

Ing. Pavel Vaněk, Sokolovská uhelná, a.s., sekce Rekultivace - divize Západ, Sokolov

Ing. Konstantin Dimitrovský - Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 5 - Zbraslav

Ing. Milan Štrudl, Sokolovská uhelná, a.s., sekce Rekultivace - divize Západ, Sokolov

Ekologická stabilita antropogenních půd

Ökologische Stabilität der anthropogenen Böden

Eine sorgfältige Analyse von experimentalen Arbeiten gebundenen mit der ökologischen Stabilität der rekultivierten, durch die Braunkohleförderung zerstörten Landschaft, ist Bestandteil bestimmter Entwicklungsstadien, die mehr oder weniger den Umfang und Aufgabefelder der Lösung dieser Problematik widerspiegelt.

Ökologische Bedeutung der neu entstandenen biologischen Elemente einschließlich der Wald-Ökosysteme auf den anthropogenen Substraten (geäußert durch die sog. ökologische Stabilität bzw. Labilität) stützt sich auf langfristige Beobachtungen (1961-1995) einer ganzen Reihe von Schlüsselfaktoren (Boden-, Klima-, Botanischen-, Dendrologischen-faktoren u.a.) auf flächenmäßig umfangreichen Forschungsflächen eines dauerhaften Charakters. Eine untraditionelle Auswertungsweise der ökologischen Stabilität ist aufgrund der Analyse und schließlich der Synthese aller mitentscheidenden autoregulierenden Faktoren durchgeführt, die an die ökologische Stabilität im Raum sowie in der Zeit knüpft. Ein bescheidendes Ziel unserer Rekultivierungsuntersuchungen bei Bildung von Wald-Ökosystemen auf den Kippenastandorten ist der Rekultivierungspraxis die überprüften Kenntnisse zur Verfügung zu stellen, die die Dynamik und funktionsmäßige Bedeutung von anthropogenen Substraten einschließlich erneuter niedriger und erwachsener Vegetation zu beleuchten. Unsere Kenntnisse sind durch ausführliches Studium der grundlegenden Lebensgeschehen über gepflegte heimische und introduzierte Holzbestände auf den Kippen von Sokolov bedingt.

Ecological stability of antropogenic soils

Careful analysis of the experimental works connected with the environmental stability of restored devastated landscape complexes marks the certain development stages which reflect more or less the extent, contents and filling at the problem solution.

The environmental significance of newly forming biological elements including the forest ecosystems on antropogenic substrates (expressed by so-called environmental stability or lability) is based on the long-term observations (1961 - 1995) of many key factors (soil, climatic, botanical, dendrological ones etc.) on the spatial extensive research areas of permanent character. The non-textbook access of the ecological stability evaluation is executed on the basis of analysis and then synthesis of all co-decisive autoregulation factors conditioning the ecological stability in space and time. The modest aim of our restoration ecological research at forest ecosystem formation on the dump standplaces is to provide the verified knowledge to the restoration practice explaining the dynamics and functional significance of antropogenic substrates including the renewed ground-level and grown vegetation. Our knowledge is conditioned among other things by detail study of basic life actions of the grown wood species domestic and introduced on the dumps of Sokolov area.

Экологическая стабильность антропогенных почвенных пород

Тщательный анализ экспериментальных работ, связанных с экологической стабильностью отрекультивированных комплексов ландшафта, нарушенных горными работами, явится предзнаменованием определенных стадий развития, которые более или менее

отражают диапазон и суть решения данной проблематики.

Экологическое значение ново-возникающих биологических элементов ландшафта, включительно лесных экосистем на антропогенных субстратах (выражаемых так наз. экологической стабильностью, или же лабильностью) опирается на долгосрочные исследования (1961 - 1995 гг.) целого ряда ключевых факторов (почвенных, климатических, ботанических, дендрологических и др.) на обширных исследовательских площадках постоянного характера. Практический - "не по учебникам" - подход к оценке экологической стабильности осуществляется на основе анализа и наконец синтеза всех совместно участвующих в решении авторегулирующих факторов, обуславливающих экологическую стабильность в пространстве и времени. С скромная цель наших рекультивационных экологических исследований при создании лесных экосистем на отвалах угольных разрезов заключается в предоставлении рекультивационной практике достоверных сведений, объясняющих динамику и функциональное значение антропогенных субстратов, включительно восстанавливаемой приземной (простой) и высокой вегетации. Наше познание обусловлено, кроме другого, также подробным изучением основных жизненных процессов первоначальных и интродуцированных древесных пород,

культивированных на отвалах Соколовского бурогоугольного бассейна.

Ekologická stabilita antropogenních půd

Pečlivá analýza experimentálních prací spojených s ekologickou stabilitou rekultivovaných devastovaných krajinných celků předznamenává určitá vývojová stádia, která více nebo méně odrážejí rozsah, obsah i náplň při řešení problematiky.

Ekologický význam nově vznikajících biologických prvků včetně lesních ekosystémů na antropogenních substrátech (vyjádřených tzv. ekologickou stabilitou, případně labilitou) se opírá o dlouhodobá sledování (1961 - 1995) celé řady klíčových faktorů (půdních, klimatických, botanických, dendrologických aj.) na plošně rozsáhlých výzkumných plochách trvalého charakteru. Neučebnicový přístup hodnocení ekologické stability je proveden na základě analýzy a posléze syntézy všech spolurozhodujících autoregulačních faktorů podmiňujících ekologickou stabilitu v prostoru a čase. Skromným cílem našich rekultivačních ekologických průzkumů při tvorbě lesních ekosystémů na výsypkových stanovištích je poskytnout rekultivační praxi ověřené poznatky objasňující dynamiku a funkční význam antropogenních substrátů včetně obnovované přízemní a vzrostlé vegetace. Naše poznání je podmíněno mj. podrobným studiem základních životních dějů pěstovaných domácích a introdukovaných dřevin na výsypkách Sokolovska.

Z výsledků je patrné, že existují přímé a zpětné vazby mezi jednotlivými činiteli ovlivňujícími ekologickou stabilitu lesa na antropogenních substrátech. Zvláště v imisních oblastech je proto nezbytně nutné studium evolučně genetických proměn taxónů, vyvolaných jak změnou půdních, tak i mikro a makroklimatických podmínek, protože dokonalá znalost autoregulačních schopností a mezních parametrů pěstovaných druhů rostlin a dřevin je jednou ze základních podmínek úspěšně prováděných rekultivací na všech typech antropogenních půd z hlediska jejich ekologické stability.

1. Úvod

Je všeobecně známo, že rekultivace (lesnické, zemědělské, ovocnářské) na antropogenních půdních substrátech mají v podmínkách ČR dlouhodobou tradici, neboť se výzkumně a provozně řeší již přes 35 roků ve všech hlavních uhelných pánvích.

Mají-li rekultivace plnit své poslání (funkce půdoochranná, půdotvorná, bioklimatická, hygienická, vodohospodářská, rekreační) stabilizujícího ekologického faktoru hornické krajiny, potřebujeme s dostatečnou přesností znát stav obnovované vegetace v prostoru a čase (obr. 1, 2). Tento přístup nutně předpokládá i dokonalou znalost systematické ekologické stability pěstovaných taxónů (druh, rod, čeleď u rostlin a dřevin). Pro lepší pochopení problematiky, jejíž náplň je dána názvem příspěvku, definujeme pojem „ekologická stabilita“. Ekologická stabilita je schopnost ekologických složek prostředí původního i antropického charakteru (rostlé půdy, antropogenní půdy, autochtonní a introdukované rostliny a dřeviny apod.) vykazovat autoregulační schopnosti i v období působení negativních vlivů vnějších (oxid siřičitý, fluór, omezení slunečních dnů, pevný úlet) a vnitřních (okyselování půd, snížená fotosyntéza, anatomické změny taxónů a jiné). Z výše uvedeného plyne, že ekologická stabilita nízké i vzrostlé zeleně, obnovované v rámci velkoplošných rekultivací na všech typech antropogenních půd (výsypky, odvaly, složiště popela, skládky tuhých sídelních odpadů), je předurčena právě znalostí autoregulačních schopností pěstovaných druhů rostlin a dřevin na tato specifická stanoviště. K takovým již neklimaxovým druhům v imisních oblastech patří např. chmel, jedle bělokorá, smrk ztepilý. Z pohledu výzkumu a praxe je důležité vymezení hranic (mezních parametrů), při kterých dochází k narušení ekologické stability taxónů. Překročením těchto mezí dochází k ekologické labilitě taxónů přerůstající ve změny patologické (kořenové hniloby, houbová onemocnění nadzemních částí, vysychání asimilačních orgánů). V podmínkách imisních oblastí k ekologické labilitě taxónů dochází v podstatě trojím způsobem:

- akutní labilita taxónů způsobená nadměrnou jednorázovou dávkou škodlivin (SO_2 , fluór, prach)
- chronická labilita je výsledkem periodického působení škodlivin
- edafická labilita vyjádřená toxikologickým působením půdního substrátu (hydratované formy Fe a Al, kritické okyselení půdy - pod 2 pH).

U prvních dvou kategorií lability taxónů jde o toxikologické jevy přímé, u třetí o jev zprostředkovaný. Určitou překážkou pro exaktní posouzení ekologické stability lesních taxónů na rekultivovaných plochách (výsypkách, odvalech) i autochtonních lesů v imisních oblastech, bylo utajování množství a chemického složení emitovaných zplodin v ovzduší.

2. Nová nazírání na ekologickou stabilitu pěstovaných taxónů

Základním předpokladem změny nazírání na ekologickou stabilitu pěstovaných taxónů v imisních oblastech a antropogenních půdních substrátech je studium evolučně genetických proměn taxónů, vyvolaných jak změnou půdních podmínek, tak i podmínek mikro a makroklimatických. Chronologický vývoj obnovy lesa na antropogenních substrátech vytvořil unikátní objekt pro takové studium z těchto důvodů:

- atypické půdní prostředí (zeminy vytěžené z mnohametrové hloubky nadloží uhelné sloje) je půdně geneticky nedefinovatelné a jeho vyživovací schopnost (posuzováno podle obsahu a migrace základních prvků minerální povahy - Ca, K, Mg, P) poskytuje zcela analogické podmínky pro odzkoušení dřevin domácího a introdukovaného původem, bez ohledu na jejich autochtonní půdní podmínky
- intoxace fyziologické hloubky profilů imisemi a pevným úletem je v první fázi rekultivačního cyklu hodnota nulová a kontrolovatelná v časovém rozpětí sledování

- možnosti porovnání ekologické stability nebo lability u druhů domácích a introdukovaných.

Vzhledem k tomu, že rozsah i obsah dané problematiky je značně složitý, omezíme se pouze na diskusi reprodukovatelných výsledků a jejich zobecnění.

3. Diskuse

Ekologický význam nově vznikajícího lesa na antropogenních substrátech (vyjádřený ekologickou stabilitou, případně labilitou) se opírá o dlouhodobé sledování (1961 - 1996) půdní chemie, půdní fyziky, hydropedologie, mikrobiologie, fytocenologie, emisního zatížení, biometrie a meteorologie. V provedené srovnávací analýze byly v úvahu vzaty - výskyt akumulace SO_2 , fluóru, dusíku v asimilačních orgánech stanovených listovou analýzou, přitom hlavní pozornost byla upřena na dřeviny jehličnaté. Při hledání přímých a zpětných vazeb jednotlivých činitelů nejvíce ovlivňujících ekologickou stabilitu lesa na antropogenních substrátech (výsypkách) v imisních oblastech, byly zjištěny jako významné tyto autoregulační půdní a bio mechanismy:

- pufrovitost půdních substrátů
- pH a sorpční vlastnosti
- celkový obsah Mg a jeho migrace v procesu perkolace
- obsah organické půdní složky (humusu)
- genetické vlastnosti pěstovaných dřevin
- klimaxové vlastnosti dřevin se zřetelem na výškovou pásmovitost v původních areálech jejich výskytu
- volba směsí dřevin listnatých a listnatojehličnatých
- množství imisí prudkých, vleklých a jejich setrvalý stav
- množství atmosférických srážek a relativní vlhkost vzduchu.

Pro lepší přehlednost reprodukovatelných výsledků provedených analýz a vizuálně odpozorovatelných znaků u pěstovaných dřevin a jejich porostů, provedeme zobecnění ve stejné posloupnosti uvedených autoregulačních faktorů:

- 1) Pufrovitost (ústožčivost) jako odvozená pedologická charakteristika je schopnost eliminovat změny reakce (pH) vstupem kyselin nebo zásad do půdního prostředí. Pufrovitost je podmíněna:

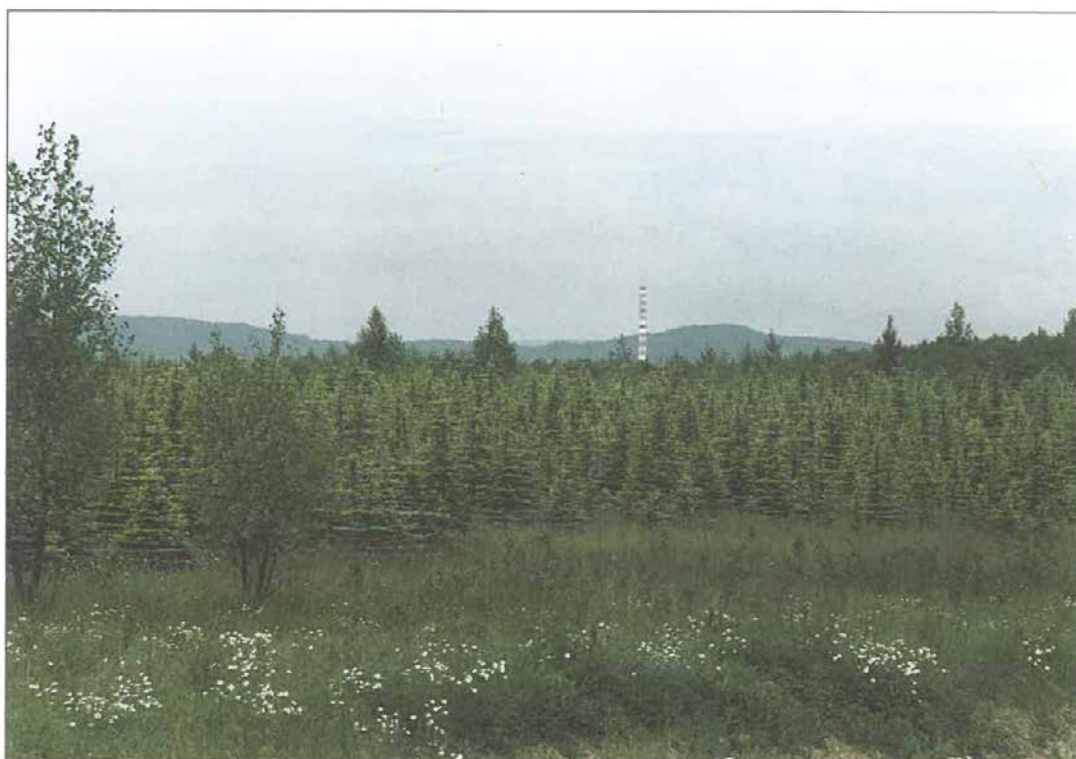
- a) obsahem jílové frakce a zejména koloidního jílu - tab. 1

- b) obsahem uhličitánů - Ca a Mg a jejich kationtů v sorpčním a půdním roztoku - tab. 2 a 3

Zájmové půdní substráty na výsypkách jsou terciárního miocenního stáří (šedé a žluté jíly, jíly cyprisové a vulkanodetritické série) (obr. 1 a 2). V důsledku vysokého obsahu jílové frakce (70 - 90 %) jsou velmi odolné proti změnám pH. Množství oxidu siřičitého je v oblasti Sokolovského revíru 120 000 t/rok a tento stav byl po dobu sledování okyselování setrvalý. Propočtem zjištěné množství síry na 1 ha (podle imisního zatížení v areálu pokusných ploch) bylo 13 až 26 kg/rok. Za období sledování 1961 - 1989 činilo toto množství síry 3,6 až 7,2 t/ha.



Obr. 1 Ukázka přímé zemědělské rekultivace jílů cyprisové série na výsypce Velká Loketská



Obr. 2 Obnova introdukovaných jehličnatých dřevin na antropogenních substrátech (smrk pichlavý - výsypka Malá Loketská)

Proces desagregace jílovitých zemin pod pěstovanými lesními porosty

Tab. č. 1

Výsypka	Druhov ^á skladba	Číslo pro- filu	Hloubka odběru v cm	Zrnitostní složení - údaje v %				
				0,002	0,002- 0,01	0,01- 0,05	0,05- 0,1	0,1 - 2 mm
Antonín	Monokultura borovice Murrayové	1	0-40	19,5	47,7	20,6	9,4	2,8
	Monokultura olše lepkavé	2	0-30	16,2	34,8	24,4	17,6	8,0
	Směs bor. Murr. a olše lepkavé	3	0-40	22,4	40,0	27,4	4,0	6,2
	Směs olše lepkavé a javoru mléče	4	0-40	17,8	41,8	30,8	3,8	5,8
Velký Riesl	Monokultura borovice Murrayové	5	0-30	26,2	37,0	25,6	5,2	6,0
	Směs bor. Murrayové a olše šedé	6	0-30	29,4	34,0	24,8	4,8	7,0
	Směs olše lepkavé a javoru klenu	7	0-40	17,4	26,8	23,4	15,2	17,2
Vilém	Monokultura modřínu opadavého	8	0-40	27,4	39,6	17,5	10,3	5,2
	Monokultura olše šedé	9	0-40	22,6	38,2	20,3	8,9	10,0
	Monokultura borovice černé	10	0-50	25,1	40,6	16,9	12,3	5,1
	Přeměna olše šedé pruhovou sečí (jilm horský, javor klen, buk lesní)	11	0-30	18,7	37,3	30,2	6,1	7,7
	Přeměna olše šedé kotlíkovou sečí (jasan ztepilý, javor mléč)	12	0-40	35,4	34,2	25,6	0,6	4,2

Celkový obsah živin minerální povahy u zvětralých a nezvětralých zemin - údaje v %

Tab. č. 2

Výsypka	Čís. vzor- ku	Stav zemi- ny	Hloubka odběru v cm	CaO			K ₂ O			MgO			P ₂ O ₅		
				od	do	%	od	do	%	od	do	%	od	do	%
Antonín	1	zvětralá	0-30	0,72	0,84	0,78	0,42	0,86	0,64	1,33	1,76	1,54	0,12	0,44	0,28
	2	nezvětralá	30-60	0,96	1,24	1,10	1,15	1,74	1,44	2,44	3,52	2,98	0,10	0,56	0,33
	3	zvětralá	0-25	0,49	0,82	0,65	1,51	1,62	1,56	1,38	1,84	1,61	0,18	0,49	0,33
	4	nezvětralá	25-50	1,06	1,48	1,27	0,76	1,84	1,30	1,65	2,31	1,98	0,14	0,36	0,25
	5	zvětralá	0-20	0,86	1,26	1,06	2,64	3,11	2,87	1,74	2,10	1,92	0,17	0,50	0,33
	6	nezvětralá	20-50	1,15	1,99	1,57	1,47	1,58	1,52	2,16	2,65	2,40	0,12	0,39	0,25
Velký Riesl	7	zvětralá	0-20	0,64	0,88	0,76	0,64	0,98	0,81	1,16	1,73	1,44	0,19	0,70	0,45
	8	nezvětralá	20-50	2,12	2,18	2,15	1,76	1,84	1,50	1,49	1,67	1,58	0,11	0,42	0,26
	9	zvětralá	0-30	0,81	2,19	1,50	1,48	1,72	1,60	1,50	1,84	1,67	0,15	0,47	0,31
	10	nezvětralá	30-70	1,32	2,06	1,69	0,76	0,81	0,78	1,92	3,14	2,53	0,12	0,36	0,24
	11	zvětralá	0-20	0,50	2,15	1,07	0,80	1,04	0,92	1,48	2,02	1,75	0,16	0,51	0,33
	12	nezvětralá	20-50	0,74	3,36	2,05	0,56	0,82	0,69	2,08	2,91	2,49	0,10	0,36	0,23

Charakteristika chemických vlastností zemin na výsypce Vintířov 1986

Tab. č. 3

Čís. vzorku	pH :		20 % výluh HCl údaje v %										N celk. %	Druhové složení lesních kultur
	H ₂ O	V ⁺ KCl	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Al	S	Na	Pb		
1	8,05	7,30	0,49	1,35	1,50	0,06	0,060	5,5	3,54	0,45	0,007	0,005	0,15	borovice Murrayova
2	7,75	7,20	0,51	1,38	1,44	0,05	0,056	4,9	3,50	0,72	0,009	0,004	0,16	borovice lesní
3	8,00	7,00	0,50	1,34	1,43	0,07	0,062	4,1	3,94	0,25	0,003	0,004	0,18	lípa malolistá + borovice černá
4	8,00	7,00	0,60	1,24	1,39	0,06	0,063	4,5	3,34	0,30	0,008	0,005	0,13	lípa malolist.+borov. lesní
5	8,15	7,40	0,60	1,26	1,43	0,06	0,062	4,5	4,50	0,33	0,007	0,005	0,15	- " -
6	8,15	7,40	0,41	0,79	1,41	0,06	0,048	4,3	2,84	0,28	0,005	0,004	0,33	kontrola
7	8,20	7,30	0,49	1,36	1,67	0,07	0,061	4,3	3,82	0,30	0,006	0,005	0,15	douglas.tisolistá+bor.černá
8	6,90	6,30	0,46	0,99	1,12	0,08	0,060	4,0	3,50	0,25	0,080	0,005	0,37	olše lepkavá s podsad.dougl. tisolisté
9	8,40	7,20	0,52	1,07	1,13	0,06	0,063	4,8	3,48	0,30	0,050	0,004	0,15	olše lepkavá - dub zimní
10	8,20	7,25	0,44	1,04	1,10	0,07	0,055	4,5	3,10	0,33	0,020	0,004	0,16	lípa malolistá + dougl. ti-solistá
11	2,90	2,40	0,14	0,36	0,08	0,06	0,004	3,1	1,30	1,40	0,060	0,004	0,10	olše lepkavá
12	2,50	2,20	0,04	0,14	0,01	0,03	0,003	1,0	0,48	1,75	0,032	0,004	0,08	- "-
13	2,30	2,10	0,13	0,45	0,06	0,10	0,020	3,6	1,70	2,55	0,070	0,004	0,08	borovice vejmutovka
14	5,15	4,15	0,10	0,40	0,11	0,07	0,017	6,8	1,30	1,75	0,040	0,004	0,06	kontrola
15	4,25	3,50	0,16	0,61	0,17	0,16	0,026	2,9	2,14	0,45	0,019	0,003	0,06	borovice lesní
16	2,80	2,50	0,13	0,16	0,06	0,10	0,014	5,2	2,12	1,40	0,015	0,004	0,09	borovice lesní
17	3,50	3,15	0,12	0,60	0,20	0,10	0,010	3,3	1,00	4,20	0,050	0,003	0,19	kontrola

Za dobu 28 let došlo pod listnatými porosty (olše lepkavá, olše šedá, jasan ztepilý, javor klen, javor mléč, habr obecný, jilm habrolistý, jilm drsný, dub zimní, různé kultivary topolů) ke snížení o 0,8 pH (1961 - 7,6, 1989 -6,8 pH). U analogických antropogenních substrátů však pod jehličnatými monokulturami (smrk ztepilý, modřín opadavý, borovice černá, vejmutovka) došlo ke snížení o 2,7 pH. Tyto výsledky nasvědčují tomu, že u půdních substrátů s vysokou pufrovitostí má na snížení pH větší vliv skladba dřevin než kumulace sloučenin síry.

- 2) Acidita v posledním desetiletí, tj. v době radikálních ekologických proměn, patří k problémům nejvíce diskutovaným. Proces okyselování půd je v drtivé většině spojován s výskytem a působením tzv. kyselých dešťů. V důsledku toho se přistoupilo k „záhraně“ lesa v imisních oblastech ČSFR k velkoplošnému vápnění bez ohledu na exaktní ověření jeho působení proti okyselení půd různých druhů a typů na dřevinnou skladbu porostů nebo na vynaložené obrovské finanční prostředky. V rámci ověřovacích zkoušek obnovy lesa na antropogenních půdních substrátech po dobu 3 desetiletí byla systematicky sledována otázka změny pH jak vlivem emisního zatížení, tak i skladbou dřevin pěstovaných na výsypkových stanovištích. Třicetileté výsledky v oblasti sledování změny pH vlivem emitovaných sloučenin síry na antropogenních půdních substrátech ukazují na tyto vzájemné souvislosti:

- půdní substráty s nepromyvnými horizonty profilů, s dostatečným obsahem kationtů Ca a Mg, s dobrými sorpčními vlastnostmi a příznivými formami humusu vykazují vysokou až velmi vysokou profilakční schopnost proti systematickému i periodickému vstupu sloučenin síry do půdních profilů. Tato kategorie půd (převážná část výsypek) poskytuje při vhodné volbě druhové skladby (listnaté, smíšené porosty) dostatečný prostor pro zachování ekologické stability zakládaných porostů
- u sorpčně nasycených půdních substrátů kromě příznivého pH (6,3 - 7,0 v H₂O) má z hlediska tolerance (odolnosti, flexibility) dřevin nezastupitelnou funkci celkový obsah hořčíku a jeho migrace ve fyziologické hloubce profilů a asimilačních orgánech dřevin. Na základě půdních a listových analýz (K. Dimitrovský - J. Vesecký, 1989) bylo zjištěno, že s přibývajícím množstvím hořčíku v asimilačních orgánech se zvyšuje tolerance dřevin vůči imisnímu zatížení SO₂ a F. Zatímco SO₂ v asimilačních orgánech je složkou variabilní (podmíněnou množstvím atmosférických srážek, relativní vlhkostí vzduchu apod.), fluór se ukazuje jako složka méně pohyblivá. Starší ročníky jehličí (borovice, smrk, douglaska) obsahují 2 až 3 krát větší množství fluóru než jehlice jednoleté. Průměrný obsah Mg se u půdních substrátů výsypek pohybuje v úzkém rozpětí 1,3 až 1,6 %. Toto množství Mg lze považovat za velmi vysoké. Stanovená zásoba Mg v asimilačních orgánech listnáčů (olše, javor, jasan, jilm) je velmi příznivá (0,16 - 0,32 %), u jehličnanů je nižší, a to 0,09 - 0,18 %. Porovnáme-li množství Ca a Mg u zkoumaných půdních substrátů, zjistíme dosti výjimečný jev, a to převahu Mg nad Ca. Příjem Mg dřevinami je rozdílný a vesměs přímo úměrný pH. Se zvyšující se kyselostí půdních substrátů klesá příjem Mg a naopak. Podobná gradace byla zjištěna i u obsahu Ca.

- 3) Migrace Mg a Ca v jednotlivých vrstvách výsypkových substrátů je podmíněna:

- a) intenzitou zvětrávání zemin,
- b) výskytem ve formě síranu a uhličitanu hořečnatého,

- c) perkolací (vyplavováním) preferenčními cestami srážkové vody, vytvořenými mikro a makropóry.
- 4) Dalším autoregulačním mechanismem podstatnou měrou ovlivňujícím schopnost tolerance dřevin proti přímému a zprostředkovanému působení imisí je množství a kvalita organické půdní složky (humusu). Na rozdíl od rostlých lesních půd u výsypkových půdních substrátů je organická složka dvojího původu:
 - a) primárního z období sedimentace v historické době
 - b) sekundárního - produkt opadu asimilační hmoty a ostatních rostlinných zbytků (větví, bylinné patro)

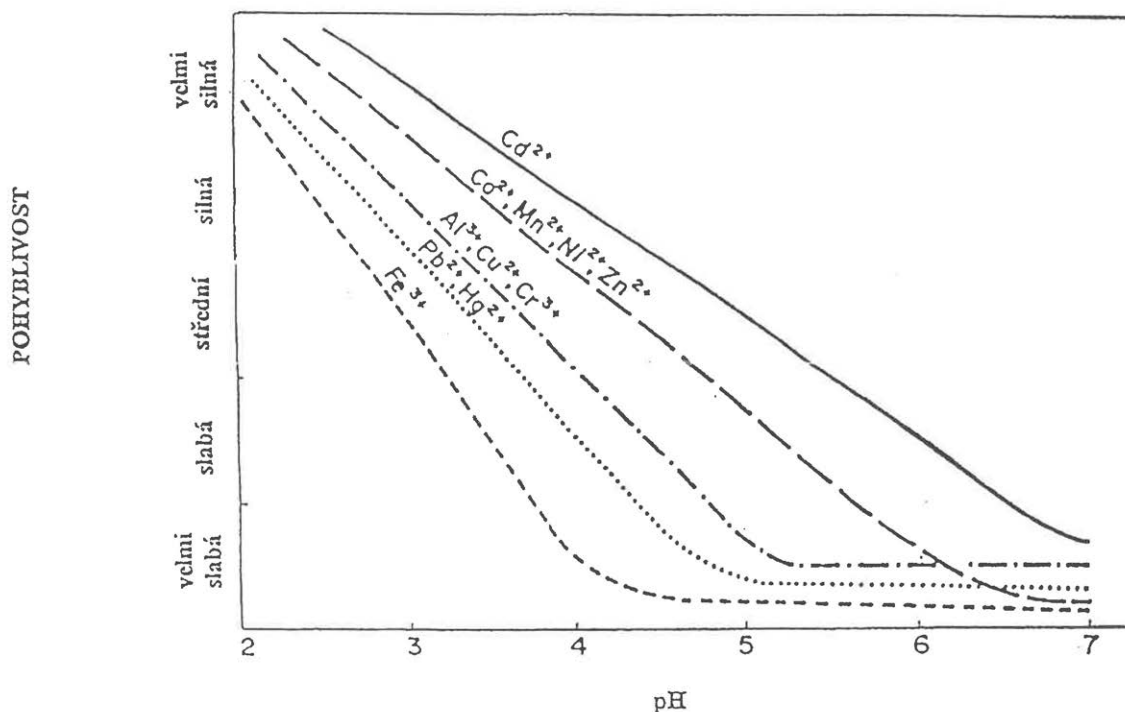
Z provedených analýz vyjádřených poměrovými hodnotami huminových kyselin a fulvokyselin a odpozorovatelných znaků zdravotního stavu pěstovaných listnatých, jehličnatých a smíšených porostů platí zásada, že se zvyšujícím se množstvím a kvalitou organické půdní složky primárního a sekundárního původu, se úměrně zvyšuje tolerance dřevin vůči imisím a tím i jejich ekologická stabilita. Kvalitativně nejpriznivější formy humusu vykazují:

- a) porosty javoru mleče, klenu a lípy srdčité
- b) porosty jilmu drsného a habru obecného
- c) porosty olše šedé a olše lepkavé

Hodnotíme-li množství opadu u zkoumaných dřevin, dostaneme toto pořadí:

1. topol berlínský, topol marilandika
2. olše lepkavá, javor klen
3. olše šedá a jilm drsný

- 5) Ukazuje se, že nemalý vliv na toleranci dřevin proti působení SO_2 má rovněž obsah dusíku v půdě a v asimilačních orgánech. Vysokou až velmi vysokou toleranci vykazují porosty pěstované na antropogenních půdních substrátech s obsahem humusu a jeho rovnoměrné mineralizace. Tyto půdní substráty, minerálně bohaté, skýtají po určité době (jak bylo zjištěno po více než 20 letech melioračním působení porostů) příznivé podmínky pro rozvoj mikroorganismů podporujících nitrifikační procesy. Podle provedených mikrobiálních testů nejpriznivější nitrifikační podmínky mají půdní substráty pod různorodými porosty listnatými a smíšenými, složené ze strukturních forem jílu, bohaté Ca + Mg s příznivou reakcí a mezními hodnotami výměnného pH 6,4 - 7,2. Protapedoprofilu s poměrovými hodnotami Ca : Mg (0,15 : 0,05), Fe : Al (5,2 : 2,2) jsou zcela fytotoxické (pH = 2,2), většinou jsou tvořeny nadložními zeminami pocházejícími z bezprostřední blízkosti uhelné sloje. U tohoto typu nadložních zemin je průměrný obsah síry 1,7 %. Odzkoušené opakované vápnění v různých dávkách se ukázalo jako meliorační opatření naprosto neúčinné. Jedinou možnou cestou navrácení takových typů fytotoxických zemin na výsypkách lesní výrobě je jejich převrstvení zúrodněnými schopnými zeminami (veškeré nadložní zeminy mimo areál bezprostřední blízkosti uhelné sloje) (viz obr. 3).
- 6) Pro ekologickou stabilitu antropogenních půd a jejího hodnocení poskytují dostatečný prostor i velmi zajímavé výsledky dosahované u pěstovaných druhů introdukovaných dřevin (borovice Murrayova, borovice pokroucená, borovice černá, smrk pichlavý, smrk omorica, douglaska tisolistá, smrk sivý, borovice těžká, borovice Jeffreova a další) na antropogenních výsypkových stanovištích.



Obr. 3 - Rozdíl v mobilitě těžkých kovů při změně hodnoty pH

Porovnáme-li stanovištní podmínky výsypek (půdní, klimatické, emisní zatížení - SO₂, F, N, pevný úlet) ve vztahu k výškové pásmovitosti uvedených a jiných introdukovaných dřevin, zjistíme některé vzájemné vazby, opírající se o vztahy stupně tolerance dřevin proti působení imisí podle:

- výškové pásmovitosti zkoumaných druhů v původním areálu výskytu
- odolnosti ekotypu proti mrazu
- tepelných výkyvů v autochtonním prostředí

Získaná evolučně genetická proměnlivost druhů vlivem působení výše uvedených faktorů v původním areálu jejich výskytu se projevuje jako určující faktor autoregulační, a tím i stabilizační, i na výsypkových stanovištích.

Literatura

1. Beneš, S. - Pabiánová, J.: Přirozené obsahy, distribuce a klasifikace prvků v půdách. VŠZ - katedra půdoznalství, 1987.
2. Beneš, S. - Semotán, J. - Voráček, V.: Klasifikace nadložních zemín pro účely rekultivace v Sokolovském hnědouhelném revíru. Závěrečná zpráva, ČVUT, 1964.
3. Dimitrovský, K. - Vesecký, J.: Vliv lesních porostů na tvorbu půdy na výsypkách. Lesnictví, 6, 1969, str. 539-558.
4. Dimitrovský, K. Vesecký, J.: Lesnická rekultivace antropogenních půd vzniklých báňskou a průmyslovou činností. SZN Praha, 1989, stran 140.