

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE LESA

**ANALÝZA TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ MODŘÍNU A
DOUGLASKY NA VÝSYPCE ANTONÍN**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Václav Bažant Ph.D.

BAKALANT: Irena Bešťáková Krohová

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie lesa

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bešťáková Krohová Irena

Územní technická a správní služba - kombinované Karlovy Vary

Název práce

Analýza tloušťkových přírůstů modřínu a douglasky na výsypce Antonín

Anglický název

Diameter increment analysis of larch and Douglas fir to the spoil bank Antonín

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je analýza tloušťkového přírůstu modřínu a douglasky na lesnický rekultivované výsypce Antonín v Sokolovské pánvi.

Metodika

Zpracování	literární	rešerše
Charakteristika území – klimatické	a stanovištní	poměry výsypky Antonín
Dendrochronologická analýza	vzorků –	program Letokruhy
Vyhodnocení a interpretace výsledků		

Harmonogram zpracování

8/13 – literární rešerše

9/13 – analýzy vzorků

12/13 – zpracování dat

2/14 – pracovní verze BP

3/14 – odevzdání BP

Rozsah textové části

40 normostran textu, mapové přílohy

Klíčová slova

lesnické rekultivace, výsyvky, tloušťkové přírůsty, modřín opadavý, douglaska tisolistá

Doporučené zdroje informací

- DIMITROVSKÝ K., 1976: Výběr vhodných druhů dřevin a jejich směsí pro výsypková stanoviště v oblasti SR. Dílčí závěrečná zpráva. Výzkumný ústav meliorací, Praha – Zbraslav, 55 p.
- DIMITROVSKÝ K., VESECKÝ J., 1989: Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 132 p.
- DIMITROVSKÝ K., NECHANICKÝ M., 2004: Závěrečná zpráva projektu „Sledování vývoje a stavu kultur lesnické rekultivace Březno IX.“ ČZU v Praze, Unico Agric, 92 p.
- DIMITROVSKÝ K., KUNT M., 2007: Dílčí závěrečná zpráva: Řešení obnovy přírodních složek průmyslové krajiny v systému půda – voda – vegetace – ovzduší. ČZU v Praze, 64 p.
- HÜTL R. F., BRADSHAW A., 2001: Ecology of post-mining landscapes. Restoration Ecology, 9: 339–340 p.
- JONÁŠ F., 1985: Tvorba půdy na rekultivovaných výsypkách. Závěrečná zpráva VŠZ, Praha.
- KOZÁK J., 2001: Posouzení půdních poměrů okresu Sokolov. – Tvorba nové krajiny na Sokolovsku.
- ŠTÝS S. et al., 1981: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL Praha, 678 p.
-

Vedoucí práce

Bažant Václav, Ing., Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 26.2.2014

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26.2.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Václava Bažanta Ph.D. Všechny literární prameny a použité podklady, ze kterých jsem čerpala, jsem uvedla v seznamu literatury.

V Dolním Rychnově dne 15. dubna 2014

.....
Irena Bešťáková Krohová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Ing. Václavu Bažantovi Ph.D. za poskytnutí potřebných dat, za jeho věcné i formální připomínky i za trpělivost a čas, který mi věnoval.

Děkuji RNDr. Petru Rojíkovi Ph.D. a panu Janu Hrazdírovi ze Sokolovské uhelné společnosti, právní nástupce, a.s. za jejich ochotu při poskytování potřebných podkladů.

V Dolním Rychnově dne 15.dubna2014

.....
Irena Bešťáková Krohová

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením růstu vybraných druhů dřevin na zrekultivované výsypce Antonín – arboretum Antonín. Posuzován byl růst douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*). Růst douglasky i modřínu byl vyhodnocen na základě letokruhové analýzy z odebraných kotoučů ze vzorníků reprezentujících střední strom uvedených dřevin. Výsledky potvrzují produkční potenciál těchto stanovišť i odlišnou dynamiku v tloušťkovém růstu douglasky a modřínu.

Klíčová slova: lesnické rekultivace, výsypky, tloušťkové přírůsty, douglaska tisolistá, modřín opadavý

Abstract

This bachelor's thesis is focused on growth evaluation of the selected tree species on the reclaimed spoil bank Antonín – arboretum Antonín. Growth of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) and larch deciduous (*Larix decidua*) were analyzed. Growth of douglas fir and larch were evaluated by tree ring analyses from discs which were taken from samples representing mean tree of these tree species. Results confirmed production potential of these sites and different dynamics of diameter increment of douglas fir and larch.

Key words: forest reclamations, spoil bank (dump), diameter increment, species, douglas fir, larch deciduous

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce	8
3. Literární rešerše	9
3.1 Dendrochronologie.....	9
3.1.1 Technika odběru vzorků	9
3.2 Letokruhy	10
4. Charakteristika území	13
4.1 Popis území	13
4.2 Geologie, pedologie sokolovské pánve	16
4.3 Výsypka Antonín	23
4.4 Charakteristika výsypkových substrátů.....	24
4.5 Rekultivační arboretum Antonín.....	25
5. Metodika	26
5.1 Založení zkusných ploch.....	26
5.2 Výběr a zpracování vzorníků	27
5.3 Růstové analýzy	27
6. Vyhodnocení výsledků	28
6.1 Analýza douglasky tisolisté (DG)	28
6.2 Analýza modřínu opadavého (MD)	30
6.3 Vzájemné srovnání všech vzorníků	34
7. Diskuze	36
8. Závěr.....	38
9. Literatura.....	39
10. Přílohy	42

1. Úvod

Narušení přirozených ekosystémů dosáhla v České republice největšího rozsahu v druhé polovině dvacátého století, především ve spojitosti s rozvojem energetického a těžkého průmyslu. Těžba nerostných surovin na rozsáhlých plochách způsobila tzv. technogenní transformaci krajiny, kde došlo k destrukci litosféry, hydrosféry, pedosféry a biosféry (Remeš, Šíša 2007). Obnovení funkčních ekosystémů v takto postižených oblastech bylo a stále je velmi aktuální nejen v České republice (Jonáš 1970, 1975, 1985, Štýs 1981), ale i v jiných státech Evropy (Hüttl, Schneider 1998; Hüttl, Bradshaw 2001). Rekultivace představují vhodný prostředek k dosažení tohoto cíle, tj. k vytvoření ekosystémů (včetně jejich půdního prostředí), které jsou schopné plnit vedle své ekologické funkce v krajině i funkce produkční (Kohel 1997). Prostřednictvím lesnických rekultivací se vytvářejí na výsypkách lesní porosty zajišťující všechny potřebné funkce v krajině a jimi také zároveň začíná meliorační proces antropogenních substrátů (Kupka, Dimitrovský 2006).

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je analýza tloušťkového přírůstu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*) na lesnický rekultivované výsypce Antonín – arboretum Antonín v Sokolovské pánvi.

3. Literární rešerše

3.1 Dendrochronologie

Dendrochronologie je vědecká metoda založená na analyzování letokruhů dřeva, tzn. datování letokruhů dřeva nebo datování podle těchto letokruhů a všechno ostatní, co je možné z letokruhů vyčíst o minulosti. Umožňuje určit stáří dřeva s přesností na kalendářní rok i datovat velmi stará dřeva, která už nepřirůstají stovky let. Nejjednodušší je tedy určení stáří stromů, k tomu by zvláštní vědecká disciplína nebyla potřeba. V letokruzích ale zůstaly uchovány i údaje o prostředí, které strom za jeho života obklopovalo. Zejména údaje o klimatu a mnohých dalších složkách životního prostředí. Některé z nich se ovšem týkají pouze nejbližšího okolí stromu, například konkurenčních vztahů k okolním dřevinám. Jiné údaje mají naopak vztah k celé širší oblasti, v níž strom rostl, pro ty je podstatné, že jsou společné všem stromům téhož druhu v širokém okolí.

Hodnota, se kterou dendrochronologie pracuje nejvíce, je šířka letokruhů a jelikož se s ní pracuje už dlouhou dobu, existuje obrovské množství dat založených právě na měření šířky letokruhů (Kyncl 2003).

3.1.1 Technika odběru vzorků

Vzorky jsou odebírány tak, aby byl získán průřez dřevem kolmý na směr růstu, který obsahuje co nejvíce letokruhů od jádra po okraj kmene. Je třeba vybrat místo, kde není letokruhový profil narušen sukem nebo jiným poškozením dřeva. Důležité je, aby byl přítomen podkorní letokruh, který datuje rok, kdy byl strom skácen. Zcela optimální je vzorek, na kterém je přítomen jak podkorní letokruh, tak i dřeň.

Tloušťková analýza skáceného stromu – nejlepší vzorky pro datování poskytují kolmé průřezy kmenem – odběr disků dřeva, většinou ve výčetní výšce 1,3 m ($d_{1,3}$). Nejpřesnější, ale pracovně nejnáročnější metoda. Její výhodou je možnost volby přesného směru měření šířek letokruhů, možnost měřit libovolný počet směrů (obvykle nejméně 4 na sebe kolmé měřicí linie na přímkách probíhajících přes dřeň kmene), možnost použití moderních metod měření (denzitometrie, fotografické metody – analýza obrazu, apod.).

Vývrt - často se pracuje i s živými stromy, a nebo se dřevem, použitým v nějaké stavbě, která se nebourá, např. odebrání vzorku z funkčního krovu. V takovém případě se používá zvláštní, tzv. Presslerův vrták. Je to dutý nebozez, který se zavrtá do dřeva a vyvrtá z něj váleček, tlustý asi 5 mm od vnější vrstvy až po střed. Váleček se vytáhne, nalepí na zvláštní podložku (obr.1), opět se vybrousí a nakonec vyhladí stolařskou čepelkou. Vyhlazený se pak položí na měřicí stůl (Dendrochronologie 2014).



Obr.1: Vývrt na podložce (VÚLHM 2014)

3.2 Letokruhy

Letokruhy jsou tloušťkové přírůstky dřeva vytvořené kambiem v průběhu jednoho vegetačního období. Jeden letokruh odpovídá jednomu vegetačnímu období. V našich oblastech je to většinou jeden přírůstek (letokruh) během jednoho roku. Proto podle počtu letokruhů na radiálním řezu (příčný řez) se dá přibližně určit stáří stromu. V mírném pásmu však nemusí vždy počet letokruhů souhlasit s věkem stromu. Vlivem působení různých podmínek se letokruh nemusí vytvořit vůbec nebo naopak dochází ke zdvojení letokruhů. Ke zdvojení letokruhů dochází při zničení asimilačních orgánů mrazem, hmyzem nebo velkými klimatickými změnami (strom podruhé v roce nasadí nové listy, a tím se vytvoří druhý letokruh). Na rozdíl od normálních letokruhů je druhý přírůstek užší, ohraničení je méně znatelné. Letokruh se u dřeviny nevytvoří, pokud stojí na velmi zastíněném místě, má nedostatek živin nebo je často seřezávána (Dendrochronologie 2014). Již při prvním letmém pohledu na příčný řez kmenem nebo na libovolný pařez zjistíme, že letokruhy nejsou všechny stejně silné. Obdobně neopakovatelné jsou třeba otisky lidských prstů (Kyncl 2003).

Letokruh se skládá ze dvou různě barevných vrstev jarního a letního dřeva:

Jarní dřevo je obvykle světlejší a měkčí část v letokruhu, s nižší hustotou. Skládá se především z cév a cévic (tracheje a tracheidy), mají větší průměr než u letního dřeva a dopravují živiny.

Letní dřevo je tmavší a obvykle tvrdší část letokruhu, má vyšší hustotu. Je složeno zejména z tlustostěnných vláknitých buněk a vodivých cév. Rozdílná stavba a vzhled mezi letním a jarním dřevem dalšího letokruhu vytváří tzv. hranici mezi letokruhy. Podíl letního a jarního dřeva má vliv jak na fyzikální, tak na mechanické vlastnosti dřeva. Větší podíl letního dřeva zaručuje lepší vlastnosti.

V našich zeměpisných šířkách mají letokruhy všechny stromové dřeviny. U tropických dřevin, kde vlivem stálého podnebí roste dřevina po celý rok, nejsou letokruhy v řezech patrné.

U různých druhů dřevin jsou letokruhy různě výrazně i strukturně odlišné, podle čehož můžeme rozlišovat:

Jehličnaté dřevo, které se vyznačuje výraznou vrstvou letního dřeva a nejvýraznějším rozdílem mezi jarním a letním dřevem. Jarní dřevo tvoří světlejší část letokruhu a je výrazně měkčí. Podíl jarního dřeva bývá vyšší. Letní dřevo, které tvoří tmavší část letokruhu, je výrazně tvrdší a má dvakrát až třikrát větší hustotu.

Listnaté kruhovitě pórovité dřevo, které má výrazné jarní dřevo. Je tvořeno širokými, často pouhým okem viditelnými cévami (o průměru 0,2-0,4 mm). Ty vytvářejí na začátku letokruhu výrazný pás. Na příčném řezu jsou pozorovatelné jako póry, na podélných řezech jako rýhy. V letním dřevě jsou cévy úzké, okem nerozlišitelné. Sdružují se však do skupin, které tvoří makroskopicky viditelnou strukturu letního dřeva. Se zvyšující se šířkou letokruhu se zvyšuje tloušťka letního dřeva, přičemž podíl letního dřeva v letokruhu je zpravidla větší. Z našich dřevin do této skupiny patří: dub, jasan, akát, jilm aj.

Listnaté polokruhovitě pórovité dřevo, které se vyznačuje víceméně zřetelnou zónou světlejšího jarního dřeva, které vzniká seskupením většího počtu drobných cév (třešeň) nebo výskytem velkých cév s postupně se zmenšujícím průměrem (ořešák).

Hranice mezi jarním a letním dřevem je méně výrazná než u dřeva s kruhovitě pórovitou stavbou.“

Listnaté roztroušeně pórovité dřevo, které je bez výrazného rozlišení jarního a letního dřeva. Letokruhy jsou většinou zvýrazněné pouze úzkou tmavší (světlejší) vrstvou na hranici letokruhu, proto jsou špatně rozpoznatelné. Cévy mají přibližně stejný rozměr v rámci celého letokruhu a okem nejsou rozlišitelné. Do této skupiny patří např.: buk, habr, bříza, olše, topol, lípa.“

Šířka a stavba letokruhů

Šířka a stavba letokruhů se liší podle druhu dřeviny, klimatických podmínek ve kterých strom vyrůstal, stáří stromu (stářím jsou užší) a úrodnosti půdy. Dřeviny rostoucí v úrodnější půdě vytváří zpravidla letokruhy širší. Letokruhy v celé šíři kmene nemusí být vždy stejně široké. To se stává, když je dřeň excentricky posunuta (touto poruchou trpí až 75% stromů rostoucích v tropech). K tomuto jevu dochází, pokud strom musel čelit různým povětrnostním vlivům z jedné strany kmene (obr. 4.). Šířka letokruhu je různá i u dřevin rychle rostoucích (obr. 2.) a pomalu rostoucích (obr. 3.). Rychle rostoucí dřeviny nalezneme v teplém podnebí. Dřevo je řidší, má menší pevnost, a tím hůře odolává škůdcům a nemocím. Letokruhy u těchto dřevin jsou širší. Mezi rychle rostoucí dřeviny patří například topol, který může mít letokruhy širší než 1 cm. Letokruhy pomalu rostoucích dřevin jsou užší. Tyto dřeviny rostou např. ve vysokých polohách, kde musí čelit horším klimatickým podmínkám. Pomalu rostoucí dřeviny se dožívají vyššího věku, lépe odolávají škůdcům (Dendrochronologie 2014).



Obr. 2: Rychlý růst dřeviny
(Dendrochronologie 2014)



Obr. 3: Pomalý růst dřeviny
(Dendrochronologie 2014)



Obr. 4: Excentrické posunutí dřevě
(Dendrochronologie 2014)

Pozorováním letokruhů se zabýval už Leonardo da Vinci. Souvislost mezi letokruhy a stářím stromu jako jeden z prvních popsal Charles Babbage, známější mimo jiné jako autor prvního funkčního návrhu mechanického počítače a algoritmu pro rozluštění Vigenérový šifry. Možnost datovat archeologické nálezy apod. touto metodou nebyla však až do konce 19. století oficiálně uznávána. Zakladatelem dendrochronologie jakožto oficiální vědní disciplíny se stal astronom Andrew Ellicott Douglass (Dendrochronologie 2014).

Vůbec nejstarší je dřevo borovice osinaté. To je zvláštní druh borovice z velmi suchých oblastí amerického středozápadu. Právě v porostu této borovice na hřebeni White Mountains na hranici mezi státy Kalifornie a Arizona byl nalezen vůbec nejstarší strom světa. Je to exemplář *Pinus aristata*, jehož nejstarší živé dřevo má více než 4000 letokruhů; strom má ale také mrtvé části a ty jsou starší než 7000 let (Kyncl 2003).

4. Charakteristika území

4.1 Popis území

Sokolovsko (obr.5) je oblast, kde se od roku 1860 do současnosti těží hnědé uhlí, v období kolem roku 2035 se počítá s douhlením. Od 50. let minulého století zde hlubinná těžba přechází na těžbu povrchovou (lomovou), která má větší devastční

účinek na krajinu a vyžaduje tak neustálé usměrňování vývoje využívání krajiny takovými směry, které byly a jsou řešeny v souladu s novou architekturou průmyslové krajiny v systému obnovy fenoménů výsypky - půda - voda - vegetace - ovzduší. Je tedy patrné, že sokolovská krajina byla, je a bude spjata s hornictvím, především povrchovou těžbou hnědého uhlí z podkrušnohorské pánve (Frouz et al. 2007). Dlouhodobým dobýváním hnědého uhlí na Sokolovsku docházelo k velkým zásahům do krajiny, které měly zásadní vliv na životní prostředí samotného města Sokolova a okolního mikroregionu. Těžba uhlí měla negativní, ale i pozitivní vliv na rozvoj města a okolí i rozvoj infrastruktury celého tehdejšího okresu. V důsledku exploatace ložiska uhlí došlo k devastaci krajiny, především k nadměrnému úbytku přírodních či přírodě blízkých ekosystémů, resp. k jejich přeměně v ekosystémy zcela změněné člověkem. Výsledkem jsou pak ekosystémy bez přirozené autoregulační schopnosti (Dimitrovský 2000).

Již od šedesátých let 20. století probíhala likvidace hlubinných a povrchových dolů a lomů. Se zahlazením následků těžbou zasažených území v okolí města Sokolova byly ekonomicky i ekologicky spojené také rekultivace, které jsou velmi náročnou závěrečnou etapou při dobývání uhlí. Těžebními společnostmi a státem byly a stále jsou investovány nemalé částky na likvidaci ekologických zátěží z minulých let. Celková výměra ploch postižených těžbou uhlí v regionu představuje více než 9 250 hektarů. Od počátku rekultivačních prací v 50. letech minulého století bylo upraveno přes 3 549 hektarů. Z toho zemědělské plochy představují zhruba 1 131 hektarů, lesní plochy kolem 2 220 hektarů a vodní plochy přes 78 hektarů.

První zmínka o rekultivacích v sokolovském hnědouhelném revíru pochází z roku 1910 z oblasti Pochlovic a Lítova. V roce 1912 a 1913 byl na těžbou devastovaných plochách dolu Adolf-Žofie v Bukovanech vysázen cca 1 ha javorů. Větší rozmach rekultivačních prací nastal v 20. letech. V roce 1928 Správa dolu Jiří v Lomnici založila také první lesní školku pro pěstování sazenic k rekultivačním účelům. Rekultivace těžbou dotčených ploch pokračovala plynule dále v 30. a 40. letech a probíhala i v době pomnichovské a během druhé světové války.

Systematicky a větší míře se rekultivace ploch dotčených hornickou činností započala realizovat v druhé polovině 50. let. Rekultivační činnost se koncem 50. a začátkem 60. let zaměřila na oblasti bývalých hlubinných dolů, kde těžba hnědého uhlí skončila ve 30. a 40. letech a kde se již neuvažovalo s výstavbou velkolomů. Bylo rekultivováno území dotčené těžbou v oblasti Kynšperku nad Ohří a Chodova v okrese Sokolov, řada hlubinných dolů v okrese Karlovy Vary a území u Nového Kostela (Čižebná) v okrese Cheb.

Začátkem 70. let byly zahájeny rekultivace dosypaných spodních etáží vnějších výsypek. Na vnějších výsypkách probíhala většina rekultivačních prací také v 80. a 90. letech. Převažoval lesnický (59 %) a zemědělský (38 %) způsob rekultivací. Hydrické a ostatní rekultivace tvořily jen nepatrnou část (cca 2 %).

S postupným útlumem povrchové těžby po roce 1990 nastala i potřeba zahlazovat zbytkové jámy lomů. U některých zbytkových jam (lomy Michal, Boden, Medard-Libík) byl zvolen hydrický způsob rekultivace. S hydrickou rekultivací se uvažuje i při zahlazení poslední zbytkové jámy (Družba-Jiří) po ukončení těžby na Sokolovsku. Na rekultivacích prováděných od roku 2001 do úplného zahlazení dolové činnosti se tak hydrické rekultivace budou podílet 34 % (Pöpperl 2009).

Největším současným rekultivačním projektem Sokolovské uhelné, a.s., jejíž výsledkem je vznik rekreační nádrže Medard, je rozsáhlá hydrická rekultivace původně samostatných lomů Medard a Libík, jejichž propojením vznikl lom Medard – Libík, který se nachází západně od města Sokolova v území mezi obcemi Sokolov, Citice, Bukovany, Habartov a Svatava. Jezero Medard, má mít po napuštění v roce 2013 rozlohu přes 493 hektarů (Zakázka FNMČR 2002).

Další hydrickou rekultivací po bývalé povrchové dolové činnosti byla rekultivace malolomu Michal jižně od města Sokolov, kde se povrchový lom zatopil, a byla vytvořena rekreační vodní nádrž Michal, která již slouží k rekreaci a zábavě obyvatel Sokolovska.

Výsypka Silvestr (vyuhlený hnědouhelný lom Silvestr) leží na rozhraní severního úpatí Slavkovského lesa a jihozápadní části Sokolovské uhelné pánve jižně od města

Sokolov, mezi obcemi Dolní Rychnov, Citice a městem Březová, v krajině se značným geomorfologickým členěním (Projekt 2005). Rekultivací na výsypce Silvestr vznikl lesopark a golfové hřiště.

Cílem rekultivací v posledních letech je rekultivované plochy začlenit do biologického systému oblasti s tím, že budou využity jednak pro vzdělávací, rekreační a sportovní aktivity a rovněž zde vzniknou nové pracovní příležitosti. Navržené způsoby těchto rekultivací odpovídají i současným potřebám obyvatelstva okolních měst a obcí. Je tedy patrné, že právě území okolo města Sokolova se výrazně změnilo a krajina byla z hlediska právního, ekologického, geomorfologického i sociálního zásadně přeměněna (Projekt 2005).



Obr.5: mapa území (Seznam 2014)

4.2 Geologie, pedologie sokolovské pánve

Sokolovská pánev je terestrická terciérní pánev s vrásově zlomovou stavbou. Je to oboustranně tektonicky ohraničený, stupňovitý, příčně asymetrický příkop směrem

ZJZ (západ – jihozápad) – VSV (východ – severovýchod). Pánev má délku 36 km, šířku 9 km a rozlohu 312 km². Podloží terciérních uloženin západní a východní části pánve leží převážně svory a pararuly saxothuringika. Jednotlivé bloky krystalinika jsou mezi sebou odděleny granity karlovarského plutonu a vulkanity, nebo jsou překryty terciérními sedimenty, takže je nelze mezi sebou spolehlivě paralelizovat. Krystalinikum krušnohorské, ohárecké, slavkovské a svatavské jsou svrchnoproterozoické a varisky přepracované. Durynsko – voglandská zóna a erozní zbytek metamorfovaného pláště karlovarského plutonu mezi Ostrovem nad Ohří a Velichovem mají hercynské stáří. Pod terciérem střední části pánve leží karlovarský pluton, tvořený pozdně hercynskými granitoidy. Vytváří 19 km široký příčný pruh severozápadně – jihovýchodního směru. Krystalické břidlice a granity v podloží pánve a zdrojová území terciérních sedimentů jsou kaolinicky zvětralé. Terciérní výplň sokolovské pánve je nesouvislá, maximálně 360 m mocná. Uložila se převážně v oligocénu až spodním miocénu během několika pulzů tektonicko - vulkanické aktivity v příkopech převážně směru západ – východ, místy i severozápad – jihovýchod. Na její skladbě se podílejí produkty alkalického vulkanismu (asi 55%). Původní charakter hornin je z velké části setřen alteracemi vulkanoklastického materiálu, epigenezí, diagenézí, zvětráváním, půdotvorbou, hydrotermální a tektonickou činností. Plestocenní sedimenty jsou od miocenní výplně odděleny diskodací. Jsou zpravidla 1 – 3 m mocné, pouze na úpatí Slavkovského lesa a Krušných hor dosahují mocnosti až 20 m. Tvoří je fluviální jílovité štěrkopísky, sprašové hlíny, deluviální svahové hlíny, proluviální sutě, soliflukční bloková pole, produkty požárů uhelných slojí (porcelanity, škváry, popely, polokoks), vzácněji jsou prokládány vrstvičkami rašelin a tufů. V plestocénu došlo k intenzivním vrásovým, zlomovým, puklinovým a klivážovým deformacím hornin (Pešek et al. 2010).

Nejpoužívanější varianty stratigrafického dělení sokolovské pánve obsahují prvky trvalé hodnoty (Hokr 1961). Výzkum, průzkum a těžba za posledních 40 let však přinesly řadu nových objevů a zpřesnění, proto se stratigrafie sokolovské pánve stala znovu aktuální. Změnily se i znalosti o mechanismech sedimentace, například, že mladší vrstva se vždy ukládá na starší vertikálně, nepřerušeně, na velké souvislé ploše a všude zároveň. Většina depozičních systémů se stěhuje pánví horizontálně, mění těžiště z příčin endogenních (změny erozní báze tektonickou subsidencí, rotací

ker či vulkanismem) i exogenních (změny množství přinášeného materiálu, humidity, typu zvětrávání atd.) a zanechává přerušovaný, nesouvislý záznam. Hranice litostratigrafických jednotek (příloha 1) jsou často diagonální vůči "časovým rovinám" (Rojík 2005).

Nová stratigrafie sokolovské pánve se musí vyrovnat i s faktem cyklické sedimentace, tedy opakování stejných hornin, prostředí a litostratigrafických jednotek ve vrstevním sledu. Stejně významné jako výzkum sedimentace je dešifrování diastém, hiátů a diskordancí, kdy sedimentace neprobíhala nebo dokonce byly erozí zničeny dříve uložené vrstvy (Rojík 2005).

Starosedelské souvrství (Václ 1964) odráží iniciální fázi vývoje podkrušnohorského prolomu. K tektonické struktuře sokolovské pánve, která vznikla až později, nemá úzký vztah, zato je spojeno s nedalekými přímořskými pánvemi zdánlivě excentrickými výskyty sedimentů. Diagnostické znaky starosedelského souvrství:

- dobře vytřídněné a strukturně zralé sedimenty
- bedformy typické pro fluviální systémy (agradáční valy, výplně koryt atd.)
- prolínání sedimentů s produkty kaolinického zvětrávání (křemenný a železitý tmel, čočky sekundárních kaolínů) (Náprstek 1958, Hokr 1961)
- přítomnost a charakteristická druhová skladba makroflóry (Knobloch et al. 1996).

Starosedelské souvrství, alespoň jeho převážná část, vznikla v úzkém časovém rozpětí v nejsvrchnějším eocénu.

Název novosedelské souvrství zavedli Shrubný et al. (1986, 1994), nově (Rojík 2005) je souvrství redefinováno jako litostratigrafická jednotka, která odráží první fázi intenzivní tektonické extenze sokolovské pánve. Ukládání hornin, na rozdíl od starosedelského souvrství, probíhalo zřetelně v hranicích vyvíjející se sokolovské pánve. Jednotným znakem novosedelského souvrství je mnohonásobné opakování hornin vulkanického původu a sedimentů ukládaných v podmínkách tektonicky vyvolané subsidence (dlouhodobé sesedání či klesání částí zemské kůry, které může být plynulé či postupné). Novosedelské souvrství je složeno ze souboru facií, které se mnohonásobně opakují a heteropicky prolínají (vulkanoklastické, lakustrinní, rašeliništní a proluviální uloženiny), protože subsidence a vulkanismus byly synchronizované a měly pulsační charakter (Rojík 2004).

Davidovské vrstvy tvoří část novosedelského souvrství, mají oligocénní stáří. K těmto vrstvám patří heteropické klínovité proniky nevytříděných proluviálních sedimentů.

Josefské vrstvy tato tradiční litostratigrafická jednotka má dle nového návrhu postavení pouhého členu uvnitř novosedelského souvrství. Uhelňá sedimentace v cyklicky se opakujícím prostředí zarůstajících jezer je pro tyto vrstvy typická. Projevuje se střídáním sapropelitických uhlí, humitových uhlí a jílovců. Josefské vrstvy mají oligocénní stáří (Rojík 2005).

Chodovské vrstvy odpovídají vulkanické aktivitě na území sokolovské pánve, jsou nejvyšším členem novosedelského souvrství. Mocnost jednotky klesá z 80 m na úpatí Doupovských hor ke 3 m v jz. cípu sokolovské pánve. Vysoce převládají efuzivní a vulkanoklastické horniny, které jsou alterované (devitrifikace, argilizace, karbonatizace, leukoxenizace) a obsahují zvýšené koncentrace prvků alkalického vulkanismu (Ti, Ba, Sr, P, V, Nb, Th, Ag, REE). Hranice s podložními josefskými nebo davidovskými vrstvami je konkordantní, heterochronní a tvoří rychlé litologické přechody. Hranice se členy nadložního sokolovského souvrství je heterochronní, ostrá, většinou erozní, vyznačená náhlou změnou litologie (vymizení pyroklastik) a facií (nástup bažinných a nivních sedimentů). (Rojík 2005).

Název sokolovské souvrství v širším významu zavedli již Shrbený et al. (1986, 1994), od podloží je odděleno skrytou diskordancí. Ukládání vrstev probíhalo jen v tektonických hranicích sokolovské pánve. Je tvořeno bažinnými, fluviálními, vulkanickými a gravitačními uloženinami, které se heteropicky prostupují a mají heterochronní hranice. Podle charakteristických skupin hornin a facií lze vymezit 4 litostratigrafické členy. Podloží sokolovského souvrství tvoří vulkanické horniny chodovských vrstev novosedelského souvrství. Hranice je diskordantní, vyznačená erozní plochou, zvětráváním, ostrou litologicko-faciální změnou a změnou orientace hlavního napětí (Rojík 2004). Nadloží sokolovského souvrství je tvořeno jílovcí cyprisového souvrství. Tato hranice je konkordantní, bez hiátu, ostrá, projevuje se změnou facie a litologie. Sokolovské souvrství vzniklo ve spodnomiocénním (burdigalském) teplotním optimu.

Habartovské vrstvy dílčí člen při bázi sokolovského souvrství, představuje etapu ve vývoji pánve, která se vyznačuje cyklickým potlačováním uhlotvorby anorganickou sedimentací (Habartov, Bukovany, Svatava, Březová, Lomnice, Chranišov, Sadov, Lesov). Příčinou bylo zvýšení humidity klimatu, oživení tektonické aktivity pánve a sopečné činnosti (prostupování s tufy v lomu Leopold u Sadova). Písky a prachovité jíly, které vznikly v prostředí široce rozprostřených aluviálních vějířů, jsou charakteristickými horninami. V jílové složce je dominantní kaolinit. Hranice s podložními chodovskými vrstvami je diskordantní, erozně zvětrávací, ostrá, faciálně-litologická (strop pyroklastik, nástup jemnozrnných epiklastik s uhelnou příměsí a nižší konzistencí), často provázená svahovými pohyby a výrony vod.

Rozhraní s nadložními antonínskými vrstvami má povahu rychlého oscilačního přechodu ze světlých, nezřetelně vrstevnatých písků a prachovitých jílu do tmavých, vrstevnatých jílovito-uhelných sedimentů. Svrchní část habartovských vrstev se prolíná s tufy a lávami těšovických vrstev jako dvě heteropické facie (Rojík 2005).

V těšovických vrstvách se také odráží vulkanická činnost na území sokolovské pánve, která přetvořila její reliéf a rozložení facií. Tyto vrstvy jsou složeny z hornin vulkanického původu (alterovaných efuziv, pyroklastik a epiklastik). Jejich mocnost na úpatí Doupovských hor dosahuje 260 m (Václ 1964), ale i v samotné pánvi, kolem erupčních center, často převyšuje 100 m (Těšovice, Královské Poříčí, Pískový vrch, Loučky, Selský vrch, Kappelberg aj.). Od všech podložních a nadložních jednotek, kde převládá uhlotvorné nebo fluviální prostředí se těšovické vrstvy zřetelně liší petrograficky, mineralogicky, geochemicky i faciálně. Díky freatomagmatickým texturám (Rojík 2004) jsou snadno odlišitelné i od chodovských vrstev. Pokud se oba tyto vulkanické členy dotýkají, jsou odděleny diskordancí.

Dominantní horninou Anežských vrstev je autochtonní uhlí sapro- a/nebo liptodetrického typu, které vzniklo souběhem teplého humidního klimatu a relativního uklidnění tektonických pohybů a vulkanismu. Spodní i svrchní hranice jsou konkordantní, heterochronní, oscilační, se sklonem k rozmršťování vrstev uhlí do sousedních jednotek. Anežské vrstvy tvoří podloží těšovických nebo antonínských vrstev. V místech, kde jsou vyvinuty pískové vějíře habartovských

vrstev, se anežské vrstvy přimykají k jejich bázi, ale ne vždy tvoří jejich podloží. I přes složité heteropické zastupování členů je hranice anežských vrstev dobře stanovitelná díky petrologickým kontrastům, rychlým oscilačním rozhraním a specifickému typu uhlí (Rojík 2005).

Pro Antonínské vrstvy, tradiční litostratigrafickou jednotku, je charakteristickou horninou autochtonní uhlí humitového typu. Uhelná sedimentace se prosadila díky teplému humidnímu klimatu ve spodním miocénu. Také slábnutí tektonické a vulkanické aktivity mělo pozitivní vliv na zachování sloje a kvality uhlí. I když nízká endogenní aktivita v úrovni několika metrů pod stropem sloje místy vedla až k částečné samodestrukci sloje. Hranice antonínských vrstev proti podložním habartovským vrstvám je konkordantní, heterochronní, oscilační, vyznačená převládáním jílovito-uhelné sedimentace. V okolí vulkanických center se antonínské vrstvy heteropicky zastupují, popř. nasedají na těšovické vrstvy. Hranice antonínských vrstev s nadložním cyprisovým souvrstvím je konkordantní, téměř izochronní, ostrá, litologicko-faciální (Rojík 2005).

Souvrství cyprisové odráží vyhasínání dynamiky tektonických a vulkanických procesů v sokolovské a chebské pánvi. Z tohoto období jsou laminované jílovce s jemně rozptýlenými karbonáty a organickou hmotou řasového a sporového původu. Hranice s podložním sokolovským souvrstvím (antonínskými vrstvami) je konkordantní, ostrá, blízká izochroně. Mělké zaplavení rašeliníště mohlo mít sice náhlou tektonickou příčinu, ale bylo dlouhodobě připravováno subsidencí pánve a hromaděním velké mocnosti prouhelňované rašeliny. Hranice s vildštejnským souvrstvím, sledovatelná jen v chebské pánvi, je diskordantní, zdůrazněná rezidui a fosilními půdami (Rojík 2004).

V otovické části sokolovské pánve jsou vyvinuty čankovské písky (Juranka 1955, sensu Schardinger 1890), které se zde zachovaly díky progradaci delty na jih od čankovského zlomu. Tvoří nahoru se zjemňující sled diagonálně zvrstvených písků, pískovců a slepenců. Parasekvence jsou prokládány písčítými jíly. Od podložních jílovců jsou čankovské písky odděleny erozní plochou, od nadložních jílovců rychlým přechodem (Rojík 2005).

Z hlediska rekultivačního potenciálu můžeme substráty sokolovské pánve rozčlenit do následujících skupin (Rojík, Řehoř, 2013):

Kaolinické substráty – primární kaolíny, tj. kaolinicky zvětralé ruly a granity v podloží třetihorních usazenin pánve. Sekundární kaolíny, vznikly z primárních kaolínů, jejich rozrušením, přemístěním a uložením řekami a svahovými pohyby a primární kaolíny překryly.

Pískové substráty – písčité sedimenty se vyskytují na bázi všech třetihorních a čtvrtohorních souvrství. Jsou složeny z křemenných zrn, méně často ze živců a horninových úlomků včetně vulkanoklastik. Aciditu těchto substrátů způsobuje častý výskyt pyritu a markazitu, obsah minerálních živin je nízký.

Uhelné substráty – uhlonosné jednotky, obsahují vrstvy humitového uhlí, které se střídají s vrstvami liptobiolitového a sapropelitického uhlí. Sloje jsou proloženy a lemovány vrstvami uhelnatých tufitů z periodických záplav rašeliniště a proplástky kaolinizovaných sopečných tufů. Tyto substráty se obohacují aromatickými sloučeninami, většinou huminovými kyselinami a fulvokyselinami, vzniklými oxidací uhelných úlomků. Uhelné substráty mají vlivem kyselého loužení hornin v blízkosti uhelných slojí nízký obsah minerálních živin.

Kaolinické vulkanické substráty jsou v sokolovské pánvi zastoupeny nejvíce, vyskytují se ve všech stratigrafických jednotkách. Devitrifikací, argilizací a karbinatizací vulkanoklastik, struskových kuželů a též čedičových lávových proudů se původně struskovitý, dobře propustný materiál změnil na jílovitou nepropustnou horninu.

Bentonitizované vulkanické substráty lemují pánevní centra a pokrývají vyvýšená místa pánve. Nebyly vystaveny kyselému loužení, a proto obsahují mnoho minerálních živin a málo toxických prvků.

Substráty cyprisového souvrství tvoří převážnou část nadložní těžené sloje. Spodní část souvrství je složena z jílovců a prachovců uložených v permanentím jezeře. Vyšší a mocnější část tohoto souvrství se skládá převážně z vulkanoklastik uložených v mělkých intermitentních, braktických jezerech. Obsah minerálních živin je poměrně nízký, vzrůstá směrem do vyšších poloh.

Substráty na pleistocénních hlínách – sprašové a proluviální hlíny se vyskytují jen plošně omezeném území pánve, mají vysoký obsah minerálních živin, nízký obsah

toxických prvků. Jejich fyzikální a infiltrační vlastnosti jsou pro rekultivaci výborné (Rojík, Řehoř, 2013).

4.3 Výsypka Antonín

V oblasti západně od města Sokolov, na pravém břehu řeky Ohře se nachází zre kultivovaná výsypka Antonín. Její rozloha je 168 ha a převážnou část plochy výsypky tvoří svahy. Rekultivace zde už byly ukončeny a výsypka je pokryta téměř z 90 % vegetací (lesnické rekultivace). V rámci této lesnické rekultivace zde vzniklo stejnojmenné arboretum Antonín. Rozsáhlý lesopark byl založen pro účely rekultivací v Sokolovské pánvi na výsypce starého hnědouhelného lomu.

V roce 1881 byl založen lom Luitpold, kde největší sokolovský uhlobaron Johann David Starck těžil vydatnou uhelnou sloj. V počátcích tu horníci pracovali ručně, od roku 1901 byly nasazeny stroje, hlavně na odklizení zeminy nad zásobami uhlí. Od počátku měl lom problémy s vodou z Ohře.

V roce 1945 byl Luitpold přejmenován na lom Antonín.

Pod tímto názvem byl lom provozován do r. 1964. Po vyuhlení lomu Antonín byla uvnitř lomu založena tzv. vnitřní výsypka s převýšením 48 m nad okolní původní terén, na kterou byly ukládány skryvkové zeminy z okolních uhelných dolů. Geomorfologický tvar výsypky je velmi atraktivní, vytvořený dvojetážovou technologií ve směru severozápad a částečně jihozápad. Odvodnění tělesa výsypky bylo provedeno jen pomístně otevřenými příkopy ve směru sever až severozápad. Vzniklé mokřady v severozápadní části výsypky jsou v současné době na ústupu ve fázi mělkého zavodnění, zbahnělé nebo zcela bez vody. Provoz výsypky byl ukončen v roce 1968 (Dimitrovský et al. 2010).

V 70. letech 20. století byla výsypka zalesněna. V její střední části vznikla speciální výzkumná plocha, která sloužila pro experimentální ověření optimální skladby lesních porostů pro rekultivace. Během několika desítek let, kdy bylo místo ponecháno svému osudu, zde vznikl unikátní lesopark s více než 200 druhy a poddruhy dřevin. Tyto dřeviny jsou často velmi vzácné a ojedinělé, pěstované ve 42 variantách míšení, ve skupinách různých velikostí a geometrických tvarů, proto je

tento lesopark ojedinělý. Lesopark je místem procházek sokolovských občanů a předmětem výzkumné činnosti studentů přílehlého gymnázia (Geopark 2014).

4.4 Charakteristika výsypkových substrátů

Výsypkové substráty můžeme dle geologicko - petrografické skladby rozdělit do dvou základních skupin, antropogenní substráty vzniklé ze sedimentů terciárního miocénního stáří (cca 90%) a antropogenní substráty kvartérního stáří (10 %).

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) a infiltrace.

Limitujícími faktory veškerých pedogenetických vlastností antropogenních substrátů a tím i jejich potenciální úrodnosti, tj. jejich vyživovacích schopností, jsou struktura a textura.

Z dendrologických aspektů jsou významné následující charakteristiky:

- **geologicko-petrografická skladba (stavba)** 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 (Dimitrovský et al. 2006)

Spjatost a rozmanitost geologicko-petrografických podmínek zastoupených substrátů na území arboreta Antonín je reprezentativní pro celou oblast Sokolovska. Naprostá většina substrátů je složena z cyprisového souvrství, které je tvořeno z jílovitě rozložených tufů a tufitů. Také zde najdeme substráty kvartérního původu, tj. štěrkopísky terasy Ohře, které tvoří cca jen 2 - 3 % plochy. Strukturální a texturální charakter substrátů se místo od místa mění, povrch výsypky je petrograficky

různorodý, jelikož při výstavbě výsypky docházelo k postupnému zaplňování lomového pole až na převýšení 48 m. U všech substrátů složených z cyprisového souvrství je nápadný jejich strukturální stav. Převážně jde o jíly a jílovce kompaktní, jílovité břidlice a jíly s lístkovitou strukturou. Z jednotlivých facií nejrozšířenější facií tvoří šedé, zelenošedé až hnědošedé proklouzané, drobné, lístkovitě rozpadavé jílovce, často nepravidelně siderizované, s prouhelněnými rostlinnými zbytky. V průběhu rekultivace se zde studovaly substráty homogenní složené z jedné výše uvedených struktur a substráty, těch je naprostá většina, heterogenní. Směrem k SZ výsypky přibývají u typu profilů heterogenních přibývají rovněž porcelanity, což jsou většinou cyprisové jíly, které byly v historii vypálené zemními požáry.

Zajímavou skupinou nadložních hornin jsou jíly, které vznikly zvětráváním (desagregací) a změnami hlinitých křemičitanů. K jílům patří kaolinit, montmorillonit a illit. U substrátů na výsypce Antonín je toto zastoupení: kaolinit - 16,6 %, montmorillonit - 30,4 %, illit - 28,0 %. Z hlediska potenciální úrodnosti jsou významné illit a montmorillonit (Dimitrovský et al. 2006).

4.5 Rekultivační arboretum Antonín

V sedmdesátých letech vlivem zvýšené těžby uhlí a budování elektráren a ostatních průmyslových aglomerací dochází ke značnému znečištění ovzduší. Hlavně zvýšenými depozicemi oxidu siřičitého dochází ke značnému poškozování listnatých a především jehličnatých dřevin (jedle, smrk, borovice). V důsledku těchto skutečností se hledaly nové cesty obnovy lesa jak v lesním resortu, tak i na výsypkách. Rekultivační arboretum (obr.6) na výsypce Antonín bylo založeno v letech 1969 – 1974, letos tedy slaví 45 let od svého vzniku. Za tu dobu zde vznikla unikátní dendroflóra tvořená lesem s velmi pestrou strukturou a skladbou. Originálnost rekultivačního arboreta Antonín je přisuzovaná kromě výše uvedených atributů i těmto:

1. Je jediné rekultivační dendrologické arboretum v podmínkách ČR a Evropy.
2. Půdní prostředí reprezentují skrývané nadložní zeminy, které postrádají jakékoli diagnosologické znaky rostlých lesních půd.
3. Počet jedinců zastoupených druhů introdukovaných dřevin v jednotlivých volbách způsobů jejich pěstování se řádově pohybuje v tisících stromech

- a) plošná výměra u mnoha introdukovaných dřevin přesahuje v mnoha případech několik hektarů.
- b) jejich dendrologický význam je zásadně studován v oblasti flexibility druhů na emisní a imisní zatížení (oxid siřičitý, fluor, dusík, prach), flexibility na půdní a klimatické podmínky výsypkového stanoviště a pěstování lesa v antropogenním půdním prostředí hospodářského a krajinyotvorného významu (Dimitrovský 2001).



Obr. 6. Celkový pohled na lesnické rekultivační arboretum Antonín v bezprostřední blízkosti města Sokolova (v pravé dolní polovině snímku). (Dimitrovský 2001)

5. Metodika

5.1 Založení zkusných ploch

Zkusné plochy byly zakládány v porostech s převahou jednoho druhu (v monokulturních či nesmíšených porostech). Při výběru konkrétních zkusných ploch byla snaha o maximální vyloučení vlivu prostředí mezi jednotlivými porovnávanými plochami a omezení vlivu pozdějších zásahů v porostech. Zkusné plochy byly umísťovány do středu pásových výsadeb z důvodu snížení vlivu okrajového efektu. Zkusné plochy byly v terénu očíslovány a hraniční stromy vyznačeny barvou.

5.2 Výběr a zpracování vzorníků

Výběr vzorníků byl proveden na základě průměrných taxačních veličin dřevin získaných v jednotlivých zkusných plochách. Zkusné plochy byly vyprůměrkovány na plno za účelem zjištění středního průměru. Do průměrkování byly brány jedinci od tloušťky 6 cm (byla tak omezena možnost zahrnutí pozdějších dosadeb popř. náletů do výsledků). Střední průměr vzorníku byl počítán kvadratickým průměrem $d = \sqrt{(n \cdot d^2) / n}$.

Pro účely zjišťování střední výšky bylo měření průměrů rozděleno do tloušťkových intervalů po 4 cm. Pro každý tloušťkový interval byly změřeny 3 výšky a zaneseny do výškového grafikonu, ze kterého byla odečtena výška pro střední strom – vzorník. Odběr vzorníků probíhal v období zima 2009 – v termínech, kdy byl celoroční přírůst ukončen.

5.3 Růstové analýzy

Pro analýzu růstu lesních dřevin na výsypkových stanovištích byly jako modelové dřeviny vybrány douglaska tisolistá a modřín opadavý. Dendrologická charakteristika na výsypkových stanovištích je posuzována podle stáří založených výsadeb. Na výsypce Antonín nebyly po dobu vývoje provedeny pravidelné výchovné zásahy.

Růst douglasky a modřínu byl posuzován na základě letokruhové analýzy z odebraných kotoučů. Předmětem měření byly dva kotouče modřínu (MD1 a MD2) a jeden kotouč douglasky (DG), všechny odebrané ve výčetní výšce 1,3 m nad zemí. Tyto kotouče byly sbroušeny a následně byl obraz jejich řezných ploch zdigitalizován (600Dpi).

Tloušťkový přírůst vzorníků byl hodnocen pomocí speciálního softwaru Letokruhy vyvinutého Ing. Danielem Zahradníkem z katedry Hospodářské úpravy lesů FLD ČZU v Praze. Hodnotitel načte do programu fotografii vzorníku, zvolí počet paprsků kompasové růžice, směr měření letokruhů od středu nebo od okraje, výpočet šířky letokruhů. Úhel paprsků v kompasové růžici vygeneruje program sám dle počtu zvolený paprsků, v našem případě u šesti paprsků 60 ° a u pěti paprsků 72°. Na fotografii se hodnotitel posouvá po letokruzích ve zvoleném směru, k této analýze byl zvolen směr od středu. V okamžiku kdy prochází hranicí letokruhu, klikne

tlačítkem na myši, program zaregistruje šířku letokruhu. Tímto způsobem projde celým paprskem, následně všemi dalšími navolenými paprsky. Data se při měření průběžně ukládají do počítače, který zajišťuje i jejich zpracování. U vzorníku MD 2 bylo při volbě paprsků využito variabilnosti programu a z důvodu růstové vady – suku, bylo použito jen pět paprsků místo původních šesti. Tímto krokem bylo zajištěno, že kompasová růžice bude probíhat mimo tuto vadu, která by mohla měření zkreslovat, protože v místě výskytu vad jsou letokruhy zdeformované a špatně čitelné.

Z letokruhových analýz byly odvozeny přírůsty v jednotlivých letech. Běžný tloušťkový přírůst (BTP) jako rozdíl dvou údajů růstové veličiny za určitý časový úsek a průměrný tloušťkový přírůst (PTP) jako podíl hodnoty růstové veličiny a počtu let, za které se růstová veličina vytvořila (Remeš et al. 2008).

Pro vystižení trendu časové řady byly vyneseny křivky běžných tloušťkových přírůstů proloženy 7-letými klouzavými průměry. Klouzavé průměry odhalí přírůstové trendy ve střednědobém horizontu a omezí vliv meziroční fluktuace (Drápela, Zach 1995). Byly použity jednoduché klouzavé průměry délky sedm, které jsou aritmetické průměry z původních hodnot časové řady. Délkou klouzavých průměrů je počet členů, ze kterých průměr počítáme (IASTAT 2014).

6. Vyhodnocení výsledků

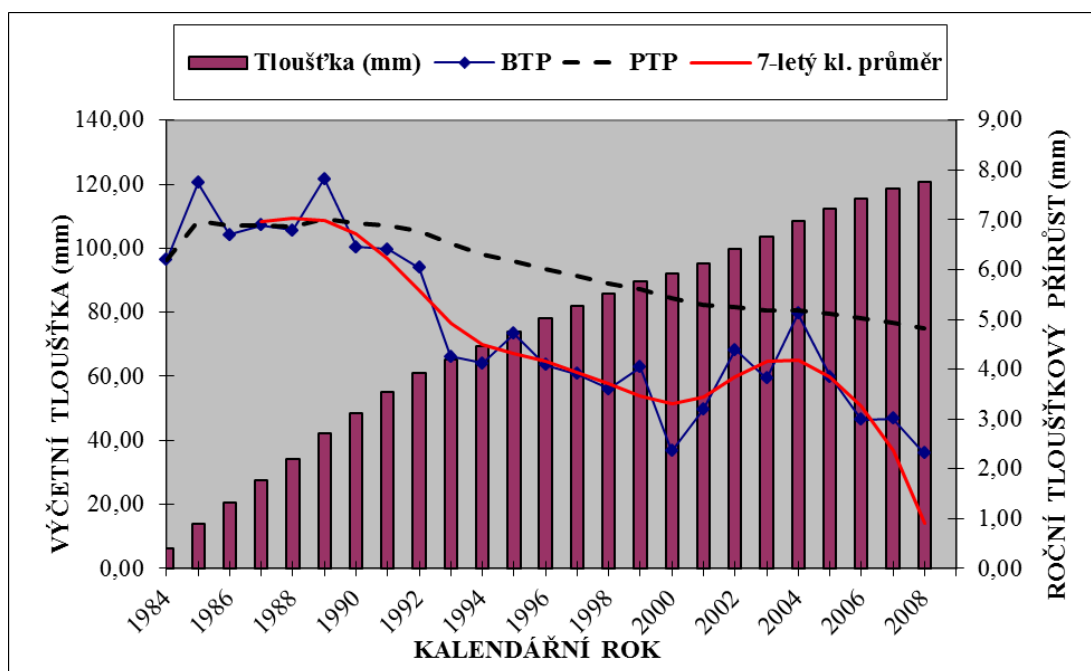
6.1 Analýza douglasky tisolisté (DG)

Na tomto vzorníku bylo determinováno celkem 25 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je proto odhadováno na přibližně 30 let.

Tloušťkový růst vzorníku DG byl hodnocen v šesti na sebe kolmých směrech pomocí již zmiňovaného speciálního softwaru Letokruhy, naměřené hodnoty byly zprůměrovány. Naměřené hodnoty, vypočítaný běžný tloušťkový přírůst (BTP) a průměrný tloušťkový přírůst (PTP) jsou uvedeny v tabulce 1. Průběh tloušťkového růstu je znázorněn na obrázku 7.

rok	kruhová plocha mm ²	tloušťka mm	letokruh mm	roky	BTP	PTP
1984	30,20	6,20	3,10	1	6,20	6,20
1985	152,70	13,94	3,87	2	7,74	6,97
1986	334,60	20,64	3,35	3	6,70	6,88
1987	595,40	27,53	3,45	4	6,89	6,88
1988	925,30	34,32	3,39	5	6,79	6,86
1989	1394,50	42,14	3,91	6	7,82	7,02
1990	1854,30	48,59	3,23	7	6,45	6,94
1991	2375,70	55,00	3,20	8	6,41	6,88
1992	2926,00	61,04	3,02	9	6,04	6,78
1993	3348,20	65,29	2,13	10	4,25	6,53
1994	3784,10	69,41	2,06	11	4,12	6,31
1995	4314,80	74,12	2,35	12	4,71	6,18
1996	4804,40	78,21	2,05	13	4,09	6,02
1997	5296,10	82,12	1,95	14	3,91	5,87
1998	5770,70	85,72	1,80	15	3,60	5,71
1999	6328,00	89,76	2,02	16	4,04	5,61
2000	6665,70	92,12	1,18	17	2,36	5,42
2001	7134,90	95,31	1,59	18	3,19	5,30
2002	7807,40	99,70	2,20	19	4,39	5,25
2003	8416,00	103,52	1,91	20	3,82	5,18
2004	9269,30	108,64	2,56	21	5,12	5,17
2005	9937,60	112,49	1,92	22	3,85	5,11
2006	10472,90	115,48	1,50	23	2,99	5,02
2007	11027,20	118,49	1,51	24	3,01	4,94
2008	11461,90	120,80	1,16	25	2,31	4,83

Tab.1: Hodnoty douglaska (DG)



Obr. 7: Průběh vývoje výčetní tloušťky, tloušťkového přírůstu a 7 – letého klouzavého průměru vzorníku douglasky tisolisté v arboretu Antonín.

V prvních letech tohoto vzorníku byly zaznamenány vyšší přírůstové hodnoty, průměrně 6,78 mm/rok. Nejvyšší přírůst 7,02 mm/rok byl naměřen v roce 1989. Tato růstová tendence byla zachována až do roku 1992. V roce 1993 BTP klesl o necelé 2 mm a tyto hodnoty se udržely až do doby skácení, vyjma roku 2000, kdy byl naměřen nejnižší přírůst (2,31 mm), přestože tento rok byl vydatný na srážky a průměrná roční teplota vzduchu byla též vyšší (údaje ČHMI, příloha č.2). V roce 2004, zřejmě vlivem většího úhrnu srážek a vyšší teploty se jednorázově BTP zvedl na 5,12 mm. Poslední zaznamenaný přírůst je 2,31 mm. Celkově tento vzorník dosáhl ve věku 30 let výčetní tloušťky 24,16 cm bez kůry.

6.2 Analýza modřínu opadavého (MD)

Vzorník I. (MD1)

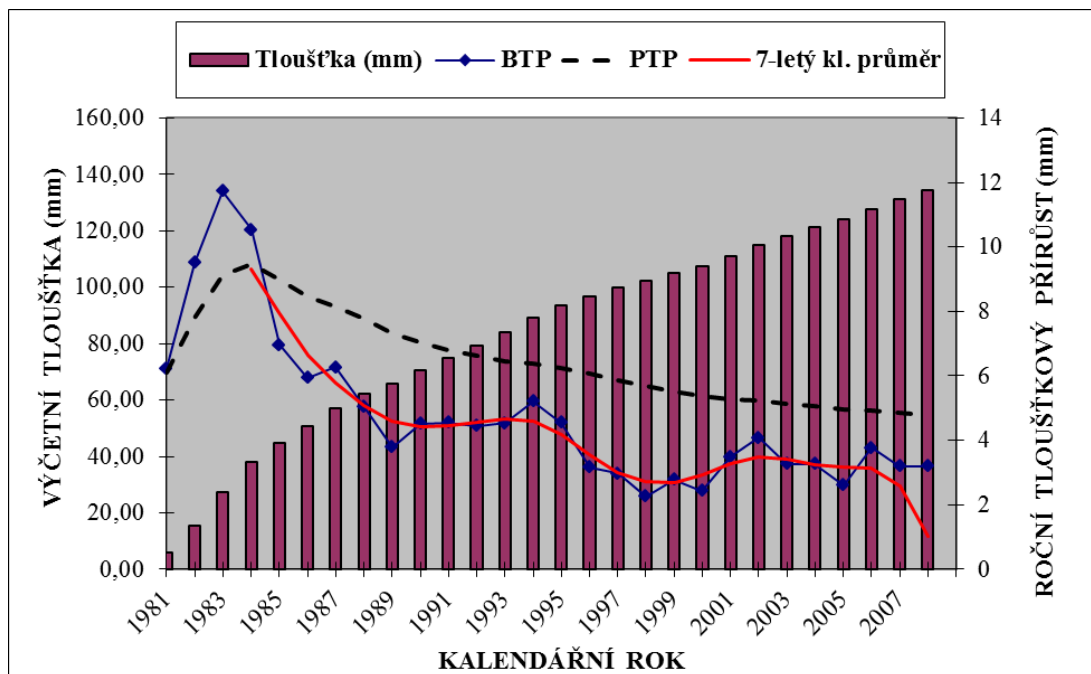
Na tomto vzorníku bylo determinováno celkem 28 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je 33 let.

Tloušťkový růst vzorníku MD1 byl hodnocen v šesti na sebe kolmých směrech pomocí speciálního softwaru Letokruhy, naměřené hodnoty byly zprůměrovány.

Naměřené hodnoty, vypočítaný běžný tloušťkový přírůst (BTP) a průměrný tloušťkový přírůst (PTP) jsou uvedeny v tabulce 2. Na obrázku 8 je znázorněn průběh tloušťkového růstu.

rok	kruhová plocha mm ²	tloušťka mm	letokruh mm	roky	BTP	PTP
1981	29,30	6,11	3,05	1	6,11	6,11
1982	191,90	15,63	4,76	2	9,52	7,82
1983	588,20	27,37	5,87	3	11,74	9,12
1984	1128,60	37,91	5,27	4	10,54	9,48
1985	1581,30	44,87	3,48	5	6,96	8,97
1986	2027,30	50,81	2,97	6	5,94	8,47
1987	2557,70	57,07	3,13	7	6,26	8,15
1988	3029,10	62,10	2,52	8	5,03	7,76
1989	3409,90	65,89	1,89	9	3,79	7,32
1990	3893,70	70,41	2,26	10	4,52	7,04
1991	4413,50	74,96	2,28	11	4,55	6,81
1992	4951,50	79,40	2,22	12	4,44	6,62
1993	5533,70	83,94	2,27	13	4,54	6,46
1994	6241,90	89,15	2,60	14	5,21	6,37
1995	6895,10	93,70	2,27	15	4,55	6,25
1996	7369,00	96,86	1,58	16	3,16	6,05
1997	7828,60	99,84	1,49	17	2,98	5,87
1998	8188,10	102,10	1,13	18	2,26	5,67
1999	8641,40	104,89	1,39	19	2,79	5,52
2000	9046,20	107,32	1,21	20	2,43	5,37
2001	9645,60	110,82	1,75	21	3,50	5,28
2002	10371,10	114,91	2,05	22	4,09	5,22
2003	10968,20	118,17	1,63	23	3,26	5,14
2004	11582,20	121,44	1,63	24	3,27	5,06
2005	12085,50	124,05	1,31	25	2,61	4,96
2006	12832,00	127,82	1,89	26	3,77	4,92
2007	13483,20	131,02	1,60	27	3,20	4,85
2008	14148,10	134,22	1,60	28	3,20	4,79

Tab.2: Hodnoty modřín (MD1)



Obr. 8: Průběh vývoje výčetní tloušťky, tloušťkového přírůstu a 7 – letého klouzavého průměru vzorníku I. modřínu v arboretu Antonín.

Růst tohoto vzorníku byl v prvních letech velmi intenzivní, v roce 1983 BTP dosáhl nejvyšší hodnoty 11,74 mm. V roce 1985 hodnota BTP strmě klesla a přírůst se po dobu 10 let, tedy do roku 1995, ustálil na průměrné hodnotě 5,07 mm. Z křivky 7-letého klouzavého průměru je vidět, že přírůst je v tomto období ustálený. Od roku 1996 se růst ještě více zpomalil na průměrnou hodnotu 2,8 mm, až na výjimečné roky 2001 až 2004, kdy se o něco zvedl na 3,53 mm, což bylo pravděpodobně ovlivněno větším úhrnem srážek a vyšší teplotou vzduchu (příloha č.2) v těchto letech. Nejmenší přírůst 2,26 mm byl zaznamenán v roce 1998, přestože klimatické podmínky v tomto roce byly příznivé. Hodnota posledního přírůstu před skácením byla 3,2 mm. Růstové podmínky tohoto vzorníku lze označit jako průměrné. Celkově tento vzorník dosáhl ve věku 33 let výčetní tloušťky 26,8 cm bez kůry.

Vzorník II. (MD2)

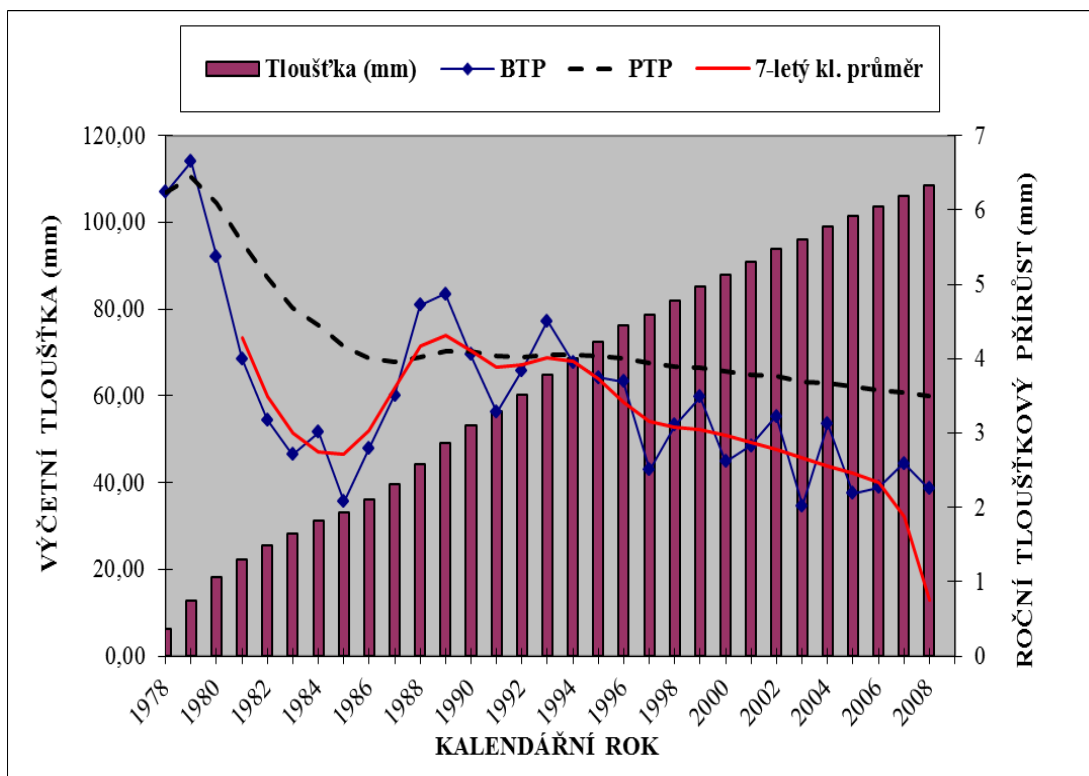
Na tomto vzorníku bylo determinováno celkem 31 letokruhů (ve výčetní výšce), předpokládané stáří vzorníku je podle údajů doby založení porostu 33 let.

Tloušťkový růst tohoto vzorníku byl hodnocen v pěti na sebe kolmých směrech pomocí speciálního softwaru Letokruhy, naměřené hodnoty byly zprůměrovány. Naměřené hodnoty, vypočítaný běžný tloušťkový přírůst (BTP) a průměrný

tloušťkový přírůst (PTP) jsou uvedeny v tabulce 3. Průběh tloušťkového růstu je znázorněn na obrázku 9.

rok	kruhová plocha mm ²	tloušťka mm	letokruh mm	roky	BTP	PTP
1978	30,60	6,24	3,12	1	6,24	6,24
1979	130,50	12,89	3,33	2	6,65	6,45
1980	262,20	18,27	2,69	3	5,38	6,09
1981	389,50	22,27	2,00	4	4,00	5,57
1982	508,60	25,45	1,59	5	3,18	5,09
1983	622,90	28,16	1,36	6	2,71	4,69
1984	763,00	31,17	1,50	7	3,01	4,45
1985	868,00	33,25	1,04	8	2,08	4,16
1986	1020,60	36,05	1,40	9	2,80	4,01
1987	1229,10	39,56	1,76	10	3,51	3,96
1988	1540,20	44,28	2,36	11	4,72	4,03
1989	1897,60	49,15	2,44	12	4,87	4,10
1990	2223,70	53,21	2,03	13	4,06	4,09
1991	2506,10	56,49	1,64	14	3,28	4,04
1992	2858,80	60,33	1,92	15	3,84	4,02
1993	3302,40	64,84	2,26	16	4,51	4,05
1994	3716,10	68,79	1,97	17	3,95	4,05
1995	4133,30	72,54	1,88	18	3,75	4,03
1996	4563,70	76,23	1,84	19	3,69	4,01
1997	4869,40	78,74	1,26	20	2,51	3,94
1998	5261,60	81,85	1,56	21	3,11	3,90
1999	5719,50	85,34	1,74	22	3,49	3,88
2000	6076,60	87,96	1,31	23	2,62	3,82
2001	6474,40	90,79	1,42	24	2,83	3,78
2002	6942,10	94,02	1,61	25	3,23	3,76
2003	7244,60	96,04	1,01	26	2,02	3,69
2004	7722,80	99,16	1,56	27	3,12	3,67
2005	8068,20	101,35	1,10	28	2,19	3,62
2006	8433,60	103,62	1,13	29	2,27	3,57
2007	8860,40	106,21	1,30	30	2,59	3,54
2008	9239,00	108,46	1,12	31	2,25	3,50

Tab.3: Hodnoty modřín (MD2)



Obr. 9: Průběh vývoje výčetní tloušťky, tloušťkového přírůstu a 7 – letého klouzavého průměru vzorníku II. modřinu v arboretu Antonín.

O jeho průběhu platí vše, co bylo uvedeno pro vzorník MD 1. Maximální hodnoty běžného tloušťkového přírůstu byly dosaženy v prvních letech. Největší 6,65 mm byl dosažen v roce 1979. Poté, od roku 1981, následoval prudký pokles tloušťkového přírůstu na průměr 2,96 mm. V roce 1987 se opět začíná BTP zvedat a po dobu 9 let se jeho hodnota pohybuje okolo průměru 4,01 mm. V roce 1997 začíná opět klesat, nejmenší hodnota 2,02 mm byla naměřena v roce 2003, zřejmě vlivem nízkého úhrnu srážek (příloha č.2). Tyto změny jsou nejlépe vidět na křivce 7- letého klouzavého průměru. Poslední zaznamenaný přírůstek je 2,25 mm. Růstové podmínky tohoto vzorníku lze označit jako průměrné, celkově tento vzorník dosáhl ve věku 33 let výčetní tloušťky 21,69 cm bez kůry.

6.3 Vzájemné srovnání všech vzorníků

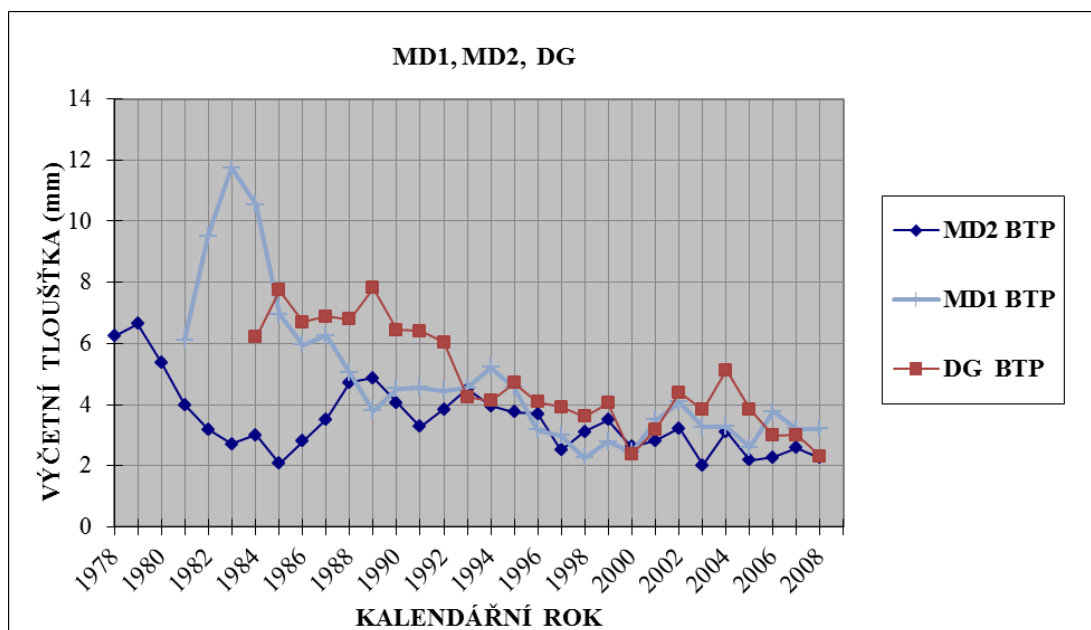
Bylo provedeno srovnání všech tří vzorníků a je zde patrný rozdílný rytmus růstu dvou analyzovaných dřevin (obr. 10). Modřín, jakožto silně světlo milná dřevina, vykazoval velmi vysoký tloušťkový přírůstek v prvních letech, poté ovšem následoval poměrně rychlý pokles tloušťkového růstu. Naproti tomu douglaska si dynamiku

růstu udržela delší dobu a maximální hodnoty přírůstů dosáhla výrazně později než modřín. Pokles přírůstové aktivity byl pozvolný.

V době skácení vzorníku, tedy 28 letech, dosáhla douglaska stejné výčetní tloušťky (24,6 cm) jako vzorník modřínu MD1 (24,81 cm), v tomto roce též 28 letý. Druhý vzorník MD2 ve stejném věku dosáhl výrazně nižší výčetní tloušťky jen 18,8 cm.

Při srovnání tloušťkového růstu douglasky a modřínu byly zjištěny významné odlišnosti. Modřín vykazoval rychlý nástup růstu a zároveň i relativně rychlý pokles přírůstu. Douglaska si naproti tomu udržuje dynamiku přírůstu po delší období.

Zajímavé je i zjištění, že u všech sledovaných vzorníků došlo shodně v letech 2000 a 2005 k velkému poklesu přírůstu, přestože byly tyto roky z klimatického hlediska příznivé. V následném roce, tedy roce 2001, se přírůst opět shodně u všech vzorníků zvýšil, toto tvrzení ale neplatí pro rok 2006. V tomto roce u vzorníku DG přírůst ještě poklesl, u vzorníku MD2 se zvýšil jen minimálně a u vzorníku MD byla zaznamenána vyšší hodnota přírůstu.



Obr. 10: Letokruhové křivky analyzovaných vzorníků synchronizované podle věku

7. Diskuze

Pro toto měření byla vybrána metoda letokruhových analýz, která již byla také použita na výsypkových stanovištích v severozápadních Čechách (Remeš et al. 2008). Šířka letokruhů byla změřena softwarem Letokruhy, ale měření lze provést též pomocí speciálního měřicího stolu, který je posuvný. Posuv je s velkou přesností registrován a data se při měření průběžně ukládají do počítače, který zajišťuje i jejich zpracování. Pracovník (hodnotitel) se na dřevo dívá přes mikroskop a v momentě, kdy prochází hranicí letokruhu, stiskne tlačítko a aparatura zaregistruje šířku. Myslím si, že použití softwaru Letokruhy je pro vyhodnocení tloušťkového přírůstu rychlejší a pro hodnotitele pohodlnější práce a není k ní potřeba žádného speciálního technického vybavení. I z těchto důvodů byl pro toto měření použit software Letokruhy.

Ze dvou možností odběru vzorníků pro letokruhovou analýzu byla vybrána technika disků dřeva, u které je kresba letokruhů i případné růstové vady dobře viditelné a měření lze provádět jen v místech, kde jsou letokruhy pravidelné a bez vad. Naproti tomu při použití techniky vývrtu nelze zvenčí stromu růstové vady a nepravidelnost letokruhů odhalit. Tyto skutečnosti mohou vyvolat chybu v měření a výsledky zkreslovat. Technika vývrtu se někdy používá k určení mytní zralosti stromů.

Výsledky měření potvrdily, co již o růstu modřínu uváděli ve své práci DIMITROVSKÝ et al (2006), a to že založené kultury modřínů na výsypkových stanovištích mají již v prvních letech růstu vesměs větší přírůst než ostatní dřeviny (např. javor klen, olše šedá, olše lepkavá, smrk ztepilý, borovice lesní, douglaska tisolistá, vejmutovka).

Z výsledků měření vyplynulo, že i když byly příznivé klimatické podmínky, přírůst se nezvýšil, neboť jak uvádí BAŽANT (2010) a DIMITROVSKÝ (2006) tloušťkový přírůst ovlivňuje velké množství faktorů. Mezi nejdůležitější patří klimatické poměry, ale též nadmořská výška, složení půdního substrátu i postavení stromu v porostu. Je tedy možné, ale zpětně to nelze zhodnotit, že i v klimaticky příznivých letech nebyl zaznamenán větší přírůst, protože stromy mohly být zastíněny, což na světlo milný modřín může mít značný vliv, nebo kořeny stromů mohly narazit na

nepříliš výživné podloží nebo díky velké hustotě porostu mohly být stromy ohroženy suchem.

Jak již bylo uvedeno, v arboretu Antonín nebyly pravidelně prováděny výchovné zásahy, není tedy prokázáno, zda by tyto zásahy měly vliv na přírůst nejen hodnocených stromů. Tak jak byly v arboretu vybudovány zkusné plochy monokultur i skupin různých tvarů, velikosti a druhové skladby - směs s listnáči i jehličnany, je zde možnost založit zkusné plochy s pravidelným výchovným zásahem a později porovnat s výsledky ze zkusných ploch bez výchovného zásahu.

V budoucnu bude možné vyhodnocovat nejen sezónní, ale i denní průběhy přírůstků jednotlivých dřevin pomocí elektronických pásových dendrometrů, které jsou umístěny na kmenech a velmi přesně objemové změny kmene zaznamenávají. Na základě těchto záznamů lze lépe analyzovat faktory prostředí, které na stanovištích přírůsty ovlivňují. Jako příklad lze uvést monitorovací plochy v lesních oblastech Šumavy, Brd a Krkonoš. Tyto plochy byly založeny Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM 2014) na základě nepříznivého vývoje zdravotního stavu většiny lesních dřevin v evropských zemích. Tloušťkový růst je zde sledován pomocí elektronických dendrometrů a data jsou jednou za hodinu zaznamenávána a jednou za šest hodin jsou odesílána přes GSM modem do databáze VÚLHM (VÚLHM 2014).

8. Závěr

V této bakalářské práci jsou shrnuté výsledky hodnocení růstu douglasky a modřínu na lesnické rekultivaci výsypky Antonín – arboretum Antonín na Sokolovsku. Provedené růstové analýzy potvrzují značný produkční potenciál hodnoceného stanoviště. Při srovnání tloušťkového růstu douglasky a modřínu byly zjištěny tyto odlišnosti. Modřín vykazoval výrazně pionýrský charakter růstu s rychlým nástupem a s relativně rychlým poklesem přírůstu. Douglaska si naproti tomu po pozvolnějším nástupu tloušťkového růstu udržuje po delší období výraznou přírůstovou dynamiku. I když analýza byla provedena na mladých stromech, dynamika přírůstu ukazuje, že douglaska i modřín jsou vhodné dřeviny na zrekultivované výsypky. Při správně provedené lesnické rekultivaci je možné v poměrně krátké době na těchto degradovaných stanovištích obnovit lesní ekosystémy, které jsou schopné plnit jak produkční, tak i ostatní požadované funkce.

9. Literatura

- BAŽANT V., 2010: *Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve (Severočeské hnědouhelné pánve)*. Disertační práce, ČZU, FLD, Praha, 118s.
- DIMITROVSKÝ K., 2000: *Zemědělské, lesnické a hydričké rekultivace území ovlivněných báňskou činností*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 66s.
- DIMITROVSKÝ K., 2001: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná a.s., Studio F., Praha, 191s.
- DIMITROVSKÝ K., JEHLIČKA J., JETMAR M., KUBÁT J., 2006: *Geologickopedologické předpoklady výsypkových substrátů pro pěstování douglasky tisolisté a jedle obrovské*. Sborník referátů LČR, ČZU, FLE. Kostelec n. Černými lesy
- DIMITROVSKÝ K., JEHLIČKA J., JETMAR M., KUBÁT J., 2006: *Výzkum modřínu (Larix Mill) v rekultivačním lesnickém arboretu Antonín na Sokolovsku a na ostatních výsypkách*. Sborník referátů LČR, ČZU, FLE. Kostelec n. Černými lesy
- DRÁPELA K., ZACH J., 1995: *Skripta pro posluchače LDF*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1.vyd.Brno, 149 s.
- FROUZ J., PÖPPERL J., PŘIKRYL I., ŠTRUDL J., 2007: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná a.s., Sokolov, 25s
- HOKR Z., 1961: *Terciér Sokolovské hnědouhelné pánve*. Sborník Ústředního ústavu geologického, Praha, 26/ 2: 119 – 174.
- HÜTL R.F., RADSHAWA A., 2001: *Ecology of post-mining landscapes*. Restoration Ecology, 9: 339–340.
- HÜTL R.F., SCHNEIDER B.U., 1998: *Forest ecosystem degradation and rehabilitation*. Ecological engineering, 10: 19–31.
- JONÁŠ F., 1970: *Průběh půdotvorných procesů na rekultivovaných výsypkách SHR*. Závěrečná zpráva VÚM, Praha-Zbraslav.
- JONÁŠ F., 1975: *Tvorba půdy na rekultivovaných výsypkách*. Závěrečná zpráva VÚM, Praha-Zbraslav.

- JONÁŠ F., 1985: *Tvorba půdy na rekultivovaných výsypkách*. Závěrečná zpráva VŠZ, Praha.
- JURANKA P., 1955: *Geologické poměry v severní části karlovarsko-otovické pánve mezi Starou Rolí a Sadovem*. MS diplomová práce GGF UK, Praha, 81 s.
- KNOBLOCH E., KONZALOVÁ M., KVAČEK Z., 1996: *Die obereozäne Flora der Staré Sedlo–Schichtenfolge in Böhmen (Mitteleuropa)*. Rozpravy ČGÚ, ČGÚ Praha, 49s.
- KOHEL J., 1997: *Zemědělská rekultivace výsypek a problematika hodnocení vytvořených antropogenních půd*. Sborník referátů konference, 45 let české rekultivační školy, Most: 122–124.
- KUPKA I., DIMITROVSKÝ K., 2006: *Silvicultural assessment of reforestation under specific spoil bank conditions*. Journal of Forest Science, 52: 410–416.
- NÁPRSTEK V., 1958: *Přehled geologického vývoje terciéru sokolovské pánve*. Časopis pro mineralogii a geologii, NČSAV, Praha,3: 163 – 178.
- PEŠEK et al., 2010: *Terciérní pánve a ložiska České republiky*. Česká geologická společnost, Praha, 438s.
- 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., DIMITROVSKÝ K., KUBÁT J., GROSS J., 2008: *Růst a vývoj dubu, smrku a modřínu na výsypkách v severozápadních Čechách*
- ROJÍK P., 2004: *Tektonosedimentární vývoj sokolovské pánve a její interakce s územím Krušných hor*. Ph.D. thesis, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 227s.
- ROJÍK P., 2005: *New stratigraphic subdivision of the Tertiary in the Sokolov Basin in NW Bohemia*. Journal of Czech Geol. Soc., Praha.
- ROJÍK P., 2005: *Návrh stratigrafického členění terciéru sokolovské pánve*. Zpravodaj hnědé uhlí, Most, 2: 16-34.
- ROJÍK P., ŘEHOŘ M., 2013: *Rekultivační substráty Sokolovska*, Zpravodaj hnědé uhlí, Most, 4:19-25.
- SHRBENÝ O. et al., 1986: *Terciér*. In Klomínský J. (ed.): Stratigrafie ČSR. Český geologický ústav, Praha.
- SHRBENÝ O. et al., 1994: *Terciér Českého masívu*. In Klomínský J. (ed.): Geologický atlas České republiky, Český geologický ústav, Praha.

ŠTÝS S. et al., 1981: *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. SNTL Praha, 678s.

VÁCL J., 1964: *Sokolovská pánev*. In: Svoboda, J. (ed.). *Regionální geologie ČSSR I.*, NČSAV, Praha, 2: 328 - 341.

Internetové zdroje:

ČHMI, 2014: Online: www.portal.chmi.cz, Staženo: 14.2.2014

DIMITROVSKY K., PROKOPOVÁ D., MODRÁ B., 2010: *Unikátní rekultivační lesnické arboretum na Sokolovsku*. *Zahrada, park, krajina* 3/2010: Online: www.zahrada-park-krajina.cz, Staženo: 12.1.2014

GEPARK, 2014: *Regiony*. Online: <http://www.geopark.cz/geopark>, Staženo: 12.1.2014

IASTAT – interaktivní učebnice statistiky, 2014: Online: <http://iastat.vse.cz/casovky/casovky8.htm>, Staženo: 14.2.2014

KYNCL J., 2003: *Rozhovor s dendrochronologem Josefem Kynclem*, Online: http://www.rozhlas.cz/sever/planetarium/_zprava/64728, Staženo: 12.1.2014

SEZNAM.CZ, 2014: Online: <http://www.mapy.cz/#!x=12.665508&y=50.198522&z=11>, Staženo: 14.2.2014.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., 2014: Online: http://www.vulhm.cz/sites/Image/obr_text/Vyvrt_na_podlozce.jpg, Staženo: 14.2.2014

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., 2014: Online: http://www.vulhm.cz/index.php?p=mssl_uroven2_rust&site=default, Staženo: 14.2.2014

Ostatní zdroje:

PÖPPERL J., 2009: *Rekultivační činnost, Jak využít území po skončení těžby, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.*

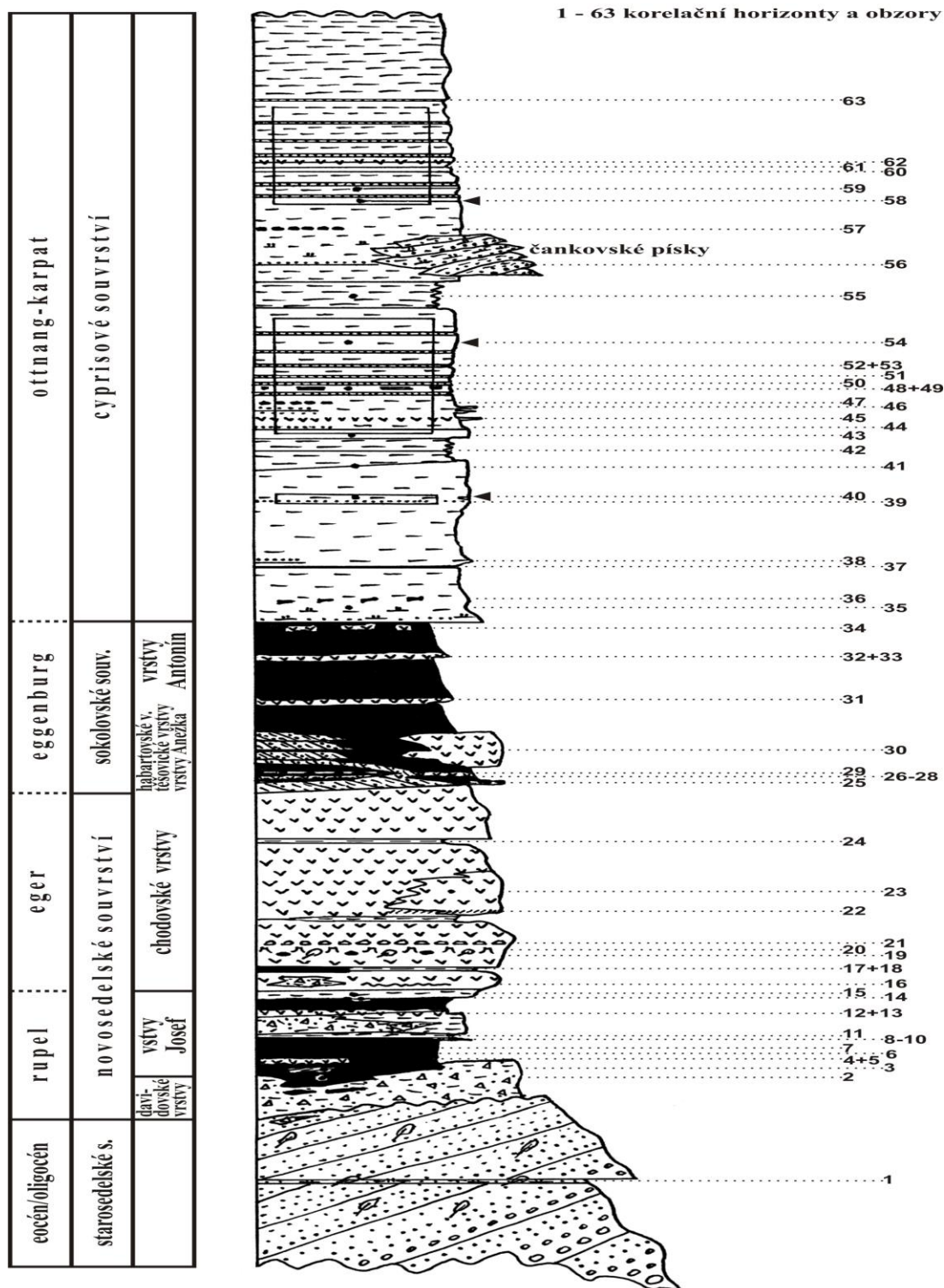
Projekt – Rekultivace výsypky Silvestr II.A, 2005: *Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s.*

Zakázka FNMČR č.00489-2002-240-S-2633, kapitola 10, 2002: *Rekultivace, závěrečná sanace a rekultivační opatření v oblasti Sokolov – západ sokolovské pánve*

10. Přílohy

Příloha č.1:

LITOSTRATIGRAFICKÉ SCHÉMA TERCIÉRU SOKOLOVSKÉ PÁNVE



Litografické schéma sokolovské pánve (Rojík 2005)

Příloha č.2: Údaje ČHMI pro Karlovarský kraj

ROK	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA VZDUCHU (C⁰)	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK (mm)
1978	5,8	673
1979	7	705
1980	5,5	733
1981	6,3	966
1982	7	572
1983	7,3	701
1984	5,9	721
1985	5,6	587
1986	6,2	834
1987	5,6	783
1988	6,9	803
1989	7,5	642
1990	7,4	661
1991	6,3	557
1992	7,5	749
1993	6,6	729
1994	7,8	740
1995	6,8	827
1996	5,2	638
1997	6,8	580
1998	7,1	863
1999	7,3	701
2000	8	756
2001	6,8	821
2002	7,8	673
2003	7,4	519
2004	6,6	854
2005	6,7	792
2006	7,2	773
2007	7,9	961
2008	7,5	724