

Česká zemědělská univerzita

Fakulta lesnická a enviromentální

Katedra pěstování lesa

**Vliv antropogenních substrátů výsypek
na Sokolovsku na obnovu lesa**

Disertační práce

Autor: Ing. Josef Kubát

Školitel: Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Kynšperk nad Ohří 2010

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat svému školiteli Prof. Ing. V. Podrázskému, CSc. za odborné vedení, rady a připomínky při zpracování disertační práce.

Také bych chtěl poděkovat členům katedry pěstování, zejména Doc. Ing. J. Remešovi, PhD. a svému konzultantu Ing. K. Dimitrovskému za jejich pomoc a vytvoření příjemného pracovního prostředí. Rovněž poděkování patří členům katedry Pedologie a geologie fakulty Agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů.

Abstrakt

Práce se zabývá obnovou lesních porostů na výsypkách formou lesnické rekultivace. Volba, vývoj a růst nově vzniklých lesních porostů je odvozen a posuzován na základě podrobného pedologického a hydrologického výzkumu. V práci je hlavní důraz kladen na volbu druhů dřevin listnatých a jehličnatých podle hlavních pedologických charakteristických vlastností výsypkových substrátů. Zejména je hodnocena prosperita jednotlivých druhů dřevin a keřů používaných pro zalesňování výsypkových stanovišť. Práce se zabývá i ekonomickým hodnocením jednotlivých způsobů zakládání včetně zhodnocení jejich plošné výměry v oblasti Sokolovského hnědouhelného revíru.

Klíčová slova:

lesnické rekultivace, druhy dřevin, výsypkové substráty, pedologická charakteristika, ekonomika rekultivačních prací

Abstract

Dissertation deals with forest reclamation on mining spoil banks. The choice, growth and development of new reforested areas are based on detailed pedological and hydrological research. The main focus is stressed on appropriate choice of broadleaved and/or coniferous species based on pedological and hydrological characteristics of spoil banks. Trees and bushes prosperities are the leading variables for afforestation of spoil banks. Dissertation deals with economic aspects of reclamation as well including the actual areas of forest reclamation within Sokolov region.

Keywords:

forest reclamation, tree species, spoil bank substrate, pedology, economics of reclamation

Obsah:

1. Úvod.....	6
2. Rozbor řešené problematiky	7
3. Stručná charakteristika vybraných výsypek	10
4. Cíl práce	12
5. Metodika práce	12
5.1 Posouzení současného stavu lesních kultur a porostů.....	13
6. Charakteristika antropogenních substrátů na výsypkách	15
6.1 Geologicko-pedologické zhodnocení nadloží	16
6.1.1 Horniny cyprisové a vulkanodetritické série	16
6.2 Stručná pedologická a hydropedologická charakteristika výsypkových substrátů. 27	
6.2.1 Chemismus výsypkových substrátů.....	27
6.2.2 Půdní fyzika a hydropedologie.....	31
6.2.3 Půdní struktura substrátů	32
6.2.4 Hydropedologické vlastnosti substrátů	43
7. Etapová struktura a skladba lesů na výsypkách	50
7.1 Požadavky na sadbový materiál a dobu zalesnění	53
7.2 Volba způsobu zakládání lesních kultur	54
8. Dendrologické aspekty	55
8.1 Vymezení dendroekologických aspektů	56
8.2 Vliv antropogenních substrátů na založené kultury	64
8.3 Tvary habitů dřevin na výsypkách jílovité povahy	65
8.4 Genetická struktura dřevin	66
8.5 Morfogenní proměnlivost	67
8.6 Ekvivalence dřevin domácích a introdukovaných	68
8.7 Půdní podmínky	72
8.8 Půdní chemie.....	73

8.9	Vyhodnocení výsledků měření vlhkosti.....	79
9.	Volba druhů dřevin a jejich zastoupení	81
9.1	Volba způsobu zakládání lesních porostů na výsypkách.....	82
9.2	Vzrůst a vývoj lesních porostů na výsypkách.....	83
9.4	Požadavky na sadbový materiál a dobu zalesňování.....	86
9.5	Vymezení způsobů zakládání a volby vhodných směsí dřevin pro antropogenní stanoviště	87
9.6	Růst a vývoj dubu, smrku a modřínu na výsypkách	93
9.7	Otázky pěstebních zásahů a výchovy lesních porostů.....	101
10.	Ekonomika rekultivačních prací.....	102
11.	Plošná výměra rekultivací na Sokolovsku	109
12.	Závěr.....	114
13.	Literatura	116

1. Úvod

Rozmanitost antropogenních půdních substrátů, které v drtivé většině vystupují jako matečné horniny skrývané z velkých hloubek především při těžbě uhelné sloje, vyvolala i rozmanitost volby dřevin a jejich souborů tvořících lesní porosty na rekultivovaných plochách.

Současný stav vývoje lesnické rekultivace v podmínkách ČR ukazuje na to, že ekologické základy musí vycházet a bezpodmínečně respektovat tyto spolurozhodující faktory:

1. antropogenní půdní prostředí,
2. stupeň znečištění prostředí,
3. funkční význam jednotlivých druhů dřevin a jejich souborů (půdotvorný, půdoochranný, vodohospodářský, hygienický, estetický),
4. ekonomický a provozní význam volených druhů dřevin v procesu zalesňování antropogenních půdních substrátů,
5. ochranu a pěstební výchovné zásahy.

Tento přístup, opírající se o poměrně bohaté experimentální výsledky výzkumu na pokusných plochách plošně rozsáhlých a o výsledky dosažené rekultivačním provozem, podnítil některé netradiční náhledy na vliv stanovištních podmínek na dřeviny autochtonního a introdukovaného původu.

Význam výsledků je umocněn skutečností, že byly dosaženy na antropogenním půdním prostředí zatíženém průmyslovými imisemi. Snahou zpracovatele této práce je naznačit cesty pro vypracování vědecky podložených systémů rekultivačních dendrologických a pěstebních opatření, zaměřených na odstranění nedostatků spojených s výběrem vhodných druhů dřevin a keřů při zalesňování antropogenních půd, včetně způsobů jejich pěstování a péče o založené porosty.

Stranou nezůstala ani nabízená příležitost poukázat i na některé stále trvající souvislosti spojené s mírou vlivu i ostatních sledovaných faktorů (imise, kyselá srážky, kvalitativní stránka půdního prostředí, pedogenetické procesy, prokořeňování profilů, tvorba organické půdní složky atd.), ovlivňujících výběr a zdravotní stav dřevin pěstovaných na antropogenních půdních substrátech.

Dnešní stav struktury a skladby lesních porostů na výsypkových stanovištích Sokolovské hnědouhelné pánve, zakládáných od 40. let minulého století do současnosti a budoucnosti, tj. do vyuhlení, poskytuje širokou škálu dendroekologických aspektů k vytvoření

teoretických a praktických základů obnovy lesa na antropogenních substrátech rozdílné geologicko-petrografické příslušnosti. Dosavadní skladba lesních porostů a kultur na antropogenních substrátech výsypek je druhově velmi pestrá. Právě proto se pokusím zobecnit některé programové postupy zakládání a pěstování lesa na výsypkách. Stav lesních porostů na výsypkách starých, středně starých a mladých je výsledkem lidské činnosti na tisících ha těchto ploch.

Při zpracování předkládané disertační práce byly vzaty v úvahu kritéria porostů geologicko-petrografická, pedogenetická, mikrobiologická a u starších věkových tříd rovněž kritéria fytoecologická ve vztahu k iniciálním stádiím přirozené obnovy u některých jehličnatých a listnatých dřevin (dub letní, dub zimní, dub červený, javor klen, javor mléč, modřín jesenický, modřín opadavý, douglaska tisolistá, borovice lesní, borovice pokroucená, jasan ztepilý, borovice Murrayova, habr obecný apod.). Při zobecnění výsledků výzkumu systematicky prováděného od r. 1961 dosud byla hlavní pozornost věnována dřevinám s největším zastoupením na výsypkách. Nemalá pozornost rovněž byla věnována porostům výsypkové provenience (výsypkových potomstev). Vztahy mezi strukturálními poměry dřevin různé provenience a přirozeným zmlazením jsou velmi zajímavé a instruktivní pro nová nazírání obnovy lesa na výsypkových stanovištích. Přitom limitujícími faktory obnovy lesů na výsypkových stanovištích jsou pedologické a hydro-pedologické vlastnosti antropogenních substrátů na všech výsypkách.

2. Rozbor řešené problematiky

Rekultivační proces je významným krajinnotvorným faktorem v oblastech, kde je nutno zahladit devastační účinky způsobené báňskou a ostatní průmyslovou činností. Odpovědný přístup obnovy komplikovaných ekosystémů v oblastech těžby hnědého uhlí předpokládá vysvětlení založené na dokonalém poznání polyfaktoriálních vztahů řešených moderním výzkumem v systému *hornina – půda – voda – vegetace*. Z uvedeného systému řešení obnovy vegetace jednoznačně vyplývá, že je zcela odlišný od vegetace na rostlých půdách, je tedy řešen v tzv. *geologické epoše*. (Dimitrovský, Jehlička, Jetmar, Kubát 2007). Při zpracování práce se vycházelo z následujících premis:

- získání dostatečného množství dendroekologických informací na konkrétních experimentálních objektech na výsypkách Antonín, Bohemia, Dvory, Velký Ríesl a Vilém, plošně rozsáhlých (342 ha) a trvalého charakteru
- současné dendroekologické pohledy a záměry obnovy lesa na antropogenních substrátech
- vymezení základních kritérií zakládání a pěstování lesa na antropogenních substrátech
- klasifikace potenciální úrodnosti antropogenních substrátů pro účely obnovy lesních porostů listnatých, jehličnatých a smíšených
- geomorfologické a lesotechnické ztvárnění území po ukončení těžby uhelné sloje cca 2035 – 2045

Z literárních pramenů (*Dimitrovský, 1965*) se dovídáme, že první pokusy s umělou obnovou dřevin a keřů na velmi malých plošných výměrách na odvalech byly provedeny v Německu v roce 1772, tedy před 237 lety. Na území současné České republiky jsou první pokusy doloženy v roce 1852 v Jáchymově. Na výsypkových antropogenních substrátech byly první lesnické rekultivace prováděny v Německu (1916 oblast Lipska). U nás další práce probíhaly v roce 1934 (Sokolovsko) a 1951 (Chomutovsko). Dendrologický význam těchto prací byl druhově poměrně omezený avšak pro nastartování moderního základního a aplikovaného výzkumu v 60. letech minulého století velmi poučný a inspirativní.

Nastolení hlavních principů řešení obnovy lesa na antropogenních substrátech ve sféře základního a aplikovaného výzkumu u nás bylo prozíravé a na tehdejší dobu nazírání státní energetické situace pokrokové a účinné (*Jonáš, Pařízek, 1958, Mařan, 1956, Svoboda, 1953*). V období 60. let minulého století dochází na Sokolovsku k radikálnímu technickému rozvoji těžby hnědého uhlí (přechodem těžby hlubinné na těžbu lomovou) s mnohonásobnou devastací území. Tyto aritmetickou řadou rostoucí přímé a nepřímé dopady na historicky danou krajinu ať již přímo nebo nepřímo byly postupně řešeny a spravovány formou vydaných zákonů, vyhlášek, směrnic a norem. Od r. 1954 až do r. 2004 bylo k problematice proměn rázu krajiny báňskou a ostatní průmyslovou činností u nás vydáno 23 zákonů a 28 vyhlášek (*Dimitrovský, 1999*).

K tomu je nutno ještě dodat, že tato velmi obsáhlá a složitá legislativa se v současnosti stává brzdou celé řady problémů při řešení obnovy přírodních složek životního prostředí v systému *hornina – půda – voda – vegetace – emisní zátěže – mikroklima*.

V úzké spolupráci specialistů báňského, urbánního, lesnického, zemědělského, vodohospodářského a demografického zaměření byly ve Státním plánu vědy a výzkumu již v roce 1958 zařazeny prioritní úkoly k řešení tvorby nové krajiny včetně obnovy nových

vegetačních prvků v krajině jako jednoho z velmi důležitých fenoménů architektury krajiny od základu pozměněné báňskou a ostatní průmyslovou činností.

Rekultivační lesnický výzkum v podmínkách Československa (*Jonáš – Semotán, 1958, Jonáš, 1972, Jonáš, 1962, Jonáš, 1971, Dimitrovský, 1976, 1989, 1994, 2001, Jonáš, 1965, Štýs, 1981*) a další má dlouhodobou historii. V tomto období vznikla celá řada vědeckých a odborných studií v oboru geologie, petrografie, mineralogie, pedologie, hydrologie, botaniky, klimatologie, hygieny prostředí, demografie, zoologie a některých dalších specializovaných disciplín. I při zevrubném prostudování výše uvedených a dalších prací zjistíme, že základním axiomem pro jakoukoliv obnovu flóry a fauny jsou většinou následující stanovištní podmínky:

- a) kvalitativní stránka antropogenních substrátů vyjádřená tzv. potenciální úrodností, tedy vyživovací schopností,
- b) struktura a textura substrátů,
- c) hydropedologické vlastnosti substrátů,
- d) mikroklimatické podmínky stanoviště,
- e) známé nároky volených botanických taxonů (čeleď, druh, rod na uvedené faktory v bodě a, b, c a d),
- f) emisní zátěže (SO₂, NO₂, F, Cl, prach aj.).

Vyjdeme-li z definice „antropogenní půda je pedologická kategorie pro označení geneticky nevyvinutých půd s narušenou půdní chemií, půdní fyzikou a hydropedologií“ (*Dimitrovský, 1977*), pak je nasnadě i odpověď na potenciální úrodnost těchto půd pro rekultivační účely.

Dlouhodobé výzkumy (1960 – 1997) u nás, potvrzené i některými zahraničními pracemi (*Wünsche, 1966, 1969, Daňko, 1969, 1980* aj.) poukazují na nesprávnost vžitého nazírání na problematiku hodnocení antropogenního půdního prostředí. Díky antropogenním půdám dochází v současné době i ke značnému rozšíření znalostí o reakci a adaptabilitě dřevin domácího i cizího původu na půdní podmínky stanoviště. Pro lepší orientaci uvádíme, že podle geologicko-petrografické příslušnosti je možno antropogenní půdní substráty rozdělit v podstatě do dvou základních skupin:

- a) antropogenní půdní substráty (zeminy) kvartérního původu
- b) antropogenní půdní substráty (zeminy) terciérního, miocénního stáří

Do zvláštní samostatné skupiny řadíme antropogenní půdní substráty fosilního původu, prošlé spalovacím procesem – popele, popílky, jejichž plošná výměra v ČR je oproti předchozím skupinám poměrně malá (cca 3 480 ha) a velmi roztržštěná vázaná, na provozy

průmyslových závodů a vystupující ve formě složišť a odkališť různých morfologických tvarů a velikostí.

Teoretické poznatky použitelné pro rekultivační účely jsou odvozeny z experimentálních a provozních výsledků získaných především v oblasti Sokolovského hnědouhelného revíru, tj. při rekultivaci terciérních, miocénních jílu (cyprisové série) včetně i kvartérních zemin.

Máme-li posoudit důležitost pedofyzikálních vlastností antropogenních půd (půdní chemie, půdní fyzika a hydroopedologie), pak je nutno konstatovat, že jako limitující faktory se projevují půdní fyzika a hydroopedologie (s výjimkou fyto toxických antropogenních půd, např. pyritické jíly apod.).

3. Stručná charakteristika vybraných výsypek

Pro řešení problematiky vymezené názvem doktorandské disertační práce a po důkladné rekognoskaci výsypek na Sokolovsku byly školitelem vybrány tyto výsypky:

1) Výsypka Bohemia

- *antropogenní substrát* – jíly cyprisové a vulkanodetritické série
- *rok zalesnění 1934*
- *přípravný porost* olše lepkavé s malou příměsí olše šedé v roce 1963 provedena maloplošná přeměna kotlíkovou a clonnou sečí javorem klenem, jasanem ztepilým, jilmem horským, dubem letním, lípou srdčitou a třešní ptačí (obr. č. 1).

2) Výsypka Velký Riesl

- *antropogenní substrát* – jíly cyprisové a vulkanodetritické série s malou příměsí porcelanitu (erdbrantu)
- *rok zalesnění 1962 – 1963*
- *volba způsobu zalesnění:*
 - a) *1962 celoplošná příprava olší lepkavou. Přeměna kultury olše provedena celoplošně v roce 1970 clonnou sečí (javor klen, mléč, jilm habrolistý, horský, dub letní, zimní, borovice lesní, pokroucená, lípa srdčitá, jasan ztepilý, modřín opadavý, borovice vejmutovka)*
 - b) *zalesnění topolem (P. marilandica, P. virginiana) s výplňovou dřevinou olší lepkavou*

- c) zalesnění po předchozí přípravě substrátů zeleným hnojením komonici bílou (modřín opadavý, vejmutovka, lípa srdčitá, jasan ztepilý, jilm horský)
- d) zalesnění substrátů vylehčených štěrkopískem v mocnosti cca 50 cm (dub letní, dub zimní, borovice pokroucená, olše šedá). Současný stav porostu zachycuje obr. č. 2.

3) Výsypka Dvory

- antropogenní substrát porcelanity
- rok zalesnění 1963 – 1965
- *volba způsobu zalesnění* – ve skupinách (monokulturách) různých geometrických tvarů a velikosti
- *druhovú skladbu*: olše zelená, lepkavá a šedá, borovice lesní, borovice vejmutovka, borovice černá, borovice Murrayova, borovice pokroucená, borovice bolanderi, modřín opadavý, smrk ztepilý, ekotypy: jesenický, krušnohorský, slavkovský, douglaska tisolistá, smrk pichlavý, dub červený, akát bílý, topol černý „italica“; keře: svída krvavá, svída bílá, dřín obecný, čimšiňník obecný, netvařec křovitý, mahalebka, kalina obecná a další.

Samostatné skupiny výše jmenovaných druhů dřevin byly založeny v pruzích 40 x 150 m a slouží jako samostatné leče neboť tato výsypka byla budovaná jako samostatná bažantnice a těmto účelům slouží až doposud. (obr. č. 3a, 3b)

4) Výsypka Vilém

- Antropogenní substrát – směs jíly cyprisové série různých forem zpevnění.
- Rok zalesnění výsypky 1934 celoplošně modřínem jesenickým (*Larix sudetica*) a částečně smrkem ztepilým (*Picea abies*). (obr. č. 4)

5) Výsypka Antonín – lesnické rekultivační arboretum (obr. č. 5)

Výsypka Antonín vznikla v areálu stejnojmenného lomu, tzn. že patří do kategorie výsypek vnitřních. Její převýšení je 48 m, rozloha 165 ha. Geologickopetrografický charakter zdejších antropogenních substrátů je zcela analogický i pro ostatní výsypky, ať již vnitřní nebo vnější. Hlavními půdotvornými antropogenními substráty jsou:

- jíly cyprisové série
- jíly cyprisové a vulkanodetritické série
- porcelanity (erdbranty)

Stanovení dendroekologických základů pěstování lesa na antropogenních substrátech složených ze skrývaného nadloží uhelných slojí u domácích a introdukovaných dřevin a keřů je otázkou novodobých dějin dendrologie, zakládání a pěstování lesa a především pedologie jako nositele a určujícího činitele tzv. kategorizačních procesů lesnické rekultivace. Z důvodů věcných analytických a interpretačních uvádím následující definici: „Kategorizační procesy jsou taxativně dokonalá vědecká poznání a respektování mezi přírodou a člověkem, mezi krajinou a jejím využitím“. (Dimitrovský, 1976).

4. Cíl práce

Cílem řešení je zhodnocení antropogenních substrátů – výsypek Sokolovského regionu po stránce geologicko-petrografické a pedologické za účelem obnovy lesních porostů. Při analýze a posléze syntéze problematiky je posouzen současný stav založených kultur a porostů na výsypkách z hlediska:

- a) půdní chemie, půdní fyziky a hydropedologie antropogenních substrátů,
- b) dendroekologických vlastností používaných dřevin a keřů,
- c) způsobu zakládání a pěstebně výchovné péče o založené kultury a porosty,
- d) ekonomická náročnosti zakládání lesních porostů na výsypkových stanovištích,
- e) druhového složení při volbě listnatých a jehličnatých dřevin pro daná výsypková stanoviště.

5. Metodika práce

Hodnocení rozhodujících kategorizačních procesů obnovy, struktury a skladby lesa na specifických antropogenních substrátech výsypek Sokolovské hnědouhelné pánve je zde provedeno jak na základě uzančních metod, tak i některými modifikacemi týkajícími se především specifických půdních a mikroklimatických podmínek (Dimitrovský, 2001).

V rámci metodických postupů při hodnocení antropogenních substrátů na obnovu lesa bylo postupováno :

- 1) na základě vlastních šetření na výsypkách vybraných po dohodě se školitelem
- 2) při hodnocení pedologických charakteristik výsypek byly provedeny následující základní chemické a fyzikální vlastnosti substrátů:

- a) pH – H₂O – aktivní

KCl – výměnné

- b) Obsah základních prvků minerální povahy (Ca, Mg, K, P) – Mehlichem III
- c) Hodnoty S, T, V - Mehlichem
- d) Množství organické hmoty primárního a sekundárního původu bylo stanovené oxidometricky Tjurinovou metodou modifikovanou Pospíšilem. Uhlík organické hmoty je oxidován kyslíkem $K_2Cr_2O_7$ za horka ($125^\circ C$) a je vyjádřen jako % Cox. Pro propočet oxidovatelného uhlíku (Cox) na humus je použit Walteho koeficient (1,724)
- e) Kvalita humusu je stanovena fotometricky proměřováním alkalického extraktu a kvalita je vyjádřena tzv. barevným kvocientem (Valla, 1983).

Při posuzování velikostních frakcí byly použity následující sady sít a to podle způsobu volby rekultivace.

Průměr ok (mm)	Velikostní frakce (mm)	Střední hodnota průměru (mm)
2	5-2	3,5
1	2-1	1,5
0,5	1-0,5	0,75
0,2	0,5-0,2	0,35
0,1	0,2-0,1	0,15
0,05	0,1-0,05	0,75
prosívek	< 0,05	0,025

Infiltrační procesy v nenasycené zóně byly vyhodnoceny pomocí matematicko-fyzikálních rovnic (Richards, 1931).

Ostatní metodické postupy jsou uvedeny v rámci jednotlivých tematických kapitol.

5.1 Posouzení současného stavu lesních kultur a porostů

Na vybraných kulturách a porostech na výsypkách Antonín, Dvory, Velký Ríesl, Bohemia a Vilém jsou popsány půdní profily a stanoveny základní fyzikální a chemické charakteristiky. Po detailní rekognoskaci terénu a doporučení školitele byly zájmové výsypky vybrány tak, aby reprezentativním způsobem charakterizovaly typické způsoby rekultivačních procesů:

- a) pedologických,
- b) dendrologických,
- c) pěstebních.

Vybrané profily pod různorodou a různověkou skladbou kultur a porostů jsou charakterizovány takto:

A – morfologický profil diagnostických vrstev,

- komplexní fyzikální rozbor
- zrnitostní rozbor
- chemický rozbor (pH, hodnoty STV, obsah základních prvků – živin – Ca, Mg, K, P)
- obsah humusu
- klasifikace výsypkových substrátů podle intenzity infiltrace
- klasifikace profilů podle hloubky provlhčení

B - zhodnocení volby druhu dřevin

- zhodnocení způsobů zakládání kultur
- zhodnocení ekvalence dřevin listnatých a jehličnatých na výsypkových stanovištích
- význam zakládání přípravných porostů (celoplošně) a způsoby jejich přeměny
- pěstebně výchovné zásahy
- vliv imisní zátěže na pěstované listnaté a jehličnaté porosty
- taxonomické zhodnocení porostů na vybraných experimentálních plochách
- ekonomika obnovy lesa na antropogenních substrátech výsypek

C – klasifikace dřevin a keřů byla provedena na základě Dendrologická klasifikace dřevin a keřů pro rekultivační účely (*Dimitrovský, 1989*) – viz tabulka č. 1 – příloha

D – dendrometrické šetření se prováděla na vybraných výsypkách Antonín, Bohemia, Dvory, Vilém, Velký Riesel. Zjišťovala se výška sazenic a výškový přírůst za poslední vegetační sezónu a tloušťka kořenového krčku. Šetření se prováděla vždy na 3 arových plochách umístěných nahodile v šetřené kultuře. Tato data byla zhodnocena podle typu antropogenního substrátu (nadložních horninotvorných materiálů).

E – k podpoře těchto šetření byly provedeny i letokruhové analýzy kmenů z nejstarších porostů v ČR na výsypkách Vilém a Bohemia.

6. Charakteristika antropogenních substrátů na výsypkách

Pedologické vlastnosti (půdní chemie, půdní fyzika, hydropedologie) jsou společně s mikroklimatickými podmínkami výsypkových stanovišť určujícím faktorem obnovy lesa. Na rozdíl od všech druhů a typů rostlých půd vykazují výsypkové substráty tyto zvláštnosti:

- iniciální stádium pedogeneze,
- nerovnoměrnou objemovou hmotnost,
- nadměrný výskyt makropórů tabulárních, planárních a mezerovitých,
- nerovnoměrnou vlhkost,
- velmi rozdílnou intenzitu zvětrání (desagregace),
- infiltrace je funkcí struktury.

Limitujícími faktory veškerých pedogenetických vlastností antropogenních substrátů a tím i jejich potenciální úrodnosti, tj. jejich vyživovacích schopností, jsou struktura a textura. Z toho plyne, že nově vznikající lesní porosty na výsypkových stanovištích (listnaté, jehličnaté, smíšené) mohou poskytovat jen tolik užítku, na kolik stačí jejich funkční potenciální úrodnost.

Z dendrologických aspektů jsou významné následující charakteristiky:

- **geologicko-petrografická skladba** nadložních zemin na výsypkách a jejich mineralogické složení (kaolinit, montmorillonit, illit),
- **půdní chemie** – acidita, sorpční vlastnosti, obsah základních chemických makroprvků (živin) Ca, Mg, K, P, obsah organické půdní složky primárního i allochtonního původu, obsah hydratovaných forem železa a další
- **půdní fyzika** – struktura a textura, stupeň desagregace, pórovitost, zrnitost
- **hydropedologie** – obsah půdní vody, infiltrační schopnosti profilů s rozdílným vývojem pedogeneze
- **botanická příslušnost** dřevin a jejich prostorová skladba.

Studium výše uvedených jednotlivých částí funkčního potenciálu na výsypkách Sokolovska byla cesta dlouhodobého a časově náročného výzkumného sledování (1961 – 2009). A tak již druhá naše generace rekultivačních výzkumných a provozních pracovníků usiluje o **vytvoření lesů přírodě blízkých** v tzv. **geologické epoše**, tj. o zakládání a pěstování lesa na antropogenních substrátech složených ze skryvaného nadloží. Z pohledu **stadiální pedogeneze** antropogenních substrátů vesměs jílovité povahy (jíly cyprisové a vulkanodetritické série) jsou pro výživu dřevin rozhodující zvětrávací procesy. Stavem výživy

dřevin počínaje od *protopedo-*, *mesopedo-* až po stádium *telopedoprofilů* na celé řadě výsypek se výzkumní pracovníci zabývali již od samého počátku řešení lesnické rekultivační problematiky. Výsledkem nejnovějších šetření bylo formulování hlavních metodických postupů v otázce výběru taxonů pro účely lesnické rekultivace výsypek (*Dimitrovský, 1989*). Jako referenční dřeviny pro jednotlivá stádia výživy a prosperity byly vybrány: olše lepkavá, javor mléč, dub letní, modřín opadavý, borovice lesní a smrk omorika.

6.1 Geologicko-pedologické zhodnocení nadloží

Jakákoliv tvorba půdy je podmíněna především geologickopetrografickým složením. Z toho důvodu jsem v této kapitole považoval za vhodné provést přímo srovnávací analýzou zhodnocení *nadložních hornin* (zemín) a *rostlých půd* vyvinutých na analogickém geologickém podloží v Sokolovské pánvi (tabulka č. 2, 3, 4, 5 a 6 – konec této kapitoly).

6.1.1 Horniny cyprisové a vulkanodetritické série

Při rekultivačních pracích v oblasti sokolovské pánve se po celou dobu řešení (1964 – 2008) jsou při tvorbě nových půd na výsypkách nejvíce uplatňovány jíly cyprisové série (jíly kompaktní, jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností), které jsou také ze všech hornin, vyskytujících se v pánvi (mimo čedičové tufy) pro rekultivaci nejvýhodnější. Z hlediska rekultivace je možno nadloží sloje Antonín rozdělit na tři skupiny, které se mohou uplatnit při jakékoliv praktické rekultivaci. Největší část nadloží zauímají čerstvé šedomodré až zelenošedé lístkovitě se rozpadající karbonátové břidlice. Podstatně menší rozšíření vykazují žlutohnědé břidlice zvětralé (limonitizované) a zelenomodrošedé špatně odlučné nadložní jíly. Všechny tyto horniny se z hlediska rekultivace vyznačují řadou příznivých i nepříznivých vlastností.

a) Zrnitostní rozbor

Jednou z nejnepříznivějších vlastností všech hornin cyprisového souvrství je jejich zrnitostní složení. Vesměs se jedná o horniny, které mají vysoký obsah jílnatých částic. Značně vysoký je i obsah fyzikálního jílu. Z tohoto hlediska jsou nejnepříznivější nadložní jíly, které průměrně obsahují téměř 70 % částic pod 0,01 mm, z čehož více než 61 % je

tvořeno částicemi pod 0,002 mm. Poměrně příznivější jsou čerstvé i navětralé břidlice, které obsahují téměř o 20 % méně částic pod 0,002 mm. V pásnu navětralých břidlic byl nejvyšší obsah jílnatých součástí zjištěn asi do 3,5 m, kde byl téměř stejný jako u nadložních jílu. Zbytek pásma navětralých břidlic (do 10 m) a čerstvé cyprisové břidlice až do hloubky asi 30 m obsahují nejmenší množství jílovitých částic a to 46 – 54 % částic pod 0,01 mm a 25 – 30 % fyzikálního jílu. Směrem do hloubky obsah jílnatých částic i v čerstvých břidlicích stoupá a maximálních hodnot dosahuje v nadložních jílech. V důsledku značného kolísání zrnitostního složení nadložních hornin není možno stanovit přesnější vymezení. Z hlediska zrnitostního složení budou tedy pro rekultivaci nejvhodnější vrstvy navětralých břidlic od 3,5 m do 10 m a vrstvy čerstvých břidlic od 10 do 30 m.

Pokud se týká půd vzniklých na těchto „matečních horninách“, obsahují do 30 cm podstatně méně (průměrně 27 %) částic pod 0,001 mm. Jedná se o půdy jílovitohlinité velmi podstatně po všech stránkách ovlivňované mateční horninou. Půdní profil na výsypkách bude poměrně mělký, neboť, jak je patrné z rozborů dnešních půd, již ve 30 cm a hlouběji je zrnitostní složení stejné jako u cyprisových břidlic. Z toho je patrné, že při rekultivaci cyprisových břidlic a vzniku nového půdního profilu bude důležitou úlohu hrát i agrotechnické a meliorační opatření (volba způsobu zemědělské rekultivace), u lesnické rekultivace pak volba dřevin, zvláště pak melioračních. Z hlediska zrnitostního složení by bylo výhodné mísení cyprisového materiálu s písčitém tufitickým materiálem např. z oblasti lomu Lipnice. Z hlediska ekonomického může však být této možnosti využito jen pro některé úzce speciální zemědělské úkoly.

b) Mikroskopický rozbor

Podle mikroskopického šetření tvoří hlavní součást cyprisových břidlic a nadložních jílu šupinky slídnatých nerostů. Ostatní součástky tvoří jen nepatrné příměsi, z nichž nejrozšířenější je muskovit. Pravidelně jsou zastoupena zrnka uhličitanu hořečnatého, železnatého, vápenatého, jakož i zrnka křemene, pyritu, nepatrně živec, biotit, turmalin, zirkon, rutil. Celkem můžeme říci, že ve všech cyprisových břidlicích se vyskytují **3 skupiny nerostů**:

- nerosty vzniklé rozkladem původních hornin; jsou to převážně jílové minerály typu illitu
- drobné úlomky původních hornin a nerostů jako jsou muskovit, biotit, křemen, živec, turmalin, zirkon, rutil

- nerosty vzniklé při sedimentaci cyprisových břidlic jako jsou llimonit, pyrit, kalcit, sádrovec, siderit, ankerit, hnědel, magnesit, dolomit.

Pokud se týká rozdílného obsahu v jednotlivých zde zastoupených horninách je patrný v navětralých břidlicích menší obsah sideritu, kalcitu a vyšší obsah limonitu než v břidlicích čerstvých. Podobné poměry byly zjištěny i v půdních horizontech (*Dimitrovský 1964, Jonáš et Dimitrovský 1972*). Ve srovnání s nadložními jíly obsahují cyprisové břidlice menší množství muskovitu a pyritu.

c) Mineralogický rozbor jílové frakce

Jílová frakce karbonátových cyprisových břidlic je tvořena převážně illitickými minerály s různě velkou příměsí kaolinitu fireclayového typu. V některých vzorcích se množství obou složek blíží poměru 1 : 1. Rentgenogramy pořízené zářením Co K α v komůrce \varnothing 114 mm ukazují dosti výrazné linie d (hkl) = 14 A, které by svědčily o přítomnosti jílových minerálů s expandující mřížkou (montmorillonit, vermikulit); rovněž v průběhu termických křivek – z vesměs velké dehydratační endotermy v rozsahu teplot 20 – 200°C – je možno usuzovat na přítomnost abnormálního montmorillonitu. Předpokládáme, že se jedná o příměs nižší než 5 %, která nám neovlivňuje hodnoty sorpční kapacity a specifického povrchu.

Jílová frakce zvětralých cyprisových břidlic má přibližně stejné mineralogické složení, kaolinit má horší krystalickou strukturu, jeho bazální linie d (001) = 7,14 A má slabší intenzitu. Dehydratační endoterma 20 – 200°C je ještě výraznější než u karbonátových cyprisových břidlic a je podstatně ovlivněna přítomností amorfních gelů hydratovaných kysličníků železa. Je rovněž možná slabá příměs jílovitých minerálů s expandující mřížkou. V některých vzorcích se objevuje intenzivní linie d (hkl) = 5,62 A, jejíž totožnost není zjištěna.

Nadložní jíly obsahují v jílové frakci převážně kaolinitické minerály fireclayového typu s malou příměsí illitu, v některých vrtech jsme se setkali i s téměř čistými illitickými jíly (*Beneš, Semotán, Voráček 1964*).

Na elektronových mikrofotografiích jílu cyprisové série se neobjevují dokonale krystalitické kaolinitické minerály.

d) Reakce

Sledujeme-li reakci cyprisových břidlic, vidíme, že směrem do spodních horizontů nadloží hodnoty pH stoupají, nejpříznivější reakce je u břidlic čerstvých, kde výměnná kyselost

dosahuje v horizontu od 9 do 30 m 6,79 a od 30 do 60 m 7,25. U navětralých břidlic hodnoty pH klesají na 5,20 a nejnižší hodnoty byly pak zjištěny v půdách 4,20 – 4,50 (Beneš, Semotán, Voráček 1964). Z toho je patrné, že při tvorbě nových půd na výsypkách v některých případech nutně dochází ke zvyšování půdní kyselosti (výsypka Lítov). Jde jen o to, aby pomocí vhodných agrotechnických a pěstebních opatření tento proces probíhal pomalu a příznivějším způsobem než tomu bylo na půdách rostlých. Sledování reakce v budoucích půdách výsypek bude velmi důležitý úkol, neboť zvýšení kyselosti signalizuje v půdě nejen nedostatek vápníku, ale dává i větší možnost k uvolňování a toxickému působení volných kationtů hliníku (výsypka Lítov).

e) Sorpční kapacita

Sorpční kapacita cyprisových břidlic kolísá v širokém rozmezí 10 až 40 me/100g zeminy. Není významnější souvislosti mezi ní a obsahem fyzikálního jílu. Závisí tedy na kvalitě jílové frakce a zejména pak na přítomnosti amorfních gelů hydratovaných kysličníků železa, v malé míře na příměsi organogenních sapropelitických břidlic. Ovlivnění sorpční kapacity v důsledku malé přítomnosti jílových minerálů skupiny montmorillonitu není dokázáno.

f) Specifický povrch

Ve všech případech odpovídá sorpční kapacitě. Dosahuje tedy vyšších hodnot u zvětralých limonitovaných vzorků (přes 100 m²/g) a je nízký (60 m²/g) u šedomodrých karbonátových jílu. Hodnota specifického povrchu je rovněž vyšší u cyprisových břidlic s vyšší sapropelitickou příměsí, ale toto zvýšení není úměrné velkému množství organických látek. Vlivem zvětrávání a půdotvorného procesu se hodnoty sorpční kapacity i specifického povrchu zvýší.

g) Chemický rozbor

Vápník

Čerstvé cyprisové břidlice obsahují průměrně 2,21 % celkového, 1,65 % přístupného vápníku. V navětralých horninách je jeho obsah podstatně nižší, 1,32 % celkového a 0,75 % ve výluhu 20% HCl. V půdách byl zjištěný obsah vápníku nejnižší a činil průměrně 0,73 % celkového a 0,30 až 0,40 % ve výluhu. Směrem do spodních horizontů (do 7 – 10 m) stoupá nejen obsah vápníku, ale zvyšuje se i jeho množství ve výluhu, které činí až 74,7 % celkového obsahu.

Draslík

Množství draslíku jak celkové, tak ve výluhu je nepatrně vyšší v břidlicích navětralých, 1,48 % celkového, 0,75 % ve výluhu 20% HCl než v horninách čerstvých, 1,42 % celkového a 0,67 % ve výluhu 20 % HCl. V půdách je jeho přístupné množství možno označit jako průměrné a činí 2,56 % celkového obsahu, 0,45 % ve výluhu 20 % HCl, a 48 mg/kg půdy. Směrem do spodních horizontů až k 7 – 9 m celkový obsah draslíku klesá, zatímco výluh v 20 % HCl stoupá. Od této hranice je obsah draslíku až k nadložním jílům přibližně stejný. Poměr mezi celkovým obsahem a obsahem ve výluhu 20 % HCl je nejnižší ze všech biogenních prvků a činí 17,5 % v půdách a až 50,6 % v čerstvých břidlicích.

Hořčík

V čerstvých cyprisových břidlicích bylo průměrně zjištěno 2,19 % celkového MgO a 1,73 % MgO ve výluhu 20 % HCl. Navětráním obsah MgO klesá a činí v břidlicích navětralých 1,83 % celkového obsahu a 1,26 % ve výluhu. V půdách je obsah MgO nejnižší a celkový obsah činil 0,89 % MgO a obsah ve výluhu 0,58 % MgO. V nadložních jílech je obsah hořčíku přibližně stejný jako v čerstvých břidlicích. Směrem do spodních horizontů stoupá nejen obsah hořčíku, ale zvyšuje se i jeho poměr mezi obsahem celkovým a obsahem ve výluhu, který je také nejvyšší ze všech hlavních biogenních prvků a činí až 83 % celkového obsahu.

Fosfor

Celkový obsah kyseliny fosforečné v čerstvých břidlicích směrem do spodních horizontů nepatrně stoupá a činí v půdách 0,30 %, v navětralých břidlicích 0,39 %, v čerstvých břidlicích 0,43 % a v jílech pak 0,35 % P₂O₅. Obsah ve výluhu 20 % HCl byl rovněž nejnižší v půdách 0,13 % P₂O₅. V čerstvých i navětralých břidlicích byl poměrně stejný a činil 0,22 a 0,23 % P₂O₅. V jílech byl celkový obsah i obsah ve výluhu nižší než v břidlicích a činil 0,35 % celkového obsahu a 0,18 % ve výluhu 20 % HCl.

Křemík

Sledujeme-li obsah křemíku, vidíme, že směrem do spodních horizontů klesá a činí v půdách do 30 cm 58,80 %, v navětralých břidlicích 45,11 % a v čerstvých břidlicích 40,33

% SiO₂. V nadložních jílech je jeho obsah přibližně stejný jako v čerstvých břidlicích činí 41,17 %.

Hliník

Z výsledků chemických rozborů je patrné, že zvětráváním obsah hliníku klesá, to znamená, že směrem do spodních horizontů jeho obsah stoupá. Nejnižších hodnot dosahuje v půdním profilu do 30 cm, kde celkový obsah činí 13,89 % a výluh 9,92 %. V navětralých břidlicích činí celkový obsah 18,54 % a 13,62 % ve výluhu. V čerstvých břidlicích se celkový obsah pohyboval kolem 19,96 %, obsah ve výluhu kolem 15,21 %. V nadložních jílech byl zjištěný obsah nejvyšší a celkový obsah činil 21,54 %, obsah ve výluhu 16,74 %. Srovnáváme-li poměr mezi obsahem celkovým a ve výluhu, je patrné, že směrem do podloží tento poměr rovněž stoupá.

Vysoký obsah hliníku způsobuje fytoxicitu skrývaného nadloží (Kunt *et al.* 2007). V procesu desagregace výsypkových substrátů složených z tufitických jílu doprovázené lineární úměrou oxidace snadno oxiduje chemický prvek způsobující extrémní kyselost a to Al. Velmi podrobně vybrané formy Al na výsypce Lítov byly řešeny v roce 1997 VÚMOP Praha a katedrou pedologie a geologie – VŠZ. Podíl vybraných forem Fe a Al u zkoumaných substrátů je dosti heterogenní, závislý na jejich geologickopetrografické příslušnosti, intenzitě oxidačních a hydratačních procesů a v neposlední řadě volených rekultivačních opatření na snížení extrémních hodnot pH (1,8 – 3,0) pomocí využití melioračních hmot: vyhnilé čistírenské kaly z ČOV, tekuté kaly z prané vlny, stabilizát z ELE Tisová, dolomitický vápenec, stabilizát + tekuté kaly (Dimitrovský, 1999).

Železo

Sledujeme-li celkový obsah železa, vyjádřený jako Fe₂O₃, vidíme, že jeho obsah v jednotlivých horizontech není příliš rozdílný. Výjimku tvoří pouze navětralé cyprisové břidlice, kde je patrná akumulace a kde celkový obsah činí 11,04 %, zatímco v půdách činil pouze 8,27 %. V čerstvých břidlicích a jílech je obsah Fe₂O₃ téměř stejný a činí 9,28 a 9,63 %. Obsah Fe₂O₃ ve výluhu 20 % HCl do spodních horizontů stoupá a činí v půdách 5,81 %, v navětralých břidlicích 7,29 %, v čerstvých břidlicích 7,72 % a v nadložních jílech 8,92 %. V porovnání s celkovým obsahem je patrné, že do spodních horizontů stoupá i množství vyloužitelného Fe₂O₃, které v navětralých břidlicích činí 66 % a v nadložních jílech stoupá až na 94 % celkového obsahu. Charakteristický je i poměr dvojmocného a trojmocného železa. V půdách a navětralých břidlicích zřetelně převládá Fe₂O₃ nad FeO, zatímco v čerstvých

břidlicích a nadložních jílech převládá FeO nad Fe₂O₃. Nejvyšší obsah FeO 5,63 % byl zjištěn v nadložních jílech, nejnižší 0,74 % v navětralých břidlicích.

Mangan

Nejvyšší obsah manganu 0,19 % celkového obsahu a 0,16 % obsahu ve výluhu 20 % HCl byl zjištěn v půdách, nejnižší množství 0,07 a 0,04 % pak obsahovaly navětralé cyprisové břidlice. V čerstvých břidlicích i nadložních jílech byl obsah stejný a činil 0,11 %. Množství manganu vyloučeného v 20 % HCl se pohybovalo od 57,2 v navětralých břidlicích do 91,3 % v nadložních jílech.

Titan

Obsah titanu je poměrně dosti vysoký. Nejnižší množství 2,70 % TiO₂ bylo zjištěno v čerstvých břidlicích a nejnižší 1,93 % bylo pak v půdách.

Sodík

Nejvyšší celkový obsah 0,91 % Na₂O byl zjištěn v půdách. V čerstvých i navětralých břidlicích je jeho obsah přibližně stejný a činil 0,43 a 0,42 % Na₂O. V nadložních jílech byl obsah sodíku nejnižší a to 0,35 %. Obsah ve výluhu 20 % HCl byl naopak nejvyšší v nadložních jílech 0,16 % a nejnižší v půdách 0,10 %. Rovněž poměr mezi celkovým obsahem a výluhem je nejvyšší v nadložních jílech 42,1 a nejnižší v půdách 11 %.

Síra

Obsah síry směrem do spodních horizontů zřetelně stoupá. V půdách činil celkový obsah 0,13 % SO₃, v navětralých břidlicích 0,62 % a v nadložních jílech 0,53 % SO₃.

Mikroelementy

Porovnáváme-li mikroelementy v půdách a cyprisových břidlicích, vidíme, že mají dostatek hlavních biogenních mikroelementů, jako je bor, nikl, kobalt, mangan, měď, vanad. Nebyl zjištěn zinek a molybden. Rovněž nebylo zjištěno toxické množství arsenu.

Uvažujeme-li obsah, vidíme, že nejvíce je zastoupen vanad a chrom, dále následují kobalt, nikl, bor, baryum, měď, cín, olovo, kadmium a stroncium.

Tab. č.2:

Půdní profily vyvinuté na cyprisovém souvrství

Čís. vzor	Hloub. v m	Popis vzorku	Zrnitost %				pH		CaCO ₃ % obj.	V %	Ztráta žih.	Sorpce			K ₂ O	P ₂ O ₅
			I.k.	II.k.	III.k.	IV.k.	H ₂ O	KCl				S me%	T me%	V %		
1	0,15	Šedohnědá, vlhká, strukturní, vysoká příměs křem.skeletu, jílovito-písčito-hlinitá	35,72	20,54	13,08	30,66	7,00	6,10	0,14	9,2	12,74	31,57	36,21	87,18	4,75	0,51
2	0,1	Tmavohnědá, vlhká drob. Struktura, jílovitohlinitá-písčitá, malá příměs křem. skeletu	38,04	16,1	16,14	29,72	5,6	4,7	0,1	10,8	13,31	24,6	4,37	56,3	22,6	1,8
3	0,25	Žlutohnědý jíl smíšený s navětralými zlomky cyprisové břidlice s písčitou příměsí	58,6	6,3	6,74	28,36	5,8	4,25	0,06	14,81	8,75	23,88	36,25	65,87	16,5	1,5
4	0,1	Tmavohnědá vlhká, drobt. struktura, jílovito-hlinito-písčitá, malá příměs křem. Skeletu	42,26	18,14	11,04	28,56	5,2	4,55	0,08	12,22	21,1	26,4	61,35	43,00	26,5	2,5
5	0,15	Hnědá, vlhká, větší příměs křemičitého skeletu, jílovito-hlinitá s písčitou příměsí	51,18	12,84	5,84	30,14	5,6	4,15	0,07	9,1	16,15	17,4	51,43	33,83	10,1	1,25
6	0,25	Žlutošedý jíl s rezavými skvrnami, zbytky navětralé cypr.břidlice s příměsí křem. skeletu														

Tab. č.3:

Půdní profily vyvinuté na vulkanodetrickém souvrství

Čís. vzor	Hloub. v m	Popis vzorku	Zrnitost %				pH		CaCO ₃ % obj.	V %	Ztráta žih.	Sorpce			K ₂ O	P ₂ O ₅
			I.k.	II.k.	III.k.	IV.k.	H ₂ O	KCl				S me%	T me%	V %		
1	0,15	Světle hnědá, hlinito jílovitá, příměs čedič. Skeletu	57,4	16,5	15,8	10,3	6,1	5,6	0,06	6,94	12,24	23,17	32,45	71,4	16,5	4,1
2	0,30	Žlutý jíl s rezavými skvr.	4,46	17,40	13,86	28,38	5,9	5,6	0,07	8,40	10,71	23,78	30,99	76,73	7,25	2,5
3	0,10	Hnědá vlhká, strukturní, jílovitohlinitá, příměs křem. skeletu	41,28	21,98	10,84	25,9	6,1	5,4	0,06	6,2	12,84	23,98	24,90	96,3	18,0	2,5
4	0,15	Hnědá vlhká, hlinito jílovitá, příměs křemen. skeletu	42,58	24,02	7,80	25,6	5,9	5,3	0,07	4,47	8,2	23,48	33,91	69,24	17,0	0,75
5	0,10	Hnědá, jemně strukturní, hlinitá, s příměsí rulového skeletu	30,22	27,34	11,26	31,88	5,6	5,2	0,06	5,81	7,38	17,71	29,04	60,98	15,5	5,7
6	0,10	Šedohnědá, vlhká, hlinitojílovitá zemina, jemně kostkovitá struktura, příměs šterku	40,86	23,9	12,98	24,14	5,1	4,2	0,05	12,29	21,6	17,3	57,14	30,27	9,3	2,08
7	0,35	Šedomordý až rezavě žlutý vlhký tufitický jíl, kostkovitě rozpadavý s příměsí drobného skeletu	39,54	25,48	9,64	25,34	5,1	4,3	0,05	10,66	9,93	15,86	27,19	58,33	-	1,0
8	0,15	Tmavohnědá, vlhka, ulehlá, hlinitá s vysokým obsahem skeletu	36,6	35,12	10,0	18,28	6,35	5,6	0,05	6,88	8,25	21,76	26,64	81,68	16,0	4,1
9	0,15	Hnědá, vlhka, ulehlá, hlinitá s vysokým obsahem skeletu	28,54	23,70	8,36	39,4	5,7	4,9	0,04	3,26	5,71	9,11	20,96	43,46	4,03	1,5
10	0,35	Světelnědá, ulehlá, hlinitojílovitá, se slabou příměsí skeletu	43,16	32,42	12,24	12,28	5,20	4,4	0,05	5,81	5,15	14,67	31,68	46,3	4,25	0,1

Tab. č.4: Chemické složení nadložních jílu cyprisového souvrství v sokolovské pánvi

Vzorek čís.	Celkový obsah v %												Ztráta sušením %	Ztráta žháním %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	FeO	TiO ₂		
1	40,80	21,06	2,15	0,11	2,63	1,76	2,55	0,60	0,30	0,30	4,66	2,51	1,52	14,05
2	40,90	21,40	4,60	0,10	1,29	2,58	1,78	0,37	0,24	0,78	4,66	2,50	2,38	14,96
3	37,82	22,14	3,39	0,12	1,33	1,79	0,68	0,18	0,52	0,50	7,57	2,50	2,45	17,37
Ø jílu	41,17	21,54	3,38	0,11	1,75	2,05	1,67	0,38	0,35	0,53	5,63	2,50	2,17	15,46
Ø břidlic	40,33	19,96	3,48	0,11	2,21	2,19	1,42	0,43	0,43	0,62	5,23	2,70	2,59	16,79

Tab. č.5: Zrnitostní složení nadložních jíílů

Lom	Vzorek číslo	řez	Zrnitostní kategorie v %				Zemina
			2-0,05	0,05-0,01	<0,01	0,001	
Medard II	1	II	1,5	10,5	0,00	68,0	jíl
Jednota	2	II	1,0	20,5	69,5	54,5	jílovitá
Ø			1,2	15,5	78,7	61,2	jíl

Tab. č.6: Zrnitostní složení čerstvých cyprisových břidlic v závislosti na hloubce výskytu v nadloží

Hloubka v m	Vzorek čís.	Zrnitostní kategorie v %				Zemina	
		2-0,5	0,05-0,01	<0,01	0,001		
I	1,0	1	17,5	15,0	67,5	47,5	jílovitá
	4,1	2	13,0	18,0	69,0	50,5	jílovitá
	10,5	3	47,0	25,5	27,5	11,0	písčito- jílovitá
	13,1	4	8,0	19,0	73,0	44,5	jílovitá
	14,5	5	25,5	23,0	51,5	25,0	jílovito-hlinitá
	16,5	6	12,0	25,5	62,5	44,5	jílovitá
	17,5	7	56,0	15,5	28,5	10,7	písčito- jílovitá
	18,0	8	17,5	28,5	54,0	32,5	jílovito-hlinitá
	24,5	9	34,0	33,0	33,0	19,0	hlinitá
	26,4	10	25,0	31,0	44,0	18,5	hlinitá
II	30,0	11	0	10,5	89,5	63,5	jíl
	31,0	12	8,0	37,0	55,0	32,0	jílovito-hlinitá
	34,2	13	5,5	5,5	89,0	63,5	jíl
	40,0	14	4,5	5,5	90,0	59,0	jíl
	41,0	15	9,0	31,0	60,0	33,5	jílovitá
	42,0	16	10,0	12,0	78,0	52,0	jíl
III	42,6	17	21,0	34,0	45,0	24,0	jílovitá
	49,5	18	5,5	19,5	75,0	41,0	jíl
	53,0	19	25,0	21,0	54,0	32,0	jílovito-hlinitá
	59,0	20	16,0	31,0	52,0	32,0	jílovito-hlinitá
	73,0	21	5,0	6,0	89,0	68,5	jíl
	79,0	22	7,0	20,0	73,0	48,0	jílovitá
	83,5	23	11,0	14,0	75,0	51,0	jílovitá

6.2 Stručná pedologická a hydroopedologická charakteristika výsypkových substrátů

Podle geologicko-petrografické příslušnosti je možno zkoumané substráty rozdělit v podstatě do dvou základních skupin:

- a) antropogenní substráty terciárního miocénního stáří (cca 90 %)
- b) antropogenní substráty kvartérního stáří (10 %)

Makroskopické vlastnosti terciérních jílu cyprisové série byly popsány při všech terénních šetřeních (Obr. č. 6, 7, 8, 9).

6.2.1 Chemismus výsypkových substrátů

Chemické vlastnosti byly hodnoceny ve dvou etapách. V první etapě byly sledovány primární potenciální vlastnosti protopedoprofilů, a to z hlediska obsahu základních chemických prvků pro výživu volených dřevin a keřů. V druhé byl sledován pohyb prvků (Ca, Mg, K, P) v časové posloupnosti ovlivněných desagregačními procesy, hydroopedologickými změnami včetně změn podmíněných pěstovanými druhy dřevin a keřů. Pro ilustraci v tab. č. 7 uvádím průběh uvolňování jednotlivých prvků podle stupně desagregace strukturních forem jílu a jílovců, stáří výsypek, obsahu prvků v jednotlivých formách zpevnění (Ca, Mg, K a P) a založení porostů. Limitujícím faktorem pro snížení nebo zvýšení půdní kyselosti jsou: sorpční vlastnosti, obsah Ca + Mg a množství jílové frakce. Porovnáme-li průměrné hodnoty pH u jílovitých substrátů např. na výsypce Antonín, tj. v jedinečném lesnickém rekultivačním arboretu (obr. 5), které vykazuje v současnosti ojedinělý dendrologický poklad pro zakládání a pěstování lesa na výsypkách přes volbou různých smíšených, jehličnatých a smíšených porostů (celkem 42), zjistíme tyto rozdíly: Ø pH (KCl) v roce 1969 se pohybovalo v rozpětí od 6,7 – 7,4; v roce 2008 od 6,2 – 7,1.

Tab. č. 7

Základní chemismus jílu cyprisové a vulkanodetritické série podle stupně zvětrání

Název výsypky	Stav zeminy	Obsah K ₂ O v %						Přístupný draslík		
		Celkový			Výluh 20 % HCl			v mg/kg		
		Od	Do	Ø	Od	Do	Ø	Od	Do	Ø
Velký Riesl	Zvětralá	0,64	0,98	0,81	0,55	0,91	0,73	48	70	59
	Nezvětralá	1,76	1,84	1,80	0,29	0,67	0,48	-	-	-
Dukla	Zvětralá	1,26	1,44	1,35	0,62	1,03	0,82	55	84	60
	Nezvětralá	0,48	0,96	0,73	0,44	0,85	0,64	39	90	64
Bohemia	Zvětralá	1,48	1,72	1,60	0,34	0,97	0,65	65	72	69
	Nezvětralá	0,58	0,80	0,69	0,42	0,84	0,63	60	96	78
Vilém	Zvětralá	2,52	3,12	2,82	0,48	0,79	0,63	41	66	53
	nezvětralá	1,77	2,14	1,95	0,28	0,86	0,57	37	84	60

Název výsypky	Obsah CaO v %						Výluh v 1% kyseliny citronové v mg/kg
	Celkový			Výluh 20% HCl			
	Od	Do	Ø	Od	do	Ø	
Velký Riesl	0,86	1,42	1,14	0,86	0,92	0,89	4 119
	0,69	1,91	1,30	0,75	1,10	0,92	3 846
Dukla	1,13	2,14	1,63	0,91	1,44	1,17	5 832
	1,24	1,76	1,50	0,23	1,29	0,76	5 160
Bohemia	0,76	1,28	1,02	0,67	0,86	0,76	3 813
	0,81	1,12	0,96	0,60	0,72	0,66	3 463
Vilém	1,93	2,07	2,00	1,22	1,47	1,34	7 324
	2,18	2,54	2,36	1,52	1,83	1,67	8 439

Název výsypky	Obsah MgO v %						Obsah P ₂ O ₅ v %			Přístupný fosfor mg/kg
	Celkový			Výluh 20% HCl			Celkový			
	Od	Do	Ø	Od	Do	Ø	Od	Do	Ø	
Velký	1,65	1,82	1,73	1,05	1,56	1,30	0,14	0,63	0,38	2,5
Riesl	2,46	3,63	3,04	1,34	2,72	2,03	0,11	0,44	0,27	2,0
Dukla	1,38	1,84	1,61	1,76	1,24	1,10	0,18	0,65	0,41	2,5
	1,74	2,66	2,20	0,84	2,58	1,71	0,12	0,52	0,32	2,0
Bohemia	1,10	1,42	1,26	0,71	1,23	0,97	0,18	0,40	0,29	3,5
	1,56	1,97	1,76	1,12	1,78	1,45	0,16	0,38	0,27	2,5
Vilém	1,76	2,10	1,93	1,24	1,72	1,48	0,30	0,46	0,38	2,0
	2,52	3,81	3,16	1,44	3,29	2,36	0,24	0,38	0,31	-

Poznámka: Založení lesních kultur: Velký Riesl 1962

Dukla 1963

Bohemia 1934

Vilém 1934 – 1936

U výše uvedených srovnávacích šetření je významná počáteční acidita substrátů zařazených do kategorie protopedoprofilů a posléze infiltrační schopnost srážkové vody a skladba pěstovaných porostů. Za povšimnutí ještě stojí profylakční schopnost antropogenních substrátů sorpčně nasycených proti acidifikaci. Pro tuto predikci uvádím následující šetření (*Dimitrovský, 1976, Dimitrovský, Vesecký, 1989*). Po dobu 20 let byly systematicky sledovány imisní zátěže na celé řadě měřicích stanic v různých vzdálenostech od zdroje znečištění (SO₂, NO_x, F, prach) – tab. č. 8, obr.č. 3a, 3b. Na výsypce Dvory za období 23 let při spadu síry 458 kg/ha došlo ke snížení pH (v KCl) z 6,7 na 6,4, tedy jen o tři desetiny. V současné době se na Sokolovsku úsilí zaměřuje dvěma směry. Především jde o snižování energetické náročnosti a co nejefektivnější využívání existujících zdrojů energie. Přímo klasickým příkladem takového ekologického využívání hnědého uhlí je paroplynová elektrárna ve Vřesové, která je na hnědé uhlí největší na světě.

Tab. č. 8

Vývoj emisí do ovzduší (tuna/rok)

Rok	Vsázka uhlí DE+DTP	SO₂	NO_x,z toho PPC		Tuhé emise (popílek+uh.prach)	NH₃
93	2 452 571	20 088	8 217		1 715	37,7
94	2 344 090	16 141	6 556		1 755	10,4
95	2 166 272	12 974	2 434		1 503	9,5
96	2 780 914	14 896	6 540	1 758	1 281	10,05
97	2 722 542	12 671	6 359	2 446	1 040	7,64
98	2 863 068	11 467	4 731	868	796,9	10,85
99	2 877 908	11 425	4 295	298	552,3	10,35
00	3 153 560	12 695	4 981	264	532,9	6,32
01	3 116 825	12 895	4 719	298	501,2	10,17
02	3 178 500	10 016	4 667	367	445,0	7,59
03	3 397 461	8 072	4 733	292	453,82	7,79
04	3 435 978	9 048	4 900	363	50,8+206,4	6,23

Pozn.: organické sloučeniny síry – analýzy pod mezí detekce

Vzhledem k originalitě a významu této jedinečné aglomerace u nás a ve světě uvádím některé technické parametry elektrárny Vřesová.

Výkon spalovacích turbín	až 309 MWe ve špičkách
Výkon parních turbín	až 114 MWe ve špičkách
Celkový výkon PPC Vřesová	až 398 MWe (dle teploty vzduchu)
Minimální výkon bloku	73 MWe
Minimální trvalý výkon plyn.turbíny	5 MWe
Maximální dodávka elektřiny	2 750 MWh/rok

K podstatnému snížení vlivu imisí na lesní porosty v severozápadních Čechách (kraj Karlovarský, Ústecký) došlo po r. 1992, a to zavedením moderních způsobů odsíření všech tepelných elektráren na hnědé uhlí. Druhým trendem je postupný nástup obnovitelných zdrojů energie. Naprostá většina antropogenních substrátů pod zájmovými lesními porosty patří do skupiny substrátů se sorpcí vysokou až velmi vysokou (> 25 mmol/100 g). Sorpční komplex je stanovován podle vzorce:

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100 [\%],$$

kde:

S = celkové sumě bazických kationtů

T = celkové sorpční kapacitě

V = stupni nasycení bazickými kationty

6.2.2 Půdní fyzika a hydropedologie

Půdní fyzika a hydropedologie u všech antropogenních substrátů jílovité povahy (90 % výsypek) se jeví jako klíčový faktor jak z hlediska půdotvorného, tak i dendrologického. To znamená, že primární pedologické a hydropedologické vlastnosti předurčují volbu skladby dřevin a jejich zastoupení v porostech zakládáných na výsypkových stanovištích.

Podle půdní fyziky a hydropedologie je řízena hloubka provlhčení a prokořenění profilu. Zde platí zásada, že se zvyšující se vertikální kumulativní schopností profilu pro vodu se úměrně zvyšuje hloubka prokořenění. Na rozdíl od rostlých půd je vzdušný režim antropogenních substrátů složených z jílu cyprisové a vulkanodetritické série zásadně řízen výskytem a četností **makropórů mezerovitých, tabulárních a planárních**. Podle obsahu vody v nich rozlišujeme: makropóry nasycené, polonasycené a nenasycené. Četnost makropórů rozdílných velikostí a geometrických tvarů je podmíněna primární strukturou skrývaných nadložních hornin (zemín) ukládaných na výsypkách. Výše stručně popisované pedologické, fyzikální a hydropedologické zvláštnosti mají za následek mělké **zakořenění všech druhů dřevin jak listnatých, tak i jehličnatých, ať již jde o dřeviny hluboko kořenicí či mělko kořenicí**. Kromě geologicko-petrografické příslušnosti, mineralogického složení, struktury a textury, mikroklimatických podmínek apod. nezastupitelným půdotvorným a půdoochranným faktorem při rekultivaci minerálně silných i slabých antropogenních substrátů je vlastní lesní porost. Primární vlastnosti antropogenních substrátů na všech výsypkách Sokolovska složených vesměs z terciérních miocénních jílu různých forem zpevnění za předpokladu vhodné druhové skladby, splňují veškeré elementární podmínky pro vznik produkčně bohatých půd na všech výsypkách.

6.2.3 Půdní struktura substrátů

Půdní struktura a posléze textura jsou limitujícími faktory pro:

- a) ujmoutí všech druhů dřevin a keřů,
- b) vývoj kořenových soustav,
- c) vzrůst a vývoj kultur a porostů jak listnatých, tak i jehličnatých.

Proto v rámci doktoranského studia jsem této problematice věnoval zvýšenou pozornost.

Stabilita agregátů

Vzhledem k tomu, že stabilita agregátů se ukázala jako limitující faktor zejména fyzikálních vlastností na těchto stanovištích, byly odebrány půdní vzorky a podrobeny odpovídajícím analýzám.

Struktura ovlivňuje výrazně půdní vlastnosti a má rozhodující vliv na hydrofyzikální charakteristiky a erozi.

Stabilita je nejvíce závislá na textuře (hlavně na obsahu jílu a jeho mineralogickém složení), na obsahu a kvalitě půdní organické hmoty (funguje jako spojovací článek minerálních částic a zvyšuje jejich hydrofobnost čímž snižuje rychlost zvlhčování), na vegetaci (stabilizace agregátů prostřednictvím hub a kořenů rostlin) a na půdních mikroorganismech (působení sekretů na fyzikálně chemické pochody). Z dalších vlivů je třeba zmínit vliv kationtů a půdních seskvioxidů (ovlivňují stav koloidních systémů).

Mezi základní mechanismy, které rozrušují agregáty, patří (*Bissonnais 1995*):

- 1) Roztržení stlačeným vzduchem uvězněným uvnitř agregátů při prudkém ovlhčení.
- 2) Rozrušení objemovými změnami (bobtnání – smršťování) vznikajícími při periodickém ovlhčování a vysoušení. Tímto fenoménem vznikají v agregátech těžkých půd mikroskopické trhliny a zmenšuje se průměrná velikost agregátů na povrchu půdy.
- 3) Rozrušení fyzikálně chemické zmenšením přitažlivých sil mezi koloidními částicemi během ovlhčování. Závisí na velikosti a náboji přítomných kationtů, schopných tvořit můstky mezi v půdě převládajícími acidoidy. Jedná se o mechanismus týkající se nejmenších elementárních částic. V půdách je tento jev vázán hlavně na výměnný Ca^{2+} a Mg^{2+} či Na^+ a K^+ .
- 4) Mechanické rozrušení dešťovými kapkami. Tento způsob desagregace převládne při plném nasycení agregátů vodou.

Pro posouzení podílu výše uvedených mechanismů destrukce půdních agregátů byly odebrány speciální vzorky z epipedonů trvalých ploch. Z nich byly vyseparovány agregáty o průměru 2 – 5 mm a podrobeny třem odlišným testům, hodnotícím působení výše uvedených mechanismů.

- **Test 1** umožňuje posoudit odolnost agregátů při náhlém zaplavení vodou – mechanismus 1).

- **Test 2** umožňuje posoudit odolnost agregátů vůči desagregaci vyvolané postupným ovlhčováním a vysoušením (objemové změny, změna přitažlivých sil mezi koloidními částicemi) – mechanismus 2) a 3).

- **Test 3** umožňuje posoudit odolnost vůči mechanickým vlivům na kohezní síly působící mezi texturními částicemi – mechanismus 4).

Pro porovnání výsledků získaných agregátovou analýzou vzorků byl jako srovnávací použit vzorek z Amč horizontu černozemě arenické, který se vyznačuje příznivou přirozeně vzniklou stabilitou agregátů.

Výsledky získané právě uvedenými testy a vyjádřené jako procentické zastoupení jednotlivých velikostních skupin agregátů jsou uvedeny graficky (graf č. 1, 2, 3, 4). Účinnost destrukčních mechanismů byla vyhodnocena podle rozpadu původních agregátů na menší. K roztřídění byla použita tato sada sít uvedená v metodice.

Pokud by agregáty byly zcela stabilní a vzdorovaly testovanému destrukčnímu mechanismu, zůstaly by všechny (tj. 100 %) ve skupině 2 – 5 mm, kde střední hodnota průměru je 3,5 mm. Při desagregaci dochází ke snižování zastoupení agregátů největších a zvyšuje se obsah frakcí menších. Z histogramů je patrné, že nejvýraznější destrukční efekt má vzduch, uzavřený v agregátech při náhlém ovlhčení (test 1). U desagregačních mechanismů, hodnocených testem 2 a 3 (kapilární ovlhčení, překonání koheze) je působení méně intenzivní. (Valla, 1999). Získané hodnoty laboratorních analýz jsou graficky uvedené následovně:

Zhodnocení struktury

Test 1: roztržení vlivem uvnitř uzavřeného vzduchu („slaking“)

Test 2: destrukce vlivem objemových změn (smršťování, bobtnání jílu)

Test 3: mechanická destrukce (např. účinek deště)

Radvanov I, 0 – 15 cm

- Nejméně stabilní v testu 1, vyšší odolnost v testu 2, nejvyšší odolnost v testu 3

Radvanov I, 15 – 35 cm

- Nejméně odolné v testu 1, vyšší odolnost v testu 2, nejvyšší v testu 3, přičemž celková stabilita je vyšší než v povrchové vrstvě (viz výše), kromě zranitelnosti vůči mechanické destrukci (zde byla vyšší zranitelnost)

Radvanov II sever, 0 – 30 cm

- Poměrně vysoká stabilita ve všech testech, přičemž nejnižší opět v testu 1, o něco vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3

Radvanov II sever, > 30 cm

- Nejnižší stabilita v testu 1, vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3, celkově nižší stabilita než ve vrstvě 0 – 30 cm

Radvanov II jih, 0 – 30 cm

- Poměrně vysoká stabilita ve všech testech, přičemž nejnižší v testu 1, o něco vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3

Radvanov II jih, > 30 cm

- Nejnižší stabilita v testu 1, vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3, celkově nižší stabilita než ve vrstvě 0 – 30 cm

Dvory u voliér, 0 – 10 cm

- Vysoká stabilita ve všech třech testech

Dvory u voliér, > 10 cm

- Nejnižší stabilita v testu 1, vyšší stabilita v testu 2 a nejvyšší v testu 3, celkově mnohem nižší stabilita než u vrstvy 0 – 10 cm

Dvory smrk porost, 0 – 10 cm

- Vysoká stabilita ve všech třech testech

Dvory porost smrk, > 10 cm

- Vysoká stabilita ve všech testech, nejnižší v testu 3, vyšší v testu 1, nejvyšší v testu 2; celkově nižší než ve vrstvě 0 – 10 cm

Dvory lupina, 0 – 20 cm

- Poměrně vysoká stabilita ve všech testech, nejnižší v testu 1

Dvory lupina, >20 cm

- Nízká stabilita v testu 1, vyšší v testu 2, nejvyšší v testu 3; celkově nižší než ve výše ležící vrstvě

Dvory listnatý les, 0 – 20 cm

- Vysoká stabilita ve všech třech testech, nejnižší v testu 3

Dvory listnatý les, 20 – 40 cm

- Nejnižší stabilita v testu 1, vyšší stabilita v testu 2 (v obou testech nižší než ve vrstvě 0 – 20 cm), nejvyšší v testu 3 (vyšší i než ve vrstvě 0 – 20 cm)

Matyáš západ, 0 – 20 cm

- Poměrně vysoká stabilita ve všech testech, nejnižší v testu 1, vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3

Matyáš západ, 20 – 60 cm

- Celkově vyšší stabilita ve všech testech než ve vrstvě 0 – 20 cm se stejným trendem

Matyáš východ, 0 – 20 cm

- Poměrně vysoká stabilita ve všech testech, nejnižší v testu 1, vyšší v testu 2 a nejvyšší v testu 3

Matyáš východ, > 20 cm

- Celkově podobná stabilita ve všech testech než ve vrstvě 0 – 20 cm a se stejným trendem

Velký Riesel sever, 0 – 15 cm

- Vyrovnaná poměrně vysoká stabilita ve všech testech (nejnižší v testu 1)

Velký Riesel sever, 15 – 40 cm

- Celkově nižší stabilita než v předchozí vrstvě, nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 3

Velký Riesel východ, 0 – 15 cm

- Vyrovnaná poměrně vysoká stabilita ve všech testech (nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 2)

Velký Riesel východ, 15 – 45 cm

- Celkově nižší stabilita než v předchozí vrstvě, nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 3

Velký Riesel východ, > 45 cm

- Celkově nižší stabilita než v předchozí vrstvě, nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 3

Velký Riesel východ, 0 – 20 cm

- Poměrně vysoká, vyrovnaná stabilita ve všech testech (nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 2)

Velký Riesel východ, 20 – 40 cm

- Poměrně vysoká, vyrovnaná stabilita ve všech testech (nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 2), o něco nižší než ve vrstvě 0 – 20 cm

Velký Riesel východ, > 40 cm

- Celkově vyšší stabilita než v předchozí vrstvě, o něco nižší než ve vrstvě 0 – 20 cm; nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 3

Lesní školka, 0 – 15 cm

- Poměrně nízká stabilita ve všech třech testech, nejnižší v testu 1, nejvyšší v testu 3

Lesní školka, > 20 cm

- Poměrně vyrovnaná stabilita ve všech testech, nejvyšší v testu 3 a nejnižší v testu 1

Při vlastním výběru půdních vzorků ke zpracování výše uvedenou metodou se vycházelo ze zastoupení jak antropogenních substrátů, tak i typů vegetace (lesnická nebo zemědělská rekultivace).

6.2.4 Hydropedologické vlastnosti substrátů

Podmínky obnovy vodního režimu formou hydrické rekultivace nutno vytvářet jak v období předtěžebním, těžebním a hlavně posttěžebním. Hlavním kritériem všech výše uvedených etap obnovy vodního režimu je ochrana vody jak po stránce kvantitativní, tak i kvalitativní. Celá problematika hydrické rekultivace je řešena podle přísné legislativy (*Dimitrovský 1999*) avšak v jednotlivých těžebních oblastech Sokolovska, Mostecka, Ostravsko-Karvinska, Hodonínska rozdílnými technologickými postupy. V průběhu sledování vlivu strukturních proměn výsypkových substrátů a půdních substrátů našich školek

Pro poznání vodního režimu a jeho bilancování u půd rostlých a antropogenních substrátů na zájmových výsypkách (Velký Ríesl, Dvory, Antonín, Vilém, Velká Loketská a jiné) byly použity jak metody laboratorní, tak a to zejména metody terénními měřeními. Již první výsledky měření prokázaly, že bilancování vody u antropogenních substrátů složených vesměs z jílu a jílovců cyprisové a vulkanodetritické série na základě běžně používaných laboratorních metod je zcela nevyhovující a to z těchto důvodů:

- objemové změny vlivem vody jsou velmi variabilní, závislé zejména na stupni desagregace zpevněných forem jílu, jejich mineralogickém složení (kaolinit, montmorillonit), stáří substrátů na výsypkách a volby vegetace
- maximální kapilární vodní kapacita u jednotlivých vrstev profilů (0 – 100 cm) je velmi diferencovaná a závislá na stupni rozpadu zpevněných forem jílu (jílovité břidlice, kompaktní jíly, jíly s lístkovitou odlučností)
- heterogenita jílových minerálů (kaolinit, montmorillonit, illit) je průvodním jevem u všech antropogenních substrátů
- veškeré odběry vzorků určených ke stanovení hydroopedologických vlastností antropogenních substrátů jsou zatíženy rozdílnou deformací původního stavu a tím i hodnot vodního režimu
- obsah půdního vzduchu je při jakémkoliv odběru vzorků značně pozmeněn a tím i jeho vliv na propustnost zkoumaných substrátů.

7. Etapová struktura a skladba lesů na výsypkách

Pro obnovu lesa na všech typech výsypek (*vnější, vnitřní, úrovňové, převýšené*) jsou významné tyto skutečnosti:

- a) **kvantifikace jednotlivých kritérií** účelnosti obnovovaného lesa (půdní, vegetační, bioklimatická, rekreační, hospodářská)
- b) **charakter krajiny po vyuhlení** (přírodní, kulturní, geomorfologický, hospodářský, vodohospodářský, historický, urbanistický).

Celková koncepce krajinného rázu po vyuhlení 2035 – 2040, respektující výše uvedené a jiné atributy, je záležitostí značně složitou a náročnou jak po stránce technické a biologické, tak i po stránce ekonomické. Já se však budu zabývat pouze problematikou obnovy lesních komplexů formou rekultivace.

První dendrologické schéma algoritmu pro výběr vhodných dřevin a keřů mělo dvě východiska:

- c) nejstarší lesní porosty na výsypkách Bohemia a Vilém ve zdejší oblasti, které jsou zároveň i prvními v podmínkách ČR
- d) zkušenosti získané dlouhodobými výzkumy na plochách plošně rozsáhlých a trvalého charakteru (318 ha).

Souběžně s kvantifikací dendrologických základů obnovy lesa na výsypkových stanovištích probíhaly rozborů půdní chemie, půdní fyziky, hydropedologie a mikrobiologie (Kupka, Dimitrovský, 2005). Dále cílem úkolu určení etapové struktury a skladby obnovovaných lesů na výsypkových stanovištích bylo na základě rozborů dendrologických a dendrometrických statistických údajů kvalitativně upřesnit a zhodnotit metodický postup zakládání lesních kultur včetně pěstebně výchovných zásahů. Při řešení problematiky byly zvoleny následující postupy. Základním kritériem pro volbu druhů dřevin a jejich směsí listnatých nebo jehličnatých na antropogenních substrátech musí bezpodmínečně být **půdotvorný proces**, tzn. urychlená tvorba půdy ve smyslu pedogenetickém. **Půdotvorný a půdoochranný výzkum** byl v oboru rekultivace studován z hlediska mikrobiálního, humusotvorného, pedofyzikálního, hydropedologického a mikroklimatického, kdy na rozdílných substrátech, lze porovnat výsledky vzájemně porovnatelné po stránce pedologické, dendrologické a taxonomické. Výše uvedená půdotvorná šetření profilů pod lesními porosty listnatými, jehličnatými a smíšenými různých věkových tříd vedla k jejich **rozdělení do tří skupin**:

- a) **dřeviny s velmi aktivním půdotvorným účinkem** – olše lepkavá, olše šedá, akát bílý, javor mléč, javor klen, kultivary topolů (Populus, marilandica, trichocarpa, berolinensis), habr obecný;
- b) **dřeviny s aktivním půdotvorným účinkem** – lípa srdčitá, jilm horský, topol osika, jilm habrolistý, dub zimní, dub letní, dub červený;
- c) **dřeviny půdotvorně málo významné** – do této skupiny náleží ostatní druhy listnáčů a dřeviny jehličnaté (viz tabulka č. 1 – přílohy).

Zároveň byl ještě zkoumán půdotvorný význam některých zemědělských kultur použitých jako melioračně rekultivační opatření před zalesněním (Velký Riesl). Výsledkem tohoto šetření bylo získáno toto pořadí: vojtěška, luskoobilná směska, jetel červený, lupina žlutá, štirovník růžkatý.

Pro výše provedené rámcové rozdělení dřevin a zemědělských kultur v oboru rekultivací antropogenních substrátů na výsypkách byly vzaty v úvahu následující pedologické charakteristiky:

- 1) Intenzita desagregace hornin ve fyziologické hloubce profilů.
- 2) Tvorba organické půdní složky (humusu) a humifikační procesy.

- 3) Prokořenění ve směru vertikálním a horizontálním.
- 4) Průběh hydratačních a dehydratačních změn vyjádřených dynamikou vlhkosti.
- 5) Průběh infiltrace a evapotranspirace.
- 6) Procesy humifikace a mikrobiálního oživení.
- 7) Vliv stáří, hustoty a zápoje porostů na mikroklima.

Tvorba organické půdní složky a humifikační procesy mají nezastupitelnou funkci zpětné struktury, zejména u antropogenních substrátů jílových s vyšším obsahem fyzikálního jílu než 70 % (částice menší než 0,002 mm). Na základě provedených šetření stupně a hloubky prokořenění profilů bylo zjištěno úplným vertikálním a horizontálním odkryvem, že se zvětšující se hloubkou desagregace se zvyšuje obsah fyzikálního i koloidního jílu, snižuje se obsah makropórů a hloubka prokořenění (*Dimitrovský, Kozák, 2002*).

Vlivem toho je dynamika vlhkosti veličinou velmi variabilní, závislou na celé řadě spolurozhodujících faktorů (množství srážek a jejich časové rozložení, koeficient hydraulické vodivosti, zejména povrchového horizontu, převýšení a sklon svahů výsypky, kumulativní schopnost jednotlivých vrstev profilu, druhová skladba porostu, množství povrchového humusu, zápoj apod.).

Intenzita desagregace jílu (jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností) za přispění vysoké vlhkosti (cca nad 45 %) vyvolává nežádoucí půdotvorné účinky, a to tím, že dochází k blokádě rozkladu organických látek. Praktický význam organické půdní složky je pak minimální. Při blokádě organické půdní složky dochází k nadměrnému výskytu plísní, jak bylo zjištěno mikrobiologickými testy (*Dimitrovský 1989*). Půdotvorný a půdoochranný význam odzkoušených zemědělských a lesních kultur je třeba hodnotit na základě tzv. ***symetrizace dějů*** biochemických, biofyzikálních a bioklimatických. Dojde-li k narušení symetrizačních dějů, je kvantitativní význam jakékoli organické půdní složky málo významný jak po stránce půdní chemie, půdní fyziky, hydroopedologie, tak i mikrobiologie. Pro ilustraci uvedu tento příklad:

Podle melioračně rekultivačních účinků testovaných dřevin na zájmových plochách jílovité povahy (výsypky Antonín, Bohemia, Dukla, Velký Ríesl) a v rámci dendrometrických provedených měření dostaneme následující pořadí: olše lepkavá, olše šedá, kultivary topolu (s výjimkou osiky), javor mléč a klen, lípa srdčitá, habr obecný, jilm horský a habrolistý.

Sestavené pořadí je provedeno na základě intenzifikace půdotvorného procesu, vyjádřeného množstvím opadu asimilační hmoty, tvorbou půdních agregátů v procesu cementace jílové frakce, vertikálním a horizontálním prokořeněním profilů, infiltrací srážkové vody a její kumulací v povrchových a podpovrchových horizontech profilů a v neposlední

řadě změnou mikroklimatických podmínek. Např. po preparaci vzorků čpavkem se obsah jílové frakce zvýší řádově o 8 – 12 %. Z těchto analýz je zřejmé, že čím větší je množství strukturotvorných cementačních fosilních látek v jílovité hmotě, tím jsou elementární částice odolnější proti rozplavení vodou. Některé typy strukturních jílu cyprisové série jsou dokonce schopny po proběhnutí totální desagregace v procesu dehydratace vytvářet zpětně původní strukturu. Tento jev je na výsypkách velmi častý a makroskopicky zřetelný. Jeho výskyt je vesměs vázaný na jílovité zeminy vykazující v původním stavu lístkovitou odlučnost. (Obr. č. 11)

Dlouhodobé výzkumy půdní chemie, půdní fyziky a hydropedologie u všech výsypkových substrátů jílovité povahy vykazující aciditu neutrální až mírně alkalickou (6,8 – 7,4 pH v KCl) pod jehličnatými porosty modřínu, borovice, smrku, jedle a douglasky, predikují některé pěstební odchylky, které předurčují již v první fázi rekultivačního pěstebního cyklu jejich vysoké zastoupení. Např. na výsypce Vilém pod monokulturou modřínu opadavého (viz obr. č. 4) a smrku ztepilého založenými v roce 1934 došlo za období 1934 – 2005 ke snížení z cca 7,2 na 6,8 pH (KCl). Vysoké zastoupení jehličnanů v porostech tvořících příměstskou zeleň je nutným rekultivačním společenským opatřením především v období vegetačního klidu.

7.1 Požadavky na sadbový materiál a dobu zalesnění

Všechna dosavadní šetření (1961 – 2009) prokázala (Dimitrovský, 1976, 1989, 1999, Kubát 2006, 2009) vhodnost provádět zalesnění ihned po ukončení nezbytných terénních úprav (planýrování, svahování, odvodnění), tj. v období, kdy jsou recentní útvary – výsypky prosté jakékoli buřeně. Nejvhodnějším obdobím je jaro po roce, kdy byly provedeny shora uvedené terénní úpravy. Toto období se doporučuje proto, že vlivem zemních mrazů jsou skrývané nadložní horniny na povrchu výsypek dostatečně rozpadlé a tím i částečně nakypřené. Je-li zalesnění prováděno v tomto období, lze s úspěchem použít sadbový materiál stejných proporcí, jako při zalesňování rostlých lesních půd. Vzhledem ke struktuře a textuře jílu cyprisové a vulkanodetritické série, tj. velkému odporu při vertikálním a horizontálním prokořenění, je **obalovaný sadbový materiál nevhodný**. Při zalesňování výsypek zabuřených jsou ztráty úhynem neúměrně vysoké, dosahující v roce výsadby přes 30 % úhynu. Při zalesňování výsypek nezabuřených se nejlépe osvědčily **sazenice dvou- až tříleté, prostokořenné**. Pro zajímavost ještě stojí za to uvést, že v rámci budování rekultivačního lesnického arboreta (1969 – 1974, obr. č. 5) ověřované výsadby

introdukovaných jehličnanů (borovice černá, borovice Murrayova, borovice pokroucená, borovice těžká, borovice Jeffreyova, borovice rumelská, douglaska tisolistá, smrk sivý, smrk omorika, smrk sitka, jedle obrovská, smrk pichlavý) s použitím sazenic starších než 3 roky vykazovaly v průměru o 15 % větší úhyn než kontrolní výsadby s použitím sazenic mladších 3 let. Dané rozdíly mortality jsou způsobeny zejména nepříznivými mikroklimatickými podmínkami – nadměrnou transpirací asimilační plochy.

7.2 Volba způsobu zakládání lesních kultur

Již v předchozích kapitolách této práce jsem uvedl, že výsypkové substráty složené ze skrývaných nadložních hornin (zemín), tj. jílu cyprisové a vulkanodetrické série vykazují některé specifické vlastnosti (pH, obsah Ca, Mg, obsah C primárního sedimentárního původu, mineralogické složení apod.), které dovolují větší uplatnění jehličnanů v první fázi rekultivačního cyklu. Je nutné k tomu dodat, že volba vhodných směsí při zakládání kultur smíšených, tj. jehličnato-listnatých, je problémem mnohem složitějším, než volba vhodných směsí u dřevin listnatých. Pro pěstování jehličnatých dřevin domácích a introdukované provenience na výsypkových stanovištích systémem jednotlivě smíšených (střídání jehličnanů a listnáčů v řádcích) je třeba, aby listnatá dřevina vykazovala přibližně stejnou vitalitu růstu jako dřevina jehličnatá, nebo vitalitu růstu menší. Z celé řady ověřovaných listnáčů pro zakládání smíšených listnato-jehličnatých se jako univerzální dřeviny uplatnily: lípa srdčitá, habr obecný, dub letní a zimní.

Při zakládání porostů smíšených listnato-jehličnatých skupinovým systémem lze použít téměř všechny listnáče vhodné pro zdejší výsypková stanoviště (olše lepkavá, olše šedá, lípa srdčitá, javor klen, javor mléč, habr obecný, jilm horský, jilm vaz, třešeň ptačí a další).

Biometrická šetření ukazují na to, že drtivá část testovaných jehličnatých a listnatých dřevin při zachování standardních pěstebních zásad má zcela normální vzrůst a vývoj.

Z ověřovaných introdukovaných jehličnanů v arboretu Antonín se jako zvlášť perspektivní i pro účely zalesňování výsypek určených pro obnovu městské a příměstské zeleně (parků) jeví zejména tyto druhy: borovice černá, borovice Murrayova, borovice těžká, borovice pokroucená (výsypková provenience, obr. č. 13), smrk pichlavý, smrk omorika, smrk sivý, douglaska tisolistá, jedle obrovská, jedle řecká.

Při skupinovém zakládání listnato-jehličnatých kultur se na vzrůstu jehličnanů velmi, a to přímo zákonitě, projevuje velikost volby skupin. Nerušený vzrůst a vývoj, bez rozdílu volby jehličnaté dřeviny, vykazují kultury zakládané především v malých skupinách i rozdílných geometrických tvarů.

U porostů starších věkových tříd lze pozorovat i některé fenotypové proměny, např. u modřínu opadavého, borovice lesní, smrku východního, smrku pichlavého a borovice pokroucené. Významným zjištěním je skutečnost, že uvedené ***introdukované dřeviny mají*** kromě dobrého vzrůstu a stupně ochvojení ***značnou toleranci vůči průmyslovým imisím.*** S výjimkou borovice Jeffreyovy (trpí mrazem) a smrku sitky (časté napadení mšicemi) lze ostatní druhy doporučit pro potřeby rekultivační praxe.

8. Dendrologické aspekty

Dendro – první část složených slov mající význam řeckého slova ***dendron*** – ***strom*** a z toho odvozená jedna z mnoha disciplín botaniky ***dendrologie*** - nauka o dřevinách. Její využití je mnohostranné a tvoří součást výuky na školách lesnického, zemědělského – zahradnického zaměření a konečně i ve výzkumu. Všechny dosavadní chronologicky získané dendroekologické znalosti taxonů (čeleď, rod, druh) měly společného jmenovatele, geneticky vyvinuté půdní substráty. Již od počátku 30. let minulého století vlivem průmyslové revoluce, která proporcionálně začala využívat těžbu potřebných nerostných surovin (rudy, uhlí, kámen, písek a jiné), dochází k značnému poškození krajiny devastačními účinky těžby výše uvedených nerostných surovin, zejména těžby uhelných slojí a tím i ***ke vzniku geneticky nevyvinutých půdních substrátů na nově vzniklých recentních útvarech (výsypky, odvaly, haldy, skládky, složiště, odkaliště).*** Celospolečenská politika ochrany životního a přírodního prostředí řešená v podmínkách těžby nerostných surovin, v našem případě hnědého uhlí, je velmi složitá, výzkumně a realizačně náročná na technická, finanční a biotechnická opatření. Základním předpokladem pro rozumnou biotechnickou úpravu devastované krajiny je vyspělá společnost s vědeckovýzkumnými pracovišti na vysoké úrovni. K tomu v Československu dochází v 70. letech, tj. v období největších devastačních dopadů černouhelné a hlavně hnědouhelné těžby. V tomto období se v obou našich hlavních hnědouhelných pánvích (Mostecká, Sokolovská) těžilo okolo 90 - 95 mil. tun. Pro srovnání v obou sz. pánvích se v současnosti těží cca 40 - 45 mil. tun hnědého uhlí. Celostátní koncepce na obnovu

přírodních fenoménů v systému *půda – voda – vegetace* se po dobu více než 50 let realizovala formou rekultivace. *Biologická koncepce* krajiny devastované povrchovou velkolomovou těžbou uhlí byla v podmínkách ČSR vždy *multidisciplinární ekonomicko-ekologickou záležitostí* a bezpodmínečně předpokládala úzkou spolupráci mnoha vědních oborů a specializovaných disciplín (technologie lomového dobývání, geologie, petrografie, lokalizace výsypkových ploch, hydrologie, stavební geologie, mechanika zemin, botanika, dendrologie, pěstování lesa, pedologie, hydropedologie, zemědělská výroba, ekonomika, ekologie, demografie aj.). V tomto cílevědomém úsilí *obnovy přírodních fenoménů* krajiny devastované báňskou a ostatní průmyslovou činností přísluší *prioritní význam* bezesporu *dendrologii*. Závěrem úvodní části této kapitoly chci předeslat, že analýza a posléze syntéza dlouhodobých výzkumů je provedena na základě více než 50letých teoretických a praktických zkušeností s realizací dendrologických a dendroekologických opatření v rámci lesnické rekultivace na antropogenních substrátech pedogeneticky nevyvinutých, zařazených do tzv. *geologické epochy* (Jonáš, 1966, Dimitrovský, 1976). Z pedologického hlediska jde o sedimenty (nadložní horniny) ukládané na vnějších nebo vnitřních výsypkách. Bez rozdílu geologickopetrografického složení jsou tyto antropogenní výsypkové substráty členěny do *kategorie protopedofilů*. (Dimitrovský, Jehlička, Jetmar, Kubát, 1998).

8.1 Vymezení dendroekologických aspektů

Hlavním cílem dendroekologického bádání při zalesňování antropogenních substrátů bylo zjištění závislosti volby taxonů, charakteru antropogenních substrátů a v neposlední řadě imisního zatížení uhelných regionů (Sokolovsko, Chomutovsko, Mostecko, Teplicko). Základem při zpracování kritérií hodnocení dendrologických aspektů v oblasti rekultivace výsypek se staly právě dlouhodobé výzkumy lesnické rekultivace v oblasti Sokolovské hnědouhelné pánve (Dimitrovský, 2001). K této kategorizaci dendrologických základů pěstování lesa na antropogenních substrátech v oblasti Sokolovska bylo přistoupeno především z těchto důvodů:

- 1) *Existence nejstarších výsadeb* na území ČSR na výsypkách Bohemia a Vilém v letech 1934 – 1936, které jsou dodnes zdrojem nenahraditelných dendrologických informací. Na jmenovaných výsypkách byl použit následující sortiment dřevin:

modřín opadavý,

modřín jesenický,
smrk ztepilý,
olše lepkavá,
olše šedá,
borovice černá.

2) **Založení lesnického rekultivačního arboreta** na výsypce Antonín (1969 – 1972) na ploše 165 ha (přes 200 druhů dřevin a keřů), jež nemá obdobu v celé Evropě, snad i ve světě. Zvláštností tohoto rekultivačního arboreta je, že dendrologická rekultivační charakteristika volených taxonů je ověřována v **typologických souborech** v jednotlivých sekcích způsobů pěstování lesa (monokultury, smíšené porosty) na plošných výměrách vesměs větších než 1 ha, s počtem jedinců jednotlivých druhů dřevin v několika tisících. Velice významné je zde rovněž zastoupení některých druhů dřevin jak domácích, tak i introdukovaných z **rozdílných zeměpisných pásem** (smrk ztepilý, smrk omorika, modřín opadavý, borovice lesní, borovice pokroucená, borovice murrayova, douglaska tisolistá, javor mléč, javor klen, dub letní aj.). Takto zvolený systém založení porostů umožňuje s dostatečnou přesností studium rozdílů mezi **edafotypy** a **klimatypy** jak u různých druhů, tak i u téhož druhu dřevin. Jednou z nejdůležitějších otázek rekultivační dendrologie je otázka **ekovalence druhů dřevin** na atypické půdní podmínky stanoviště. Při jejím zkoumání musíme vidět hlavní podstatu časového vývoje jedince, tedy **ontogenezi**, a vývoje druhů – **fytogenezi**. Při pokusu (1960 – 2009) a velmi podrobném výzkumu o jakousi novou dendrologickou rekultivační klasifikaci dřevin lze jako **významné dendroekologické faktory**, velkou měrou ovlivňující ontogenezi a fytoogenezi, uvést především:

- a) **primární potenciální úrodnost** vyjádřenou: 1) půdní chemií,
2) půdní fyzikou,
3) hydropedologií,
4) stupněm zvětrávání,
- b) **mikroklimatické podmínky** stanoviště,
- c) **populaci druhů dřevin** podle výškové pásmovitosti výskytu a evolučních proměn druhů,
- d) **imisní zatížení oblasti** (SO₂, N, F, prach).

3) **Založení semenných sadů:**

- a) jádrové - výsypka Antonín (4 ha) – 1969,

- výsypka Silvestr (2 ha) – 1976,

b) klonové - výsypka Velká Loketská (1 ha) – 1995. (Obr. č. 11)

Jádrové semenné sady byly založeny z generativních potomstev; **klonové** z vegetativních potomstev.

Založené semenné sady na výsypkách Sokolovska jsou originální v oboru rekultivace jak u nás, tak i v zahraničí. Jsou ojedinělým subjektem evolučních procesů dřevin rostoucích na antropogenních substrátech pedogeneticky nevyvinutých (geologická epocha) (Dimitrovský, Kubát, Jetmar, Jehlička, 2005).

4) Založení pokusných ploch (1963, 1969) z druhů dřevin **rozdílných ekologicko-geografických ras** (smrk ztepilý, borovice černá, modřín opadavý). Přesto, že ekologicko-geografické rasy jsou taxonomicky nedefinovatelné, jejich **variabilita** v oblasti **tvaru koruny, větvení, ochvojení a prokořenění**, zejména na výsypkových stanovištích je velmi **zřetelná**. Naše provenienční pokusy s použitím různých klimatypů plně potvrdily následující skutečnosti:

- a) Antropogenní substráty výsypek v kategorii „čerstvých“ profilů tedy ve fázi protopedoprofilů se pedogeneticky nejvíce přibližují vysokohorským půdním profilům, proto populace smrku a modřínu z oblasti Kraslicka, Slavkovského lesa a zejména Jesenicka (Uhelná) mají již od prvopočátku velmi dobrou přírůstovost a nerušený vývoj po celou dobu sledování (1969 – 2008). Ještě zřetelněji se projevíly rozdíly geografických populací mezi modřínem sibiřským, dahurským a jesenickým na provenienčních plochách na výsypce Antonín. Prosperita růstu je od počátku v tomto sledu: modřín sibiřský, modřín jesenický, modřín dahurský.
- b) Místní výsypkové substráty společně s mikroklimatem podporují vznik rozdílných, úzce vymezených výsypkových ekotypů.
- c) Jehličnaté dřeviny bez rozdílu druhů prokázaly ve srovnávacích pokusech (smrk, borovice, modřín, douglaska, jedle), že **provenience s vyšší nadmořskou výškou** vykazují **vyšší přírůst, raší dřívě a plodí v mladším věku**, než v původních areálech.
- d) Z dendrologického pohledu neméně zajímavé jsou i výsledky dosažené u výsadeb borovice pokroucené, borovice murrayovy, modřínu jesenického a douglasky tisolisté v provenienčních pokusech na výsypce Velká Loketská a Silvestr. Tyto experimentální provenienční pokusy byly založeny sazenicemi vypěstovanými ve vlastních školkách Sokolovské uhelné a.s. výsypkové provenience, tedy výsypkovými

potomstvy v letech 1987 – 1992. Založené kultury z těchto dřevin výsypkové provenience vykazují:

- velmi nízkou mortalitu pohybující se maximálně do 12 %, a to do zajištění kultury,
- mají již od prvopočátku velmi dobrý přírůst,
- při všech těchto studiích byly shledány vzájemné vazby na rozhraní vědeckých disciplín: geologie, pedologie, klimatologie, hydropedologie, dendrologie a (poslední fáze) pěstování lesa,
- teoretické dendrologické aspekty mají na založených experimentálních plochách z výsypkových potomstev vesměs charakter základního výzkumu a zůstávají nadále předmětem badatelského šetření. (Obr. č. 14)

5) *V dalším období řešení* rekultivační dendrologie a všeobecně rekultivační lesnické problematiky *považujeme racionalizační pěstebně výchovné zásahy* na všech výsypkových stanovištích za *klíčový problém*.

Z celé řady variant zakládání lesních kultur na výsypkových stanovištích (celkem 42) lze zobecnit tyto výsledky:

a) *Zakládání a výchova smíšených porostů v hloučcích nebo skupinách různých geometrických tvarů a velikosti je na základě dosažených výsledků nejvhodnější.*

Jeho přednosti se projevují především v těchto pěstebních ukazatelích:

- odpadávají práce spojené s uvolňováním od zástinu listnáčů po dobu nejméně 1 decenia,
- skupiny listnatých dřevin (javor klen, javor mléč, jilm horský, olše lepkavá, olše šedá) vytvářejí velmi dobrou okrajovou ochranu, zlepšují vlhkostní a mikroklimatické podmínky,
- se zmenšující se velikostí skupin jehličnanů s okrajovou ochranou listnáčů se zvyšuje jejich přírůst a naopak.

Výše uvedené skutečnosti jsou uvedeny proto, abychom lépe pochopili obtížnost dendrologických základů při výběru taxonů pro výsypková stanoviště a odlišnosti způsobů jejich pěstování.

Styčným bodem pro vypracování teorie rekultivační dendrologie a teorie speciálních způsobů zakládání lesních kultur na všech druzích a typech antropogenních substrátů vzniklých povrchovou (lomovou) těžbou hnědého uhlí je

současná rozpracovanost lesnické rekultivace na významných, trvalých, plošně rozsáhlých pokusných plochách a provozních podmínkách revíru (Dimitrovský, 2001).

Rekultivační dendrologická situace chronologicky a experimentálně **vyžadovala alternativní přístup** řešení, podmíněný odlišností antropogenních substrátů v **geologické epoše** (imise, mikroklima aj.), tedy daných podmínek jako přirozeného regulátoru volby druhů dřevin, jejich směsí a způsobu zakládání. Je třeba zde poznamenat, že teoretická a praktická rozpracovanost otázek spojených s výběrem domácích a introdukovaných dřevin, se zakládáním kultur včetně pěstební péče o založené kultury doznala za sledované období (1961 – 2009) značného rozmachu. Pestrost druhové skladby na výsypkových stanovištích v oblasti Sokolovska nemá v našich podmínkách obdobu (Lesnické rekultivační arboretum Antonín).

Z velkého počtu volených způsobů zakládání kultur a samotného výběru taxonů jsem objektivizoval jen některé, jež jsou po stránce teoretické a provozní průkazné a významné. Na otázky výběru taxonů pro zalesňování antropogenních výsypkových substrátů mají rekultivační odborníci (s malými odchylkami) skoro shodná stanoviska. Mnohem rozdílnější (v některých případech i protichůdná) hlediska zastávají zejména univerzitně vzdělaní biologové. Rekultivační dendrologická politika, jež je základním fenoménem tvorby nových lesů, se uskutečňuje prostřednictvím celospolečenských zájmů a potřeb opírajících se o objektivní poznání této problematiky v celé její šíři.

- 6) Z dendrologického pohledu není možné pro důkladné poznání každého druhu dřevin pěstovaného na výsypkových stanovištích použít běžné **fenotypové hodnocení**, ale je třeba znát jeho historii a jeho vnitřní genetické vlastnosti. Z těchto důvodů bylo u nás na Sokolovsku v posledních 2 letech zahájeno mimo běžné dendrologické hodnocení, které systematicky provádíme od počátku řešení problematiky rekultivační dendrologie, i **biochemické šetření a hodnocení**. V současnosti jsou s ohledem na laboratorní vybavení a z ekonomických důvodů nejdostupnější biochemickou metodou tzv. **terpenové analýzy** (Kaňák, 1999). Tato analytická šetření mohou charakterizovat zkoumaný vzorek vybraného stromu (většinou posledních letorostů) z hlediska **genetické diverzity**. Po doplnění terpenových analýz o **izoenzymové analýzy** bychom měli získat ucelený obraz o vnitřních vlastnostech zkoumaného druhu. Tyto analýzy se provádějí u těch druhů dřevin, které na výsypkách mají největší zastoupení (borovice lesní, borovice pokroucená, borovice černá, modřín opadavý, douglaska tisolistá, javor klen, javor mléč, jilm horský,

dub letní, dub zimní a smrk ztepilý). Vzhledem ke krátkodobému řešení budou tato šetření vyhodnocena v pozdějších letech, kdy budeme mít k dispozici dostatečné množství analytického faktologického materiálu. Tato problematika je od počátku řešena ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti Strnady, Výzkumná stanice Bolevec u Plzně.

7) Současná odborná úroveň **rekultivační dendrologie** je na takovém stupni poznání, že může být využita v **pedagogické práci** na vysokých a středních školách lesnického zaměření, v **urbanistickém řešení** obnovy přírodních fenoménů průmyslové krajiny, **zahradní architektuře** a jinde.

8) Velmi **široký sortiment dřevin** listnatých a jehličnatých pěstovaných na **antropogenních** (výsypkových) **substrátech** velmi **pestrého geologicko-petrografického a mineralogického složení** (montmorillonit, illit, kaolinit) se při **zpracování LHP stává složitou záležitostí**, a to z toho důvodu, že skladba lesních porostů je pro naprostou většinu pracovníků lesprojektů u nás zcela neobvyklá. Proto při zpracování projektové dokumentace **LHP** na LS Kraslice je nutná spolupráce pracovníků lesprojektů, **rekultivačního výzkumu a realizačních složek lesnické rekultivace** na všech výsypkách hnědouhelné pánve. Při všech těchto pěstebních opatřeních je třeba vycházet z těchto rozhodujících kritérií:

- **přirozeného výběru** jedinců a druhů listnatých a jehličnatých dřevin,
- **přirozené obnovy druhů,**
- **stupně pedogenetických procesů** výsypkových substrátů,
- podílu **zastoupení jehličnanů a listnáčů** v porostech,
- **obnovního cíle,**
- a konečně zajištění **stability porostů** proti nepříznivým vlivům prostředí (vítr, voda, sníh).

9) Velmi zajímavé a instruktivní je **přirozené rozšíření dřevin** na výsypkových stanovištích. Studium areálů výskytu přirozené obnovy u některých dřevin (modřín opadavý, modřín jesenický, modřín sibiřský, modřín dahurský, borovice pokroucená, smrk ztepilý, douglaska tisolistá, borovice murrayova, javor mléč, habr obecný apod., obr. č. 14) je cesta, která bez zvláštních finančních prostředků nejrychleji vede k cíli při podrobném

studiu nároků pěstovaných dřevin (jednotlivých druhů) na půdní podmínky, mikroklima a imisní zatížení oblasti. Podrobná šetření vývoje přirozené obnovy dřevin na výsypkách, tj. v *geologické epoše*, je bezesporu důležitým úkolem rekultivační dendrologie a elementárním předpokladem úspěšné pěstební rekultivační praxe. U celé řady terénních šetření (1980 – 2009) výskytu a *stupně přirozené obnovy* (nízký, střední, vysoký) bylo zjištěno, že *vysoký* stupeň vykazují douglaska tisolistá, modřín sibiřský, modřín jesenický, modřín dahurský, javor mléč (obr. č. 15), javor klen, habr obecný; *střední* modřín opadavý, třešň ptačí, olše lepkavá, borovice murrayova, smrk ztepilý; *nízký* borovice lesní, borovice pokroucená, olše šedá, topol osika, jasan ztepilý. Z pohledu stupně přirozené obnovy na výsypkách jako přímo *kolonizující dřeviny* lze označit *modřín* a *douglasku*. Podobně jako u rostlých půd i zde *přirozená obnova druhů* dřevin je *určována ekologicky*, tj. vnějšími podmínkami stanoviště (potenciální úrodnost substrátů, světlostní podmínky), a *biocenoticky*, tj. konkurencí druhů a konečně i konkurencí výskytu lesní buřeně. Je-li přirozená obnova souvislá, je tu *zonální*; tvoří-li jen pomístní výskyt, je *extrazonální*. Důležitou úlohu při studiu přirozené obnovy dřevin ve výsypkovém lesním hospodářství mají diferencující role zejména faktorů půdních a mikroklimatických. V přítomné době víme z popisované a vylíčené historie rekultivační dendrologie a jejího dnešního druhového složení, že jsou porosty na mnoha výsypkách systematickou nebo nahodilou pestrou směsí nejrozmanitějších druhů dřevin jak listnatých, tak i jehličnatých. Tyto porosty vznikaly postupně podle připravených a uvolněných výsypkových ploch k zalesnění. Proto porosty na mnoha místech výsypek složené z jednoho druhu dřevin pocházejí z různých typů lesa. Z toho důvodu se velmi těžko bez podrobných terpenových analýz dají rozlišit jednotlivé ekotypy (edafotypy) u téhož druhu dřevin. Současná metodická doporučení pro zakládání, pěstování, obnovu a ochranu lesů na výsypkových stanovištích vycházejí z dlouhodobých výzkumů a zkušeností rekultivační lesnické praxe.

10) Prioritním cílem rekultivační dendrologie v oblasti hospodaření v lesích na antropogenních substrátech výsypek je vytvářet, či zachovat, na celé výsypkové ploše jako samostatném typologickém celku působivý tvar víceúčelového lesa. V tomto směru nabývají na významu způsoby zakládání a pěstebně výchovné zásahy různých věkových kategorií jako soubory opatření směřující ke změně tvaru lesa. V dané etapě rozpracovanosti rekultivační dendrologie neméně důležité je zvládnutí i problematiky

přeměn přípravných porostů olše lepkavé, olše šedé, modřínu opadavého apod., jako souboru opatření, která směřují k žádoucí změně druhového složení porostů.

II) Biologické plánování krajiny po těžbě hnědého uhlí velkolomovou technologií je v posledním období nepochybně multidisciplinární ekonomicko-ekologickou záležitostí. Rekultivační dendrologie jako nejmladší článek dendrologie všeobecné je jednou z nejdůležitějších složek při tvorbě struktury obnovy lesů v oblasti výsypkového lesního hospodářství.

Rekultivace lesnické, zemědělské a hydrické (vodní), jako opatření pro zlepšení ekologických vlastností naší kulturní krajiny postižené báňskou a ostatní průmyslovou činností jsou nepochybně primárním faktorem a neoddelitelnou součástí nové tvorby krajiny. Významným, byť dlouhodobým opatřením zlepšení vegetačních vlastností Sokolovské krajiny je postupná obnova lesů listnatých, jehličnatých a smíšených. Dendroflora na zdejších výsypkách a především na originálním rekultivačním lesnickém arboretu Antonín je tak druhově bohatá (přes 200 druhů), že se stala i základním pilířem pro obnovu příměstských a městských lesů na výsypkách v okolí sídelních obcí (Sokolov, Habartov, Bukovany, Svatava, Loket atd.). Hlavním cílem zakládání a pěstování příměstských a městských lesů formou rekultivace je vrátit Sokolovskou krajinu do takového stavu, který známe z dědictví ne-li ve stavu ekologizace kulturní krajiny mnohem hodnotnějším. Že může být přírodní životní prostředí nejen účelné, ale i krásné, to se společně LS Kraslice s realizačními složkami Sokolovské uhelné a.s. snažíme již po dobu více než 50 roků.

Všechny živé rostlinné systémy, ať již na úrovni buňky, organismu nebo společenstva organismů vykazují základní životní funkce umožňující shodné, případně rozdílné morfogenní vlastnosti podmíněné:

- půdně klimatickou variabilitou prostředí, ve kterém žijí
- genetickou proměnlivostí druhů dřevin
- ekotypickou nebo fenotypickou proměnlivostí druhů
- výškovou pásmovitostí druhů v původních areálech výskytu
- a konečně schopností přirozené obnovy druhů.

Předkládaná disertační práce analyzuje a zároveň syntetizuje 55 leté výsledky výzkumu při pěstování celé řady domácích a introdukovaných dřevin listnatých a

jehličnatých na výsypkách Bohemia, Vilém, Gustav, Dvory, Velký Riesl, Loketská a jinde a v rekultivačním lesnickém arboretu Antonín.

Jistým vodítkem při zkoumání morfogenních rozdílů jednotlivých druhů byly jejich nároky (dle literárních pramenů) na obsah živin minerální povahy v půdě (Ca, Mg, K, P). Obsahy živin v horninách, tedy matečních horninách a rostlých půdách (tj. substrátech geneticky vyvinutých) jsou podle celé řady autorů značně rozdílné (Jonáš, 1961, Dimitrovský, 1976, 1999, 2001). Uvedené rozdíly jsou podmíněny jednak stupněm desagregace v procesu pedogeneze a jednak volenou metodou jejich stanovení. V podmínkách uhelných revírů Sokolovsko, Mostecko, Kladensko, Ostravsko a Hodonínsko bylo experimentálně vykonáno mnoho analýz *skrývaného nadloží* jak lomovým, tak i hlubinným způsobem dobývání. Tyto analýzy umožnily v oblasti půdní chemie, půdní fyziky, hydropedologie a všeobecné výživy různých druhů domácích a introdukovaných dřevin **nová nazírání na celkovou koncepci pěstování lesa** na tzv. antropogenních půdních substrátech. Tato kategorie substrátů složených vesměs z terciérních nebo kvartérních sedimentů je pedogenetickým vývojem zařazena do skupiny **protapedo substrátů**, jež jsou prvním stádiem vývoje půd v *geologické epoše* (Dimitrovský, Jehlička, Kubát, 2005).

8.2 Vliv antropogenních substrátů na založené kultury

Na Zemi existuje celá řada *matečních hornin* a z nich vznikajících *půd*. Nejsložitějším suchozemským cyklickým článkem v posloupnosti geometrické řady *mateční hornina* → *antropogenní substrát* → *protapedo* → *mezopedo* → *telopedo profily* je nepochybně *půda (pedosféra)*. Všechny druhy a typy geneticky vyvinutých půd jsou v pedologii popisovány a charakterizovány prakticky v poslední fázi pedogenetických proměn bez výše uvedeného etapového vývoje. Pro lepší pochopení rozdílu mezi *rostlou půdou* a *antropogenním substrátem* uvedu jejich definici. „Půda je povrchová vrstva souše, vyvíjející se v důsledku působení půdotvorných faktorů a podmínek“ (Kozák 2002). „Antropogenní půda je pedologická kategorie pro označení geneticky nevyvinutých půd s narušenou, nerovnoměrnou půdní chemií, půdní fyzikou a hydropedologií“ (Dimitrovský 1976). Dlouhodobé výzkumy (1960 – 2003) u nás potvrzené i některými zahraničními pracemi (Wünsche, 1966, 1969, Daňko, 1969, 1980 aj.) poukazují na nesprávnost vžitého nazírání na problematiku hodnocení antropogenního půdního prostředí. Díky antropogenním půdám dochází v současné době i ke značnému rozšíření znalostí o reakci dřevin, jejich *ekotypů*, případně *fenotypů*, *flexibility dřevin*, *ekovalenci dřevin* apod. V pojetí *rekultivační dendrologie* je ekovalence dřevin a

keřů (*malá, střední, velká*) definována jako **ekologická kategorie hodnocení taxonů** (čeleď, rod, druh), odvozená od jejich flexibility na půdní a klimatické podmínky stanoviště. *Studium* antropogenních stanovišť v našem případě **výsypek, odvalů, složišť a odkališť** popela byla cesta dlouhodobého sledování celé řady dřevin a keřů pěstovaných na výše uvedených recentních útvarech. Analytické experimentální srovnání hlavních znaků morfogenních tvarů a chování jednotlivých druhů dřevin v jednotlivých fázích vývoje, stejně jako předcházející náhledy na identifikační změny, vedly k určité kategorizaci faktorů půdních, mikroklimatických a genetických vlastností sledovaných druhů dřevin (modřín, dub, borovice, smrk). Největší rozdíly v morfogenních vlastnostech lze postřehnout v oblasti:

- *větvení* ve směru vertikálním nebo horizontálním,
- *olistění* nebo *ochvojení*,
- *tvaru koruny* stromů.

Pro objasnění půdně-klimatického rozpětí dendromorfologie dřevin nestačí ovšem jen tyto dva faktory (půda, klima), a to proto, že obvykle např. na výsypkách **systematicky působí několik faktorů** společně, v závislosti na geomorfologickém tvaru výsypky, stupni desagregace (rozpadu hornin), stáří antropogenních substrátů terciérního případně kvartérního stáří, mikrobiologickém oživení atd., jež jsou charakteristické a běžné pouze u antropogenních půd *horninového původu* (skrývané horniny nad uhelnou slojí) (Dimitrovský, Kubát 2005).

Z důvodu lepší interpretace výsledků výzkumu a pochopení některých *morfologických a fyziologických proměn* (tvary habitu, vzrůst a vývoj, olistění, ochvojení, věk zralosti, plodnosti, výšková pásmovitost testovaných domácích a introdukovaných dřevin v původních areálech výskytu aj.) budou výše uvedená kritéria hodnocení definována ve stejné posloupnosti. Právě tyto odpozorovatelné změny se staly hlavním důvodem k zpracování této kapitoly předkládané disertační práce.

8.3 Tvary habitu dřevin na výsypkách jílovité povahy

Morfologická proměnlivost dřevin na výsypkových stanovištích je mnohem výraznější než na rostlých půdách. Tyto změny jsou velmi markantní zejména u **výsypkových potomstev** (modřín, borovice). Identifikační změny v jednotlivých fázích vývoje jsou např. u rodu borovice a smrku značně diferencované. Zásadním způsobem se na **morfologické proměnlivosti**, v různých fázích věkových kategorií sledovaných dřevin, **projevuje**:

- **dědičnost** jednotlivých ekotypů podle **výškové pásmovitosti** v původních areálech výskytu

- **půdní vlastnosti výsypek** zařazených do tzv. *geologické epochy*
- **klimatické podmínky** výsypkových stanovišť (světlo, teplo, voda, evapotranspirace, stupeň prokořenění apod.).

Tvarová proměnlivost koruny, větvení, barvy jehlic u smrků *Picea pungens* – smrku pichlavého jsou společně s douglaskou tisolistou nejpolymorfnějšími taxony na výsypkových stanovištích. Jedná se většinou o rozdíly uvnitř populace i mezi populacemi (výsypka Dvory). V tomto případě jde o tzv. *intrapopulační a interpopulační variabilitu*. Původ těchto rozdílů může být různý:

- dědičný
- ovlivněný půdně klimatickým prostředím
- vzájemným křížením jednotlivých populací apod.

8.4 Genetická struktura dřevin

Kategorizace míry vlivu jednotlivých faktorů nejvíce se projevujících na morfologickou proměnlivost taxonů je taxativně a časově velmi náročná záležitost. Nejdokonalejší odlišení původu rozdílů je možné za předpokladu dokonalých srovnávacích experimentálních pokusů provenienčního charakteru. Genetické struktury jednotlivých taxonů jsou nejlépe rozlišitelné především u jedinců pěstovaných v širokých sponech umožňujících vývoj a růst ve směru všech expozic daného výsypkového stanoviště. Počátek vývoje všech druhů dřevin pěstovaných na výsypkových stanovištích je po stránce *pedologické* originální a zcela *analogický*, tj. vytváří *unikátní prostředí pro srovnatelné hodnocení* prosperity jednotlivých druhů. *Z hlediska vývojového* je schopnost taxonů (*čeleď, rod, druh*) tvořit rozdílné typy (*mutanty*), které jsou pak mnohem *adaptabilnější* na *atypické půdní podmínky* výsypkových stanovišť. Vzhledem k tomu, že veškeré taxony dřevin jsou pěstovány prakticky na skrývaných nadložních horninách ukládaných na výsypkách, lze je bez rozdílu zařadit do *kategorie protodendra*.

8.5 Morfogenní proměnlivost

je u většiny druhů dřevin polymorfní, podmíněná:

- antropogenním substrátem (půdní chemie, půdní fyzika)
- klimatickými podmínkami
- genetikou pěstovaných druhů
- specifickou hydrologií.

Podobně jako všechny dřeviny pěstované na rostlých lesních půdách u nás nebo ve světě a na experimentálních plochách na výsypkách plošně rozsáhlých a trvalého charakteru (480 ha), byly již od počátku sledovány následující morfogenní odlišnosti v oblasti tvorby:

- *kořenových soustav*
- *kmene*
- *koruny*
- *větvení, olistění, ochvojení*
- *zbarvení jehlic, apod.*

Aby analýza dané problematiky měla obsahovou a interpretační rovnováhu, začnu od počátku. Při běžné obnově krajiny na výsypkových stanovištích (Sokolovsko, Chomutovsko, Mostecko, Teplicko a jinde), jež se systematicky provádí od 50tých let minulého století, zásadně postupovali tzv. *alternativním, adaptivním způsobem* obnovy. **Životní koloběh lesa** založeného před 75 lety na výsypkách Vilém a Bohemia na Sokolovsku a před 50 lety na ostatních výsypkách z celé řady druhů domácích a introdukovaných dřevin je dnes nejlepším *diagnostickým soudcem* pro jakýkoliv aproximativní přístup hodnocení jejich *morfologických proměn* a všeobecně jejich pěstování na antropogenních substrátech vesměs složených ze skrývaných nadložních hornin kvartérního a terciárního původu. Z toho vyplývá, že **koncepte lesního hospodářství** formovaná před 300 lety na základě odlišných půdně ekologických a klimatických podmínek přestala být poplatná době vzniklých změn v **systemu půda – voda – vegetace – ovzduší**. *Moderní právní úprava* tvorby krajiny vyjádřená *rekultivační koncepcí* (23 zákonů a 27 vyhlášek), což jsou v podstatě tzv. **sanace a rekultivace** postiženého území báňskou a ostatní průmyslovou činností, neumožňuje zavést systémy řešení, které v maximální míře budou preferovat i mimoprodukční funkce nově obnovované lesní vegetace formou estetických vlastností dřevin domácího a hlavně introdukovaného původu. Jelikož druhová skladba při obnově lesa na všech recentních útvarech (výsypky, odvaly, haldy, složiště, odkaliště, skládky tuhého odpadu sídelních obcí – TOSO) je tématem neustálých

diskusí, pokusím se poukázat na některé skutečnosti, které významnou měrou podmiňují principy volby druhové skladby, kvality a významu zakládáných lesů zejména na výsypkách a v neposlední řadě i funkce těchto uměle obnovovaných lesních porostů.

Základním kritériem a měřítkem zvolené analýzy jsou:

- **ekovalence dřevin** domácích a introdukovaných,
- **volba druhů** a jejich zastoupení v porostech,
- **způsoby založení**,
- **provenience**,
- **zralost a plodnost**,
- **reprodukční materiál**,
- **výsypková potomstva**,
- **přírozená obnova** pod nebo vedle matečních porostů aj.

Pro lepší interpretaci výsledků výzkumu a rekultivační praxe budou výše uvedená hodnotící kritéria analyzována ve stejném pořadí.

8.6 Ekovalence dřevin domácích a introdukovaných

Naše porostní a druhotná dendrologická šetření byla zaměřena především na chování dřevin z rekultivačních hledisek nejvýznamnějších. Současná strategie využívání výsypek pro lesnické účely je určována těmito *hlavními momenty*:

- a) *tvorbou půdy* na horninotvorných sedimentech
- b) *obnovou vzrostlé a přízemní zeleně*
- c) *podporou produkčních a zejména mimoprodukčních funkcí lesa* na devastovaném území.

Ke splnění výše uvedených cílů jsou rozhodující naše znalosti o *ekovalenci* dřevin domácího a introdukovaného původu.

V pojetí *rekultivační dendrologie* je **ekovalence dřevin definována jako dendro-ekologická kategorie** odvozená od jejich flexibility na půdní a klimatické podmínky stanoviště. Studium ekovalence dřevin na výsypkách je zaměřeno na sledování nároků jednotlivých druhů na půdu, klima, světlo, vodu, atd. Podstata ekovalence dřevin získaná na zcela odlišných stanovištích (výsypkách) než v původních (autochtonních) areálech jejich výskytu vzniká dále především z protikladu *ontogeneze* – vývoje jedince a *fylogeneze* –

vývoje druhů, jejich reakce na dané podmínky prostředí a jejich vzájemných vztahů. Ukazuje se, že jednou z nejdůležitějších otázek dnešní rekultivační dendrologie je otázka dědičnosti znaků a vlastností, které si dřeviny i na výsypkách uchovávají nebo které nově získávají v procesu jejich vývoje. Při zkoumání ekovalence listnatých a jehličnatých dřevin na výsypkových stanovištích jsme zásadně vycházeli z minulosti i současnosti jejich **vývoje, růstu** a v neposlední řadě jejich **proměn v prostoru a čase**. Do 90tých let minulého století se hlavní zájem soustřeďoval na výběr vhodného sortimentu dřevin pro výsypková stanoviště bez ohledu na jejich **růstový a vývojový potenciál** většinou **daný ekotypem** určitého druhu dřevin (Dimitrovský, Jetmar, Jehlička, Kubát 2005).

Ekotyp je morfogenní (tvarová) nebo fyziologická varieta druhu, podmíněná a zároveň více nebo méně vyhraněná souborem působících faktorů na geograficky a pedologicky vymezeném území. Podle převládajících podmínek, které se podílejí na jeho vzniku, rozlišujeme **ekotypy**:

- **půdní** (pedotypy),
- **klimatické** (klimatypy),
- **fytocenotické** (cenotypy) (Dimitrovský, 2007).

Z pohledu výzkumu (základního aplikovaného) a praxe je důležité vymezení hranic ekovalence dřevin (mezních parametrů), při kterých dochází nebo nedochází ke změně původních morfogenních vlastností ekotypů a tím i k jejich **ekologické stabilitě nebo labilitě** přerůstající ve změny patologické (kořenové hniloby – vejmutovka; houbová onemocnění nadzemních částí – borovice rumelská; – borovice ohebná; – borovice kuželovitá; vysychání asimilačních orgánů – borovice černá apod.). Výše uvedené choroby se objevily v posledních letech na některých jedincích v rekultivačním lesnickém arboretu na výsypce Antonín. Tyto choroby byly zjištěny i na dřevinách pěstovaných na rostlých půdách LS Kraslice, LS Klášterec nad Ohří. V podmínkách imisních oblastí (Sokolovsko, Chomutovsko, Mostecko, Teplicko) k ekologické labilitě dřevin dochází v podstatě trojím způsobem:

- **akutní labilita** ekotypu druhu dřevin způsobená nadměrnou jednorázovou dávkou škodlivin (SO₂, N, F, prach)
- **chronická labilita** je výsledkem periodického nebo systematického působení uvedených imisních škodlivin,
- **edafická labilita** vyjádřená toxikologickým působením půdních substrátů (enormní zvýšení pH pod 2,0, vysoký obsah síry, železa, hliníku apod.) (Dimitrovský, 1989, 2001).

Podle ekovalence lze testované listnaté a jehličnaté dřeviny domácího a introdukovaného původu hodnotit rozdílným způsobem. Jejich ekovalence může být např. posuzovaná prakticky stupněm flexibility na:

- a) půdní podmínky stanoviště (půdní chemie, půdní fyzika, hydropedologie)
- b) klimatické podmínky stanoviště (světlo, teplo, vítr, mráz)
- c) emisní zatížení stanoviště (SO₂, N, F, pevný úlet apod.).

Pro takovéto hodnocení pěstovaných dřevin na výsypkových stanovištích nám neustále neocenitelné služby poskytují trvalé experimentální pokusné objekty na výsypkách:

Bohemia (1934)	Antonín (1969 – 1972)
Vilém (1934 – 1936)	Gustav (1978 – 1984)
Velký Riesel (1961 – 1965)	Silvestr (1982 – 1983)
Dvory (1963 – 1965)	Vintířov (1982 – 1983)
Matyáš (1965 – 1967)	Velká Loketská (1995 – 1999)

Letopočty udávají chronologický sled založených experimentálních ploch trvalého charakteru na jmenovaných výsypkách.

Dosud byla v lesnické rekultivační literatuře (*Daňko 1969, 1980, Dimitrovský 1976, 1989, 1999, 2006, Darmer, 1955, Davis, 1963, Dilla, 1969, Jonáš 1961, 1962, 1965, 1966, Harabin, 1970, Špiřík 1970, Štýs, 1981* a další) věnována pozornost druhovému složení dřevin a keřů pěstovaných na recentních útvarech (výsypky, odvaly, haldy, složiště, odkaliště, skládky), jichž je popsáno velké množství většinou však jen povrchně bez hlubšího studia. Vzájemné závislosti vlivu ekovalenčních vztahů jednotlivých druhů nebo u téhož druhu těchto zevně dobře postihnutečných morfogenních odchylek jsou prostudovány velmi málo.

Poněvadž naší snahou je i na atypických stanovištích, ke kterým bezpochyby patří výsypky na Sokolovsku, Chomutovsku, Mostecku a Teplicku, vypěstovat kvalitní smíšené lesní porosty, zajímají nás zvláště druhy, které i na takovýchto nelesních stanovištích mají nerušený vzrůst a vývoj. V současné době *umět využít* druhy dřevin vykazujících takovéto vlastnosti, tj. dřevin vesměs se širokou *ekovalencí v rekultivační praxi* pro zlepšení jakosti porostů na výsypkách rozdílného geologicko petrografického složení, to je *hlavním úkolem vlastní lesnické rekultivační dendrologie*. Že je to možné, víme ze zkušeností, výborným dendrologickým příkladem toho jsou pěstební úspěchy dosažené na experimentálních výzkumných a provozních plochách u výše jmenovaných výsypek.

Morfologická variabilita např. u jehličnatých dřevin (modřín, smrk, borovice, douglaska, jedle) se týká především:

- tvaru koruny
- větvení
- forem semenných šupin šišek a velikosti
- variability jehlic (množství, tvar a barva)
- prokořenění ve směru vertikálním a hlavně horizontálním

Porovnáme-li *morfogenní proměnlivost* sledovaných dřevin *na rostlých půdách a na půdních substrátech výsypek*, i když je jistě nepochybně zakotveno i geneticky, vliv prostředí, tedy antropogenních substrátů složených zásadně ze skrývaných nadložních zemin jílovité povahy, se tu zdá být velmi silný. S rozvojem hnědouhelné těžby v 2. polovině minulého století – s rozvojem výstavby celé řady výsypek a tím i nárůstem objemu lesnických rekultivačních prací zajišťovaných sadbovým materiálem z vlastních a cizích školek došlo k dokonalému promísení populace v rámci celého výsypkového lesního hospodářství. V důsledku tohoto vývoje lesnické rekultivace výsypek *dochází ke vzniku rozsáhlého druhotného morfogenního polymorfismu*, což dnes s výjimkou *výsypkových proveniencí* (výsypkových populací, výsypkových potomstev) znemožňuje přístupy dokonalého studia geograficky a geneticky vymezených vlastností původních ekotypů nebo fenotypů sledovaných dřevin na výsypkových stanovištích. V sedmdesátých letech minulého století byla do programu rekultivačního lesnického výzkumu ve Výzkumném ústavu meliorací Praha 5 – Zbraslav zařazena problematika „Výzkum dendroekologických základů lesnické rekultivace v oblasti Hnědouhelných dolů a briketáren Sokolov“. Na základě tohoto požadavku sokolovských rekultivačních pracovníků bylo založeno *Rekultivační lesnické arboretum Antonín* s 218 taxony. V souvislosti se založením více než 50 výzkumných ploch v rámci arboreta a na ostatních výsypkách (Bohemia, Vilém, Velký Ríesl, Dvory, Matyáš, Gustav) se kromě dendroekologické specifikace listnatých a jehličnatých dřevin *řešila i otázka provenience a proměnlivosti druhů*. V rámci těchto prací byly založeny i semenné sady (borovice pokroucená, borovice Murrayova, borovice blatka, douglaska tisolistá). Výše založené provenienční pokusy (rodové, druhové, „varietní“) – dosud provedené – naznačují tyto *souvislosti morfogenní variability*:

8.7 Půdní podmínky

Pedologická klasifikace všech výsypkových stanovišť řešená prakticky v *geologické epoše* (*protopedo* profily, *mesopedo* profily) a profily částečně pedogeneticky vyvinuté (výsypky Bohemia, Vilém), skýtá unikátní podmínky pro hodnocení:

- a) dendroekologických vlastností dřevin
- b) proměnlivosti odvozené od stupně jejich morfogenní variability.

To je dáno tím, že veškeré výzkumné plochy mají ***analogický geologicko petrografický základ*** tj. *jíly cyprisové* a *vulkanodetritické série* rozdílných forem zpevnění a geometrických tvarů. Následkem toho mají tyto antropogenní substráty až na velmi malé výjimky (omezený výskyt porcelanitu, uhelné substance) stejnou *potenciální úrodnost* (vyživovací schopnost).

8.8 Půdní chemie

Průměrný obsah biogenních prvků minerální povahy na počátku založení pokusných objektů udává tab. č. 9.

Tab.č. 9

Chemické vlastnosti jílů cyprisové a vulkanodetritické série

Výsypky	Číslo vz.	pH		Sorpční komplex v mmol/100g		V %	Cox %	N celk. %
		H ₂ O	KCl	S	T			
Antonín	1	7,85	6,98	19,1 0	22,1 0	86,4 2	3,06	0,19
	2	7,76	7,12	15,1 0	22,6 0	66,8 1	2,74	0,25
	3	8,02	7,29	24,0 0	25,0 5	96,0 0	2,90	0,31
	Ø	7,87	7,13	19,4 0	23,2 5	83,0 7	2,90	0,25
Dvory	1	7,53	6,98	14,1 0	19,6 0	71,9 3	2,03	0,20
	2	7,29	6,67	15,0 0	23,0 0	65,2 0	4,02	0,21
	3	7,65	7,11	15,1 0	22,6 0	66,8 1	2,03	0,20
	Ø	7,49	6,92	14,7 3	21,7 3	67,9 8	2,69	0,20
Velký Riesl	1	8,04	7,53	24,0 0	25,0 0	96,0 0	2,81	0,21
	2	8,23	7,54	23,8 0	24,5 5	96,9 7	2,71	0,41
	3	7,95	7,41	17,0 0	20,0 0	85,0 0	2,23	0,18
	Ø	8,07	7,49	21,6 0	23,1 8	92,6 5	2,58	0,26
Velká Loketská	1	7,74	7,15	15,1 0	22,7 0	67,8 0	2,80	0,25
	2	7,45	6,86	15,0 0	20,0 0	75,0 0	2,65	0,19
	3	6,76	6,27	31,4 0	37,9 0	83,9 5	3,01	0,32
	Ø	7,31	6,74	20,5 0	26,8 6	75,5 8	2,82	0,25

Průměrné hodnoty reakce aktivní (pH H₂O) se pohybují ve velmi úzkém rozpětí, a to od 7,3 (výsypka Velká Loketská) do 8,07 (Velký Riesl); výměnná reakce (pH KCl) od 6,74 do 7,49. Hodnoty pH všech zkoumaných profilů jednoznačně dokumentují, že jde o antropogenní

substráty s *reakcí neutrální až slabě alkalickou*. Výzkumy posledních let ukazují na určité korelační vazby mezi chemismem (zejména pH) a ekvalencí vyjádřenou *rezistencí* druhů dřevin vůči *emisím* a zejména *imisím*.

Při všech srovnávacích šetřeních vlivu pH na rezistenci dřevin různých věkových tříd byly zjištěny tyto vzájemné souvislosti:

Množství imisí především SO₂ podstatnou měrou neovlivňuje aciditu antropogenních substrátů složených z jílu cyprisové a vulkanodetritické série. Limitujícím faktorem pro snížení nebo zvýšení pH jsou zde právě sorpční vlastnosti, obsah Ca a Mg a množství jílové frakce. Porovnáme-li systematicky stanovované hodnoty pH u jílovitých substrátů velmi blízkého mineralogického složení (jíly illiticko-montmorillonitické, montmorilloniticko-illitické) u některých zájmových výsypek (Velký Riezl, Dukla, Antonín) před založením experimentálních pokusných ploch (1962 – 1970), jež se pohybovaly v rozmezí 6,6 – 7,3 pH (KCl) se současnými – pH 6,5 – 7,2, zjistíme téměř nepostřehnutelné rozdíly. Všeobecně je sorpce půdy v podstatě ovlivňována jak složkou anorganickou, tak i složkou organickou. Míra jejich podílu na stupeň sorpčního nasycení půdních substrátů je velmi těžko laboratorně stanovitelná, proto se často jednotně nahrazuje tzv. *sorpčním komplexem*, který je charakterizován kationtovou výměnnou kapacitou (KVK), místo symbolu T (tab.č. 9) a udává se v mmol/100 g nebo mmol/1000 g. Ze stanovených hodnot celkové sorpční kapacity (T) jednoznačně vyplývá, že ve všech případech (tab.č. 3) jde o antropogenní substráty se sorpční kapacitou střední až vysokou.

Sorpční komplex (hodnoty S, T, V) stanovený Mehlichovou metodou je ovlivňován jak půdní složkou *anorganickou*, tak i *organickou*. Sorpční komplex je vyjádřen celkovou sumou bazických kationtů (S), celkovou sorpční kapacitou (T) a konečně tzv. stupněm nasycení bazickými kationty (V). *Sorpční kapacitu* jílu cyprisové a vulkanodetritické série hodnotíme jako *střední až vysokou*.

V důsledku toho, že jde o antropogenní substráty jílovité povahy sorpčně nasycené vápníkem a hořčíkem, dá se předpokládat, že jsou koloidní formy ferisilikátů vysrážené a tím i nepohyblivé. Sorpční vlastnosti se úměrně zvyšují s přibývajícím množstvím koloidního jílu (frakce > než 0,001 mm) jakožto nedílného produktu při chemickém, mechanickém a biologickém zvětrání Fe karbonátů na hydratované formy železa.

V rámci veškerých rekultivačních opatření, tj. při realizaci lesnické a zemědělské rekultivace je kvantitativní a kvalitativní stránka nově se vytvářející organické hmoty

(humusu) pod volenou skladbou porostů prioritním faktorem při zúrodnování všech antropogenních stanovišť a tím i tvorby produkčních půd.

Obsah a kvalita humusu u všech druhů antropogenních substrátů sedimentárního limnického původu na rekultivovaných výsypkách je kvantitativně a kvalitativně odlišné, humus je složený z organické části původu: a) *primárního*

b) *sekundárního*,

nově se vytvářejícího vlivem pěstované vegetace. Množství primárních (autochtonních) organických látek se projevuje především v oblasti mikrobiologické aktivizace půdní mikro a makroflóry a struktury v procesu desagregace strukturních forem jílu cyprisové a vulkanodetritické série (jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností). Jejich strukturální význam přímoúměrně stoupá s obsahem jílové frakce. Primární obsah organické půdní složky, jež je nedílnou součástí jílovité hmoty (sedimentů), jsme *při klasifikaci nadloží* pro účely rekultivace použili jako *jedno z hlavních kritérií hodnocení tzv. potenciální úrodnosti antropogenních substrátů*.

Půdní organická složka primárního a sekundárního původu je polyfunkčního významu, ovlivňuje celou škálu pedogenetických procesů jakými např. jsou:

- růst a vývoj dřevin
- tvorba strukturních agregátů
- vzdušný, vodní a tepelný režim
- (již zmíněná) mikrobiologická aktivizace
- sorpční kapacita
- infiltrační schopnost srážkové vody, apod.

Obsah organické půdní složky (humusu) vyjádřený hodnotou oxidovatelného uhlíku (C_{ox} v % - tab.č. 10) se vesměs hodnotí podle následující klasifikační stupnice

Tab. č. 10

Hodnocení obsahu humusu

C_{ox} (%)	Klasifikace
< 1	velmi nízký
1,0 – 2,0	nízký
2,1 – 3,0	střední
3,1 – 5,0	vysoký
> 5,0	velmi vysoký

Z tabelárního přehledu (tab. č. 9) vyplývá, že obsah organické půdní složky je většinou rozdílný, avšak v aritmetickém sledu dosti podobný (2,58 výsypka Velký Riesl až 2,90 Cox v % výsypka Antonín). Se zmenšujícím se množstvím organické půdní složky jak primárního, tak i sekundárního původu se zrychluje *proces desagregace* a tím i ulehlost půdních substrátů zařazených do rekultivační pedologické kategorizace mezi antropogenní substráty typu protopedo a mesopedo profily.

Výzkumy prokázaly, že velmi příznivou strukturu v rámci rekultivačního procesu vytvářejí antropogenní substráty s obsahem C vyšším než 3,0 % (výsypky Bohemia, Vilém, Matyáš – *Dimitrovský, 1999*). Dále bylo zjištěno, že cementační účinek fosilních látek je diferencovaný, avšak dosud experimentálně nevyjasněný.

Z dendrologického pohledu je zvlášť podstatná **strukturotvorná schopnost organických látek** především u desagregovaných jílových substrátů, složených zejména z kompaktních jílu a nikoli jejich kvantitativní zastoupení. Kvalita nově se vytvářející organické půdní složky pod pěstovanými listnatými, jehličnatými, případně smíšenými porosty je rozdílná a podmíněná vlastním chemickým složením. Kvantitativní a kvalitativní hodnocení organické půdní složky pod pěstovanými porosty různých věkových tříd jsme systematicky zjišťovali dvojím způsobem:

- a) půdní analýzou
- b) listovou analýzou

Od počátku (1961) se soustřeďoval zájem na určování obsahu živin ve výsypkovém substrátu při zjišťování stavu výživy porostu. Tento postup je běžný v zemědělské praxi, kde jsou analýzy půd hlavním kritériem pro stanovení potřeby hnojení. Samotná humusová vrstva podstatně ovlivňuje výživu dřevin. Schopnost dřevin získávat z půdního substrátu minerální látky je odlišná a závislá na celé řadě faktorů, z nichž vyjímáme:

- geologicko, petrografické složení nadložních zemin,
- primární struktura a textura,
- stupeň desagregace, způsobené chemickým, fyzikálním a biologickým zvětráváním v procesu rekultivace,
- mikrobiologická aktivita substrátu,
- mikroklimatické podmínky stanoviště.

Pro některé domácí dřeviny (javor klen, jilm horský, modřín opadavý) a zejména dřeviny introdukované (borovice murrayova, borovice černá, borovice rumedonská, borovice limba, douglaska tisolistá, borovice kuželovitá, jedle obrovská, javor ginala aj.) bylo možné na

základě celé řady srovnávacích pokusů prokázat, že tento postup tj. na základě půdních rozborů, není zcela vhodný, neboť mezi koncentrací živin a vzrůstem porostů není žádný korelační vztah (Dimitrovský, 2005).

Druhou, a to velmi slibnou metodou, která nabývá stále většího rozšíření, je analýza rostlinných částí. Pro účely lesnické rekultivace se v současné době téměř výlučně používá analýza listů, jehličí. Základem tohoto metodického postupu je stanovení vztahu mezi výživou dřeviny listnaté nebo jehličnaté určitým prvkem (Ca, Mg, K, P, Al, Fe, S apod.) a jeho koncentrací v asimilačních orgánech. Koncentrace určité živiny v listech nebo jehličí se na základě mnoha provedených analýz pohybuje v poměrně úzkých mezích, porovnáme-li je např. s rozpětím koncentrací, které je možno stanovit ve výsypkovém prokořeněném profilu. Na základě celé řady listových analýz je možné ve vztahu mezi koncentrací živiny v asimilačních orgánech a vzrůstem dřeviny pozorovat určité **fáze**.

Nejprve je to **množství živin**, při kterém je vzrůst pěstovaných dřevin na výsypkách silně omezen, dřeviny krní. Tato **vývojová fáze** je charakteristická u „čerstvých“ výsypkových substrátů, tj. těsně po provedení technických úprav a jejich zalesnění. Tento typ výsypkových substrátů prakticky vykazuje nejnižší stupeň desagregace a tím i nepatrné množství uvolnitelných živin pro potřebu růstu a vývoje dřevin.

S postupující desagregací se zlepšuje výživa daným chemickým prvkem a tím i vzrůst dřevin. V **druhé fázi** se zlepšující se výživou stoupá poměrně rychle jak koncentrace živiny ve výsypkovém substrátu, v asimilačních orgánech, tak i výškový růst dřeviny. Jsou-li známé koncentrace živin v asimilačních orgánech, které odpovídají jednotlivým fázím, pak velmi snadno můžeme posoudit i stav výživy dřeviny a z toho odvodit i případný návrh na vhodné hnojení. Protože vzrůst jakékoli dřeviny listnaté nebo jehličnaté není závislý pouze na koncentraci jedné živiny, ale i na vzájemném poměru živin, není vyhodnocování výsledků chemických rozborů tak jednoduché, jak by se na první pohled zdálo.

V celé řadě provedených listových analýz bylo zjištěno, že při velmi nízké a nízké koncentraci především dusíkaté výživy mohou být koncentrace Mg, K, P a popřípadě i dalších hlavních živin v asimilačních orgánech tak vysoké, že naznačují téměř optimální stav výživy dřevin těmito prvky. Při zvýšení dusíkaté výživy na klasifikační rozměr střední, vysoký až velmi vysoký se může ukázat, že pro nerušený vzrůst dřeviny případně rostliny bylinného patra není ani výše uvedených živin dostatek a tyto živiny se mohou stát výrazně negativními faktory zabraňujícími růstu. Stejně tak jako **koncentrace živin** ve výsypkovém půdním prostředí je koncentrace živin v asimilačních orgánech závislá i na ostatních podmínkách vnějšího prostředí, především na převýšení výsypky, vodním režimu stanoviště, teplotě apod.

Popis metodických postupů pro odběry asimilačních orgánů je podrobně uveden v předchozích výzkumných zprávách. Podle vzhledu asimilačních orgánů je možno rovněž posuzovat stav a vybavenost dřevin potřebnými živinami. Např. při jakémkoli výrazném nedostatku některé živiny obvykle pozorujeme určité **karenční projevy** (snižování přírůstu, zmenšování velikosti a četnosti asimilačních orgánů, jejich barevné odstíny atd.). Je třeba ještě poznamenat, že karence dřevin může být způsobena rovněž mrazem, suchem, nerovnoměrným vodním režimem a v mnoha případech i imisním zatížením daného stanoviště (Podrázský, 2002, Dimitrovský, 1989). **Morfogenní vlastnosti asimilačních orgánů** (četnost, velikost, zbarvení) je nutno vždy podrobně srovnávat v **systému půda – výživa – dřevina**.

Možnosti zjišťování nedostatku výživy v lesních porostech na výsypkách tj. v provozních podmínkách jsou velmi omezené. Jen v ojedinělých případech můžeme zjistit, jsou-li poruchy fyziologického výzkumu, ať **růstové**, nebo ve **vybarvení asimilačních orgánů**, zřetelné.

Žloutnutí špiček jehličí a jejich postupné hnědnutí je většinou příznakem nedostatku Mg a K. Nedostatek N se zásadně projevuje žloutnutím celých jehlic nebo listů. Spolehlivost výše uvedených vlastních zjištěných změn asimilačních orgánů byla vždy srovnávána také chemickými analýzami. O výživě hlavních listnatých a jehličnatých dřevin v rekultivační praxi (borovice, modřín, smrk, lípa, dub, jasan, javor, topol aj.) bylo po celou dobu rekultivačního výzkumu shromážděno mnoho poznatků. Komparací všech provedených půdních a listových chemických analýz obsahu základních prvků ve výživě jednotlivých dřevin na rozdílných výsypkových stanovištích byly stanoveny tyto **optimální hladiny prvků** při kterých mají pěstované dřeviny nerušený růst a vývoj (tab. č. 11).

Tab.č. 11 Obsahy minerálních živin v asimilačních orgánech

Asimilační orgány	Obsah v % sušiny							
		Mg	K	P	N	Fe	S	Si
listy	0,80	0,30	0,40	0,20	1,7	0,01	0,10	0,16
jehličí	0,50	0,15	0,55	0,15	1,2	0,02	0,12	0,25

U modřínu je možno počítat s tím, že rozpětí obsahů jednotlivých prvků bude větší, než je v tabulce uvedeno. Pro výživu ať již listnatých nebo jehličnatých dřevin hladina obsahu fosforu nemá rozhodující význam. Kritické koncentrace hladiny živin v listech nebo jehličí

zatím nejsou známy. Na některých výsypkách byl mnohokrát u borovice černé a modřínu prokázán vztah mezi vzrůstem kultur a obsahem hořčíku, draslíku a dusíku v jehličí. Chlorózy listů (lípa, javor, jasan, topol) jsou poměrně častým jevem, zvláště u mladých kultur (Velký Riesel, Dukla, Dvory). K tomuto jevu dochází na antropogenních substrátech jílovité povahy vykazujících zvýšený obsah vápníku a sodíku. Zejména pro antropogenní substráty je z lesnického hlediska důležitý proces koloběhu uvolňování minerálních látek pro výživu dřevin v rhizologické hloubce zkoumaných profilů. Stručně provedená analýza **koloběhu minerálních látek** důležitých pro výživu dřevin listnatých a jehličnatých **ve výsypkovém lesním hospodářství** je na současné úrovni rekultivačního výzkumu **dostačující** pro volbu jednotlivých taxonů a způsobu jejich zakládání na výsypkách včetně vyvrácení zkreslených představ o **potenciální úrodnosti výsypkových substrátů** do současnosti uváděných v lesnické rekultivační literatuře. Výsledkem zkreslených představ o koloběhu minerálních živin a výživě pěstovaných ať již listnatých nebo jehličnatých dřevin je hnojení lesních kultur na výsypkách organickými a minerálními hnojivy. **Celá řada pokusů s hnojením** (lesní hrabanka, komposty, mykorhizické preparáty, minerální hnojiva) lesních kultur na výsypkách složených z terciálních miocenních **jílů a jílovců neprokázala dendrologickou taxativnost** těchto finančně značně náročných rekultivačních opatření (Dimitrovský, Kubát 2005).

8.9 Vyhodnocení výsledků měření vlhkosti

Vlhkost byla měřena v průběhu vegetačního období 2008 Dielektrickým měřičem vlhkosti půdy v osmi přístupových pažnicích. Pažnice byly osazeny v červenci 2000, v průběhu měření bylo tedy okolí pažnic dostatečně konsolidováno. Vlhkost byla měřena v intervalech cca 10 dnů, intervaly měření byly přizpůsobeny průběhu srážek a tedy předpokládané dynamice v průběhu vlhkosti. Měření bylo prováděno v hloubkách 10 – 80 cm, po 10-ti cm. Pro kalibraci naměřených hodnot na vlhkosti byly použity výsledky fyzikálních rozborů neporušených půdních vzorků, které byly odebrány v červenci minulého roku, současně s osazováním přístupových pažnic.

Průběhy vlhkosti lze stručně vyhodnotit následovně:

Porost: **borovice lesní**

- **sonda č. 1:** Pouze v hloubce 10 cm dochází k výrazným výkyvům ve vlhkosti, v hlubší části půdního profilu jsou již výkyvy ve vlhkosti málo výrazné. V průběhu roku má jak vlhkost, tak zásoba vody, klesající trend.

Porost: *borovice Murrayova*

- **sonda č. 2:** Průběh vlhkosti má obdobný charakter jako u sondy č. 1 s tím, že v hloubce 10 cm jsou poklesy vlhkosti výraznější. V červnu a v srpnu zde vlhkost krátkodobě poklesla pod bod vadnutí. Obdobně v hloubkách do 30-ti cm jsou poklesy vlhkosti výraznější.

Porost: *modřín jesenický*

- **sonda č. 3:** V průběhu června zde došlo k výraznějším poklesům ve vlhkosti až do hloubky 30 cm (v 10-ti cm k bodu vadnutí, v hloubkách 20 a 30 cm cca na bod snížené dostupnosti – odhadem). V hlubší části půdního profilu je opět trend dynamiky vlhkosti shodný s předchozími sondami.

Porost: *douglaska tisolistá*

- **sonda č. 4:** Obdobně jako u sondy č. 3 se pokles vlhkosti výrazněji projevuje až do hloubky 40 cm, ovšem v hloubkách 10-30 cm je po celé měřené období (včetně period v červnu a srpnu) nad BV.

Porost: *javor klen*

- **sonda č. 5:** Průběh vlhkosti je zde po celé měřené období vyrovnaný, bez větších výkyvů. Ani v hloubce 10 cm nejsou výkyvy ve vlhkosti příliš výrazné.

Porost: *dub letní*

- **sonda č. 6:** Výrazné výkyvy ve vlhkosti jsou opět v hloubce 10 cm, od hloubky 30 cm je průběh vlhkosti vcelku vyrovnaný, bez výraznějších změn. Zajímavé je zde dosycování v hloubkách 70 a 80 cm na jaře (nárůst vlhkosti do konce března). Tento jev lze vysvětlit deficitem půdní vláhy po jarním tání.

Porost: *lípa srdčitá*

- **sonda č. 7:** V průběhu měření docházelo k výraznému kolísání vlhkosti (k poklesu těsně nad BV) v hloubkách 10-40 cm. U této sondy je kolísání vlhkosti v hloubkách 30-40 cm ve srovnání s ostatními měrnými profily nejvýraznější. V hlubší části půdního profilu je opět trend shodný s ostatními sondami.

Porost: *borovice lesní a lípa srdčitá*

- **sonda č. 8:** Obdobně jako u sondy č. 6 zde docházelo na počátku měrného období v hloubkách 70-80 cm k nárůstu vlhkosti. U hloubky 10 cm poklesla vlhkost v červnu a v srpnu pod BV. V dalších měřených vrstvách již nejsou rozdíly ve vlhkosti tak výrazné.

9. Volba druhů dřevin a jejich zastoupení

V metodice Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností (*Dimitrovský, 1999*) byly zhodnoceny otázky spojené s výběrem vhodných dřevin pro výsypková stanoviště podle vyskytujících se antropogenních substrátů (terciární, kvartérní zeminy, případně jejich směsí) a jejich ekologických vlastností. V rámci dlouhodobě provedených dendroekologických studií (1960 – 2002) na celé řadě experimentálních ploch trvalého charakteru byla testována celá řada dřevin a keřů (přes 120 druhů). Takto dendroekologicky odzkoušené druhy dřevin a keřů na všech hlavních typech antropogenních substrátů vesměs jílovité povahy byly *taxativně rozděleny do 4 klasifikačních tříd* (tab. č. 1).
Stromy a keře:

1. třída – velmi vhodné
2. třída – vhodné
3. třída – málo vhodné
4. třída – nevhodné.

K vyřešení výzkumných problémů v současnosti nejvíce požadovaných rekultivačním provozem je podle mého názoru nutno postupovat cestou syntetickou, tedy skloubením celé řady předchozích analytických výzkumů a šetření do kontextu velkoplošné tvorby lesních krajinných celků na výsypkových stanovištích a tím i vymezení základních zásad hospodaření ve výsypkovém lesním hospodářství. Jak je patrné z názvu výzkumné etapy mé disertační práce, jde o problematiku velmi obsáhlou, dlouhodobou a komplikovanou heterogeností

zdejších výsypkových stanovišť jak po stránce charakteru vyskytujících se antropogenních substrátů, tak i klimatických podmínek.

9.1 Volba způsobu zakládání lesních porostů na výsypkách

V této podkapitole se budu zabývat zhodnocením výsledků dosažených v oboru zakládání porostů listnatých, jehličnatých a smíšených včetně jejich pěstební techniky. Způsoby zakládání zejména na atypických výsypkových stanovištích prioritně ovlivňují i pěstební techniku a tvoří *zvláštní kategorii pěstování lesa* vycházející ze specifických vlastností substrátů. Při všech ověřovacích způsobech zakládání lesních porostů na výsypkách kromě systematických *biometrických* a *bioindikačních* šetření jsem hlavní pozornost věnoval pedologickým a hydropedologickým změnám, ke kterým dochází pod pěstovanými porosty *různorodými* a *různověkými*. Takovýto metodický postup řešení jsme zvolili z toho důvodu, že výsypkové lesní hospodářství může splnit své poslání tehdy, jestliže dokonale poznáme potenciální úrodnost výsypkových zemin i postupný genetický vývoj antropogenních substrátů v procesu jejich rekultivace. *Objasnění podstaty půdotvorného procesu* pod lesními porosty *tvoří základní podmínku* pro určení jak *způsobu zakládání lesních porostů* na výsypkách, *tak i jejich výchovy*. Dosavadní výzkumy zabývající se pěstováním lesních porostů na půdních materiálech antropogenního původu ukázaly, že je třeba pro vymezení odlišnosti způsobu zakládání lesních porostů na výsypkových stanovištích respektovat tyto otázky:

- 1) specifické půdní podmínky většinou heterogenního charakteru s nerovnoměrnou objemovou hmotností, jílovou frakcí, stupněm zvětrání, pórovitostí, s velmi variabilní hydropedologickou charakteristikou ovládanou vesměs systémem makropórů,
- 2) veškeré typy a druhy antropogenních substrátů před započítím zalesnění vykazují heterogenní strukturu v celé rhizologické hloubce profilů,
- 3) všechna výsypková stanoviště bez vegetace mají bez rozdílu extrémní mikroklimatické podmínky,
- 4) morfologické znaky (kap. 8.3) i u téhož druhu dřevin jsou značně rozdílné, podmíněné primárně chemizmem, půdní fyzikou a hydropedologickými vlastnostmi výsypkových zemin a sekundárně dalšími existenčními faktory, např. druhovou skladbou, obsahem nově se vytvářejícího humusu, změnou mikroklimatických podmínek apod.

5) v mnoha případech jsou krátkodobá srovnání ekologických vlastností otestovaných dřevin (především listnáčů) zatím nepostačující pro seskupení dřevin do "pěstebních typů" podle dominantních faktorů výsypkového prostředí,

6) prvotně danou vyživovací schopností antropogenního stanoviště určujeme druhy dřevin, jejich zastoupení i způsob založení porostů listnatých, jehličnatých a smíšených.

K stacionárním a systematickým výzkumům morfologických znaků pěstovaných dřevin různorodých, různověkých případně stejnověkých na výsypkových stanovištích je bezpodmínečně nutné znát jejich *provenience*, aby projevující se změny mohly být vůbec sledovány. Bohužel při současném pěstování lesních porostů na těchto stanovištích bez ohledu na původ, bez přísné evidence přísunu semene nebo sazenic ztrácíme možnost tyto vyskytující se rozdíly studovat a námi prováděné malé provenienční pokusy to mohou sotva nahradit (Kupka, Dimitrovský 2005).

Podle našeho názoru jedinou reálnou cestou vedoucí k uspokojivému zhodnocení lesních porostů ve výsypkovém lesním hospodářství je *studium geobotanických a geodendrologických vztahů*, které může podat alespoň *územní výsypkové třídění růstové a pěstební* a podle toho pak stanovit druhovou skladbu dřevin a *provozní cíle*. Pro rekultivační lesnický provoz je nezbytné znát nejen druhové složení porostů, nýbrž (a to především) vědět, jak tyto porosty zakládat se zřetelem na heterogenost antropogenních substrátů u těžby výsypky, nebo na různých výsypkách a jak a kdy přistoupit k realizaci *výchovy porostů*.

Pro *rekultivační praxi* je naprosto nepostačující pouhý jmenovitý výběr dřevin ověřených výzkumem pro výsypková stanoviště. Je třeba poskytnout i *metodický postup*, jak tyto dřeviny pěstovat, zda v monokulturách nebo ve směsích s prosperující druhovou skladbou, v každém případě *respektující* konkrétní podmínky *stanoviště*. Postupný vývoj při zakládání lesních porostů na výsypkových stanovištích zejména v 70tých letech minulého století, nutnost přizpůsobovat se neustálým změnám prostředí, vývoj a vzrůst jednotlivých druhů dřevin apod., to vše dalo předpoklady pro určité ustálené koncepční řešení zakládání porostů i pěstebně výchovné zásahy (Dimitrovský 1976, 1991, 1999, 2001).

9.2 Vzrůst a vývoj lesních porostů na výsypkách

Je třeba si uvědomit, že exaktní výzkum lesnické rekultivace založený na geobotanických a dendroekologických studiích je neustále vyžadován pro účely územního plánování. Dobře provedené geobotanické a dendrologické studie (Dimitrovský, 1998) odhalují specifické podmínky antropogenních stanovišť i devastované krajiny jako celku, které ani

z dlouhodobých meteorologických a podrobných pedologických a hydro-pedologických výzkumů nevyplnou.

V současnosti lesnická rekultivace výsypek spadající pod naši LS vyjadřuje mnohem širší pojetí než v minulosti a doplňuje předchozí charakteristiku krajinné zeleně o zeleň vytvořenou rozsáhlejšími a složitějšími účelovými výsadbami. Vzniklé a vznikající lesní porosty na výsypkách tvoří významnou složku přispívající velkou měrou k vytvoření zdravého, (na únosnou míru) **vyváženého a kulturního životního prostředí**.

Výsypkové lesní hospodářství v rámci těžby hnědého uhlí v ČR prochází v současné době významnými změnami. Jejich rozsah a význam se dá porovnat s významem vzniku organizovaného lesnictví v 18.století. Zásadní signál k těmto změnám dala konference o ochraně lesů ve Strassbourgu (1990). I v rámci výsypkového hospodářství (jako u lesů ČR) se vyžaduje **systém** zakládání lesních porostů na výsypkách podle **vegetačních stupňů**. Na tomto místě je vhodné upozornit na to, že tento **požadavek** tj. **respektování** volby druhu dřevin podle devíti **lesních vegetačních stupňů** ve výsypkovém lesním hospodářství **je zcela scestný**, a to z jednoduchého důvodu, že veškeré lesní porosty na výsypkách se pěstují na tzv. **epoše geologické**, tj. na antropogenních substrátech geneticky nevyvinutých. Dále je třeba připomenout, že lesnická výsypková dendroekologie a částečně i typologie (Dimitrovský, 1989, 1999) v současnosti není dostatečně využívána a navíc je mnohdy systematicky deformovaně interpretována v hospodářské úpravě lesa na výsypkách zalesněných v 60 – 70tých letech minulého století. Lesní porosty na výsypkových stanovištích se dle převažujícího poslání (půdotvorné, půdoochranné, bioklimatické, estetické, rekreační) v souladu se zákonem o lesích č. 289/1995 Sb. řadí do kategorie lesů:

- *ochranné*
- *účelové*

Prostorově podle způsobu míšení rozeznáváme míšení:

- *kruhové*
- *pruhové*
- *klínové*
- *kulisové*
- *řadové*

Z výše uvedené kategorizace vyplývá, že veškeré lesní porosty v současné etapě vývoje na výsypkových stanovištích patří do skupiny lesů **polyfunkčního významu**. Při všech dosavadních krátkodobých a dlouhodobých výzkumech bylo zjištěno, že při zalesňování

výsypek složených z terciérních jílu, je třeba **volbu dřevin řídit podle typu jejich zpevnění** (jíly kompaktní, jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností). Z dendroekologických a praktických hledisek se jeví jako optimální **míšení skupinové**. U porostů **jednotlivě míšených** je otázka pěstební techniky časově velmi náročná. Při jakémkoli míšení je nutné vycházet z ekologických vlastností dřevin. **Skupiny je možno volit v různých geometrických tvarech** a velikostech. Pěstebně výchovné zásahy ve výsypkovém lesním hospodářství mají ve většině případů vycházet ze zásad směřujících ke kvalitativnímu výběru jedinců, skupin nebo celých porostů. Z ekonomických rozborů je patrné, že **dodržením ověřeného sortimentu** dřevin může dojít k podstatnému **snížení nákladů** při realizaci velkoplošných rekultivací.

9.3 Volba sponu

V oboru lesnické rekultivace všech druhů a typů antropogenních půd jak u nás tak i v zahraničí (SRN, Polsko, Anglie) byla použita celá řada sponů (0,25 x 0,25, 0,5 x 0,5, 1 x 1, 1,5 x 1, 1,5 x 2, 2 x 2, 2 x 3, 3 x 3, 3 x 4, 4 x 4, 4 x 5, 5 x 6, 6 x 6 m). Spony 4 x 4 m a širší byly použity pouze u různých kultivarů topolů. Je zajímavé, že ani v jedné zemi zabývající se lesnickou rekultivací antropogenních půd nebyla vydána žádná novelizovaná norma nebo instrukce pro volbu počáteční hustoty zakládání kultur na antropogenních stanovištích. Tento nedostatek umožňuje libovolnou volbu sponů. V provozních podmínkách Severočeské hnědouhelné pánve se nepsaným zákonem vesměs volí spon 1 x 1,5 a 1 x 1 m, tj. 7 500 a 10 000 ks/ha. Na experimentálních plochách jsou ověřovány všechny výše uvedené spony. Volby sponů se dotýkají hledisek jak ekonomických, tak i pěstebních (množství produkce sazenic v požadované kvalitě, ošetřování, ochrana, vzrůst a kvalita porostů a podobně).

Náš přístup při rozhodování hustoty zakládání kultur na výsypkových stanovištích sledoval především tyto cíle:

- a) urychlení příznivých pedogenetických procesů
- b) povrchovou ochranu půdy – zapojením porostů
- c) vývoj, vzrůst a kvalitu zakládání porostů.

Výše uvedená nezbytná rekultivační opatření vyžadují zakládání kultur v hustých sponech. Z pedologických, hydro-pedologických, dendrologických a finančních opatření i dalších měřítek vyvozených na základě celé řady ověřovacích zkoušek na pokusných, poloprovozných a provozních plochách vyplývá, že nejlépe sledované cíle splňuje spon 1 x 1

m u všech běžně používaných dřevin listnatých a jehličnatých, s výjimkou borovice pokroucené, borovice Murrayovy a topolových kultivarů.

Dlouhodobá šetření morfologie kořenových soustav u hlavních druhů listnatých a jehličnatých dřevin (olše lepkavá, olše šedá, lípa srdčitá, habr obecný, dub letní, dub zimní, jasan ztepilý, javor mléč, javor klen, borovice lesní, vejmutovka, borovice černá, smrk omorica, smrk pichlavý, smrk ztepilý, douglaska tisolistá, borovice pokroucená, borovice Murrayova a jiných) jednoznačně prokázala mělké vertikální prokořenění profilů.

K dřevinám, které byly vysazovány již na začátku řešené rekultivační problematiky nejen u nás, nýbrž i v ostatních zemích, patří různé kultivary topolů. Sortiment topolů použitých při zalesňování výsypek jak v oblasti mostecká tak i sokolovska je velmi rozmanitý. Zakládání topolových kultur bylo v podstatě realizováno dvěma způsoby:

a) čistě topolové kultury

b) smíšené topolové kultury - s výplňovou dřevinou - olše lepkavá, olše šedá, javor klen, javor mléč, jasan ztepilý a pod.

Vzrůst topolových kultur je poměrně variabilní a daný jak kvalitou půdního prostředí, tak i způsobem založení (monokultury, smíšené kultury) bez rozdílu, všechny topoly pěstované s výplňovou dřevinou, mají mnohem lepší výškový růst než tytéž kultivary pěstované bez výplňové dřeviny. Na základě srovnávacích šetření bylo zjištěno, že zakládané kultury topolů s výplňovou dřevinou vykazují největší množství opadu kultury topolů s výplňovou dřevinou olší lepkavou ve stáří okolo 10 let. Pak opad postupně klesá v důsledku potlačení výplňové dřeviny. Zakládané topolové kultury s výplňovou dřevinou vykazují od prvopočátku vysokou vitalitu růstu., proto nevyžadují ošetření okopáním či ožínáním. Netrpí okusem - ochrana se neprovádí.

9.4 Požadavky na sadbový materiál a dobu zalesňování

Všechna dosavadní šetření prokázala vhodnost provádět zalesnění ihned po ukončení nezbytných terénních úprav (planýrování, svahování), tj. v období, kdy jsou recentní útvary prosté jakýchkoliv plevelů. Nejvhodnějším obdobím je jaro po roce., kdy byly provedeny

terénní úpravy. Toto období doporučujeme proto, že vlivem zimních mrazů je zemina částečně nebo dostatečně nakypřená.

Je-li zalesnění prováděno v tomto období, lze s úspěchem použít sadbový materiál stejné kvality jako při zalesňování rostlých lesních půd.

9.5 Vymezení způsobů zakládání a volby vhodných směsí dřevin pro antropogenní stanoviště

Jakýkoliv způsob založení kultury musí na všech antropogenních půdních substrátech přednostně sledovat co nejrychlejší tvorbu půdy i kvalitu zakládaného porostu. Základním biologicko melioračním opatřením tedy zůstává tvorba půdy pod pěstovanými lesními porosty. Konkrétní podmínky antropogenních půdních substrátů v podmínkách ČR složených z různých geologicko-petrografických materiálů umožňují v podstatě tyto způsoby zakládání lesních kultur:

1. lesní kultury nesmíšené přípravné
 - a) krátkodobé
 - b) dlouhodobé
2. lesní kultury smíšené
 - a) listnaté
 - b) listnato jehličnaté
3. lesní kultury jehličnaté - monokultury

Lesní porosty nesmíšené přípravné jsou zásadně zakládány na výsypkových stanovištích vykazujících nevhodné pedofyzikální a hydropedologické vlastnosti. Tyto typy porostů (přípravných) jsou většinou zakládány olší lepkavou a olší šedou. Jejich rozdělení na krátkodobé - do 10 let, nebo dlouhodobé - starší věkové třídy byly provedeny jednak na základě doby jejich melioračně rekultivačního působení, jednak podle způsobu jejich přeměny. Podle toho pak rozeznáváme přeměny krátkodobé nebo dlouhodobé. Největší rozpracovanost i tradici má způsob zakládání přípravných porostů krátkodobých i dlouhodobých právě v oblasti Sokolovska.

Rekultivační zaměření v problematice pěstování přípravných porostů na antropogenních půdách umožňuje v zásadě dva způsoby jejich zakládání:

1. Zakládání přípravných porostů celoplošně - cílem tohoto způsobu je celoplošná biologická příprava antropogenních půdních substrátů vykazujících především nevhodné fyzikální a hydropedologické vlastnosti.
2. Zakládání přípravných porostů ve skupinách různých geometrických tvarů a velikostí - u tohoto způsobu je sledována pomístní biologická příprava nevhodných zemín rozličných druhů a typů.

Na základě dlouhodobých sledování bylo jednoznačně prokázáno, že u obou způsobů založení je plně postačující volit spon 1 x 1 m, tj. 10 000 sazenic na 1 ha. U obou způsobů se nejlépe osvědčil sadbový materiál 2 - 3 letý, školovaný, prostokořenný. Statistickým vyhodnocením ujímavosti sazenic použitých v obou případech zakládání byl stanoven maximální úhyn do 10 %, při zachování kvality sazenic a kvalitně provedené výsadby.

V důsledku malého úhynu neprovádí se vylepšování. Vitalita vzrůstu u obou druhů olší (lepkavá, šedá) je vysoká, proto se sazenice neošetřují.

Základním předpokladem pro realizaci přeměn přípravných porostů na všech antropogenních stanovištích byl stupeň biologické aktivace půdních substrátů pod těmito porosty (zvýšení obsahu organické půdní složky, zvýšení fyziologické hloubky profilů vyjádřené bohatým kořenovým systémem) a v neposlední řadě zlepšení příznivého mikroklimatu pro obnovu cílových (ušlechtilých) listnáčů. Bylo zjištěno, že odlišný geologicko-mineralogický původ zkoumaných antropogenních půd pod přípravnými porosty olše lepkavé i olše šedé podmiňuje i rozdílný interval biologického oživení. Na takovýchto stanovištích s přeměnou mladých přípravných porostů lze začít již v době jejich zapojení, tj. mezi 6 a 8 rokem po jejich založení (výsypka Velký Ríesl, Dukla).

Redukci mladých přípravných porostů lze realizovat v rozpětí 30, 40 a 50 %. Stupeň redukce přípravného porostu za účelem obnovy ušlechtilých dřevin (javor klen, javor mléč (obr. č. 15), lípa srdčitá, jasan ztepilý, dub letní, dub zimní, habr obecný a pod.) většinou podsazováním, je důležitým biotechnickým opatřením, podmiňujícím další vývoj půdotvorného procesu, pařezovou výmladnost a vzrůst obnovovaných ušlechtilých dřevin. Na základě celé řady šetření (VÚMOP Praha) bylo prokázáno, že optimální podmínky pro obnovu ušlechtilých dřevin při přeměně krátkodobých přípravných porostů poskytuje redukce přípravného porostu na 50 %. Další redukci přípravné dřeviny zásadně řídit podle vitality vzrůstu dřevin obnovovaných podsadbou a jejich nároku na světlo. Pro přeměnu přípravných porostů krátkodobých lze s úspěchem použít i obnovu jehličnanů podsadbou např. modřín

opadavý, borovice lesní, borovice Murrayova, borovice pokroucená, borovice černá, smrk pichlavý, smrk omorica, douglaska tisolistá (obr. č. 16) a další.

Jednorázová celoplošná přeměna mladých přípravných porostů je z praktických pěstebních důvodů nevhodná, poněvadž oba druhy olše na antropogenních stanovištích vykazují velmi vysokou výmladnost, což znamená opakovaná likvidace olšových výmladků.

Přeměnu dlouhodobých přípravných porostů je možno provést tradičními obnovnými způsoby - sečí - kotlíkovou, pruhovou, klínovou, clonou, případně kombinovanou. Při přeměně jsou použity stejné druhy dřevin ušlechtilých jako u porostů krátkodobých. Vzrůst ve všech volených kombinacích je většinou velmi dobrý proto nelze žádný z doporučených obnovných prvků považovat za univerzální.

Z a k l á d á n í p o r o s t ů s m í š e n ý c h l i s t n a t ý c h patří k jednomu z nejstarších způsobů zakládání lesních porostů na antropogenních půdních substrátech. Přestože tento způsob zakládání má dlouhodobou tradici, není jeho rozpracovanost na takové úrovni, aby mohla v současné době poskytnout pro realizaci velkoplošné rekultivace jednoznačný metodický postup. Velké nedostatky se projevují zejména v otázce provenience ve volbě míšení jednotlivých druhů, vesměs s rozdílnou vitalitou růstu. Ukázalo se, že základním předpokladem úspěšné realizace tohoto způsobu je dokonalé poznání prosperity jednotlivých listnáčů na antropogenních půdních substrátech. Z teoretických a praktických důvodů byly založeny porosty takto:

1. v první variantě byly otestovány různé druhy listnáčů pěstovaných v monokulturách
2. ve druhé variantě byly porosty založeny kombinovaným způsobem, tj. různým míšením dřevin použitých ve variantě první.

V obou případech se pracovalo s těmito dřevinami:

javor klen	buk lesní
javor mléč	habr obecný
jasan ztepilý	olše lepkavá
lípa srdčitá	olše šedá
dub letní	jilm habrolistý
dub zimní	jilm polní
jilm horský	dub červený

V některých kombinacích míšení byly v malém měřítku rovněž použity keře (hlošina širokolistá, ptačí zob, netvařec křovitý, čimišník). Podle způsobu založení lze testované dřeviny ve druhé variantě hodnotit jako provozně významné, neboť postihují celou řadu

pěstebních možností, které jsou pro rekultivační praxi nezbytné. Při ověřování vhodné volby směsí byly veškeré pokusné, poloprovozní a provozní plochy dnes pod LS Kraslice zakládány systémem:

- jednotlivě smíšeným (javor - jasan, jilm - jasan, javor - olše, olše - jasan, olše - jilm, dub - habr, atd.)
- ve skupinách různých velikostí a geometrických tvarů .

Lesní kultury jednotlivě smíšené jsou vesměs zakládány v řadách ze dvou i více druhů. Na základě dlouhodobých šetření bylo zjištěno, že je možno použít oba uvedené hlavní způsoby míšení, avšak za těchto předpokladů:

1. Způsob založení lesních kultur jednotlivě smíšených bez výjimky na všech antropogenních půdních substrátech bezpodmínečně vyžaduje, aby volené kombinace dřevin vykazovaly přibližně stejnou vitalitu růstu. Z ověřovaných kombinací se nejlépe osvědčily: olše lepkavá - javor klen, olše lepkavá - javor mléč, olše šedá - javor mléč, olše lepkavá - jasan ztepilý, olše šedá - jasan ztepilý, olše šedá - jilm horský, jilm horský - javor klen, jilm horský - javor mléč, habr obecný - dub zimní, habr obecný - dub letní, habr obecný - lípa srdčitá, dub zimní - lípa srdčitá, dub zimní - dub letní atd. Z provozních i pěstebních hledisek je nejvhodnější používat míšení pouze ze dvou druhů dřevin (viz výše uvedené kombinace). Dříve založené porosty systémem jednotlivě smíšeným z více druhů dřevin (olše - javor - jasan, olše - javor - jilm a pod.) jsou z pěstebních hledisek v pozdějších letech velmi náročné. Při zakládání lesních kultur způsobem jednotlivě smíšeným zejména v oblasti Mostecká a Ostravsko-karvinska byly použity rovněž keře (hlošina, netvařec, ptačí zob, pamelník, tavolník a j.). Takto založené porosty v letech 1960 - 70 jsou vesměs nekvalitní - mezernaté. Z toho důvodu nedoporučuje se v žádné ze zvolených kombinací aplikace keřů. Pro úplnost ještě je třeba dodat, že volené kombinace se týkají pouze obnovy jmenovaných dřevin na zcela holých výsypkových, odvalových a odkalištních stanovištích. Např. je nelze použít v dané formě při přeměnách přípravných porostů. Je-li antropogenní půdní substrát dostatečně biologicky aktivizován, mění se vitalita růstu u výše volených směsí. Jako příklad uveďme obnovu javoru kleny, javoru mléče a jasanu ztepilého clonnou sečí. Během jednoho decénia oba druhy javoru zcela potlačí jasan.

2. Mnohem větší prostor skýtá způsob zakládání porostů ve skupinách. Velikost a geometrický tvar skupin je v zásadě podmíněn počáteční potenciální úrovností

antropogenních půdních substrátů. Na základě celé řady šetření lze zobecnit, že se zvyšující se trofností antropogenní půdy se může zvyšovat i velikost jednotlivých skupin.

Další výhodou skupinového míšení je, že umožňuje výběr mnohem širšího sortimentu dřevin i s rozdílnou přirůstavostí, což není možné aplikovat při zakládání porostů systémem jednotlivě smíšeným.

3. Při skupinovém zakládání lesních porostů na antropogenních substrátech lze s úspěchem použít všechny dřeviny (viz tabulka č. 1) zařazené do dřevin velmi vhodných, vhodných i málo vhodných pro tato nelesní stanoviště. Samotný princip zakládání porostů smíšených listnatých poskytuje širokou škálu pěstebních možností, takže není možné v předložené koncepci všechny podrobně analyzovat. Ať již při zakládání porostů jednotlivě smíšených, nebo ve skupinách, je nutné od prvopočátku vylepšovat plochy a předcházet zabuření ploch a vzniku redukovaného zápoje.

4. Zakládání smíšených porostů jen z ušlechtilých dřevin, tedy bez přítomnosti přípravných dřevin, doporučujeme pouze na antropogenních půdních substrátech vykazujících v primární podobě vhodnou půdní fyziku, chemii a hydropedologii. Nejlepší sadbový materiál pro oba tyto způsoby zakládání porostů je dvou - až tříletý, prostokořenný, školokovaný. Dané půdní a mikroklimatické podmínky v jednotlivých oblastech postižených báňskou a průmyslovou činností předurčují rozsah uplatnění volených kombinací i způsobů zakládání.

Volba vhodných směsí při zakládání porostů smíšených listnato-jehličnatých je problémem mnohem složitějším, než volba vhodných směsí u dřevin listnatých. Při výběru druhů jehličnatých dřevin na plochách experimentálních i provozních, bylo nutno vzít v úvahu, kromě kritérií použitých u listnáčů, zejména jejich rezistenci (plasticitu) vůči průmyslovým emisím.

Rezistence porostů založených na antropogenních půdních substrátech je podmíněna soustavou opatření omezujících jak celkový pevný úlet, tak i oxid siřičitý. Současné naše odhady bohužel vycházejí jen z dlouhodobé prognózy vývoje spotřeby palivo energetických zdrojů (obsahu síry v uhelné hmotě, odsiřovacích zařízeních).

Nejvýznamnějším škodlivým elementem je nepochybně oxid siřičitý. Stacionární zjištění zhoubných koncentrací oxidu siřičitého působící na dřeviny listnaté, nebo zejména na jehličnaté, je na základě současných technických vymožeností velmi obtížné, a to z těchto důvodů:

- a) Citlivost na půsovení imisí je podle našeho názoru pojem neurčitý, pokud se neupřesní povaha poškození, popř. kritérium hodnocení a další omezující průvodní okolnosti. Velmi často se stává, že dřeviny vytříděné do skupin podle citlivosti na základě různých kritérií se nezřídka najdou v různých třídách.
- b) Eliminace ostatních škodlivých látek doprovázejících oxid siřičitý (fluór, prach, oxidy dusíku a pod.) je v současné době technicky neproveditelná.
- c) Rovněž s eliminací faktorů klimatických, mikroklimatických (vlhkost vzduchu, intenzita atmosférických srážek, mráz, sluneční svit) nelze vůbec počítat.
- d) Nemale potíže působí i stanovení hladiny imisí v jednotlivých měsících či ročních periodách.
- e) Některá laboratorní zjištění zkoumala koncentraci oxidu siřičitého vesměs na mladém materiálu, což nelze transformovat na často se měnící stanovištní podmínky u antropogenních půd.
- f) Hodnocení míry poškození jednotlivých dřevin a jejich porostů na základě odpozorovatelných makroskopických, morfologických a barevných změn asimilačních orgánů považujeme za kritérium velmi orientační.
- g) Současný zdravotní stav lesních porostů na všech druzích a typech antropogenních půd je uspokojivý, nebo velmi uspokojivý, ovlivněný trofností minerálně silných antropogenních půd vyjádřených především příznivou aciditou a sorpčními vlastnostmi.

Výše citované skutečnosti uvádíme proto, abychom lépe pochopili obtížnost výběru jehličnatých dřevin pro zalesňování antropogenních půdních substrátů.

Vydeme-li z toho, že základním rekultivačním opatřením jsou otázky především půdotvorné, pak je nasnadě i odpověď na zastoupení jehličnatých dřevin v lesních porostech na antropogenních stanovištích. Všechny odzkoušené způsoby míšení (29) při zakládání porostů smíšených listnato-jehličnatých jsou na základě našich výzkumů reálné za předpokladu zachování trendu převahy listnatých dřevin nad dřevinami jehličnatými. Respektující půdotvorná hlediska předurčují maximální zastoupení jehličnanů v porostech na antropogenních stanovištích v rozpětí 20 - 40 %. Pro pěstování jehličnatých dřevin na antropogenních stanovištích systémem jednotlivě smíšeným je záhodno, aby listnatá dřevina vykazovala přibližně stejnou vitalitu růstu jako dřevina jehličnatá, nebo menší. Z celé řady ověřovacích listnáčů pro zakládání smíšených kultur listnato-jehličnatých se jako univerzální dřeviny projeví: lípa srdčitá, habr obecný, dub letní a dub zimní.

Při zakládání smíšených porostů listnato-jehličnatých skupinovým systémem lze použít téměř všechny listnáče vhodné pro dané antropogenní půdní substráty.

Z ověřovaných jehličnatých dřevin (celkem 22 druhů) se jako perspektivní projevují zejména tyto:

borovice lesní	modřín opadavý
borovice blatka	douglaska tisolistá
vejmutovka	smrk ztepilý
borovice Murrayova	smrk omorica
borovice pokroucená	smrk pichlavý
borovice žlutá	borovice černá
jedle conkolorka	jedle obrovská

Pedogeneze antropogenních půd vyžaduje, aby skupiny jehličnatých dřevin byly malé a často střídané na jednotku plochy.

9.6 Růst a vývoj dubu, smrku a modřínu na výsypkách

Pro analýzu růstu a vývoje lesních dřevin na výsypkových stanovištích byly jako modelové dřeviny vybrány smrk, dub a modřín. Dendrologická charakteristika na výsypkových stanovištích je posuzována podle stáří založených výsadeb. V naší analýze jsou uvedeny dvě výsypky, a to výsypka Vilém, která byla zalesněná v roce 1934 celoplošně modřínem (jesenický původ) a později částečně smrkem ztepilým. Tyto porosty patří k nejstarším porostům na rekultivovaných výsypkách v ČR. Výsypka Riesel (o rozloze 24 ha) byla vybrána pro výzkum lesnické rekultivace v roce 1961. Na této výsypce byly provedeny výsadby 18 druhů dřevin hlavně listnatých.

Analýza se týká hodnocení obnovy a růstu dubu letního a zimního v mezi pásech olše. Kultura byla založená ve sponu 2 x 2 m. Šířka obnovních pásů 5 m, 10 m, 15 m. Hodnocení se týká jak dubu letního, tak i dubu zimního (výsadby byly s převahou dubu zimního).

Na výsypce Vilém je hodnocen růst modřínu opadavého (věk 73 let, vysázen ve sponu 2 x 3 m) a smrku ztepilého (věk 50 let, vysázen ve sponu 2 x 2 m). Jak na výsypce Vilém tak na výsypce Velký Riesel nebyly provedeny žádné výchovné zásahy po celou dobu vývoje.

Metodika růstových analýz

Analýza růstu dubů byla provedena na základě měření a výpočtu základních dendrometrických charakteristik stromů v řadové výsadbě (výška, výčetní tloušťka, výčetní základna a objem u 37 jedinců dubu letního, 25 dubu zimního). Měření proběhla v roce 2006. Růst smrku a modřínu byl posouzen na základě letokruhové analýzy z odebraných kotoučů (ve výčetní výšce) ze vzorníků reprezentujících střední strom uvedených dřevin. Předmětem hodnocení byly dva kotouče modřínu a jeden kotouč smrku odříznuté ve výčetní výšce 1,3 m nad zemí. Tyto kotouče byly sbroušeny a následně byl obraz jejich řezných ploch zdigitalizován.

Tloušťkový růst těchto vzorníků byl hodnocen ve čtyřech na sebe kolmých směrech pomocí speciálního softwaru Letokruhy vyvinutého pro tyto účely Ing. Danielem Zahradníkem z katedry Hospodářské úpravy lesů FLD ČZU v Praze. Průběh tloušťkového růstu vzorníků byl vyrovnán Korfovou růstovou funkcí (Korf 1972) ve tvaru:

$$y = A \cdot e^{\frac{k}{(1-n)t^{n-1}}} = A \cdot e^{\phi(t)}$$

Běžný tloušťkový přírůst byl podle této růstové funkce odvozen jako její první derivace ve tvaru:

$$f'(t) = A \cdot e^{\frac{k}{(1-n)t^{n-1}}} \cdot \frac{k}{t^n}$$

Průměrný tloušťkový přírůst je vyjádřen podílem růstové funkce a času, tedy:

$$\eta = \frac{f(t)}{t}$$

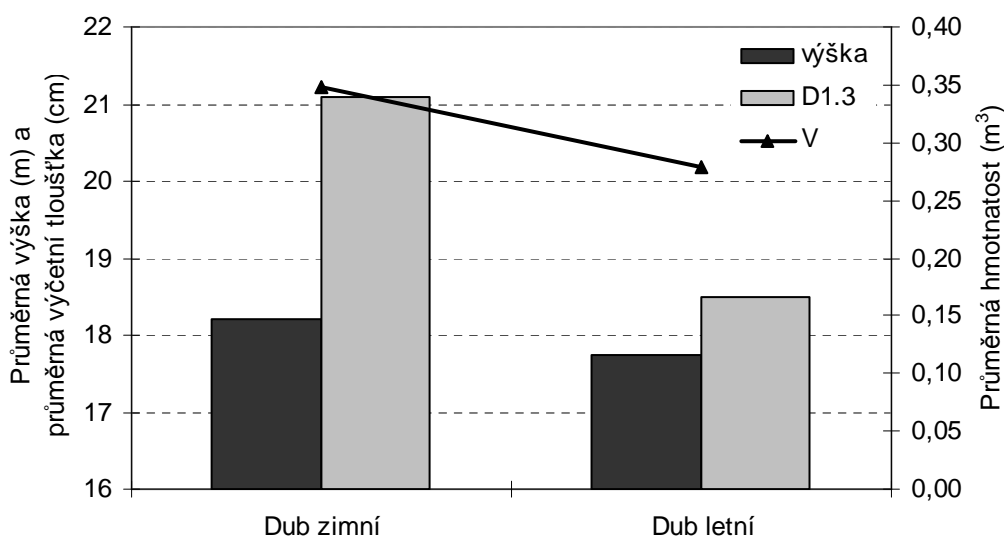
Výsledky a diskuze

Růst dubu

Růst dubu na výsypce Velký Ríesl je charakterizován dosaženými průměrnými hodnotami měřených dendrometrických veličin (obr. 1). Z výsledků je zřejmé, že o něco příznivější podmínky pro růst zde má dub zimní. Za 43 let růstu dosáhl průměrnou výčetní tloušťku 21,1 cm a průměrnou výšku 18,2 m, což znamená průměrnou hmotnatost 0,35 m³. Průměrný roční tloušťkový přírůst středního stromu za celé období života je tedy 4,9 mm, průměrný výškový přírůst je 42,3 cm a průměrný roční objemový přírůst je 0,008 m³. Průměrná výška řadí tento

porost do druhé bonity (AVB 28). Naproti tomu růst dubu letního je o něco pomalejší. To je doloženo dosaženou průměrnou výčetní tloušťkou 18,5 cm, průměrnou výškou 17,7 m a průměrnou hmotností 0,28 m³. O něco nižší než v případě dubu zimního jsou i vypočtené průměrné roční přírůsty základních veličin – 4,3 mm u výčetní tloušťky, 41,2 cm u výšky a 0,0065 m³ u objemu. Průměrná výška řadí dub zimní do třetí bonity (AVB 26).

Při porovnání výšky a výčetní tloušťky je zřejmé, že na rozdíl od růstových tabulek (Černý et al. 1996), které vyjadřují růst plně zkameněných porostů, zde dub intenzivněji rostl do tloušťky než do výšky. Tento jev byl pravděpodobněji způsoben větším sponem při výsadbě a tudíž větším individuálním růstovým prostorem pro každý strom od počátku vývoje porostu. Ten se logicky projevil větším objemem a plochou fotosynteticky aktivního asimilačního aparátu. Zvýšení tloušťkového přírůstu jako efekt uvolnění korunového prostoru dřevin bylo mnohokrát prokázáno a je možné je považovat za obecně platnou závislost (Chroust 1997).



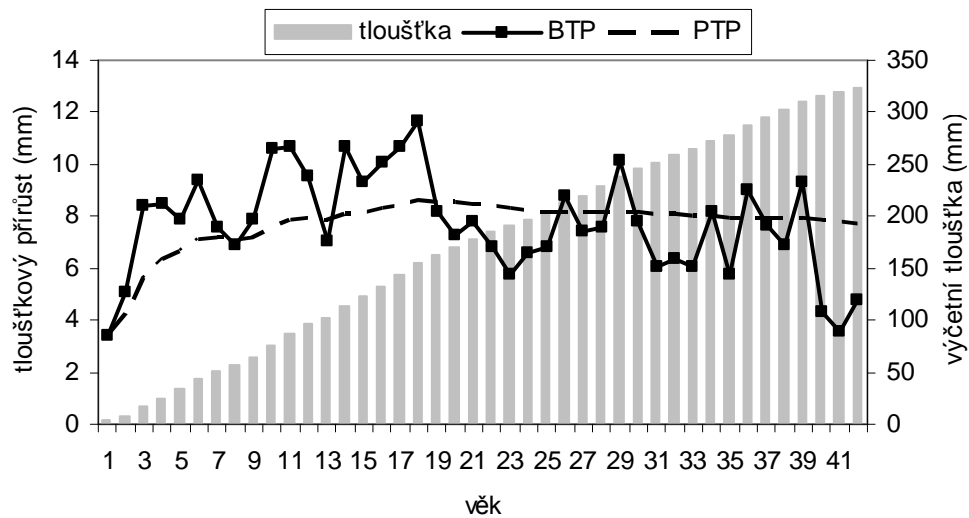
Obr. 1: Základní průměrné dendrometrické charakteristiky hodnoceného dubu zimního a letního.

Analýza vzorníku smrku ztepilého

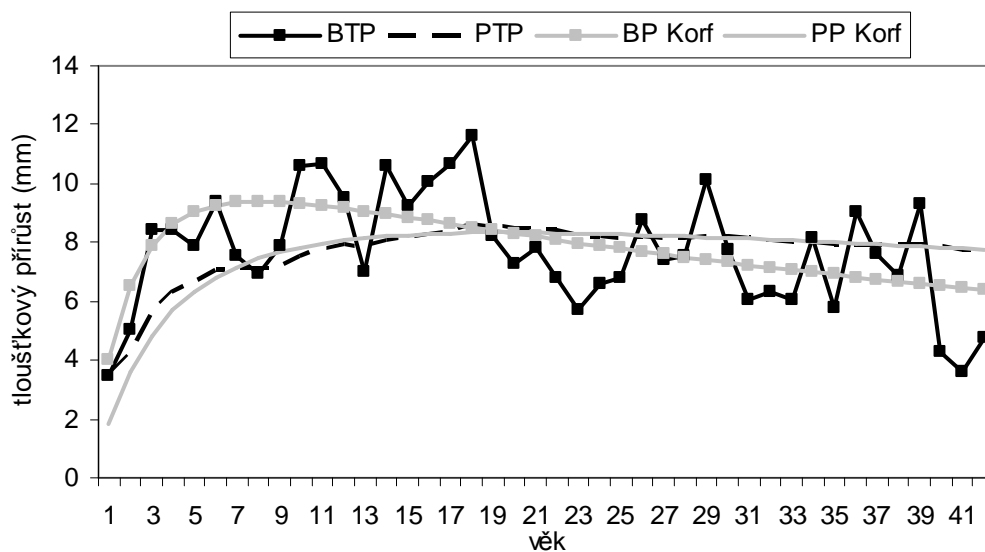
Na tomto vzorníku bylo determinováno celkem 42 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je proto odhadováno na přibližně 50 let.

Průběh tloušťkového růstu je znázorněn na obrázcích 2-3. Tento růst je poměrně rovnoměrný, s výraznějším průběhem v prvních třiceti letech věku a s poměrně pozvolným poklesem. To je mimo jiné doloženo také dobou kulminace obou přírůstů. Běžný přírůst, tj. aktuální rychlost růstu, kulminoval již ve 20 letech věku stromu, průměrný roční tloušťkový přírůst dosáhl svého maxima až v 41 letech. Hodnoty ročních tloušťkových přírůstů je možné označit jako

velmi vysoké, dokládající velmi dobré růstové podmínky tohoto stromu. To je také potvrzeno dosaženou výčetní tloušťkou 32,4 cm bez kůry ve věku pouhých padesáti let.



Obr. 2: Průběh vývoje výčetní tloušťky a tloušťkového přírůstu vzorníku smrku na rekultivaci výsypky Vilém.



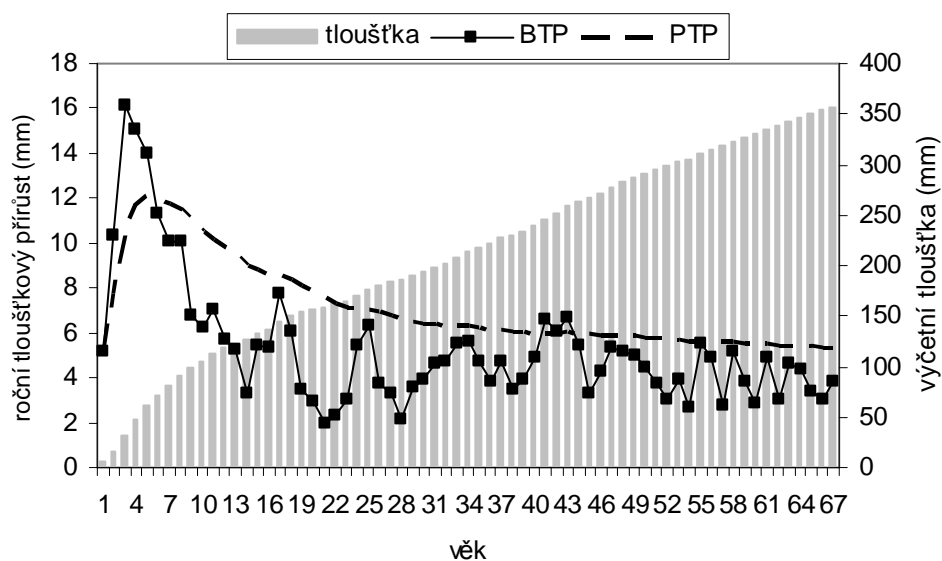
Obr. 3: Běžný a průměrný tloušťkový přírůst vzorníku smrku vyrovnaný Korfovou růstovou funkcí.

Analýza modřín opadavého

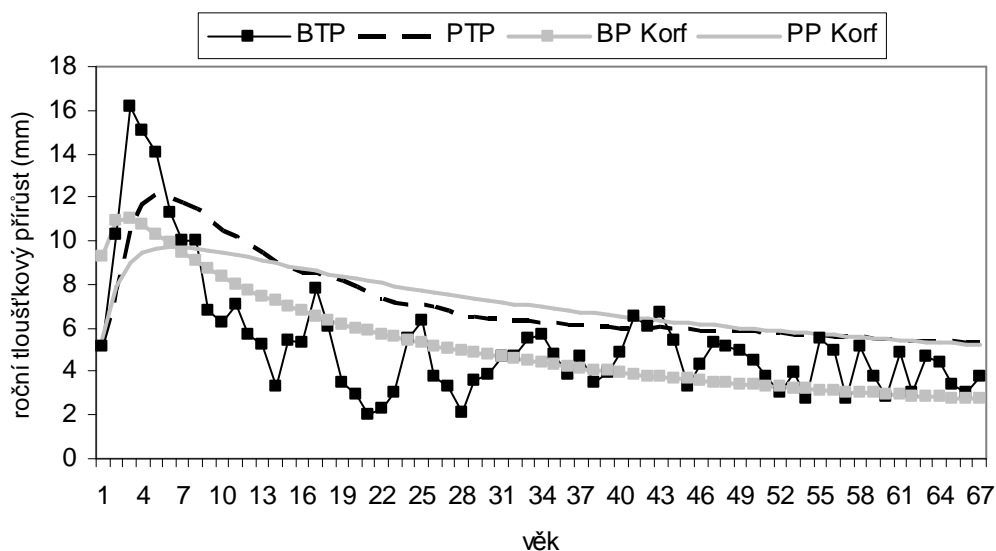
Vzorník I.

Na tomto vzorníku bylo determinováno celkem 67 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je podle doby založení výsadby 73 let.

Průběh tloušťkového růstu je znázorněn na obrázcích 4-5. Tento růst byl v mládí velmi dynamický, s rychlým dosažením maximálních hodnot běžného tloušťkového přírůstu (10 let). Poté následoval poměrně prudký pokles tloušťkového přírůstu což se také projevilo tím, že průměrný tloušťkový přírůst kulminoval již ve věku 23 let. Růstové podmínky tohoto vzorníku lze označit jako průměrné, celkově tento vzorník dosáhl ve věku 74 let výčetní tloušťky 35,7 cm bez kůry.



Obr. 4: Průběh vývoje výčetní tloušťky a tloušťkového přírůstu vzorníku I. modřínu na rekultivaci výsypky Vilém.

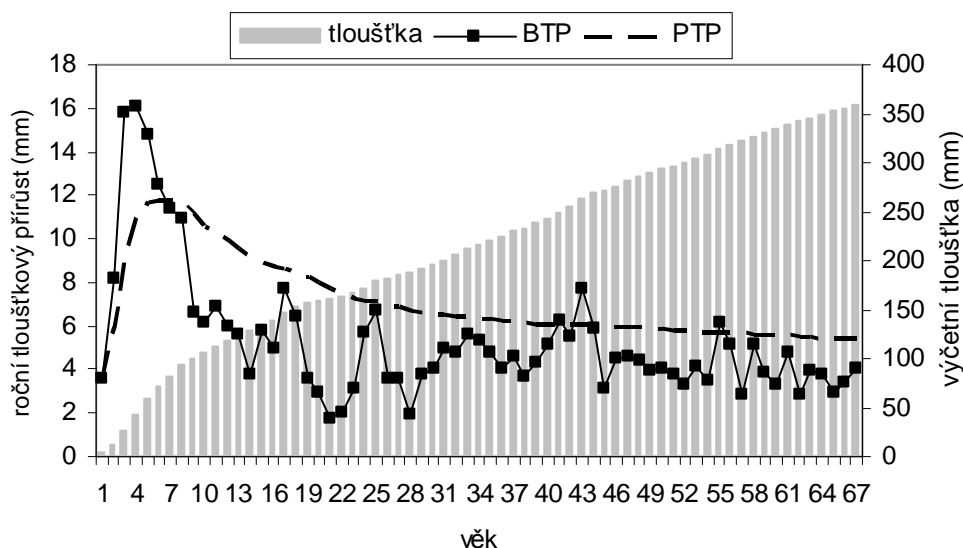


Obr. 5: Běžný a průměrný tloušťkový přírůst vzorníku I. modřínu vyrovnaný Korfovou růstovou funkcí.

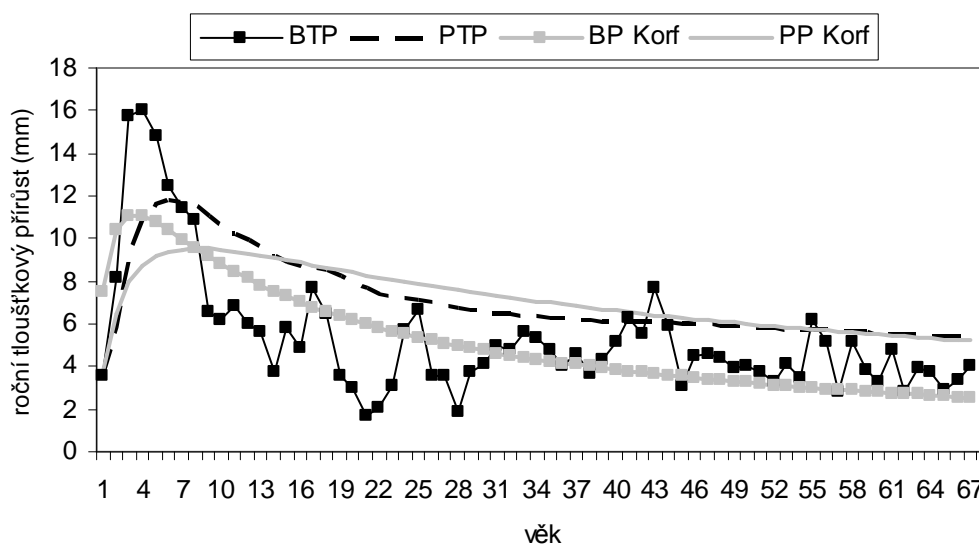
Vzorník II.

Na tomto vzorníku bylo determinováno také celkem 67 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je podle údajů doby založení porostu 73 let.

Průběh tloušťkového růstu je znázorněn na obrázcích 6-7. O jeho průběhu platí vše, co bylo uvedeno pro vzorník 2. Tloušťkový růst byl v mládí velmi dynamický, s rychlým dosažením maximálních hodnot běžného tloušťkového přírůstu (10 let). Poté následoval poměrně prudký pokles tloušťkového přírůstu což se také projevilo tím, že průměrný tloušťkový přírůst kulminoval již ve věku 25 let. Růstové podmínky tohoto vzorníku lze označit jako průměrné, celkově tento vzorník dosáhl ve věku 74 let výčetní tloušťky 36,0 cm bez kůry.



Obr. 6: Průběh vývoje výčetní tloušťky a tloušťkového přírůstu vzorníku II. modřinu na rekultivaci výsypky Vilém.



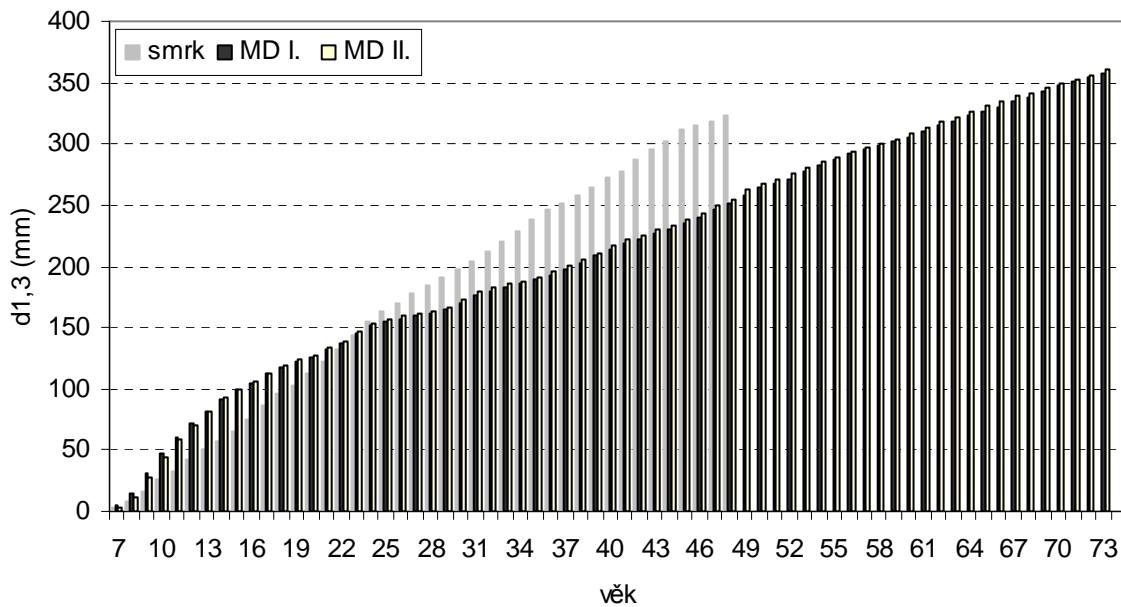
Obr. 7: Běžný a průměrný tloušťkový přírůst vzorníku II. modřinu vyrovnaný Korfovou růstovou funkcí.

Vzájemné srovnání všech vzorníků

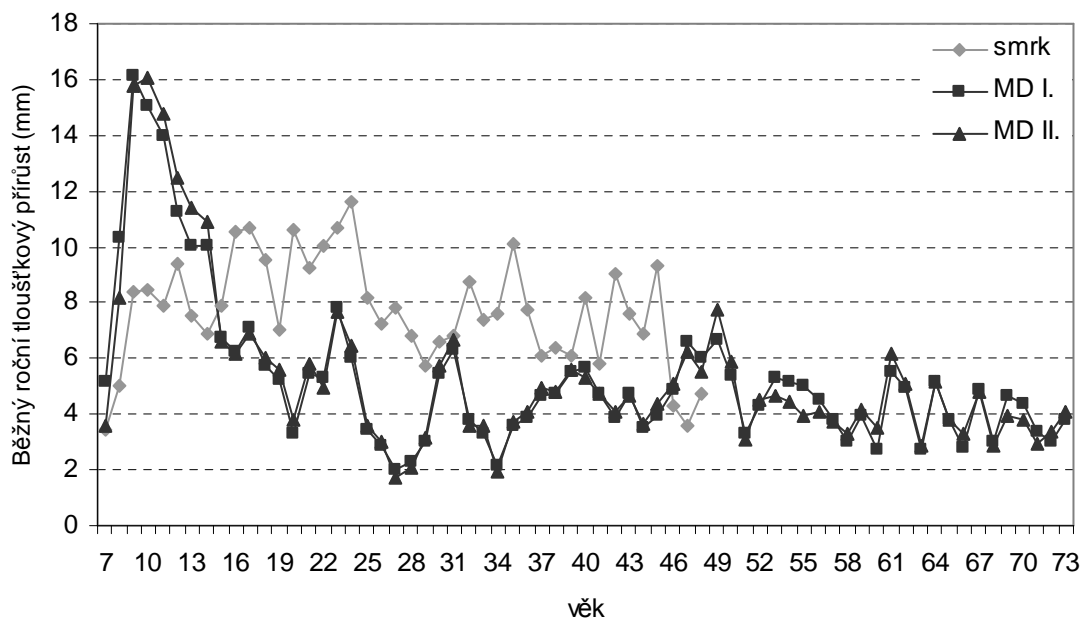
Pokud provedeme srovnání všech tří vzorníků je zcela evidentní rozdílný rytmus růstu dvou analyzovaných dřevin (obr. 8-9). Modřín, jakožto slunná dřevina s pionýrským charakterem růstu, vykazoval velmi vysoký tloušťkový přírůst v časném mládí, s velmi brzkou kulminací jak běžného, tak i průměrného přírůstu. Poté ovšem následoval poměrně rychlý a rapidní pokles tloušťkového růstu.

Naproti tomu smrk rostl v mládí o poznání pomaleji, maximálních hodnot obou přírůstů dosáhl výrazně později než modřín, zato však následoval jen velmi pozvolný pokles

přírůstové aktivity. Ve věku těžby vzorníku dosáhl smrk výrazně vyšší výčetní tloušťky (32,4 cm), než ve stejném věku dosáhl modřín (25,5; resp. 25,2 cm).



Obr. 8: Porovnání výčetní tloušťky jednotlivých vzorníků dosažená ve stejném věku.



Obr. 9: Letokruhové křivky analyzovaných vzorníků synchronizované podle věku

Provedené růstové analýzy potvrzují značný produkční potenciál hodnocených stanovišť (odpovídající např. u dubů druhé a třetí bonitě). Při srovnání tloušťkového růstu smrku a modřínu byly zjištěny významné odlišnosti. Modřín vykazoval výrazně pionýrský charakter růstu s rychlým nástupem, časnou kulminací a s relativně rychlým poklesem

přírůstu. Smrk si naproti tomu po pozvolnějším nástupu tloušťkového růstu udržuje po delší období výraznou přírůstovou dynamiku a dosáhl ve stejném věku výrazně vyšší výčetní tloušťky.

Ukazuje se, že při správně provedené lesnické rekultivaci je možné v poměrně krátké době na těchto stanovištích obnovit lesní porosty listnaté nebo jehličnaté, které jsou schopné plnit jak produkční, tak i ostatní požadované funkce.

9.7 Otázky pěstebních zásahů a výchovy lesních porostů

Vesměs na všech antropogenních stanovištích patří otázky pěstebních zásahů a výchovy lesních porostů založených výše uvedenými způsoby v současné době k nejmladším článkům rekultivační problematiky.

Optimální využití všech progresivních způsobů výchovy lesních porostů na antropogenních stanovištích je v současné době v etapě rozpracovanosti. Na základě dosažených výsledků lze velmi přesně stanovit vhodnost toho či onoho způsobu zakládání lesních porostů pro realizaci výchovných zásahů, avšak lze nesnadno provést výchovné zásahy v porostech nevhodně založených. Proto uskutečnění našich snah v otázkách diferenciací pěstebních zásahů a výchovy porostů v některých případech naráží na nepříznivou, nevyváženou porostní skladbu.

V dalším období řešení rekultivační lesnické problematiky považujeme racionalizační pěstebně výchovné zásahy bez rozdílu na všech antropogenních stanovištích za klíčový problém.

Zakládání a výchova smíšených porostů v hloučcích nebo skupinách je na základě dosažených výsledků nejvhodnější. Jeho přednosti se projevují především v těchto pěstebních ukazatelích:

- a) odpadávají práce spojené s uvolňováním jehličnanů od zástinu listnáči po dobu jednoho decénia
- b) skupiny listnatých dřevin vytvářejí velmi dobrou okrajovou ochranu, zlepšují vlhkostní a mikroklimatické podmínky
- c) skupiny jehličnanů (borovice, modřín, smrk, douglaska) s okrajovou ochranou listnáčů mají rovnoměrný přírůst.

10. Ekonomika rekultivačních prací

Při ekonomickém zhodnocení různých způsobů zakládání lesních kultur v rekultivační praxi jsem použil stanovení průměrných nákladů na 1 ha rekultivované plochy podle průměrných cen materiálu a stavebních prací. Pro stanovení ekonomicky nejvýhodnějších způsobů zalesnění výsypkových ploch byl použit ceník sazenic, který byl zpracován v roce 1997 a postihuje veškeré náklady spojené s výrobou sazenic, tzn. kalkulační ceny. Dále byl pro uvedený výpočet použit v současné době platný rekultivační ceník č. 823-2, vydaný jako katalog popisů a směrných cen stavebních prací Ústavem racionalizace ve stavebnictví v roce 1997. Na základě stanovení průměrných sazeb pro nejobvyklejší a nejvíce se vyskytující půdní podmínky (v tomto případě stupeň zabuřnění a stupeň rozpojitelnosti zeminy) byly zjištěny průměrné náklady lesotechnických prací při zajišťování výsadeb. Propočet nákladů neuvažuje fakturační přírážky, používané pro zařizování stavenišť, zohlednění územních vlivů, velikost rozsahu prací v terénu apod., neboť tyto úpravy cen stanovují pevné koeficienty a používají se ve velké míře paušálně.

Z hlediska nejvíce používaného sponu při výsadbě je uváděn spon 1 x 1 m, vylepšování kultur u listnatých dřevin podle dlouhodobých zkušeností je v 2. roce rekultivačního cyklu 10%, u jehličnatých dřevin z důvodu relativního většího úhynu ve 2. roce 20 % a ve 3. roce 10 %.

V předkládaných výpočtech je však začleněna i prořezávka (přesněji čistka) porostů výběrem dřevin z důvodů krátkodobých přeměn přípravných porostů nebo uvolněním cílových dřevin ve vzájemné vazbě.

Ošetřování a ochrana sazenic proti škodám způsobených zvěří je uvažována rovněž pouze nepoužívanějším způsobem, a to nátěrem nebo postřikem při použití repelentů.

Pro porovnání způsobů zakládání porostů z pohledu ekonomiky rekultivačních prací jsme volili tyto varianty:

- 1) Zakládání porostů nesmíšenými přípravnými dřevinami
- 2) Zakládání nesmíšených porostů z cílových listnáčů
- 3) Zakládání jehličnatých porostů
- 4) Zakládání smíšených listnatých porostů
- 5) Zakládání listnato-jehličnatých smíšených porostů

1) Zakládání porostů nesmíšenými přípravnými dřevinami

1. rok

Specifikace

Přípravná dřevina (olše) 1 ks/7,00 Kč	10 000 ks	70 000,--
Kč		
Ztratné sazenic prostokořenných	5 %	3 500,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,-- Kč	1 t	735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35 x 0,35 m v půdě nezabuřenělé, zemina 3	1 ks/4,70 Kč	10 000 ks	47 000,-- Kč
--	--------------	-----------	--------------

6. rok

Specifikace

Cílová dřevina 1 ks/10,0 Kč	5 000 ks	50 000,--
Kč		
(např. javor, jasan, jilm, lípa)		
Ztratné sazenic prostokořenných	5 %	2 500,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,- Kč	0,5 t	367,50 Kč
Repelent 1 kg/49,0 Kč	15 kg	735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35x0,35 m v půdě nezabuřenělé, zemina 3	1 ks/4,70 Kč	5 000 ks	23 500,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,50 x 0,50 m	1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem	1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč

7. rok

Specifikace

Cílová dřevina 1 ks/10,-- Kč	500 ks	5 000,-- Kč
Kč		
(např. javor, jasan, jilm, lípa)		
Ztratné sazenic prostokořenných	5 %	250,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,-- Kč	0,1 t	73,50 Kč
Repelent 1 kg/49,-- Kč	15 kg	735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m ⁺ , zabuř., zemina 3	1 ks/7,90 Kč	500 ks	3 950,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,50x0,50 m	1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem			

	1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč
8. rok			
Specifikace			
	Repellent 1 kg/49,-- Kč	15 kg	735,-- Kč
Lesotechnické práce			
	184 81-4113 - Okopání sazenic 0,50 x 0,50 m		
	1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
	184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem		
	1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč
9. rok			
	dtto jako 8. rok		29 235,-- Kč
10. rok			
Lesotechnické práce			
	184 81-7111 - Prořezávka porostů výběrem dřevin o průměru do 0,06 m s ponech. nehroubí na místě do 5 ks/m ²		
	1 ha/50 500,-- Kč	0,5 ha	25 250,-- Kč

C e l k e m **374 316,-- Kč**

2) Zakládání nesmíšených porostů z cílových listnáčů

1. rok			
Specifikace			
	Cílová dřevina 1 ks/10,- Kč	10 000 ks	100 000,-- Kč
	(např. javor, jasan, jilm, lípa)		
	Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	5 000,-- Kč
	Přesun hmot 1 t/735,- Kč	1 t	735,-- Kč
	Repellent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,-- Kč
Lesotechnické práce			
	184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35x0,35 m v půdě nezabuř., zemina 3		
	1 ks/4,70 Kč	10 000 ks	47 000,-- Kč
	184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m		
	1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,-- Kč
	184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem		
	1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,-- Kč
2. rok			
Specifikace			
	Cílová dřevina 1 ks/10,- Kč	1 000 ks	10 000,-- Kč
	(např. javor, jasan, jilm, lípa)		
	Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	500,-- Kč

Přesun hmot 1 t/735,- Kč	0,1 t	73,50 Kč
Repellent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m ⁺ , zabuř., zemina 3 1 ks/7,90 Kč	1 000 ks	900,- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,- Kč

3. rok

Specifikace

Repellent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,- Kč
------------------------	-------	------------

Lesotechnické práce

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,- Kč

4. rok

dtto jako 3. rok

58 470,- Kč

10. rok

Lesotechnické práce

184 81-7111 - Prořezávka porostů výběrem dřevin o průměru do 0,06 m s ponech. nehroubí na místě do 5 ks/m ² 1 ha/50 500,- Kč	0,5 ha	25 250,- Kč
--	--------	-------------

Celkem

430 338,50 Kč

3) Zakládání jehličnatých porostů

1. rok

Specifikace

Jehličnaté dřeviny 1 ks/14,- Kč	10 000 ks	140 000,- Kč
Ztratné sazenic prostokořenných	5 %	7 000,- Kč
Přesun hmot 1 t/735,- Kč	1 t	735,- Kč
Repellent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,- Kč

Lesotechnické práce

184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35x0,35 m v půdě nezabuř., zemina 3 1 ks/4,70 Kč	10 000 ks	47 000,- Kč
--	-----------	-------------

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,-- Kč

2. rok

Specifikace

Jehličnatá dřevina 1 ks/14,-- Kč	2 000 ks	28 000,-- Kč
Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	1 400,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,- Kč	0,2 t	147,-- Kč
Repelent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,-- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m ⁺ , zabuř., zemina 3 1 ks/7,90 Kč	2 000 ks	15 800,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,-- Kč

3. rok

Specifikace

Jehličnatá dřevina 1 ks/14,- Kč	1 000 ks	14 000,-- Kč
Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	700,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,-- Kč	0,1 t	73,50Kč
Repelent 1 kg/49,- Kč	30 kg	1 470,-- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m ⁺ , zabuř., zemina 3 1 ks/7,90 Kč	1 000 ks	7 900,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,-- Kč

4. rok

Specifikace

Repelent 1 kg/49,- Kč	30 kg	470,-- Kč
-----------------------	-------	-----------

Lesotechnické práce

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	10 000 ks	48 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	10 000 ks	9 000,-- Kč

Celkem

496 605,50 Kč

4) Zakládání smíšených listnatých porostů

1. rok

Specifikace

Smíšené listnáče 1 ks/8,50 Kč (1/2 cílových, 1/2 přípravných)	10 000 ks	85 000,-- Kč
Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	4 250,-- Kč
Přesun hmot 1 t/735,-- Kč	1 t	735,-- Kč
Repelent 1 kg/49,- Kč	15 kg	735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35x0,35 m v půdě nezabuř., zemina 3 1 ks/4,70 Kč	10 000 ks	47 000,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč

2. rok

Specifikace

Cílové listnáče 1 ks/10,- Kč	500 ks	5 000,-- Kč
Ztratiné sazenic prostokořenných	5 %	250,- Kč
Přesun hmot 1 t/735,- Kč	0,1 t	73,5 Kč
Repelent 1 kg/49,- Kč	15 kg	735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m ⁺ , zabuř., zemina 3 1 ks/7,90 Kč	500 ks	3 950,-- Kč
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč

3. rok

Specifikace

Repelent 1 kg/49,- Kč	15 kg	735,-- Kč
-----------------------	-------	-----------

Lesotechnické práce

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m 1 ks/4,80 Kč	5 000 ks	24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem 1 ks/0,90 Kč	5 000 ks	4 500,-- Kč

4. rok

dtto 3. rok		29 235,-- Kč
-------------	--	--------------

10. rok

Lesotechnické práce

184 81-7111 - Prořezávka porostů výběrem dřevin o průměru do 0,06 m s ponecháním nehroubí na místě do 5 ks/m²

1 ha/50 500,-- Kč

0,5 ha

25 250,-- Kč

Celkem

289 110,-- Kč

5) Zakládání listnato-jehličnatých smíšených porostů

1. rok

Specifikace

Cíl. list. a jehlič. + přípravné dřeviny 1 ks/10,30 Kč - Kč

10 000 ks

103 000,-

Ztratné sazenic prostokořenných

5 %

5 150,-- Kč

Přesun hmot 1 t/735,-- Kč

1 t

735,-- Kč

Repellent 1 kg/49,-- Kč

15 kg

735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 30-2211 - Výsadba sazenic lesních dřevin přes 0,25 m s vykopáním jamek o průměru 0,35x0,35 m v půdě nezabuř., zemina 3

1 ks/4,70 Kč

10 000 ks

47 000,-- Kč

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m

1 ks/4,80 Kč

5 000 ks

24 000,-- Kč

184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem

1 ks/0,90 Kč

5 000 ks

4 500,-- Kč

2. rok

Specifikace

Cílové list. a jehl. 1 ks/12,- Kč

500 ks

6 000,-- Kč

Ztratné sazenic prostokořenných

5 %

300,-- Kč

Přesun hmot 1 t/735,- Kč

0,1 t

73,50Kč

Repellent 1 kg/49,- Kč

15 kg

735,-- Kč

Lesotechnické práce

184 80-3225 - Vylepšení výsadby s vykopáním jamek, sazenice 0,25 m⁺, zabuř., zemina 3

1 ks/7,90 Kč

500 ks

3 950,-- Kč

184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m

1 ks/4,80 Kč

5 000 ks

24 000,-- Kč

184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem

1 ks/0,90 Kč

5 000 ks

4 500,-- Kč

3. rok			
Specifikace			
Repellent 1 kg/49,- Kč	15 kg		735,-- Kč
Lesotechnické práce			
184 81-4113 - Okopání sazenic 0,5 x 0,5 m			
1 ks/4,80 Kč	5 000 ks		24 000,-- Kč
184 81-3111 - Ošetřování proti škodám zvěří nátěrem			
1 ks/0,90 Kč	5 000 ks		4 500,-- Kč
4. rok			
dtto 3. rok			29 235,-- Kč
10. rok			
Lesotechnické práce			
184 81-7111 - Prořezávka porostů výběrem dřevin o průměru do 0,06 m s ponecháním nehroubí na místě do 5 ks/m ²			
1 ha/50 500,-- Kč	0,5 ha		25 250,-- Kč
Celkem			308 398,50 Kč

11. Plošná výměra rekultivací na Sokolovsku

Vývoj plošné realizace jednotlivých způsobů:

rekultivace lesnické

rekultivace zemědělské

rekultivace hydrické (vodní)

rekultivace ostatní

se realizoval jak podle uvolňování ploch pro výše uvedené způsoby rekultivace, tak, a to především, pro obnovu krajiny jako celku. Pro informaci jednotlivých způsobů rekultivací v prostoru a čase uvádím v grafickém přehledu od počátku až do doby vyuhlení Sokolovské hnědouhelné pánve.

12. Závěr

Rekultivační koncepce modelu velkých územních celků v oblasti těžby uhelné sloje je nedílnou součástí provozované báňské činnosti. Velkoplošná lesnická rekultivační koncepce vyžaduje jakousi optimalizaci ve výběru taxónů dřevin a keřů, způsobů zakládání kultur včetně péče o založené kultury.

Na základě našich dlouhodobých zkušeností s přihlédnutím i na zahraniční literární zdroje informací lze zobecnit jen tyto výsledky:

- 1) Antropogenní recentní útvary (výsyvky, odvaly, složiště, odkaliště, skládky TKO) jsou většinou tvarovány podle potřeb následné rekultivace. Při topografickém výběru je dáována přednost územním celkům extenzivního charakteru, což znamená orientaci na výsyvky vnitřního typu, tj. v areálu vytěžené uhelné sloje. Zájmové antropogenní výsypkové substráty v oblasti Mostecka a Sokolovska vykazují výraznou geologickopetrografickou heterogenitu a tvoří nejmladší článek půdoznalství.
- 2) Atypické půdní prostředí (zeminy vytěžené z mnohametrové hloubky nadloží uhelné sloje) je půdně geneticky nedefinovatelné a jeho rekultivační význam (posuzování podle chemických - obsahu a migrace prvků minerální povahy - Ca, K, Mg, P; fyzikálních - struktura, textura, obsah jílové frakce; hydropedologických - vlhkostní poměry substrátu, infiltrační schopnost pro vodu v kapalně fázi, vertikální rozložení vlhkosti profilu apod.) poskytuje rozdílné možnosti pro pěstování lesních taxónů na výsypkových stanovištích.
- 3) Drtivá většina antropogenních substrátů na výsypkách Sokolovska je složena z terciérních miocénních jílů. Primární potenciální úrodnost zemin jílovité povahy (šedé jíly, žluté jíly, jíly cyprisové a vulkanodetritické série) a různých forem zpevnění (kompaktní jíly, jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností, erdbranty) je podle exaktních experimentálních výzkumů (VÚM Zbraslav, VÚRV Ruzyně, VÚOZ Průhonice, ČVUT, ČZU aj.) značně rozdílná a podmíněná:
 - a) geologicko-petrografickým složením,
 - b) strukturou a texturou,
 - c) mineralogickým složením,
 - d) hloubkou výskytu v nadloží,
 - e) obsahem organické půdní složky autochtonního původu,

f) a konečně stupněm zvětrávání v procesu jejich rekultivace.

- 4) Proces zvětrávání (desagregace) zpevněných forem jílu se nepříznivě projevuje především v oblasti půdní fyziky a hydropedologie (ubývání makropórů a půdního vzduchu, zvyšování jílové frakce a tím i snižování infiltrace pro vodu). Z dendrobiologických aspektů jsou procesy zvětrávání zemin na povrchu výsypek velmi významné a podmiňují stupeň a hloubku prokořenění profilu. Vzhledem k jílovité povaze substrátů na výsypkových stanovištích Sokolovska je prokořenění u všech testovaných taxónů poměrně mělké (cca 0,4 až 0,7 m), kulovité kořeny se nevytváří a jsou nahrazovány kotevními a kosterními kořeny.
- 5) Množství získaných informací o prosperitě taxónů lze v současné době považovat za dostatečné, získané dlouhodobým výzkumem na rozsáhlých plochách trvalého charakteru.
- 6) Z potřeb tvorby nové krajiny a ekologicky orientované vzrostlé zeleně řešené v systému *antropogenní půda - voda - vegetace - ovzduší* a zachování ekologické stability vytvářených lesních ekosystémů jsou v předkládané disertační práci vymezeny provozně významné jednotlivé způsoby zakládání lesních kultur na výsypkových stanovištích včetně jejich ekonomické efektivity.
- 7) Funkce výběru vymezených způsobů zakládání lesních kultur na výsypkách musí respektovat topografické umístění výsypek (umístění ve volné krajině, poblíž sídelních obcí, průmyslových aglomerací apod.).
- 8) Při zpracování problematiky lesnických rekultivací v oblasti Sokolovska jsem se snažil o takový rozbor, který je v souladu se současnými i budoucími ekonomicky a ekologicky zdůvodněnými způsoby jejich velkoplošné realizace.

13. Literatura

- Beneš S., Somotán J., Voráček V., Klasifikace nadloží Sokolovské hnědouhelné pánve pro účely rekultivací. VÚM Zbraslav, 180 s., 1964
- Daňko, V. N.: Lesoprigođnosť mestoobilanij razra v nennyh otvalov i asortiment drevesnych i kurtavnikovych porod dlja ich oblesenija. Kijev, 1969.
- Daňko, V. N.: Ljupin mnogoletnij v lesnych kulturach při rekultivacii zemeľ na Ukrajině. Kijev, 1980.
- Darmer, G.: Zur forstlichen Rekultivierung schwieriger Kippenböden in Braunkohlentagesaugebiet. Forst und Jagd Jg. 5, 1955.
- Davis, G. Et Melton, R. E.? Trees for graded strip-mime spoils. The Peunsylvania State Forestry School Res. Paper No. 32, 1963.
- Deitschmann C.R., Lane R.D.: How in strip-mined lands grow trees profitably, XII, Coal Age 56, 1951
- Dilla, L. : Wo neue Wälder wadisen. Informationen Rheinbraun, 2. Auflage Dezember, 1969.
- Dimitrovský K. Příspěvek k poznání vodního režimu výsypkových cyprisových jílů v oblasti Sokolovské hnědouhelné pánve. Sborník ÚVTI – Meliorace, 2/1966
- Dimitrovský K., Kunt M., Kupka I., 2008, Rekultivační dendrologie In: Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť. Konference Kostelec n.Č.l. listopad 2008, ISBN 978-80-213-1849-6, 21-26 pp. Forest restoration dendrology.
- Dimitrovský K., Kupka I., Kunt M., Štibinger J., 2008, Problematika obnovy lesů na výsypkových stanovištích, jejich vývoj, struktura a skladba In: Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť. Konference Kostelec n.Č.l. listopad 2008, ISBN 978-80-213-1849-6, 13-20 pp. Forest restoration on spoil banks, their growth, structure and composition.
- Dimitrovský K., Vesecký J.: Obnova hospodářských dřevin podsazováním. Lesnická práce č. 2, 67-71, 1968
- Dimitrovský K., Vesecký J.: Přeměny přípravných olšových porostů na výsypkách kotlíkovou sečí. Lesnická práce 46, č. 5, str. 121-125, 1967
- Dimitrovský K., Vesecký J.: Vhodné způsoby zakládání lesních porostů na výsypkách se zřetelem na možnosti pěstební péče o založené porosty. Vědecké práce VÚM, č. 10, str. 61-75, Praha 1969
- Dimitrovský K.: Lesnické rekultivace v oblastech postižených báňskou a průmyslovou činností. Lesnický časopis, 11, č. 6, str. 549-566, 1965

Dimitrovský K.: Příspěvek k poznání chemických vlastností zemin složených z cyprisových jílu na některých výsypkách v Sokolovském revíru. Vědecké práce VÚM, č. 7, str. 157-176, 1965

Dimitrovský, K. et Nechanický, M. et Kloubská, K.: Dendrologické aspekty pro zakládání lesních porostů na výsypkových stanovištích. 50 let sanace a rekultivace krajiny po těžbě, Sborník referátů, Teplice, 2001,

Dimitrovský, K. et Vesecký, J.: Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. SZN Praha, 1989.

Dimitrovský, K., Jehlička, J., Jetmar, M., Kubát, J.: Geologickopedologické předpoklady výsypkových substrátů pro pěstování douglasky tisolisté a jedle obrovské. ČZU, FLE sborník referátů, Kostelec nad Černými Lesy, 2006.

Dimitrovský, K., Jehlička, J., Jetmar, M., Kubát, J.: Výzkum modřínů (LARIX MILL.) v rekultivačním lesnickém arboretu Antonín na Sokolovsku a na ostatních výsypkách. ČZU, FLE, LČR: Sborník: Modřín strom roku 2006, Kostelec nad Černými Lesy, 2006.

Dimitrovský, K., Jehlička, J., Jetmar, M.: Kategorizační procesy obnovy krajiny postižené báňskou a ostatní průmyslovou činností. Sborník referátů Kostelec nad Černými Lesy, 2006.

Dimitrovský, K.: Lesnická rekultivace antropogenních půd v oblasti Sokolovského hnědohelného revíru. VÚM Praha – Zbraslav, 1976, 220 s.

Dimitrovský, K.: Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. SZN Praha, 1989.

Dimitrovský, K.: Půdně intenzifikační opatření při realizaci zemědělské rekultivace v Sokolovském revíru. ZZ VÚMOP, 1991.

Dimitrovský, K.: Tvorba městských lesů v rámci zahlazení území devastovaného těžbou uhlí. Časopis Městské lesy, Dny zahradní a krajinářské tvorby, Luhačovice, 2002.

Dimitrovský, K.: Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolov, 2001.

Dimitrovský, K.: Volba druhu dřevin a způsoby jejich pěstování na výsypkách. Lesnická práce č. 6, 1976.

Dimitrovský, K.: Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností. Metodiky ÚZPI č. 14/1999, Praha, 1999.

Dimitrovský K., Kupka, I, Kubát J., Kunt, M, 2008, Zkušenosti s pěstováním jasanů na výsypkových stanovištích Sokolovska. In: Jasan – strom roku 2008. Konference Kostelec n.Č.l. listopad 2008, ISBN 978-80-213-1847-2, 19-25 pp

HÜTL R.F., Bradshaw A., 2001. Ecology of post-mining landscapes. Restoration Ecology, 9: 339–340.

- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost české republiky. – Academia. Praha
- Chroust L., 1997: Ekologie výchovy lesních porostů. VÚLHM, Opočno, 277s.
- Jonáš, F. – Dimitrovský, K.: Hydropedologická charakteristika výsypkových zemín v oblasti SHR a HDBS. Dílčí závěrečná zpráva VÚM, 1972.
- Jonáš, F., 1985: Tvorba půdy na rekultivovaných výsypkách. Závěrečná zpráva VŠZ, Praha.
- Jonáš, F.: Lesnická rekultivace v oblasti Rýnského hnědouhelného revíru. Lesnický časopis, 1967, s.72 – 78.
- Jonáš, F.: Lesnické rekultivace v NDR. Lesnictví 8, 1962, č. 8, s. 738 – 741.
- Jonáš, F.: Nadložní horniny a možnosti jejich využití při rekultivaci výsypek v SHR. Uhlí 5, 1971, s. 201 – 204.
- Jonáš, F.: Rekultivace devastované půdy důlní činností v USA. Věstník ČAZ, 18, 1971, č. 2, s. 76 – 83.
- Jonáš, F.: Rekultivace pozemků devastovaných těžbou uhlí v NDR. Věstník výzkumných ústavů zemědělských MZLVH, r.XIII. č. 4, 1966.
- Jonáš, F.: Rekultivace záruka obnovy průmyslové krajiny. Ochrana přírody č. 1, 1961.
- Jonáš, F.: Tvorba půdy na rekultivovaných výsypkách v Severočeském hnědouhelném revíru. VÚm Zbraslav, 1972
- Jonáš, F. – Semotán, J.: Klasifikace nadložních zemín pro účely rekultivace v Severočeském hnědouhelném revíru. VÚM Praha, 1953.
- Jonáš, F.: Tvorba půdy na výsypkách složených z šedých miocenních jílu v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru. Lesnictví, 1972, 18, 2, s. 137 – 161.
- Jonáš, F.: Zkušenosti se zalesňováním mourových výsypek v revíru SHD. Lesnický časopis ÚVTI č. 7, 1965.
- Kacálek D. et al.: Zalesnění zemědělských pozemků – role kultivace půdy v procesu obnovy lesního prostředí. Sborník z konference Kostelec n. Č.L. 5.11.2008
- Kacálek et al.: Vlastnosti půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků. Obnova lesních prostředí při zalesňování nelesních a degradovaných půd. Sborník z konference Kostelec n. Č.L. 2007
- Kantor P., Mareš R.: Douglaska tisolistá – nejvýznamnější introdukovaná dřevina v České republice. Pěstování nepůvodních dřevin, konference Kroměříž 2008
- Knobloch E., Konzalová M., Kvaček Z. (1996): Die obereozane Flora der Staré Sedlo, Schichtenfolge in Böhmen (Mitteleuropa). – RČGÚ, 49, Praha
- KORF, V., 1972: Dendrometrie, SZN Praha, s. 371.

- Kubát J., 2008, History and present situation on reclamation of spoil banks in the Sokolov region - *Historie a současná situace rekultivací výsypek v oblasti Sokolovska*. Scientia Agriculturae Bohemica, V 39, N4: 342-347
- Kupka I., Dimitrovský K., Kastl F., Kubát J., 2007, Fundamental Criteria for forest establishment on spoil substrates. In: *Obnova lesního prostředí při zalesňování nelesných a degradovaných půd*, FLD ČZU Praha, Kostelec n.Č.l., listopad 2007, ISBN 978-80-213-1702-4, 117-120 p.
- Kutílek M. (1975): *Aplikovaná hydroopedologie*. Skriptum ČVUT Praha, FS
- Kutílek M. and Nielsen D. R. (1994): *Soil hydrology. Geo-ecology textbook*, Catena Verlag, 38162 Cremlingen Destedt, Germany, ISBN 3-923381-26-3, pp. 98-102
- Kutílek, M.: *Vodohospodářská pedologie*. Praha, SNTL 1966, 2.vyd. 1977.
- Martiník A., Kantor P.: *Posouzení pěstování introdukovaných dřevin – douglaska tisolistá (Pseudotsuga menziensii (Mirb/Franco) na živném stanovišti*. *Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam*. Sborník z konference Kostelec n. Č.L. 2004
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): *Geologie ČSSR I. Český masív – Státní pedagogické nakladatelství Praha*
- Podrázský V., Remeš J.: *Fertilization effects of the plantations of site demanding tree species – example of grand fir*. In: *Management of forests in changing environmental conditions*, TU Zvolen, September 2007, 199-123 pp.
- Podrázský V., Remeš J.: *Humus form status in close-to nature forests comparing to afforested agricultural lands*. In: *Management of forests in changing environmental conditions*, TU Zvolen, September 2007, 124-130 pp.
- Pokorný, J.: *Jehličnany lesů a parků*. SZN Praha, 1963.
- Remeš J., Šíša R., 2007: *Biological activity of anthropogenic soils after spoil-bank forest reclamation*. *Journal of Forest Science*, 53 (7): 299-307.
- Remeš J., Výlupek O., Podrázský V., Zahradník D.: *Využití chemické meliorace při obnově lesních ekosystémů v Krušných horách*. Sborník referátů Kostelec n. Č.L. 26-27. ledna 2006
- Richards L.A. (1931): *Capillary conduction of liquid through the porous media*. *Physics* 1: 318-333
- Shrbený et al. In Klomínský J., ed. (1994): *Geologický atlas České republiky. Stratigrafie*. Český geologický ústav. Praha
- Svoboda J. a kol. (1964): *Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český masív, svazek 2. Algonkium – kvartér. – Ústřední ústav geologický*. Praha

Vaněk, P. et Dimitrovský, K. et Štrudl, M.: Ekologická stabilita antropogenních půd. Hnědé uhlí IV, 1998.

Wünsche, M. et Lorenz, W. et Schubert, A.: Die Bodenformen der Appen und Halden im Braunkohlengebiet südlich von Leipzig. 1969.

Wünsche, M. et Schubert, A.: Ergebnisse vergleichender bodengeologischer und ertragskundlicher Untersuchungen auf Altkippen des Braunkohlentagesaus Witznitz 1, Kr. Borna. Bergautecjmol. 16, Jg. Heft 12 Dezember 1966, 154 – 162.

Zoubek V., Hoth K., Lorenz W. (1990): Geologická mapa ČSSR 1 : 200 000, mapa předčtvrtohorních útvarů, list Karlovy Vary – Plauen. – Ústřední ústav geologický. Praha

Příloha č. 1

Z celé škály testovaných dřevin a keřů v rámci rekultivačního lesnického výzkumu (1962 – 1999) byla provedena níže uvedená klasifikace, která umožňuje rozdělení otestovaných dřevin a keřů na všech výsypkách Sokolovska na:

a) dřeviny a keře velmi vhodné	+
b) dřeviny a keře vhodné	++
c) dřeviny a keře méně vhodné	+++
d) dřeviny a keře nevhodné	++++

Tabulka č. 1

Rekultivační klasifikace dřevin a keřů

A - JEHLIČNATÉ

<i>Abies alba</i> - jedle bělokorá	++
<i>Abies grandis</i> Lindl - jedle obrovská	+
<i>Abies concolor</i> Hoopes - jedle ojíňená	++
<i>Larix decidua</i> Mill - modřín opadavý	+
<i>Larix sudetica</i> Mill - modřín sudetský	+
<i>Picea engelmanni</i> Engelm - smrk Engelmannův	++
<i>Picea excelsa</i> Limk - smrk ztepilý	++
<i>Picea mariana</i> B.S.P. - smrk černý	++
<i>Picea omorica</i> Purk - smrk omorica	+
<i>Picea pungens</i> Engelm - smrk pichlavý	++
<i>Picea sitchensis</i> Carr - smrk sitka	++++
<i>Pinus banksiana</i> Lamb - borovice banksovka	+++
<i>Pinus contorta</i> Dougl. - borovice pobřežní	+
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> S.Wats - borovice Murrayova	+
<i>Pinus jeffreyi</i> Balf - borovice jeffreyova	++
<i>Pinus nigra</i> Arn - borovice černá	+
<i>Pinus ponderosa</i> Dougl - borovice těžká	+
<i>Pinus silvestris</i> L. - borovice lesní	++
<i>Pinus strobus</i> L - vejmutovka	++++
<i>Pseudotsuga taxifolia</i> Britt - douglaska tisolistá	+
<i>Taxus baccata</i> L. - tis obecný	++

B - LISTNATÉ

<i>Acer campestre</i> L - babyka	++
<i>Acer negundo</i> L - javor jasanolistý	++
<i>Acer platanoides</i> - javor mléč	++
<i>Acer pseudoplatanus</i> L - javor klen	+
<i>Aesculus hippocastanum</i> L - jírovec maďal.	++
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn - olše lepkavá	+
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench - olše šedá	+
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC - olše zelená	++
<i>Amorpha fruticosa</i> L - netvařec křovitý	+
<i>Berberis vulgaris</i> L - dřišťál obecný	+++
<i>Betula papyrifera</i> Marsch - bříza papírovitá	++
<i>Betula pubescens</i> Ehrh - bříza pýřivá	++
<i>Betula verucosa</i> Ehrh - bříza bradavičnatá	+
<i>Caragana arborescens</i> Lam - čimišník obecný	+
<i>Carpinus betulus</i> L - habr obecný	+
<i>Chaenomeles japonica</i> Lindl - kdoulovec japonský	++
<i>Cornus sanguinea</i> L - svída krvavá	+
<i>Corylus colurna</i> L - líska turecká	+
<i>Crataegus oxyacantha</i> L - hloh obecný	++
<i>Crataegus sobmollis</i> Sarg - hloh pýřitolistý	+
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L - hlošina úzkolistá	++
<i>Elaeagnus comutata</i> Kott - hlošina širokolistá	+
<i>Evonymus europaea</i> L - brslen evropský	++
<i>Fagus silvatica</i> L - buk lesní	++++
<i>Forsythia viridissima</i> Lindl - zlatice nazelenalá	+
<i>Fraxinus americana</i> L - jasan americký	+++
<i>Fraxinus excelsior</i> L - jasan ztepilý	++
<i>Fraxinus ornus</i> L - jasan zimnář	+++
<i>Hippophae rhamnoides</i> - rakytník úzkolistý	+
<i>Juglans nigra</i> L - ořešák černý	++++
<i>Ligustrum vulgare</i> L - ptačí zob	++
<i>Lonicera tatarica</i> L - zimolez tatarský	+++
<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim - tavola kalinolistá	++

<i>Platanus acerifolia</i> Willd. - platan javorolistý	++++
<i>Populus alba</i> L - topol linda	++
<i>Populus marilandica</i> Car - topol marilandika	+
<i>Populus balsamifera</i> L - topol balzámový	++
<i>Populus nigra</i> L - topol černý	+
<i>Populus Siminii</i> Car - topol Simonův	++
<i>Populus tremula</i> L - topol osika	+
<i>Populus trichocarpa</i> Torr. of Gray - topol západní balzámový	+++
<i>Populus berolinensis</i> Kott - topol berlínský	++
<i>Potentilla fruticosa</i> L - mochna křovitá	+++
<i>Prunus mahaleb</i> L - mahalebka	++
<i>Prunus padus</i> L - střemcha hroznovitá	+
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem - hlohyně ohnivá	++
<i>Quercus petraea</i> Liebl - dub zimní	+
<i>Quercus robur</i> L - dub letní	+
<i>Quercus rubra</i> L - dub červený	+
<i>Ribes alpinus</i> L - meruzalka alpská	++
<i>Salix caprea</i> L - vrba jíva	++
<i>Salix viminalis</i> L - vrba košíkářská	+
<i>Salix fragilis</i> – vrba křehká	+
<i>Sambucus nigra</i> L - bez černý	+
<i>Sambucus racemosa</i> L - bez červený	++
<i>Sorbus aucuparia</i> L - jeřáb ptačí	+
<i>Spiraea salicifolia</i> L - tavolník vrbolistý	++
<i>Symphoricarpus albus</i> Blacke - pamelník bílý	++
<i>Tilia cordata</i> Mill - lípa srdčitá	+
<i>Ulmus carpinifolia</i> Gleb - jilm habrolistý	+++
<i>Ulmus scabra</i> Mill - jilm drsný	+
<i>Viburnum populus</i> L - kalina obecná	+++