuté na všetkých haldách. Subhorizonty opadanky, drviny a meliny sú pri jednotlivých sledovaných profiloch premenlivé. Prechod do nižšie ležiaceho humusového horizontu je spravidla ostrý, ale tiež zreteľný až difúzny. Hrúbka humusových horizontov je malá (okolo 5cm) a mení sa v priestore. Najmenej hrubé humusové horizonty boli sledované pod porastom machov na silno skeletnatom substráte (0,5 – 1 cm). Prekorenenie je slabé až silné, závislé od vegetačného krytu. V horizontoch je vysoký podiel drobného skeletu a slabo rozloženej organickej hmoty. Prechod do nižšie položených horizontov je ostrý. V pôdach niektorých háld boli vyčlenené horizonty prechodu s rozdielnou mocnosťou. Humusový horizont je prevažne tmavohnedý, pri niektorých profiloch je farba zdedená od pôdotvorného substrátu – odtiene červenohnedej až čiernej (Mašlár et al., 2001).

Chemické vlastnosti pôd na haldách

Pôdna reakcia, ktorá bola sledovaná vo všetkých horizontoch (humusových a v horizontoch haldového materiálu), ukazuje na nízke hodnoty pH. Aktívne pH sa

nachádza v triedach od ultra kyslej po slabokyslú pôdnu reakciu. Do triedy ultra kyslosti patria väčšinou horizonty haldového materiálu. Pri väčšine sledovaných profilov klesá pH s hĺbkou. V podstate sa môžu vyčleniť dve skupiny profilov. V prvej skupine sa nachádzajú haldové pôdy so sorpčným komplexom extrémne nenasýteným a so strednými až nízkymi hodnotami sorpčnej kapacity. Druhú skupinu tvoria pôdy so slabo až extrémne nasýteným sorpčným komplexom a s vysokými hodnotami sorpčnej kapacity. Percento oxidovateľného uhlíka je pomerne vysoké, čo je spôsobené prítomnosťou nehumifikovanej organickej hmoty. Stupeň humifikácie je veľmi slabý. Z pomeru percentuálneho obsahu humínových látok a fulvokyselín vyplýva, že typ humusu na všetkých haldách je humátovo – fulvátový až fulvátový. Obsahy celkového dusíka sú pri jednotlivých profiloch nevyrovnané a pomer s celkovým uhlíkom ukazuje, že zásoba dusíka v pôde je veľmi nízka. Podľa zistení pôdotvorný proces na haldách od ukončenia banských prác prebieha samovoľne. Na haldách prebiehajú prirodzené, človekom neovplyvňované procesy, z ktorých sa uplatňuje najmä hromadenie humusu a procesy súvisiace so zvetrávaním sulfidov. Sled horizontov banskej hlušiny nevyplýva z pedogenetického procesu. Horizonty sú výsledkom navrstvovania banskej hlušiny pri ťažobných prácach. Postupné navážanie banskej hlušiny na haldu je príčinou rôznej mocnosti a zloženia vyčlenených horizontov. Materiál háld, v ktorom vďaka vysokému obsahu skeletu a nízkemu obsahu jemnozeme prevládajú najmä makropóry, podporuje rýchlu infiltráciu zrážkových vôd, ako aj ich nedostatočné zadržiavanie v profile. Vysoká priepustnosť umožňujúca premyv priaznivo vplýva na postupnú detoxikáciu materiálu vrchných vrstiev háld. Na druhej strane sú však vplyvom extrémnych textúrnych podmienok vytvorené nepriaznivé vlhkostné podmienky limitujúce rozvoj vegetácie a pôd. Chemickou vlastnosťou substrátu, vplývajúcou v rozhodujúcej miere na genézu sledovaných pôd je obsah rudných minerálov v haldovom materiáli. Vzhľadom na hodnoty pH a obsah sulfidov môžeme materiál tvoriaci haldy pokladať za sulfatický. Porovnanie výsledkov hodnotenia kvality humusu haldových pôd a výsledkami analýz humusu rôznych pôdnych typov publikovaných viacerými autormi poukazuje na to, že na haldách vznikajúci humus zodpovedá svojou kvalitou najmä humusu ochrických a melanických horizontov nenasýtených a kyslých (dystrických) kambizemí a kyslých rankrov. Z hľadiska veku skúmaných pôd a limitujúcich faktorocv, ktoré vznik týchto pôd ovplyvňuje, by však bolo vhodné považovať tieto pôdy za iniciálne a to za regozeme psefitické (Mašlár et al., 2001).

3.2 Rastlinné druhy na haldách Slovenska – botanická charakteristika

3.2.1 Machy a lišajníky

Dutohlávka riasnatá - *Cladonia fimbriata*
Čeľaď: Dutohlávkovité (*Cladoniaceae*)

Plodnice sú 1-3 cm vysoké. Poháriky sú pri okraji hladko rozšírené alebo krátko stopkaté. Tu sa tvoria hnedé sorédiá, ktorými sa táto dutohlávka rozmnožuje a sú umiestnené na okraji pohárika. Kmienok vyrastá zo stielky a je múčnatý, niekedy aj šupinatý, farby zelenkastý až našedlý, v dolnej časti biely, držiaci výrazný vrcholovitý pohárik. Stielka sa skladá z prízemných šupín, ktoré sú drobné a na okraji vrúbkované, farby šedozelenej alebo olivovo zelenej, na rube sú však biele a smerom k báze hnedé až čierne (Antonín, 2006).

Obrázok 4. Dutohlávka riasnatá (Zdroj: http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/10/22/Cladonia-fimbriata/lubica_k_176482.jpg).

Rohozub purpurový - *Ceratodon purpureus*
Čeľaď: Útlovláskovité (*Ditrichaceae*)

Palístky vajcovito až čiarkovito kopijovité, s obvykle výrazne preloženým okrajom, pod špičkou aspoň na niektorých listoch jemne až hrubo zúbkaté. Rebro veľmi variabilné, v hornej časti zvyčajne purpurovo naakumulované, spravidla končí v špičke, ale niekedy aj pomerne dlho vybiehavé alebo končiace pod špičkou, na priereze s jedným radom vodcovských buniek, slabo vyvinutými ventrálnymi a dobre vyvinutými dorzálnymi stereidami. Bunky v strednej časti listu 9-12 mikrometrov široké, isodiametrické, nevýrazne dlhšie na báze a pod špičkou. Štetiny spravidla purpurové až hnedé, vzácnejšie oranžové. Kapsula priama až takmer horizontálna, na báze so strumou, pozdĺžne brázditá, 1-2 mm dlhá. Vítrusy 11-14 mikrometrov (Burley a Pritchard, 1990).

Obrázok 5. Rohozub purpurový (Zdroj: http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/03/26/Ceratodon-purpureus/karol_ox_146980.jpg).

3.2.2 Byliny

Žerušničník piesočný – *Cardaminopsis arenosa*
Čeľaď: Kapustovité (*Brassicaceae*)

Jednoročná, dvojročná, niekedy i trváca bylina s tenkým zväzkovitým koreňom. Stonka je rozlične vysoká (od 30 až do 100 cm), priama, rozkonárená, hore lysá, smerom k báze hustejšie chlpatá. Listy tvoria prízemnú ružicu: byľové listy sú lýrovito členité

a drapľavé od rozkonárených chĺpkov. Horné listy sú pokryté hviezdicovitými chĺpkami; sú obyčajne jednoduché, skoro čiarkovité. Kvety sú usporiadané v hustom strapci. Kališné lístky sú chlpaté. Vonkajšie sa vakovito zužujú k dolnému okraju. Korunné lupienky sú obráteno vajcovité, biele, ružovkasté alebo fialové. Šešule majú zaujímavý tvar, a to tým, že sú veľmi nezreteľne delené. Kvitne od začiatku júna do konca septembra (Randuška, 1983).

Obrázok 6. Žerušničník piesočný (Zdroj: http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/06/03/Cardaminopsis-arenosa/pavol_keselak_155396.jpg).

Peniažtek prerastenolistý – *Thlaspi perfoliatum*
Čeľaď: Kapustovité (*Brassicaceae*)

Jednoročná ozimná bylina, vysoká najviac do 20 cm. Jej byle sú od spodku rozkonárené. Listy v prízemnej ružici sú široko kopijovité, celistvookrajové. Listy byle sú podlhovasto vajcovité, na spodku s veľkými objímavými a zaokrúhlenými uškami. Kalich je zelený, často s červenkastým odtieňom. Korunné lupienky sú asi jeden a pol krát až dvakrát dlhšie ako kalich, biele. Súkvetie je buď plocho guľovito až tanierovitý chocholík, alebo i koncový predĺžený strapec. Šešulky sú obráteno vajcovité, obráteno srdcovité, lyžičkovito prehĺbené, na spodku vypuklé. Smerom k stopke sa postupne klinovito zužujú. Sú 4-56 mm dlhé, pričom ich obruba sa k báze zužuje. Na apikálnom konci sú nerovnako elipsovito vykrojené. V ich púzdrach sú po štyri semená. Kvitne od konca apríla do konca júna (Randuška, 1983).

Obrázok 7. Peniažtek prerastenolistý (Zdroj: http://botany.cz/foto/thlaspij3.jpg).

Vres obyčajný – *Calluna vulgaris*
Čeľaď: Vresovcovité (*Ericaceae*)

Krík až 50 cm vysoký, poliehavý, s vystúpavými konármi. Listy trváce, sediace, štvorradovo škridlicovité, šupinkovité, čiarkovité alebo ihlicovité, na okraji podvinuté, 2-3,5 mm dlhé, na báze s 2 uškami. Súkvetie jednostranný strapec na koncoch konárov. Kvety krátko stopkaté, ovisnuté, na báze so 4 malými vajcovitými, na okraji dlho brvitými listeňmi. Kalich trváci, 4 mm dlhý, štvordielny, svetlo fialovoružový, lesklý. Koruna zvonkovitá, štvorlaločnatá, 2-3 mm dlhá, svetlo fialovoružová, vzácne biela. Tyčiniek 8, semenník štvorpúzdrový. Plodom je vajcovitá alebo guľovitá chlpatá tobolka (Futák, 1982).

Obrázok 8. Vres obyčajný (Zdroj: http://snaturou2000.sk/uploads/2009/08/plant/vres-obycajny/cal_vul-500x337.jpg).

Silenka obyčajná – *Silene vulgaris subsp. vulgaris*
Čeľaď: Silenkovité (*Silenaceae*)

Trváca, trsnatá, 30-50 cm vysoká bylina. Jej byľ, ktorá vyrastá z viachlavového podzemku, je vystúpavá, naspodu drevnatejúca. Rastlina vytvára prízemnú ružicu listov. Listy sú kopijovité alebo elipsovité, 20-60 mm dlhé, končisté, celistvookrajové, lysé. Najčastejšie sú sivasto zelené alebo oinovatené. Spodné sú krátkostopkaté, byľové sú stopkaté. Listy v súkvetí sa menia na úzke a zelené listene. Súkvetie je dvojramenný, pomerne riedky vrcholík, zložený z obojpohlavných alebo len jednopohlavných kvetov. Jednotlivé kvety majú bruškatý, výrazne nafúknutý kalich, ktorý je bielej farby a má vždy nápadnú zelenú alebo červenkastú sieťovitú žilnatinu. Jeho zuby sú pomerne široké, trojuholníkovité. Korunné lupienky majú dve časti. Plod – vajcovitá tobolka – je uzavretá v trvácom kalichu. Semená sú drobné, okrúhlasté, pokryté hustými a krátkymi zúbkatými chlpami. Kvitne od polovice mája do polovice novembra (Randuška, 1983).

Obrázok 9. – Silenka obyčajná (Zdroj: http://slovenskevrchy.wbl.sk/Silene_vulgaris_-_Silenka_obycajna.JPG).

Klinček kartuziánsky vrchovský – *Dianthus carthusianorum subsp. montivagus*
Čeľaď: Silenkovité (*Silenaceae*)

Trváca, husto trsnatá, holá rastlina s mocným rozkonáreným podzemkom, z ktorého vyrastajú početné kvitnúce i kratšie nekvitnúce stonky. Kvitnúce stonky sú priame, v

najhornejšej časti štvorhranné, zriedka rozkonárené. Listy sú protistojné, sediace, čiarkovité, končisté, na báze zrastajú často do veľmi dlhej pošvy. Kvety sú sediace, nakopené (6–12) v koncovom zväzočku vidlíc. Kalich je valcovitý, mnohoţilový, aspoň v najhornejšej časti a na končistých zuboch tmavopurpurový alebo hnedočervený. Korunné lupienky sú široko vajcovité, vpredu zúbkaté, ruţové alebo purpurovočervené, na líci zvyčajne krátko briadkaté, zriedkavejšie holé. Kvitne od júna do konca augusta. Tobolka je podlhovastá s početnými ploskými, okrúhlastými semenami (Červenka, 2004).

Obrázok 10. Klinček kartuziánsky vrchovský (Zdroj: http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2008/05/14/Dianthus-carthusianorum/tomas_margetin_106975.jpg).

Štiavička obyčajná – *Acetosella vulgaris*
Čeľaď: Stavikrvovité (*Polygonaceae*)

Trváca, 15-30 cm vysoká bylina s rozkonáreným podzemkom, na ktorom sú početné adventívne púčiky. Byle sú holé, jednoduché, v súkvetí rozkonárené, červenkasté. Listy sú veľmi premenlivého tvaru, dolné dlhostopkaté, horné sediace so suchoblanitou rozstrapkanou rúrkou, sú jednoduché, celistvé, kopijovité so šípovitou až oštepovitou, jednoduchou až mnohozárezovou bázou. Kvety sú usporiadané v riedkej pretrhovanej strapcovej metline, jedno aj obojpohlavné. Kvety sú krátkostopkaté, okvetných lístkov je 6;

vonkajšie sú kratšie, končisté, vnútorné vajcovité a kožovité. Sú trváce, nemajú mozolčeky. Plod je trojboká jednosemenná hnedá nažka. Kvitne od mája do septembra (Randuška, 1983).

Obrázok 11. Štiavička obyčajná (Zdroj: http://farm4.static.flickr.com/3021/2965486282_2806f9e71c.jpg).

Knotovka červená – *Melandrium rubrum*
Čeľaď: Silenkovité (*Silenacea)*

Trváca, 20 až 70 cm vysoká, dvojdomá bylina. Byľ priama, málo vetvená, chlpatá, pod kvetom žľaznato chupatá, na báze zo sterilnými výbežkyami. Listy sú na rube pýrité, prízemné, elipsovité alebo vajcovité, v stopke zúžené, dolné stonkové eliptické až vajcovité, stredné a horné vajcovito kopijovité, prisadlé, špicaté. Kvety sú vidlicovité, u samčích rastlín bohatšie. Kvety jednopohlavné, kalich chlpatý a žľaznatý, u samčích kvetov trubkovitý, 10 žilný, u samičích vajcovitý a 20 žilný. Korunné lístky dvojklanné, purpurové, s pakorunkou. Kvitne v máji až júl (http://botanika.wendys.cz/kytky/K326.php).

Obrázok 12. Knotovka červená (Zdroj: http://im.atlasrostlin.cz/knotovka-cervena/566/5661-plant_main-imqku.png).

3.2.3 Trávy

Psinček obyčajný – *Agrostis tenuis*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Trváca trstnatá tráva, vysoká 20 až 80 cm, s krátkymi podzemnými výbežkami. Steblá priame alebo kolienkato vystúpavé, holé, pod súkvetím často drsné. Listy zelené, holé. Čepele listov dlhé až 15 cm, široké 1-5 mm, ploché, na vrchole dlhokončisté. Jazýček je krátky, dlhý len 0,5-2 mm, uťatý. Metlina dlhá až 20 cm. Konáriky metliny aj po odkvitnutí šikmo až rovnovážne odstávajúce. Klásky nie sú nakopené, dlhé 2-3 mm, 1-kveté, prevažne s červenofialovým nádychom, zakryté približne rovnako dlhými kláskovými plevami. Plevice prevažne bezostité, elipsovitäé, 3-žilové. Plievočky asi o polovicu kratšie ako plevice. Kvitne od júna do augusta (Grau et al., 1998).

Obrázok 13. Psinček obyčajný (Zdroj: http://www.agroatlas.ru/content/related/Agrostis_tenuis/Agrostis_tenuis.jpg).

Psinček poplazový (výbežkatý) – *Agrostis stolonifera*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Trváca trstnatá tráva, ktorá bohato listnatými nadzemnými výbežkami utvára niekdy rozsiahle porasty. Steblá vysoké 20-80 cm, priame alebo kolienkato vystúpavé, na kolienkach zakoreňujúce, holé. Čepele listov pomerne tuhé, primo odstávajúce, pozvoľna končisté, dlhé až 10 cm, široké až 6 mm. Jazýček dlhý asi 6 mm, končistý, niekedy strapkatý. Metliny dlhé 10-12 cm, v čase kvitnutia rozložité, neskôr stiahnuté, konáriky metliny vyrastajú v praslenoch. Klásky malé, dlhé len 1-2 mm, 1-kveté, zakryté približne rovnako dlhými kláskovými plevami. Plevice kratšie ako kláskové plevy, bez osti, vajcovité, 5-žilové. Kvitne od júna do augusta (Grau et al., 1998).

Obrázok 14. Psinček výbežkatý (Zdroj: http://www.visoflora.com/images/inter/med-agrostide-blanche-2----agrostis-stolonifera-visoflora-33840.jpg).

Metluška krivoľaká – *Avenella flexuosa*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Trváca, v riedkych trsoch rastúca hlboko koreniaca tráva, vysoká asi 30 až 70 cm. Steblá priame alebo na báze vystúpavé, veľmi pevné a tenké, hladké, s 1-3 kolienkami. Pošvy listov na chrbte oblé, smerom hore slabo drsné. Jazýček tupý, dlhý až 3 mm, väčšinou však veľmi krátky. Čepele listov štetinovité, končisté, dlhé asi 20 cm, zelené, holé, tuhé. Metlina veľmi riedka a voľná, dlhá až 15 cm, široká asi 10 cm. Vreteno metliny vlnovito krivolaké, drsné, veľmi tenké. Klásky 2- až 3-kveté. Plevice s hnedou osťou, dlhou 4-7 mm. Kvitne od júna do júla (Grau et al., 1998).

Obrázok 15. Metluška krivoľaká (Zdroj: http://herbar.szas.cz/doc/uploadovane//2010-11-14_21-11_72775540006_Avenella_flexuosa.jpg).

Metlica trsnatá – *Deschampsia caespitosa*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Trváca, veľmi husto trsnatá tráva, vysoká 20 až 200 cm, s početnými priamymi pomerne tuhými, tenkými alebo hrubými hladkými steblami, s 1-3 kolienkami. Pošvy listov na chrbte slabo kýlnaté, v smere nahor hladké alebo mierne drsné. Jazýček veľmi úzky, ale aj veľmi dlhý (až 15 mm). Čepele ostrokončisté, ploché, na líci rebernaté, s výrazne vystupujúcimi, drnými a ostrokýlnatými pozdĺžnymi rebrami, široké až 5 mm, dlhé asi 10-60 cm, iba pri dlhotrvajúcom suchu mierne zvinuté. Metlina veľmi veľká, úzkoihlanovitá, dlhá 10 až 50 cm, priama, voľná, zelenkastá alebo oranžovostriebristá, s ľahkým purpurovým nádychom. Konáriky metliny veľmi tenké a drsné, dolné praslenovité, po 2-4, horné jednotlivé. Klásky úzke, dlhé až 6 mm. Plevice s tenkou, priamou, až 4 mm dlhou osťou, ktorá nevyčnieva z kláska. Kvitne od júna do septembra (Grau et al., 1998).

Obrázok 16. Metlica trsnatá (Zdroj: http://www.agrostis.cz/galerie/atlastrav/21/01.jpg).

Tomka voňavá – *Anthoxanthum odoratum*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Trváca trsnatá tráva s priamymi tenkými alebo hrubšími hladkými nerozkonárenými a tuhými steblami, vysokými 10-50 cm s 1-3 kolienkami. Jazýček dlhý 1 až 5 mm, tupý. Pošvy listov na vrchole bradatochlpaté, na chrbte oblé. Čepele listov

dlhokončisté, zelené, široké až 5 mm, dlhé až 15 cm, ploché, roztrúsene chlpaté alebo takmer holé. Metlina klasovitá, pomerne husto stiahnutá, podlhovastovajcovitá, dlhá 1 až 10 cm, široká až 15 mm, zelená alebo purpurová. Klásky dlhé až 10 mm. Plevice silnejšou zahnutou osťou. Po rozotretí intenzívne vonia kumarínom. Kvitne od apríla do júla (Grau et al., 1998).

Obrázok 17. Tomka voňavá (Zdroj: http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/05/04/Anthoxanthum-odoratum/milan_zajac_151653.jpg).

Kostrava červená – *Festuca rubra*
Čeľaď: Lipnicovité (*Poaceae*)

Veľmi variabilný heterogénny agregovaný druh s nasledovnými spoločnými znakmi: trváca, prevažne v riedkych trsoch, zriedkavo husté porasty tvoriaca tráva, s pomerne dlhými podzemnými výbežkami. Steblá vysoké 20-80 cm, viac-menej tuhé a priame. Pošvy listov takmer úplne uzavreté, neskôr rozpadavé. Jazýček listov veľmi krátky, utvorený prevažne len ako úzky blanitý lem. Čepele prízemných listov pozdĺžne zložené, hrubé, štetinovité a pomerne tuhé. Čepele steblových listov prevažne ploché, matnozelené alebo sivozelené. Metlina priama, voľná, len málo rozkonárená, konáriky metliny priame, spodný konárik dosahuje asi do polovice metliny. Klásky dlhé až 10 mm,

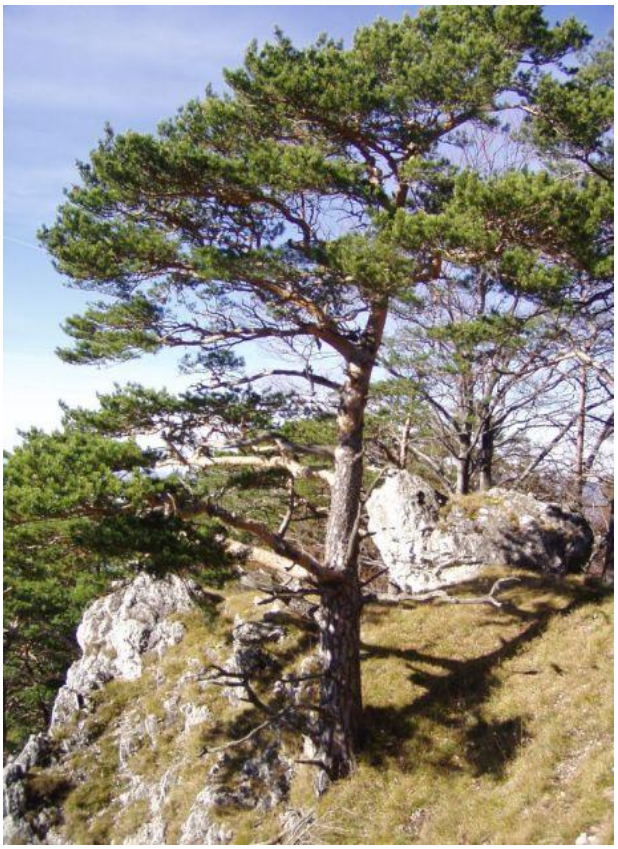
4- až 6-kveté. Kláskové plevy hrotité alebo krátkoostité. Plevice ostité, dlhé 1-2 mm. Kvitnutie je druhovo špecifické, od apríla do októbra (Grau et al., 1998).

Obrázok 18. Kostrava červená (Zdroj: http://www.british-wild-flowers.co.uk/00%20Paul%20Shannon/Festuca-rubra-2.jpg).

3.2.4 Dreviny

Borovica lesná – *Pinus sylvestris*
Čeľaď: Borovicovité (*Pinaceae*)

Drevina, ktorá dosahuje výšku 30-35 m, koruna je riedka, rozložitá až dáždnikovitá, v mladosti kužeľovitá. Borka je škoricovohnedá až červenkastá, predovšetkým v hornej časti kmeňa, oddeľuje sa v tenkých plátkoch, na báze kmeňa je hrubšia, hlboko rozbrázdená a sivohnedá. Mladé výhonky sú zelené, koncom vegetácie sivožlté. Listy sú ihlicovité, na mladých jedincoch dlhé približne 5-9 cm, na starých 3-5 cm, usporiadané sú vo zväzkoch po dvoch, sú stočené, modrozelené, vyrastajú z tenkej pošvy, ktorá skoro opadáva. Pošva je sivá, dlhá je približne 5-8 mm. Samčie šištičky sú žlté alebo ružové a vyrastajú na báze letorastov. Šiška je vajcovitá, dlhá do 4-8 cm, najskôr zelená po dozretí sivozelená až hnedá (Hrubík et al., 2008).



Obrázok 19. Borovica lesná (Zdroj: http://www.sopsr.sk/velkafatra/uzemia/borovica.jpg).

Breza previsnutá – *Betula pendula*
Čeľaď: Brezovité (*Betulaceae*)

Drevina, ktorá dorastá do výšky 25-30 m a vytvára riedku rozložitú korunu. Konce konárov sú charakteristicky previsnuté. Štíhly kmeň je pokrytý tenkou, papierovitou bielou kôrou s čiernymi škvrnami, ktorá sa odlupuje v prstencovitých pásoch. Mladé výhonky a listy sú lepkavé. Striedavé, krátko stopkaté listy majú oválne končistú až trojuholníkovitú čepeľ a na oboch stranách rovnaké svetlozelené sfarbenie. Báza listov je zaokrúhlená alebo široko klinovitá, takže čepeľ niekedy nadobúda kosoštvorcový tvar. Okraj listu je dvojite zúbkatý. Samčie kvety sú usporiadané v dlhých žltkastých jahňadách. Vzpriamené samičie súkvetia sú kratšie a tenšie. Po opelení začiatkom jari sa z nich vyvíjajú malé šisky, ktoré sa po dozretí rozpadávajú a uvoľňujú semená. Plodmi sú drobné achény (nažky) s dvoma krídlami, ktoré vietor unáša na veľké vzdialenosti (Banfi, 2001).

Obrázok 20. Breza previsnutá (Zdroj: http://slnieckova.sk/images/breza-previsnuta-1109_jpg_290x600_q85.jpg).

Vŕba rakytová – *Salix caprea*
Čeľaď: Vŕbovité (*Salicaceae*)

Ker 3 – 5 m vysoký, často strom 6 – 12 m vysoký s hustou košatou korunou. Letokruhy hnedozelené, lysé. Listy elipsovitého alebo vajcovitého tvaru, zriedka takmer zaokrúhlené alebo vajcovito-kopijovité, 6 – 11 cm dlhé a 3 – 5 cm široké, nepravidelne pilovité, na líci tmavozelené, vráskaté. Na spodnej strane šedobiele, chlpaté, 7 – 10 párov žiliek. Stopka listov 1 – 2 cm dlhá. Palisty veľké, polosrdcovité, dlho vytrvalé. Jahňady elipsovité, samičie valcovité, 2,5 – 3,5 cm dlhé. Na báze s niekoľkými šupinovitými listeňmi. Kvetné listene takmer čierne, chlpaté, samčie kvety majú dve tyčinky, samičie majú stopkatý, chlpatý semenník a krátku čnelku. Kvitne v marci až apríli (Koblížek, 2006).

Obrázok 21. Vŕba rakytová (Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Salix_caprea_036.jpg).

Topoľ osika – *Populus tremula*
Čeľaď: Vŕbovité (*Salicaceae*)

Drevina, ktorá dorastá do výšky 30 m. Korunu má valcovitú. Koreňová sústava je plytká. Kôru má hladkú, žltosivú. Konáre sú tenké. Listy má okrúhle až okrúhlasto vajcovité, dlhé 3-8 cm, nepravidelne dlho zúbkaté. Stopky sú dlhé a svojim splošteným tvarom spôsobujú známe chvenie listov pri najmenšom vánku (Hrubík, 2006).

Obrázok 22. Topoľ osika (Zdroj: http://stezka.hamerskypotok.cz/media/rostliny/topol_osika02.jpg).

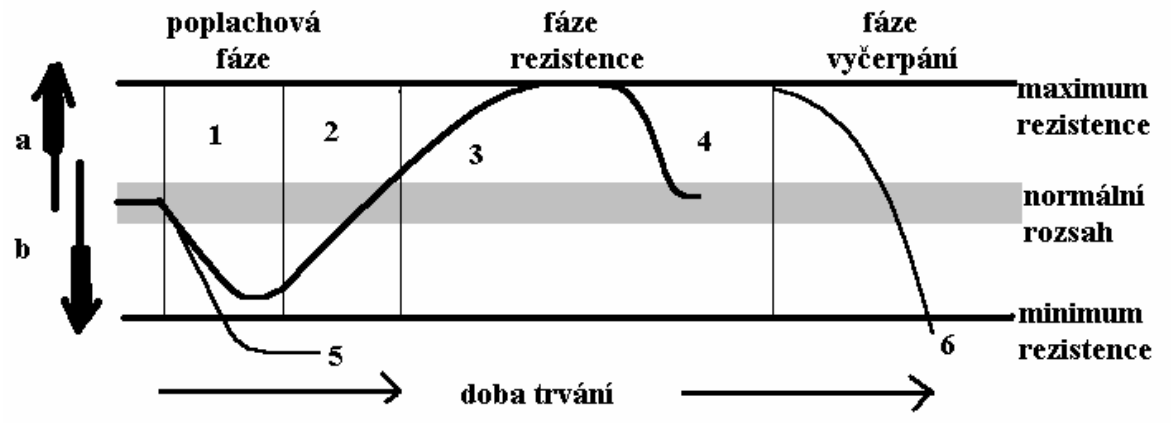
3.3 Stresové situácie rastlín a živočíchov vyplývajúce z antropogénnych aktivít

Stres je slovo, ktoré sa v súčasnej dobe skloňuje vo všetkých pádoch a vo všeobecnom povedomí sa týka hlavne človeka a živočíchov. Stres však postihuje aj rastliny, čo je predmetom seriózneho vedeckého výskumu. Človek vystupuje ako neuvedomelý stresový faktor pre rastlinu, kedy spôsobuje svojou činnosťou (napr. priemyselnou) úbytok a zmeny v zložení rastlinstva, či dokonca zánik rastlinných druhov. Dnes je prakticky neoddiskutovateľné, že človek je jedným z dôležitých stresových faktorov vo vzťahu k vývoju svetovej flóry (Bláha et al., 2003).

Rastliny sú v priebehu svojho života vystavené pôsobeniu mnohých stresových faktorov biotickej a abiotickej povahy (napr. ťažké kovy), ktoré môžu nielen spomaľovať ich životné funkcie, ale takisto poškodzovať jednotlivé orgány a v krajnom prípade viesť k uhynutiu rastliny. Pôsobenie stresových faktorov môže vyvolávať u rastlín oxidatívny

stres, charakteristický prudkou prechodnou tvorbou veľkého množstva aktívnych foriem kyslíka (AFK) a k porušeniu rovnováhy medzi produkciou a odbúravaním AFK (Ducsay, 2011).

Na živé organizmy však nikdy nepôsobia len jednotlivé faktory vonkajšieho prostredia, ale celý komplex vplyvov, abiotických (fyzikálnych a chemických) a biotických (živých organizmov vrátane človeka), ktoré vstupujú do vzájomných interakcií. Negatívne vonkajšie vplyvy – stresory, pôsobia na celú rastlinu, t.j. na korene, nadzemné časti i na vyvíjajúce sa semená. Rastliny resp. rastlinné druhy sú prispôsobené k vykonávaniu všetkých veľmi dôležitých životných funkcií za pomerne značného kolísania faktorov vonkajšieho prostredia. Pri pôsobení stresorov môže rastlina dosiahnuť nový rovnovážny stav na základe činnosti kompenzačných procesov. Pri nezvládnutí vplyvov stresorov dochádza k uhynutiu rastliny. Skupina reakcií, ktoré sa spustia pod vplyvom stresorov, sa nazývajú stresová reakcia (poplachová fáza – reštitučná fáza – fáza rezistencie – fáza vyčerpania). Poplachová fáza je zahájená bezprostredne po účinku stresorov, kedy sú ich pôsobením narušené bunkové štruktúry a životné funkcie rastliny. V reštitučnej fáze nedochádza k prekročeniu letálnych medzí a k úhynu, začínajú pracovať kompenzačné mechanizmy. Tieto mechanizmy smerujú k zvýšenej odolnosti rastliny – fáza rezistencie. Pri dlhodobom a intenzívnom vplyve stresorov nemusí byť odolnosť rastliny vždy trvalého charakteru a môže dôjsť opäť k jej poklesu vo fáze vyčerpania. Výsledkom stresovej reakcie je určitá úroveň adaptačnej schopnosti (Bláha et al., 2003).



Obrázok 23. Schéma priebehu stresovej reakcie: a - normálny stav, b - stav núdze, 1 - stresová reakcia, 2 - reštitúcia, 3 - otužovanie, 4 - prispôsobenie, 5 - akútne poškodenie, 6 - chronické poškodenie (Procházka et al., 2003).

.

3.3.1 Vplyv ťažkých kovov na rastliny

K ťažkým kovom patria nevyhnutné, životne dôležité prvky pre výživu organizmov ako meď (Cu), železo (Fe), zinok (Zn), kobalt (Co) a selén (Se), ako aj neesenciálne kovy, ktoré sú potenciálne toxické: ortuť (Hg), olovo (Pb) a kadmium (Cd) (Beneš, 1994).

V dôsledku antropogénnej činnosti človeka dochádza ku kontaminácii jednotlivých zložiek životného prostredia vzduch - voda - pôda rôznymi kontaminujúcimi látkami, z ktorých sa v posledných rokoch venuje zvýšená pozornosť ťažkým kovom v pôdach a hlavne v rastlinách. Veľmi často ťažké kovy, ktoré sa dostanú do pôdy, sú nedostupné pre rastliny. Vplyvom procesov, prebiehajúcich v pôde, však časť ťažkých kovov prechádza do biologicky dostupných foriem a je prijímaná rastlinami, čím dochádza ku kontaminácii rastlinnej produkcie (Cibulka, 1991; Petříková, 1990).

Koncentrácie ťažkých kovov v pôde závisia od počasia a atmosféry. Prírodnými zdrojmi ťažkých kovov sú napr. sopečná činnosť. Ľudské aktivity ako baníctvo, ťažba nerastných surovín, kovospracujúci priemysel, fosforečné hnojivá vedú k emisiám ťažkých kovov a k ich akumulácii v ekosystémoch (Galloway et al., 1982).

Pôdy s vyššou koncentráciou ťažkých kovov (Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Mn, Mg, Cd, Se) sa objavujú na materských horninách, ktoré sú z nášho hľadiska obvykle rudami. Prítomnosť týchto kovov narušuje otváranie prieduchov, narušuje dýchanie, znižuje fotosyntézu a rast. Na takýchto pôdach rastú len špecializované rastliny nazývane metalofyty. Výskyt ťažkých kovov v prírode súvisí väčšinou s ľudskou činnosťou. Pôdy vzniknuté na banských haldách obsahujú veľké množstvo ťažkých kovov. V tomto prípade sa síce jedná o prirodzený výskyt ťažkých kovov v pôde, ale činnosťou človeka môžu byť odpadové toxické materiály z háld premiestnené na iné miesta, kde sa pôvodne ťažké kovy nevyskytovali. Najčasťejšie je pôda kontaminovaná ťažkými kovmi priemyselnou činnosťou človeka, ale tiež vplyvom rozvíjajúcej sa automobilovej dopravy. Selektivita príjmu ťažkých kovov u rastlín je nedostatočná a ióny týchto prvkov su veľmi ľahko prijímané koreňami rastlín. Pre niektoré druhy rastlín sú ťažké kovy toxické i v malých koncentráciách. Tieto ióny po prijatí koreňom inaktivujú radu enzýmov a redoxných systémov. Obmedzený je aj rast koreňov. Najvyššie koncentrácie ťažkých kovov sú pri chemických rozboroch nájdené práve v koreňoch, do nadzemných častí sú ťažké kovy transportované len čiastočne a inhibujú tam fotosyntézu a transpiráciu. K znižovaniu fotosyntézy rastlín môže dochádzať v dôsledku uzatvárania prieduchov, poškodením

chloroplastov a blokovaniu niektorých enzýmov. Odolné rastliny sťažujú prístup iónov do cytozolu rôznymi cestami, selektivitou membrán, zrýchleným rozkladom poškodených proteínov, tvorbou fytochelatínov, ktoré inaktivujú ióny ťažkých kovov väzbou na chelátové komplexy (Bláha et al., 2003).

Ťažké kovy sú viazané na anorganické a organické pôdne komponenty a na humus. Na rozpustnosť a pohyblivosť ťažkých kovov vplývajú zložité procesy, od ktorých závisí ich premena v pôde. Dostupnosť kovov pre rastliny, teda ich toxicita závisí od zložitých reakcií týkajúcich sa nielen výmenných procesov medzi pôdou a rastlinami ale tiež mikrobiálnou aktivitou, zo zreteľom na mykorízne huby, ktoré zohrávajú významnú úlohu. Prístupnosť kovov ku koreňom je obmedzená. Vnútri koreňa sú kovy transportované podľa stupňa ich koncentrácie. Najviac sa ich akumuluje v bunkovej stene. Schopnosť akumulácie je špecifická pre každý rastlinný druh i pre jednotlivé rastlinné orgány (Suchara a Sucharová, 2003).

3.3.1.1 Vplyv zinku na rastliny

Ťažký kov zinok sa dostáva do pôdy a vody vo väčších množstvách a jeho ióny prijímajú korene rastlín ľahko, pretože selekcia transportných proteínov je nedostatočná pre ich rozlíšenie od prvkov nevyhnutných pre život rastlín. K najväčšiemu hromadeniu zinku dochádza v koreňoch makrofytov. pH prostredia priamo ale aj nepriamo určuje ekologické podmienky pre existenciu makrofytov, napr. vplyvom na pohyblivosť rizikových prvkov v prostredí, prístupnosť živín a ich príjem rastlinami, adsorpciu a desorpciu katiónov (Plesník, 2003).

Zinok (Zn) je esenciálny mikroprvok pre rastliny, ale môže pôsobiť aj toxicky, ak sa v organizmoch nachádza vo vysokých koncentráciách (Ducsay, 2011).

Výskyt toxického pôsobenia zinku v životnom prostredí býva spojený s antropogénnou činnosťou, predovšetkým s emisiami z hút. Koncentrácia Zn v listoch rastlín vyššia ako 100 ppm má pre celú radu rastlín za následok zníženie úrody, pokles turgoru a prejavy toxicity podobnej chlorózam zpôsobeným nedostatkom Fe (Brown et al., 1993)

Vysoká koncentrácia Zn v rastline tiež obmedzuje príjem Mn rastlinou. Toxická hladina zinku obmedzuje rast rastliny, predovšetkým koreňov (Brune et al., 1994).

Pri vysokej koncentrácii obmedzujúcej rast koreňov sa obsah Zn najviac zvýšil v priestore apoplastu, ďalej v epidermálnych bunkách a mezofylových vakuolách. Toxická

hladina Zn inhibuje fotosyntézu v rôznych stupňoch a odlišnými mechanizmami. Obmedzenie aktivity je spôsobené pravdepodobne konkurenciou s mangánom a inhibíciou fotosystému II premiestnením mangánu v membránach thylakoidov (Monnet et al., 2001).

Významnú rolu hrá zinok pri tvorbe rastových hormónov. Ovplyvňuje syntézu tryptofánu, z neho vzniká kyselina ß-indolyloctová, zaraďená do skupiny rastlinných auxínov. Nízky obsah kyseliny ß-indolyloctovej v rastlinách majúcich nedostatok zinku môže byť dôsledkom inhibície ich syntézy alebo dokonca ich degradácie (Cakmak et al., 1989).

3.3.1.2 Vplyv kadmia na rastliny

Pri pôsobení kadmia (Cd) dochádza k inhibícii syntézy bielkovinových komplexov fotosystému. Ďalej dochádza k ovplyvňovaniu tvorby thylakoidných membrán a následnému rozkladu chlorofylových molekúl. Zaujímavé je, že nízke koncentrácie kadmia zvyšujú transpiráciu a stomatálnu vodivosť, bez toho aby boli pozorované zmeny vo fotosyntéze. Pri vysokých koncentráciách dochádza k poškodzovaniu koreňov, znižuje sa transpirácia. Rastliny, ktoré rastú na pôdach z vysokou koncentráciou ťažkých kovov si vytvorili adaptačné mechanizmy. Jedným zo spôsovov zneškodňovania ťažkých kovov je ich zabudovanie do bunkovej steny alebo ich väzba na chemické komplexy. Chemická detoxikácia spočíva v ich väzbe na skupiny S-H v hraničných vrstvách cytoplazmy. Ďalšou možnosťou je ich nerovnomerné rozdelenie a tvorba komplexov a organickými kyselinami, fenolovými derivátmi, silicami a inými organickými zlúčeninami v bunkovej vakuole.
Je známe, že rastliny, ktoré hromadia ťažké kovy vo vakuolách a membránach vakuol chránia zvyšný bunkový obsah pred toxickým efektom ťažkých kovov spôsobom podobným membránam ľudských obličiek. Rastlina sa na jednej strane bráni toxickým účinkom, ale na druhej strane existuje zaujímavý predpoklad, že niektoré rastliny vedia využiť tento stresujúci faktor vo svoj prospech. Do svojho tela akumulujú veľké množstvo ťažkých kovov a tým sa stávajú menej chutnými pre bylinožravce. Schopnosť vytvoriť si odolnosť k ťažkým kovom je založená geneticky, ale môže byť upravená adaptačne. Genetické založenie pre akumuláciu ťažkých kovov v rastlinných orgánoch bolo zistené napr. u *Thlaspi arvense* (peniažtek roľný). V súčastnosti je tento druh rozšírený v Rakúskych alpách. V jeho genetickej výbave boli objavené gény zodpovedné za hromadný príjem niklu (Bláha et al., 2003).

Obsah kadmia v rastlinných pletivách je priamo závislý na koncentrácii kadmia dostupného v prostredí a na dĺžke expozície. Najvyšším obsahom kadmia sa spravidla vyznačujú pletivá koreňov, nasledujú listy, stonky, plody a zásobné orgány, kým najnižší obsah majú semená (Strnad et al., 1990).

Medzi najčastejšie uvádzané symptómy toxického pôsobenia Cd patrí hnednutie červenohnedé nekrózy na mladých listoch a predovšetkým redukcia rastu (Adriano, 2001).

Kadmium priamo ovplyvňuje fotosyntetické reakcie v dôsledku zmien a zloženia fotosyntetických pigmentov (Larsson et al., 1998).

Kadmium taktiež patrí medzi rizikové prvky vyvolávajúce oxidačný stres. Ióny kadmia môžu inhibovať alebo naopak stimulovať aktivitu niektorých antioxidačných enzýmov (Gallego et al., 1996).

Výskumy v laboratóriách dokázali, že proces akumulácie kadmia v koreni bol u borovici krátky (24 h), to naznačuje k tomu, že sa rovnomerný pomer medzi príjmom a výdajom nadobudol pomerne jednoducho (Schützendübel et al., 2001).

3.3.1.3 Vplyv olova na rastliny

Jedným z najrizikovejších ťažkých kovov je olovo (Pb). Z ťažkých kovov je najrozšírenejší a vyskytuje sa v pôde, vode i biosfére. Priemysel, aplikácia priemyselných hnojív, pozemná, ale i letecká doprava sú hlavnými zdrojmi kontaminácie prírody olovom, za ktorú zodpovedá ľudská spoločnosť. V prirodzených ekosystémoch je olovo prítomné v malých množstvách (2 $g.kg^{-1}$) vo všetkých rastlinách. Rastlin olovo príjma pasívne a jeho príjem je limitovaný pôdnou reakciou a teplotou. Olovo sa v rastlinách ukladá v bunkovej stene a tým sa znemožňuje jeho pohyb vo vnútri rastliny. V malých koncentráciách môže olovo stimulovať rast. Vo vyšších koncentráciách narušuje metabolizmus vápnika, znižuje príjem oxidu uhličitého, pôsobí na bunkové delenie a obmedzuje príjem vody. Niektoré rastliny nespomalujú rast ani pri vysokých koncentráciách olova. Veľmi vysoké koncentrácie olova vedú k vzniku chloróz, pričom pletivá listov zostávajú zelené, potom sa sfarbujú do žltozelena. Významným rodom, ktorý hromadí vo svojom tele ťažké kovy je láskavec (*Amaranthus*). Okrem zvýšeného obsahu olova vo vnútri rastliny, môže byť kontaminovaný olovom i povrch rastliny. Hlavnou príčinou je v súčastnosti stále rýchlejšie sa rozvíjajúca pozemná doprava. Olovo sa v blízkosti ciest dostáva z výfukovými plynmi na povrch rastlinného tela a je veľkým nebezpečím pre bylinožravé a všežrave druhy, lebo sa tak dostáva do potravového reťazca (Bláha et al., 2003).

Olovo je modrastosivý, lesklý, veľmi mäkký, kujný, neušľachtilý kov. Jeho hlavným zdrojom sú priemyselné huty z ktorých sa dostáva do ovzdušia v podobe elementárnych častíc. Okrem ovzdušia sú kontaminované aj pôdne a vodné ekosystémy. Ďalším významným zdrojom olova do roku 1995, dokedy sa na Slovensku používal olovnatý benzín, boli produkty spaľovania benzínových motorov (do paliva boli od roku 1921 pridávané tetraetylolovo a tetrametylolovo ako antidetonátor). Množstvo olova v podobe oxidov a bromidu olovnatého, ktoré sa pri spaľovaní dostávalo do ovzdušia, bolo adekvátne niekoľkým desiatkam ton ročne. V blízkosti komunikácií sa zistila významná koncentrácia olova na porastoch rastlín až do vzdialenosti 120 metrov (Kafka a Stefvič, 1996). Avšak olovo sa kumuluje predovšetkým v koreňoch rastlín a translokácia do nadzemných častí je minimálna (Chreneková, 1984).

3.3.1.4 Vplyv hliníka na rastliny

Medzi prvky, ktoré negatívne ovplyvňujú rastliny je hliník (Al). Tento prvok nezaraďujeme do skupiny ťažkých kovov, ale svojim účinkom sa im veľmi približuje. Hliník patrí medzi najrozšírenejšie prvky zemského povrchu (tvorí 8% z minerálnych látok). Najvýznamnejšie zdroje obsahujúce hliník sú kaolín, kriolit, baoxit a rôzne iné zeolity. V pôde sa obsah hliníka pohybuje v rozmedzí od 160 – 600 mg. kg^{-1} (Ščanar et al., 2000).

Rastliny sú schopné prijímať hliník len z kyslého prostredia. Veľké množstvo hliníka obsahujú najmä čajovník a papraďovité (Benedik a Milačič, 1997).

Prvou bariérou vstupu hliníka do bunky je povrch koreňa, ktorý je pokrytý slizom. Sliz je zložený hlavne z polysacharidov nesúcich prebytočný záporný náboj, na ktorý sa viažu katióny. Týmto spôsobom sa hliník v štruktúre slizu imobilizuje. Najväčšie množstvo hliníka sa akumuluje v apikálnej časti koreňa. Ďalším miestom väzby je apoplast, zložitý labyrint medzibunkových priestorov a bunkových stien má prevažne záporný náboj. Cytoplazmatická membrána je pre nabité ióny hliníka nerozpustná. Hliník sa do bunky dostáva pravdepodobne po ovplyvnení priepustnosti cytoplazmatickej membrány alebo cez transportné systémy iných iónov. Až 20 % z celkového množstva hliníka nájdeme v jadre bunky, 15 % v mitochondriách a 65 % v cytoplazme. Vo vnútri bunky sa hliník prednostne viaže vysokomolekulárnymi látkami. Najznámejšie účinky hliníka sú v zmene príjmu a translokácii Ca, K, Co, Cu, Mn, Mo, Zn, B a Fe. Znižuje sa

počet a veľkosť škrobových zŕn, pretože sa zvyšuje činnosť enzýmu amyláza. Pri vysokej koncentrácii hliníka dochádza k úplnému odbúravaniu škrobu čím dochádza k dezorganizácii cytoplazmy. Medzi prvé viditeľné príznaky stresu hliníkom patrí spomalenie až zastavenie rastu koreňa a jeho morfologickými zmenami. Zmeny v morfológii koreňa sa môžu prejaviť už niekoľko hodín po aplikácii hliníka. Zastavenie tvorby koreňových vláskov, zvýšené zakladanie bočných koreňov, značne dezorganizovaná štruktúra a inhibícia rastu sú charakteristické pre rastliny, kde je hlavným stresorom hliník. Koreňové vrcholy postupne žltnú, hnednú až černajú. Prvé bývajú ovplyvnené povrchové bunky koreňa v jeho apikálnej časti. Nižšie koncentrácie hliníka vyvolávú u tolerantných tráv zväčšovanie buniek koreňovej čiapočky, pri vyšších koncentráciách sa však bunky koreňovej čiapočky zmenšujú. Stimulačný efekt nízkych koncentrácií hliníka na väčší rast buniek koreňovej čiapočky pravdepodobne súvisí zo zmiernením toxicity samotných protónov (iónov H). V rizoderme vznikajú depresie. Vnútorné vrstvy koreňa prichádzajú do kontaktu s Al pozdejšie ako povrchové bunky, preto zmeny v ich štruktúre sú menej výrazné. Tieto menej výrazné zmeny sú dané tým, že sa hliník v menšom množstve akumuluje do pletív. Okrem inhibície rastu primárnych koreňov spôsobuje hliník pokles hmotnosti sušiny i nadzemných častí rastlín. U nadzemných častí rastlín dochádza k černeniu žilnatiny listov, listových stopiek a stonky. U prvých dvoch listov sa vyskytuje chloróza, tmavozelené zafarbenie ostatných listov a ich stáčanie. Pôdne huby, ktoré žijú v prostredí s pH okolo 2, majú vysokú odolnosť voči hliníku. Veľmi citlivo na prítomnosť hliníka reagujú baktérie. Rastliny sa všeobecne rozdeľujú podľa foriem odolnosti voči toxicite rôznych kovov na dve skupiny. Do prvej skupiny patria rastliny so schopnosťou zabrániť vstupu toxických kovov do bunky a označujú sa ako „vylučovače“ a do druhej skupiny zaraďujeme rastliny, ktoré tolerujú vysoký obsah kovov v bunke a označujú sa ako „akumulátory“. Medzi akumulátory Al patria prevažne stromy v oblasti tropických dažďových lesov (Bláha et al., 2003).

3.3.2 Ťažké kovy a detoxikačná funkcia fytochelatínov

Najrôznejšie zdroje znečistenia prinútili mikroorganizmy, rastliny a živočíchy k vytvoreniu ochranných mechanizmov. V ich životnom prostredí je prítomná celá škála prvkov vrátane ťažkých kovov (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Pokiaľ sú rastliny vystavené účinkom ťažkých kovov, začnú ich bunky syntézu fytochelatínov (PC), čo sú peptidy, ktoré majú schopnosť viazať ťažké kovy, a zaisťujú tak rastline transport toxických látok do vakuoly, kde ju bezprostredne svojou toxicitou neohrozujú (Kondo et al., 1984; Grill et al., 1985).

Aktivácia fytochelatínsyntetázy (PC- syntetázy) je možná celou radou ťažkých a esenciálnych kovov. Kadmium vykazuje najvyššiu inducibilitu PC- syntetázy, ďalej nasledujú ióny olova, striebra a ortuti (Rauser, 1999).

Natívne komplexy PC boli izolované z koreňa *Rubia tinctorum* separačnou metódou HPLC (vysokoúčinná kvapalinová chromatografia). Bola študovaná interakcia PC s celou škálou testovaných kovov. Najviac efektívne sa ukázalo striebro, ďalej arzén, kadmium, ortuť a olovo. Jasné dôkazy o úlohe PC v detoxikácii ťažkých kovov priniesli až experimenty na mutantoch *A. thaliana* a kvasiniek deficitných v PC-syntetáze. Bola preukázaná rola PC v detoxikácii Cd a As a naopak nejasná rola u Zn, Ni a Se (Cobbett, 2000).

Ďalej boli pozorované menšie rozdiely medzi odpoveďami *A. thaliana* a kvasinkami na expozíciu Hg, Cu a Pb. Z týchto výsledkov vyplýva, že pojem indukcie PC-syntetázy, ktorá odpovedá na syntézu PC nemusí byť vždy v súlade so samotnou detoxikáciou kovov, ktoré enzým indukovali. U PC bola študovaná okrem funkcie detoxikačnej, ktorá má vzťah predovšetkým k ťažkým kovov, tiež funkcia homeostatická u kovov esenciálnych. Vznikla domienka, že PC hrajú rolu v metabolizme esenciálnych prvkov (Zenk, 1996).

K detoxikácii pomocou PC dochádza pravdepodobne až po expozícii vyššími koncentráciami ťažkých kovov. V rozpore s týmto argumentom je pozorovanie prevedené na PC deficitnom mutantovi *A. thaliana*, ktorý bol vysoko senzitívny ku koncentráciám 0,6 μM kadmia. Je pravdepodobné, že PC majú význam v ochrane rastlín, ktoré obsahujú prirodzené koncentrácie ťažkých kovov – jedná sa o protektívny mechanizmus, ktorý sa v tomto zmysle vyvinul (Cobbett, 2000).

3.3.3 Vplyv ťažkých kovov z rastlín na zvieratá

Chemické látky, ktoré sa antropogénnou činnosťou dostávajú do životného prostredia, majú buď charakter esenciálnych látok, nevyhnutných na rôzne životné procesy, alebo sú bez zjavných škodlivých účinkov, prevažne sa však vyskytujú ako látky s

nežiaducimi, negatívnymi vplyvmi na niektoré, alebo i všetky formy života. Chemické zlúčeniny a toxické látky, ktoré majú výrazne inhibičné a toxické účinky na živé organizmy, nazývame cudzorodými látkami, alebo aj rizikovými prvkami. Zdroje rizikových prvkov sú v literatúre dokumentované hlavne ako dôsledok ľudskej činnosti (Kontrišová, 2006).

Škodlivinou môže byť chemická látka alebo pesticíd, ktorý vstupuje do životného prostredia a tým môže ohrozovať zdravie zvierat a následne aj ľudí. Aby škodlivina mohla pôsobiť nepriaznivo (toxicky), musí mať určité fyzikálno – chemické vlastnosti a musí byť podaná v určitej minimálnej dávky. Cieľom určenia nebezpečnosti je určiť typy nepriaznivých účinkov na zdravie, ktoré môžu byť vyvolané expozíciou škodliviny a určiť kvalitu a závažnosť dôkazov, podporujúcich určenie nebezpečnosti. Toxicita látok závisí od endogénnych a exogénnych faktorov. K exogénnym faktorom zaraďujeme:

1. dávku
2. fyzikálno – chemické vlastnosti škodliviny
3. expozíciu
4. kombinované účinky

K endogénnym faktorom patria: 1. druh
2. vek
3. pohlavie
4. výživný a zdravotný stav
5. návyk (Mlynarčíková et al., 1997).

Ťažké kovy sú toxické pre všetky živé organizmy. Ich nebezpečenstvo súvisí najmä s pohyblivosťou v potravovom reťazci a so schopnosťou ukladať sa a akumulovať. Toxické zložky priemyselných úletov vyvolávajú morfologické zmeny a následne i zmeny fyziologické alebo genetické. Najčastejšie sa patologické zmeny týkajú krvi a orgánov krvotvorby, pohlavných orgánov a reprodukcie, tráviaceho traktu a dýchacieho aparátu. Existuje signifikantný vzťah medzi množstvom kovových rezíduí v pôde, vode, resp. v potrave a v orgánoch cicavcov i zástupcov ostatných tried stavovcov, predovšetkým v pečeni a obličkách (Bíreš et al., 1995; Gallo et al., 1995; Komarnicki, 2000; Stavarz et al., 2003).

Živočíchy zohrávajú významnú úlohu v kolobehu látok a energie, rovnako ako v udržiavaní ekologickej stability ekosystémov. Význam tejto zložky v ekosystéme býva však často podceňovaný (Kulhavý et. al., 2003).

Výskum venovaný živočíchom je náročný a veľmi významný. Môže priniesť celý rad poznatkov týkajúcich sa zmien ekologickej stability vybraných lesných lokalít, ktoré je možné aplikovať v praxi (Begon et. al., 1997).

Rastliny sú prvým článkom potravinového reťazca človeka na ktorý nadväzuje živočíšna potrava. Živočíchy, ktoré konzumujú rastlinnú potravu so zvýšeným obsahom ťažkých kovov, nestíhajú tieto dostatočne rýchlo vylúčiť z organizmu, preto koncentrácia ťažkých kovov stúpa najmä v srsti, zrohovatených tkanivách, vnútorných orgánoch, v pečeni a ľadvinách. Zvýšená koncentrácia je aj v mlieku a v svalovej hmote, najmä u dlhšie žijúcich druhov. Škodliviny zamorujú celú biosféru a znižujú vhodnosť existencie života na Zemi. Výskum ciest kontaminácie v prírode a postupné odstraňovanie zdrojov je jediná cesta k náprave. Celoročne sa na Slovensku vyprodukuje 1,5 mil. ton mäsa raticovej zveri. V produkcii diviny patrí dlhodobo prvé miesto jelenej zveri - 703 000 kg a tretie srnčej zveri - 202 000 kg (číselné údaje za rok 1998) (Hell et. al., 2000).

Najvyššie koncentrácie olova sa u experimentálnych zvierat zistili v pečeni, obličkách, slezine, kostiach, kostnej dreni a svaloch. Na celkovú bilanciu transportu a distribúcie olova má rozhodujúci vplyv ovzdušie (inhalácia zlúčenín olova z výfukových plynov) a možná kontaminácia v súvislosti s potravinovým reťazcom (spásanie porastov s vysokým obsahom olova v blízkosti komunikácii zverou a následná konzumácia živočíšnych produktov z týchto zvierat človekom). V tejto súvislosti je potrebné tiež spomenúť nadlimitné zistenia olova vo svalovine rýb ktorých biotop (rieka) je pozitívna na ťažké kovy (Kafka a Stefvič, 1996).

Olovo je bežne prítomné v organizme človeka, z ktorého sa priebežne vylučuje, napr. močom. Do organizmu sa dostáva hlavne dýchacími cestami, menej tráviacou sústavou. Pokiaľ je expozícia olovom väčšia ako stačí organizmus vylúčiť, dochádza k bioakumulácii a až 90 % zadržaného olova sa ukladá v kostiach, resp. ľadvinách. Olovo pôsobí na celý organizmus, citlivý je systém tvorby krvi, centrálna nervová sústava, ale tiež tráviaca sústava. Olovo vyvoláva rozpad červených krviniek, takže spôsobuje chudokrvnosť (Bencko et al, 1995; Fergusson, 1990).

Olovo a všetky jeho rozpustné zlúčeniny sú vysoko toxické. Krvným obehom sa dostáva do orgánov, poškodzuje svalstvo, cievy, mozog, pľúca, obličky. Ióny olova brzdia biosyntézu bielkovín, nukleových kyselín, hemoglobulínu, hormónov, podporujú vyplavovanie draslíka z buniek. Olovo sa v tele kumuluje a vylučuje sa len veľmi obtiažne. Jedinou účinnou obranou je dodávať organizmu dostatok vápnika, horčíka, vitamínov A

a C ako aj konzumovať veľa mrkvy a kapusty, pretože ich pektín má schopnosť viazať až 80 % ťažkých kovov a vylučovať ich z tela (Chang, 1991).

Kadmium je neesenciálny prvok s vysokou potencionálnou schopnosťou pohybovať sa v potravovom reťazci (Hunter et al., 1987). Hladiny tohto vysoko toxického kovu boli vo všetkých vzorkách relatívne nízke. Najvyššia koncentrácia bola v prisemenníku *Apodemus flavicollis* (Ryšavka žlutohrdlá) 0,471 $mg.kg^{-1}$. V ostatných orgánoch boli koncentrácie rádovo nižšie. Koncentrácie zistené v pečeni korelujú s predchádzajúcimi analýzami (Jančová et al., 2002).

Najvyššie koncentrácie medi boli zistené v maternici *Apodemus flavicollis* (10,264 $mg.kg^{-1}$). V pečeni, obličkách i pohlavných orgánoch samcov *Apodemus flavicollis* i *Clethrionomys glareolus* (Hrdziak lesný) boli koncentrácie medi niekoľkonásobne nižšie. Výrazný rozdiel v obsahu Cu i iných prvkov v pohlavných orgánoch samcov a samíc môže byť dôsledkom ich odlišnej morfologickej a histologickej štruktúry. Pomer záťaže maternice a obličiek, resp. pečene samíc *A. flavicollis* bol 1,91:1, resp. 2:1. Bola potvrdená zvýšená kumulácia Cu v samičích gonádách (Jančová et al., 2004).

3.3.4 Živočíchy ako bioindikátory znečistenia prostredia

K cenným indikátorom znečistenia prostredia patria voľne žijúce živočíchy terestrických ekosystémov, ale aj živočíchy, ktoré osídľujú vodné toky a žijú vo vodnom prostredí. Sú to rôzne druhy stavovcov, druhy zo skupiny voľne žijúcich drobných hlodavcov, ale predovšetkým druhy vodných makroskopických bezstavovcov (raky, červy, hmyz a jeho larvy, mäkkýše a pod.). Akákoľvek zmena vo vodnom prostredí sa prejaví na zložení týchto živočíchov, ich druhovej skladbe a kvantite. Bioindikácia terestrickými i vodnými organizmami závisí od celého radu abiotických i biotických faktorov, ako sú fyzikálnochemické vlastnosti polutantov, teplota, základné charakteristiky zložiek prostredia a pod. Toxický vplyv škodlivín sa prejaví v akútnych prípadoch úhynom a vymiznutím niektorých druhov, chronické otravy sa môžu prejaviť znetvorením orgánov, stratou schopnosti delenia a iných funkcií jednobunkových organizmov. Kumulačný vplyv sa prejavuje hromadením škodlivín v organizmoch. K najväčšej kumulácii týchto látok dochádza v organizme konzumentov vyššieho radu, napr. rýb a pod. Veľké množstvo škodlivín, hlavne ťažkých kovov zhromažďujú vodné riasy adsorpciou na povrchu buniek. Skupina organizmov terestrických ekosystémov, ktorých spoločenstvá sú druhovo veľmi

bohaté, sú pôdne živočíchy. Zástupcovia pôdnej fauny sa hojne využívajú pri biomonitoringu pôd. Patria k nim epigeické bezstavovce, ktoré sa vyskytujú vo všetkých poloprirodzených i človekom ovplyvnených ekosystémoch a sú významnými ukazovateľmi stavu pôdneho prostredia (Mičieta a Murín, 1997; Murín, 2002).

3.4 Fyziologické a reprodukčno–biologické predpoklady tolerancie a šírenia sa týchto druhov na danom území

3.4.1 Mechanizmus tolerancie rastlín voči ťažkým kovom

Je pravdepodobné, že rôzne druhy vyvinuli rozdielne mechanizmy tolerancie na nadbytok ťažkých kovov a aj v jednom rastlinnom druhu môže fungovať niekoľko mechanizmov. Rastliny majú konštitutívne a adaptívne mechanizmy na prežitie nadbytku kovov. Delia sa na dve skupiny, ktorých výsledkom je:

1. Obmedzenie príjmu alebo transportu toxických kovov.

2. Kompartmentácia a komplexovanie toxických kovov v bunkách.

V rámci týchto základných skupín rastlíny využívajú viaceré mechanizmy ktorých výsledným cieľom je obmedzenie príjmu, alebo v prípade rastlín tolerujúcich dané kovy, ich kompartmentácia v bunkách.

1. Obmedzenie príjmu a transportu kovov sa môže realizovať:

a) vylúčením vstupu kovov do rastliny

Predchádzanie vstupu nadbytku kovov do rastliny je základný mechanizmus, na ktorom sa môže podieľať zrážanie alebo komplexovanie kovov v okolí koreňa. Rastliny môžu zrážať kovy zmenou pH hodnoty rizosféry alebo vylúčovaním iónov, ako napr. fosfátov, alebo rôznych organických kyselín.

b) vylúčenie bunkou

Veľké množstvá kovov sa našli v apoplastických, voľných priestoroch rastlínných koreňov.

c) komplexácia na povrchu membrán bunkovej steny

Preukazné množstvá kovov sa akumulujú na povrchu plazmatickej membrány a najmä jednotlivých zložiek bunkovej steny.

d) aktívne vylučovanie

aktívny efflux iónov z bunky do vonkajšieho prostredia.

e) uniformita distribúcie

Pri nerovnomernej distribúcii a prenose kovov v rastline môžu byť rastliny schopné minimalizovať vplyv nadbytku kovov ich prednostnou akumuláciou v koreňoch, čím sa snažia vylúčiť kov z metabolizmu vo výhonku, ktorý je na kovy citlivejší.

2. Kompartmentácia a komplexovanie v bunkách sa uskutočňuje rôznymi mechanizmami a v rôznom priestore:

a) kompartmentácia vo vakuole

Tolerancia na kov nastáva vtedy, ak je kov odstránený na také miesto v bunke, kde nemôže reagovať s metabolicky aktívnymi bunkovými substrátmi.

b) komplexácia metalotioneínmi

Metalotioneíny sú skupina nízkomolekulárnych, na cysteín bohatých, kovy viažucich proteínov. Majú úlohu v regulácii esenciálnych kovov a detoxikácii všetkých kovov.

c) komplexácia fytochelatínmi

Fytochelatíny sú na cysteín bohaté neproteínové kovy-viažuce peptidy produkované rastlinami. Predpokladá sa, že môžu fungovať podobne, ako metalotioneíny v rastlinnej tolerancii na kovy. Majú tiež úlohu v transporte kovov a ich detoxikačná schopnosť môže byť sekundárna, alebo súčasť komplexnejšieho mechanizmu.

d) komplexácia organickými kyselinami a organickými ligandami

Organické kyseliny fungujú ako intermediáty v tvorbe ATP zo sacharidov v N-metabolizme a iónovej rovnováhe. Zvýšenie obsahu organických kyselín v súvise so zvýšením prísunu kovov sa môže považovať za stresovú reakciu na nadbytok kovov a účinný detoxikačný mechanizmus (Slováková a Mystrík, 2007).

3.4.2 Reprodukčné úsilie druhov rastlín v stresových podmienkach

Každý živý organizmus sa snaží v zhoršených podmienkach vonkajšieho prostredia o to, aby ako druh prežil. Niekedy rastliny, ktoré majú veľmi malú pravdepodobnosť prežitia, produkujú neobyčajné množstvo semien. Tento jav sa v odbornej literatúre nazýva reprodukčné úsilie. Niektoré druhy rastlín naopak v zhoršených podmienkach produkujú menej semien, ktoré môžu byť za určitých podmienok kvalitnejšie ako semená vznikajúce v bežných podmienkach. Jedná sa o zložitý fyziologický proces. Iná a zložitejšia je táto problematika u vegetatívne sa rozmnožujúcich sa rastlín. Rastliny sa nemusia rozširovať len pomocou semien. Často majú veľmi zaujímavé možnosti rozširovania sa vegetatívnym spôsobom. Rozrastaním sa, úlomky stoniek, podzemkov, pacibulkami, listami schopnými

po odlomení zakoreniť. Mnoho týchto spôsobov vegetatívneho rozmnožovania vzniklo ako odpoveď na nejaký stresor. Rastliny sú nepohyblivé organizmy vystavené intenzívnemu pôsobeniu prírodného výberu a musia sa prispôsobovať svojmu prostrediu inak zahynú. Označujeme ich ako tzv. modulárne organizmy, pretože opakovane tvoria rovnaké časti (listy, stonky, vetvy). Väčšinou sa jedinec vetví a spojenia medzi jeho časťami môžu byť porušené. Oddelené časti sa tak môžu stať fyziologicky nezávislými jedincami, s rovnakou genetickou výbavou. Táto vlastnosť sa prejavuje pri vegetatívnom rozmnožovaní niektorých druhov. Vegetatívne šírenie rastlín najviac umožňuje vznik podzemných prepojených častí, ktoré nad zemou vyzerajú často ako samostatní jedinci. Sú to tzv. polykormony, u ktorých je mortalita jedincov znížená vďaka prepojeniu s materskou rastlinou. Prepojenie umožňuje prenos minerálnych i organických látok z častí polykormonov do inej jeho časti, umožňuje tak výživu a prežitie mladých výhonkov. Výživa je to, čo u mladých, nedostatočne vyvinutých odnoží limituje ich prežitie. V nepriaznivých podmienkach (abiotické a biotické stresy) preto dochádza k oddeleniu jedincov až po dlhej dobe, prípadne k nemu nedôjde vôbec. Vegetatívne šírenie rastlín je výhodné tam, kde šírenie semenami je málo úspešné a naopak. Pokiaľ rastlina používa oboje – produkciu semien i vegetatívne rozmnožovanie – býva často medzi oboma spôsobmi rozmnožovania negatívna korelácia. Podľa podmienok stanovišťa môže byť jedna z možností šírenia obmedzená alebo vylúčená. Hlavne tam, kde na stanovišti je niektorý faktor vonkajšieho prostredia v limitujúcej hodnote, kde môže stres narušiť reprodukciu rastliny, často klesá tvorba semien a prevláda vegetatívny rast. Jedná sa teda o schopnosť vyhnúť sa stresu. Čím je menej produktívne stanovište, tým častejšie je vegetatívne rozmnožovanie alebo vznik semien bez oplodnenia (asexuálna reprodukcia). Takéto prípady sú známe predovšetkým na geografických hraniciach rozšírenia rodu alebo druhu. Rastliny u ktorých prevláda asexuálne rozmnožovanie, sú obvykle dobre prispôsobené svojmu prostrediu, ale majú zníženú premenlivosť. Pri zmene prostredia sa obvykle ťažšie adaptujú alebo môžu i uhynúť. Vzhľadom k tomu že energetické náklady na rozmnožovanie znižujú vegetatívny rast rastliny, pre niektoré rastliny je zrejme výhodné nahromadiť živiny, vykvitnúť a priniesť semená, zatiaľčo materská rastlina hynie. V podmienkach stresu sa rôzne rastliny zachovajú podľa svojho genotypu – niektoré druhy znížia počet semien a zachovajú ich veľkosť, teda i väčšie vybavenie živinami a lepšiu schopnosť semenáčikov prežiť. U iných druhov dôjde k zmenšovaniu semien pri zachovaní ich počtu. Do problematiky prežitia rastlín patrí nielen tvorba semien, ale aj ich vyklíčenie, dožitie sa reprodukčnej fázy. Na stresy, predovšetkých abiotické, reaguje

mnoho rastlín zmenšením hmotnosti semien, i zmenou chemického zloženia semien, zmenami v stavbe osemenia, dokonca celkovou zníženou vitalitou. U rastlín, ktoré v nepriaznivých podmienkach znižujú počet semien a zachovávajú ich veľkosť a kvalitu, v nasledujucom roku vyrastie menšie množstvo klíčnych rastlín, ktoré takto v podmienkach nižšej denzity môžu byť konkurenčne úspešnejšie a môžu tak lepšie odolávať niektorým nepriaznivým podmienkam prostredia (Bláha et al., 2003).

4 Záver

Prejavom vplyvu antropogénnej činnosti na životné prostredie je i narušenie rovnováhy - homeostázy prostredia, a tým zmeny prirodzeného toku látok a energie, štruktúry ekosystémov, ich vzájomných väzieb a vzťahov a výrazného zníženia regeneračnej schopnosti krajiny.

Ako už bolo spomínané v úvode, rastliny extrémnych stanovíšť sú vo veľmi úzkom vzťahu k ľudskej činnosti. Počiatky výskumu synantropnej vegetácie na Slovensku možno hľadať v období po druhej svetovej vojne. Systematicky sa začal rozvíjať až po roku 1969 na oddelení geobotaniky Botanického ústavu Slovenskej akadémie vied. V Čechách bol výskum koncentrovaný na oddelení antropofytov Botanického ústavu Československej akadémie vied. Po roku 1969 sa medzi ústavmi rozvinula úzka spolupráca. Keďže banská, ale aj iná priemyselná činnosť človeka zanechala množstvo toxických odpadov, ktoré predstavujú nebezpečné znečistenie, objavujú sa problémy s úspešnosťou sanačných opatrení. Je to preto, že väčšina rastlín je mimoriadne citlivá na vysoký obsah ťažkých kovov a aciditu pôdy. Rastlinstvo tohto zvláštneho substrátu si vyžaduje ďalšie štúdium zamerané napr. na exaktné zistenie tolerantných ekotypov, mieru kontaminácie substrátu a rastlín, posúdenie vzácnosti tohto biotopu ako osobitného fenoménu.

Staré haldy spolu s navážkou trosky sú akoby prírodné laboratóriá, kde vznikajú tolerantné ekotypy. Môžu sa stať aj zdrojom pre využitie unikátnych vlastností takýchto ekotypov pri zazeleňovaní toxických substrátov v okolí. Jedným zo spôsobov znižovania ťažkých kovov v pôde extrémnych stanovíšť antropogénneho pôvodu je fytoremediácia - „očistenie“ pôdy. Je založená práve na schopnosti určitých druhov rastlín prijímať kovy do nadzemných častí.

Obsah ťažkých kovov v rastlinách priamo súvisí s ťažkými kovmi v potravinovom reťazci zvierat. I napriek tomu, že nálezy obsahu ťažkých kovov, najmä olova v potravinovom reťazci v uplynulých rokoch klesali i naďalej je potrebné uvedenej problematike venovať zvýšenú pozornosť, monitorovať situáciu a prijímať opatrenia na odstránenie možných zdrojov kontaminácie.

5 Použitá literatúra

1. ADRIANO, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments. In *Springer-Verlag, New York*, 2001. 866 p.

2. ANTONÍN, V. 2006. *Encyklopedie hub a lišejníků*. Praha : Academia, 2006. s. 70. ISBN 80-200-1476-4.

3. BANÁSOVÁ, V. 1976. *Vegetácia medených a antimonových háld.* 1. vyd. Bratislava : Veda, 1976. 112 s. ISSN 0037-6930.

4. BANÁSOVÁ, V. 1983. Die Vegetation auf Pyrithalden und der Gehalt an Cu, Pb, Zn, As, Ag, Fe und S in den Pflanzen und im Boden. In *Biológia*, roč. 38, 1983, s. 469 − 480.

5. BANÁSOVÁ, V. - HAJDÚK, J. 1975. Gehalt an Cu, Zn, As und andere Elementen in einigen Pflanzen und Haldeboden sowie in Gebieten mit Exhalatquellen. In *Biológia*, roč. 30, 1975, č. 4, s. 293 – 301.

6. BANÁSOVÁ, V. - LACKOVIČOVÁ, A. 2004. Degradácia travinných porastov v blízkosti huty na spracovanie medi v Krompachoch (Slovenské rudohorie). In *Bulletin Slovenskej Botanickej Spoločnosti*, roč. 26, 2004, s. 153–161.

7. BANFI, E. – CONSOLINOVÁ, F. 2001. *Stromy v záhradách, v parkoch a vo voľnej prírode*. Bratislava : Ikar, 2001. s. 90-91. ISBN 80-7118-995-2.

8. BARTALSKÝ, J. 1993. Smolník – mesto medenorudných baní. In *Mineralia Slovaca : Monografia.* Košice : Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 1993, 368 s.

9. BEGON, M. – HARPER, J.L. – TOWNSEND, C.R. 1997. *Ekologie, jedinci, populace s spoločenstva.* Olomouc : Vydavatelství University Palackého, 1997. 949 s.

10. BENCKO, V. – CIKRT, M. – LENER, J. 1995. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Praha : Grada Publishing, 1995. 228 s.

11. BENEDIK, M. - MILAČIČ, R. 1997. Monitoring of Al, Cr, Pb, Cu and Zn in rater and dialysis fluid in Hoemodialysis centers in Slovenia. In *Trace Elements in Man and Animals.*, Ottawa : Canada NCR Research Press, 1997, p. 286-287.

12. BENEŠ, S. 1994. *Obsahy a bilancia prvků vo sférach životního prostředí. II. část.* Praha: MZ ČR, 1994. 159 s. ISBN 80-7084-090-0.

13. BÍREŠ, J. - VRZGULA, L. - WEISSOVÁ, T. 1995. Distribution of Cu, Fe, Zn, As, Cd and Pb in sheep organism after experimental intoxication with copper oxide from industrial flue dust. In *Tierärtztl. Umschau*, roč. 50, 1995, s. 364 –367.

14. BLÁHA, L. - HNILIČKA, F. - HNILIČKOVÁ, H. - HOLUBEC, V. - MÖLLEROVÁ, J. - ŠTOLCOVÁ, J. - ZIEGLEROVÁ, J. 2003. *Rostlina a stres*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2003. 156 s. ISBN 80-86555-32-1.

15. BROWN, P.H. - CAKMAK, I. - ZHANG, Q. 1993. Form and function of zinc plants. In *Robson A.D. (ed.): Zinc in soils and plants*, vol. 55, 1993, p. 93-118.

16. BRUNE, A. - URBACH, W. - DIETZ, K.J. 1994. Compartmentation and transport of zinc in barley primary leaves as basic mechanisms involved in zinc tolerance. In *Plant Cell Environ*, vol. 17, 1994, p. 153-162.

17. BURLEY J.S. - PRITCHARD, N.M. 1990. Revision of the genus *Ceratodon* (Bryophyta). In *Harvard Papers in Botany*, vol. *2,* 1990, s. 17-76.

18. CAKMAK, I. - MARSCHER, H. - BANGERTH, F. 1989. Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In *J. Exp. Bot.*, vol. 40, 1989, p. 405-412.

19. CIBULKA, J. 1991. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféř.* Praha : Academia, 1991. 432 s. ISBN 80-200-0401-7.

20. COBBET, C.S. 2000. Curr. Opin. *Plant Biol.*, vol. 3, 2000, p. 211.

21. ČERVENKA, M. – FERÁKOVÁ, V. – HÁBER, M. – KRESÁNEK, J. – PACLOVÁ, L. – PECIAR, V. – ŠOMŠÁK, L. – VÁGENKNECHT, V. 2004. *Veľká kniha rastlín, hornín, minerálov a skamenelín.* 5. vyd. Bratislava : Príroda, 2004. 397 s. ISBN 80-07-01188-9.

22. DUCSAY, L. 2011. Obsah chlorofylu, kadmia a zinku v listoch slnečnice v podmienkach Cd a Zn stresu. In *Chem. Listy*, 2011, č. 105, s. 269-272.

23. ELLENBERG, H. 1996. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpenin ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5*. Stuttgard : Verlag Eugen Ulmer, 1996, p.1095.

24. FERGUSSON, J.E. 1990. The Heavy Elements, Chemistry. In *Environmental Impact and Health Effect*. New Zeland : Pergamon Press, 1990, 614 p.

25. FUTÁK, J. - BERTOVÁ, L. - HLAVAČEK, A. - HOSTIČKA, M. - CHRTEK, J. - JASIČOVA, M. - KMEŤOVÁ, E. - KŘÍSA, B. - OSVAČILOVÁ, V. - ZAHRADNÍKOVÁ, K. - ZELENÝ, V. 1982. *Flóra Slovenska III*. 1.vyd. Bratislava : Veda, 1982. s. 348. ISBN 71-060-82.

26. GALLEGO, S.M. - BENAVIDES, M.P. - TOMARO, M.L. 1996. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. In *Plant Sci., 121,* 1996, p. 151-159.

27. GALLO, M. - GALLO, J. - SOMMER, A. 1995. Vplyv zvýšenej emisie arzénu na jeho obsah v pôde, krmivách a živočíšnych tkanivách. In *J. Farm. Anim. Sci*., roč. 28, 1995, s.23–27.

28. GALLOWAY, J. - THORNTON, J. - NORTON, S. - VOLCHO, H. - MCLEAN, R. 1982. Trace metals in atmospheric deposition: a review and assessment. In *Atmospheric Environment,* vol. 16, 1982, p. 1677.

29. GRAU, J. – KREMER, B. – MŐSELER, M. – RAMBOLD, G. – TRIEBELOVÁ, D. 1998. *Trávy.* Bratislava : IKAR, 1998. 287 s. ISBN 80-7118-504-3.

30. GREENWOOD, N.N. - EARNSHAW, A. 1993. *Chemie prvků I*. 1. vyd. Praha : Informatorium, 1993. 793 s. ISBN 80-85427-38-9.

31. GRILL, E. - WINNACKER, E.L. - ZENK, M.H. 1985. *Science,* vol. *320*, 1985, p. 674.

32. HAJDÚK, J. 1963. Florografické pomery územia Galmusu (Spišsko-gemerské rudohorie). In *Biol. Práce Slov. Akad. Vied*, roč. 9/10, 1963, 52 s.

33. HELL, P. – KONÔPKA, J. - LEHOCKÝ, M. 2000. *Slovenské poľovníctvo na prahu tretieho tisícročia*. Zvolen : LVÚ, 2000. 115 s.

34. HRONEC, O. 1996. *Exhaláty – pôda – vegetácia.* Prešov : TOP s.r.o., 1996. 326 s. ISBN 80-967523-0-8.

35. HRUBÍK, P. 2006. *Listnaté dreviny v sadovníckej tvorbe*. 2. vyd. Nitra : SPU, 2006. s. 12-96. ISBN 80-8069-718-3.

36. HRUBÍK, P. – ROVNÁ, K. – RAČEK, M. – MŇAHONČÁKOVÁ, E. 2008. *Ihličnaté a vždyzelené dreviny v sadovníckej tvorbe.* 2. vyd. Nitra : SPU, 2008. s. 44. ISBN 978-80-552-0030-9.

37. CHANG, R. 1991. *Chemistry*. New York : McGRAW-HILL, 1991. 1065 s. ISBN 0070105189.

38. CHRENEKOVÁ, E. 1984. Pôsobenie olova v systéme pôda – rastlina. In *Acta Fytotechnica*, Nitra : VŠP, 1984, s. 9.

39. CHYTRÝ, M. – LANÍKOVÁ, D. – LOSOSOVÁ, Z. – SÁDLO, J. – OTÝPKOVÁ, Z. – KOČÍ, M. – PETŘÍK, P. – ŠUMBEROVÁ, K. – NEUHÄUSLOVÁ, Z. – HÁJKOVÁ, P. – HÁJEK, M. 2009. *Vegetace České republiky. 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace.* 1. vyd. Praha : Academia, 2009. s. 43-45. ISBN 978-80-200-1769-7.

40. JANČOVÁ, A. – MASSÁNYI, P. - GÁLOVÁ, J. 2002. The concentration of cadmium and lead in liver and kidneys in Apodemus flavicollis and Cleithrionomys glareolus. In *Folia veterinaria,* vol. 46, 2002, no 2, p. 65-67.

41. JANČOVÁ, A. – MASSÁNYI, P. – NAĎ, P. – DRÁBEKOVÁ, J. – KORÉNEKOVÁ, B. – SKALICKÁ, M. 2004. Obsah ťažkých kovov v orgánoch drobných zemných cicavcov z emisne zaťaženej oblasti. In *Rizikové faktory potravového reťazca*, roč. 4, 2004, s. 91-92.

42. JEHLÍK, V. - HEJNÝ, S. - KROPÁČ, Z. - LHOTSKÁ, M. - KOPECKÝ, K. - SLAVÍK, B. - SVOBODOVÁ, Z. 1998. *Cizí expanzivní plevele České republiky a Slovenské republiky.* 1. vyd. Praha : Academia, 1998. 506 s. ISBN 80-200-0656-7 31-69.

43. JEHLÍK, V. - OSBORNOVÁ, J. - HEJNÝ, S. - PYŠEK, P. - SÁDLO, J. - HUSÁK, Š. - ELIÁŠ, P. - TERPÓ, A. 1994. *Flóra a vegetace sídel I*. Praha : Česká botanická spoločnosť, 1994. 89 s.

44. KAFKA, I. - STEFVIČ, M. 1996. *Environmentálny informačný bulletin SOSNA*. Košice, 1996, s. 6.

45. KALETA, M. 1992. Vplyv imisií Spišsko-gemerskej priemyselnej aglomerácie na vegetáciu a pôdu a jeho monitorovanie. In *Čistota ovzdušia*, roč. 22, 1992, s. 171-178.

46. KALETA, M. - BANÁSOVÁ, V. 1992. Vplyv imisií kovohút Rudnian, Krompách a Nižnej Slanej na vegetáciu a pôdu. In *Zborn. prednášok z celošt. konf. „Ochrana a tvorba životného prostredia v najvýznamnejších sídelných aglomeráciách v ČSFR“*. Košice, 1992, s. 109 – 116.

47. KOBLÍŽEK, J. 2006. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich záhrad a parků*. 2. vyd. Tišnov : Sursum, 2006. s. 562-563. ISBN 80-7323-117-4.

48. KODĚRA, M. - ANDRUSOVÁ-VLČEKOVÁ, G. – BELEŠOVÁ, O. - BRIATKOVÁ, D. - DÁVIDOVÁ, Š. - FEJDIOVÁ, V. - HURAI, V. - CHOVAN, M. - NELIŠEROVÁ, E. - ŽENIŠ, P. 1990. *Topografická mineralógia Slovenska I–III.* Bratislava : Veda, 1990. 1592 s.

49. KOMARNICKI, G.J.K. 2000. Tissue, sex and age specific accululation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (*Talpa europaea* L.) in a central urban area. In *Chemosphere,* vol. 41, 2000, p. 1593 – 1602.

50. KONDO, N. - IMAI, K. - ISOBE, M. - GOTO, T. - MURASUGI, A. - WADA-NAKAGAWA, C. - HAYASHI, Y. 1984. *Tetrahedron Lett.,* vol. *25*, 1984, p. 3869.

51. KONTRIŠOVÁ, O. 2006. Basic Principales of Bioindication and Biomonitoring of the Enviroment. In *Život. Prostr*., roč. 40, 2006, č. 2, s. 61-64.

52. KOŠŤÁL, J. 2003. *Geobotanika*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2003. s. 52-55. ISBN 80-8069-214-9.

53. KRÍŽOVÁ, E. 1998. *Fytocenológia a lesnícka typológia*. Zvolen : ES TU, 1998. 202 s.

54. KULHAVÝ, J. – BEDNÁŘOVÁ, E. – ČERMÁK, J. – HADAŠ, P. – KAMLEROVÁ, K. – KANTOR, P. – KLIMO, P. – KNOTT, R. – KŘÍSTEK, J. – KUČERA, J. – KULA, E. – PALÁT, M. – PRAX, A. – SUCHOMEL, J. 2003. *Ekologie lesa* : doplnkový učební text. Brno : Mendelova zeměselská a lesnická univerzita, 2003, s.169-183.

55. KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodářska pedologie.* Praha : SNTL, ALFA, 1978. 295 s.

56. LACIKA, J. 1998. *Geomorfológia*. Zvolen : ES TU, 1998. 172 s. ISBN 80-228-0703-6.

57. LARSSON, E.H. - BORNMAN, J.F. - ASP, H. 1998. Influence of UV-B radiation and Cd2+ on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in Brassica napus. In *J. Exp. Bot*., vol. 49, 1998, p. 1031-1039.

58. MAŠLÁR, E. – DANIEL, J. – MAŠLÁROVÁ, I. – HRBATÝ, J. – MIHÁĽ, F. 2001. Zhodnotenie nepriaznivých účinkov starej banskej činnosti na životné prostredie Malých Karpát. In *Manuskrípt – archív ŠGÚDŠ Bratislava,* 2001, 312 s.

59. MIČIETA, K. - MURÍN, G. 1997. Wild Plants Species in Practical use for Bioindication of Polluted Environment. In *Ekológia*, roč. 16, 1997, č. 2, s. 193-202.

60. MLYNARČÍKOVÁ, H. - BLÁHA, K. - ČERMÁKOVÁ, T. - DOLINAY, Š. - HUFNÁGELOVÁ, B. - KOČIŠOVÁ, A. - KOTLEBA, J. - LEGÁTH, Ľ. - MAJLÁTHOVÁ, Ľ. - MARKOVIČ, J. - MURÍN, M. - ONDRAŠOVIČ, M. - PROSBOVÁ, M. - ŠKULINKOVÁ, K. - SOKOL, J. - TOPORČÁK, J. 1997. *Odhad miery rizika chemických látok pre domáce, hospodárske a voľne žijúce zvieratá, včely a vodné živočíchy.* 2. vyd. Košice: Univerzita veterinárneho lekárstva, 1997. s. 28-29. ISBN 80-88867-10- X.

61. MONNET, F. - VAILLANT, N. - VERNAY, P. - COUDRET, A. - SALLANON, H. - HITMI, A. 2001. Relationship between PSII activity, CO2 fixation, and Zn, Mn and Mg contents of *Lolium perenne* under zinc stress. In *J. Plant Physiol*., 2001, no 158, s. 1137-1144.

62. MURÍN, G. 2002. Autoregulačné mechanizmy prírody – záruka udržateľnosti života na Zemi. In *Život. Prostr*., roč. 36, 2002, č. 5, s. 256-259.

63. OPRAVIL, E. 1990. Společenstva synantropní vegetace ve středověku českých zemí. In *Zprávy Krajsk. Vlastiv. Muz. v Olomouci*, 1990, č. 263, s. 8–19.

64. PETŘÍKOVÁ, V. 1990. Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách. In *Rostlinná výroba*, roč. 36, 1990, č. 4, s. 367-377.

65. PLESNÍK, J. 2003. Dokáže rákos obecní snižovat dostupnost ťežkých kovú v pobřežních biotopech? In *Ochrana přírody*, roč. 58, 2003, č. 1, s. 9–10.

66. PROCHÁZKA, S. - MACHÁČKOVÁ, I. - KREKULE, J. - ŠEBÁNEK, J. 1998. *Fyziologie rostlin*. 1. vyd. Praha : Academia, 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

67. RANDUŠKA, D. – ŠOMŠÁK, L. – HÁBEROVÁ, I. 1983. *Farebný atlas rastlín.* 1. vyd. Bratislava : Obzor, 1983. 640 s. ISBN 65-005-83.

68. RAUSER, W.E. 1999. Cell Biochem. In *Biophys*., vol. 31, 1999, p. 19.

69. ROŽŇOVSKÝ, J. - LITSCHMANN, T. 2002. Bilancia náletovej vegetácie v špecifických podmienkach kalových polí ZSNP a.s. Žiar nad Hronom. In *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference*. Lednice na Moravě, 2002, s. 346-351.

70. SCHÜTZENDÜBEL, A. - SCHWANZ, P. - TEICHMANN, T. - GROSS, K. - LANGENFELD-HEYSER, R. - GODBOLD, A. 2001. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, H_2O_2 content and differentiation in pine (Pinus sylvestris) roots. In *Plant Physiology,* vol. 127, 2001, p. 887-892.

71. SIMONOVÁ, D. 2008. Rostlinná společenstva zdí na jižní a západní Moravě. In *Příroda*, roč. 26, 2008, s. 65-83.

72. SLOVÁKOVÁ, Ľ. – MISTRÍK, I. 2007. *Fyziologické procesy rastlín v podmienkach stresu.* 1. vyd. Bratislava : UK, 2007. s. 136-137. ISBN 978-80-223-2322-2.

73. STAWARZ, R. - ZAKRZEWSKI, M. - MARENČÍK, A. - HRAŠKA, Š. 2003. Heavy-metal concentration in the toad *Bufo bufo* from a region of Mochovce, Slovakia. In *Ekológia*, roč. 22, 2003, č. 3, s. 292 – 297.

74. STREĎANSKÝ, J. 1989. *Ochrana životného prostredia a tvorba krajiny*. Nitra : VŠP, 1989. 388 s. ISBN 80-07-00202-2.

75. STREĎANSKÝ, J. - PARILÁKOVÁ, K. - STREĎANSKÁ, A. 2005. *Hodnotenie kvality životného prostredia.* Nitra : SPU, 2005. 161 s. ISBN 80-8069-625-X.

76. STRNAD, V. - ZOLOTAREVA, B.N. - LISOVSKIJ, A.J. 1990. Vliv obsahu olova, kadmia a mědi v půdě na jejich kumulaci a výnos zemědělských plodin. In *Rostlinná výroba*, roč. 36, 1990, č. 4, s. 411-416.

77. SUCHARA, I. - SUCHAROVÁ, J. 2003. Biomonitoring atmosferického spadu prvků v podrobnějším mapovém měřítku. Vybrané příklady výsledků z Příbramska. In *Ochrana ovzduší 2*, roč. 15, 2003, č. 2, s. 13-20.

78. ŠČANAR, J. - MILAČIČ, R. - HORVATH, M. 2000. Comparison of various digestion and extraction procedures in analysis of heavy metals in sediments. In *Water, Air and Soil Pollut*., vol. 118, 2000, p. 87-99.

79. ŠOLTÝS, S. 1959. Rekultivace zpustošených pozemků v Severočeském hnědouhelném revíru. In *Vesmír*, roč. 38, 1959, s. 308-309.

80. ZENK, M.H. 1996. *Gene,* vol. 179, 1996, p. 21.

81. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.botanika.wendys.cz/kytky/K326.php>.

82. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.preshowminerals.szm.sk/bane/rudohorie/smolnik/04.jpg>.

83. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://img.geocaching.com/cache/log/c7bce163-c5f0-4a02-a04d-3272525b97ab.jpg>

84. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://pamiatky.custodea.com/images/spu/6/image/6811.jpg>.

85. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/10/22/Cladonia-fimbriata/lubica_k_176482.jpg>.

86. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/03/26/Ceratodon-purpureus/karol_ox_146980.jpg>.

87. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/06/03/Cardaminopsis-arenosa/pavol_keselak_155396.jpg)>.

88. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://botany.cz/foto/thlaspij3.jpg>.

89. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://snaturou2000.sk/uploads/2009/08/plant/vres-obycajny/cal_vul-500x337.jpg>.

90. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://slovenskevrchy.wbl.sk/Silene_vulgaris_-_Silenka_obycajna.JPG>

91. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2008/05/14/Dianthus-carthusianorum/tomas_margetin_106975.jpg>.

92. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://farm4.static.flickr.com/3021/2965486282_2806f9e71c.jpg>.

93. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://im.atlasrostlin.cz/knotovka-cervena/566/5661-plant_main-imqku.png>.

94. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.agroatlas.ru/content/related/Agrostis_tenuis/Agrostis_tenuis.jpg>.

95. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.visoflora.com/images/inter/med-agrostide-blanche-2----agrostis-stolonifera-visoflora-33840.jpg>.

96. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://herbar.szas.cz/doc/uploadovane//2010-11-14_21-11_72775540006_Avenella_flexuosa.jpg>.

97. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.agrostis.cz/galerie/atlastrav/21/01.jpg>.

98. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.nahuby.sk/images/fotosutaz/2009/05/04/Anthoxanthum-odoratum/milan_zajac_151653.jpg>.

99. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.british-wild-flowers.co.uk/00%20Paul%20Shannon/Festuca-rubra-2.jpg>.

100. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://www.sopsr.sk/velkafatra/uzemia/borovica.jpg>.

101. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://slnieckova.sk/images/breza-previsnuta-1109_jpg_290x600_q85.jpg>.

102. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Salix_caprea_036.jpg>.

103. [online]. [cit. 2011-05-06], dostupné na internete: <http://stezka.hamerskypotok.cz/media/rostliny/topol_osika02.jpg>.