

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra lesní těžby



**Produkce dřeva, celková biomasa a biomasa
větví čtyřletého japonského topolu (*Populus
nigra X Populus maximowiczii*) na vybrané
plantáži**

Diplomová práce

Autor: Bc. Vladimír Filip

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha Ph.D.

Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra lesní těžby

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Filip Vladimír

Lesní inženýrství

Název práce

Produkce dřeva, celková biomasa a biomasa větví čtyřletého japonského topolu (Populus nigra X Populus maximowiczii) na vybrané plantáži

Anglický název

Wood production, total biomass and branches biomass of the chosen four years old Japanese poplar (Populus nigra X Populus maximowiczii) plantation

Cíle práce

Shromáždit informace o japonském topolu v ČR a objemové produkci plantáží.
Změřit a zhodnotit růstové parametry u čtyřletého japonského topolu na vybrané plantáži.
Určit biomasu větví a celkovou biomasu stromu (bez asimilačních orgánů).
Zhodnotit objemovou produkci plantáže v dané lokalitě.

Metodika

Terénní práce - sběr dat: měření taxačních veličin u reprezentativních jedinců.
Shromáždění informací o japonském topolu v ČR, jeho produkčních možnostech a o vybrané plantáži.
Zpracování rešeršní části, podrobný popis metodiky.
Vyhodnocení dat, zpracování výsledků.
Diskuse – porovnání výsledků s ostatními autory.
Závěr – shrnutí, doporučení.

Harmonogram zpracování

duben – říjen 2013: zpracování rešeršní části,
listopad – prosinec 2013: sběr dat, zpracování dat,
leden – březen 2014: zpracování výsledků, diskuse a závěru do jednotlivých kapitol,
duben 2014: kontrola, úprava textu, případné revize, odevzdání práce.

Rozsah textové části

40-60 stran

Klíčová slova

biomasa, japonský topol, plantáže RRD, produkce dřeva

Doporučené zdroje informací

STUPAVSKÝ Vladimír (ed.). Biomasa & Energetika 2009. Sborník referátů z konference 2.12.2009, ČZU v Praze, CZ Biom 2009.
STUPAVSKÝ Vladimír (ed.). Biomasa & Energetika 2010. Sborník referátů z konference 23. 11. 2010, ČZU v Praze, CZ Biom 2010.
STUPAVSKÝ Vladimír (ed.). Biomasa & Energetika 2011. Sborník referátů z konference 29.11. 2011, ČZU v Praze, CZ Biom 2011.
Časopis Lesnická práce [online]. c2010, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz>>.
Sdružení pro biomasu [online]. c2001-2009, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>.
Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [online]. c2003-2013, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz>>.
Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví [online]. c2009, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.vukoz.cz>>.
Web of knowledge [online]. c2011, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

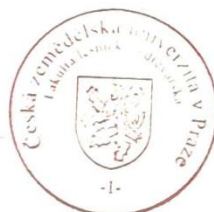
Vedoucí práce

Štícha Václav, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2014


doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Děkan fakulty

V Praze dne 20.9.2013

Prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Produkce dřeva, celková biomasa a biomasa větví čtyřletého japonského topolu (*Populus nigra X Populus maximowiczii*) na vybrané plantáži vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Štíchy Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Netolicích dne.....

.....

Podpis autora

Poděkování

Velice rád bych poděkoval panu Ing. Václavu Štíchovi Ph.D. za cenné informace, rady a pomoc při řešení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Ševčíkovi za ochotu a poskytnutí své plantáže k naměření hodnot použitých v mé práci.

Abstrakt

Tématem této diplomové práce je produkce dřeva, celková biomasa a biomasa větví čtyřletého japonského topolu (*Populus nigra X Populus maximowiczii*) na plantáži ve Vráži u Písku. Práce se zabývá biomasou, plantážemi rychle rostoucích dřevin, jednotlivými klony topolů a vrb a jejich škůdci. Konkrétně popisuje problematiku, využití a perspektivu plantáží rychle rostoucích dřevin. Detailně popisuje postup od založení plantáže, dlouhodobé přípravy pozemku k následné péči až po rušení plantáže rychle rostoucích dřevin včetně popisu různých způsobů sklizně. Hlavním výsledkem práce je stanovení objemu biomasy větví a celkové biomasy japonského topolu na plantáži ve Vráži u Písku. Práce také popisuje výškové a tloušťkové poměry na dané plantáži. Naměřené údaje porovnává s dostupnou odbornou literaturou.

Klíčová slova: biomasa, japonský topol, plantáže rychle rostoucích dřevin, produkce dřeva

Abstract

The topic of this thesis is timber production, total biomass and biomass of branches of four-year-old Japanese poplar (*Populus nigra X Populus maximowiczii*) on a plantation in Vráž nearby Písek. This work deals with biomass, plantations of fast-growing tree species, different clones of poplar and willow trees and their pests. It specifically describes the problem, the use and the perspective of plantations of fast-growing trees. It describes in detail the process from the plantation establishing, land preparation for long-term follow-up care till elimination of plantations of fast-growing tree species, including the description of various methods of harvesting. The main result of this work is to set the amount of biomass of branches and total biomass of Japanese poplar plantation in Vráž nearby Písek. The work also describes the height and thickness ratio on the plantation. The measured data is compared with the available reference books.

Keywords: biomass, Japanese poplar, plantations of fast-growing trees, timber production

Obsah

1. Úvod.....	9
1.1 Cíl práce	9
2. Biomasa	10
2.1 Skupiny biomasy	10
2.2 Využití biomasy	12
2.3 Výhody a nevýhody využití biomasy.....	13
2.4 Formy biomasy.....	14
2.5 Lesní biomasa.....	14
2.5.1.Soustředování těžebních zbytků	15
2.5.2. Přejímka lesní štěpky.....	15
3 Rod topol, rod vrba a klony používané v plantážích rychle rostoucích dřevin	16
3.1 Rod topol.....	16
3.1.1 Sekce rodu Topol.....	16
3.1.2 Topoly na plantážích rychle rostoucích dřevin	17
3.1.3 Zástupci rodu Topol	18
3.2 Rod Vrba	19
3.2.1 Sekce rodu Vrba	19
3.2.2 Zástupci rodu vrba.....	20
3.3 Rod Akát	20
3.4 Klony topolů a vrb využívané v ČR a v Evropě	20
3.4.1 Klony topolů	23
3.4.2.Klony vrb.....	26
4 Plantáže rychle rostoucích dřevin	28
4.1 Úvod.....	28
4.2 Důvody pro zavádění systému rychle rostoucích dřevin	29
4.3 Sortiment dřevin pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin	30
4.4 Ekologické aspekty plantáže rychle rostoucích dřevin	30
4.5 Výběr stanoviště pro plantáže rychle rostoucích dřevin	31
4.6 Dlouhodobá příprava pozemku před sadbou.....	32
4.7 Sadební materiál pro plantáže rychle rostoucích dřevin	33
4.7.1 Řízky.....	33

4.7.2 Kořenáč.....	33
4.7.3 Sadbové hole	33
4.8 Skladování sadebního materiálu	34
4.9 Výsadba plantáže rychle rostoucích dřevin.....	34
4.10 Péče o plantáž v prvním a druhém roce	36
4.11 Hnojení plantáží	37
4.12 Sklizeň.....	38
4.12.1 Sklizeň biomasy z energetických plantáží.....	38
4.12.2 Štěpkovače.....	39
4.12.3 Drtiče	40
4.12.4 Vývoj těžebních strojů.....	40
4.13 Rušení plantáží	41
4.14 Škody způsobené zvěří.....	41
5 Choroby a škůdci topolů a vrb	42
6. Metodika	44
6.1 Základní údaje o měřené lokalitě	44
6.2 Postup měření.....	44
6.3 Výpočet objemu kmene a větví.....	45
7. Výsledky	46
8. Diskuze	56
9. Závěr	59
10. Použitá literatura	60
11. Přílohy.....	67

1. Úvod

Pěstování rychle rostoucích dřevin je v současné době velmi oblíbené, jak na malých plantážích sloužících pro domácí potřebu, tak na velkých plantážích určených k produkci biomasy. Je to i způsob využití mnoha pozemků, na nichž se velmi špatně zemědělsky hospodaří (např. velké ovlivnění pozemku vodou), a nebo jsou ponechány ladem. Pěstování rychle rostoucích dřevin, u nás nejčastěji topolů a vrb, je jedním ze způsobů jak využít tento obnovitelný zdroj energie. V poslední době je pěstování, zejména topolů, velmi mediálně propagováno, což velmi prospívá rozvoji tohoto odvětví. Jelikož většina klonů topolů jsou nepůvodními druhy, je třeba dbát na to, aby nedocházelo k jejich rozšiřování do volné přírody. Nejčastěji jsou plantáže rychle rostoucích dřevin pěstovány k produkci štěpky, která se používá jak k vytápění, tak k výrobě energie. Při prodloužení doby sklizně se dají použít i k produkci palivového dřeva.

1.1 Cíl práce

Cílem této práce je shromáždit a zpracovat informace o japonském topolu v České republice a objemové produkci plantáží. Dalším cílem je změřit a zhodnotit růstové parametry čtyřletého japonského topolu na vybrané plantáži (Vráž u Písku), stanovit biomasu větví (bez asimilačních orgánů) a celkovou objemovou produkci plantáže.

2. Biomasa

Biomasa je definována jako hmota organického původu, takže se pod tento pojem zahrnuje veškerá živá příroda (Celjak, 2008). Podle Pastorka a kol. (2004) je biomasa substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Základním producentem biomasy jsou rostliny, které jsou schopné využitím světelné energie zachycené v zeleném barvivu (chlorofylu) produkovat sacharidy a následně bílkoviny (Weger, 2009). Příhoda (2007) popisuje získávání biomasy jako výsledek výrobní činnosti (zemědělské energetické plodiny, rychle rostoucí dřeviny atd.), nebo se jedná o využití odpadů a zbytků ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu (lesní energetická biomasa, sláma atd.). Biomasu v lesním hospodářství často označujeme termínem dendromasa, kterým se rozumí dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.

Weger (2009) uvádí, že „energetická politika ČR si klade za cíl zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů na 8,9 % k roku 2010 (bylo dosaženo 8,32 %) a zhruba 15,7 % k roku 2030. Biomasa by měla pokrývat přibližně $\frac{3}{4}$ tohoto podílu“. Biomasa se v posledních letech dostává a to nejen u nás z úrovně atraktivního paliva do úrovně zdroje pro všechny typy uživatelů. Dalším důvodem proč se v poslední době hovoří více o biomase jako o obnovitelném zdroji energie, je snaha vyspělých zemí snižovat rizika změny klimatu následkem antropogenní činnosti (Havlíčková a kol., 2007).

2.1 Skupiny biomasy

UHÚL (2012) udává tyto skupiny biomasy:

SKUPINA 1 – CÍLENĚ PĚSTOVANÁ ENERGETICKÁ BIOMASA (biomasa pro anaerobní fermentaci, spalování a zplynování), tj. cíleně pěstované energetické plodiny, jednoleté, dvouleté, víceleté, obiloviny a olejniny pro energetické využití (celá nadzemní hmota), cíleně pěstované energetické dřeviny.

SKUPINA 2 – BIOMASA NEOBSAŽENÁ VE SKUPINÁCH 1, 3, 4 – VYUŽITELNÁ PRO ANAEROBNÍ FERMENTACI A PROCESY TERMICKÉ PŘEMĚNY (biomasa pro

anaerobní fermentaci, spalování a zplynování), tj. sláma obilovin a olejnin, zrno obilovin nevhodné pro potravinářské využití, ostatní části rostlin použité k energetickým účelům, invazní a expanzivní druhy vyšších rostlin, zbytková biomasa z průmyslu (pivovary, pekárny, lihovary, zpracování ovoce a zeleniny, praní a čištění, zbytky textilního a kožedělného průmyslu...), travní hmota a biomasa z údržby zeleně, zbytková dřevní hmota max. do průměru 7 cm a délky 1 m, použité dřevo a dřevní materiály, energetický kompost, čistírenské kaly, odpadní papír a lepenka.

SKUPINA 3 – MATERIÁLOVĚ NEVYUŽITÁ BIOMASA (biomasa pro spalování a zplynování), tj. piliny, hobliny, štěpka, odřezky a zbytky z dřevozpracujícího průmyslu, palivové dřevo.

SKUPINA 4 – BIOMASA PRO ANAEROBNÍ FERMENTACI A PROCESY TERMICKÉ PŘEMĚNY (biomasa pro anaerobní fermentaci, spalování a zplynování), tj. zbytkové oleje a tuky, výpalky a rostlinné zbytky z lihovarů, alkoholy vyráběné z biomasy, ostatní kapalná biopaliva, kůra.

SKUPINA 5 – BIOMASA VÝHRADNĚ PRO ANAEROBNÍ FERMENTACI (biomasa pro anaerobní fermentaci), tj. biomasa z živočišného průmyslu, kaly, masokostní moučka, kafilerní tuk, tuhé a kapalné živočišné exkrementy, znečištěná sláma z živočišného průmyslu, zbytky z kuchyní a stravoven, biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu.

Naproti tomu Weger (2009) rozděluje biomasu takto:

a) zbytková biomasa ze zemědělství

- rostlinné sklizňové zbytky zemědělské prvovýroby, zejména sláma obilná a řepková
- organické zbytky zemědělské výroby, zejména chlévská mrva
- organické nebo rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu, zejména mlékárenského a potravinářského (např. rostlinné obaly olejnatých semen - slunečnice)

b) zbytková biomasa z lesnictví

- těžební odpad z lesního hospodaření např. z prořezávek, probírek a nehroubí (průměr kmene < 7cm) z mýtní těžby
- spalitelný odpad z pilařské výroby, dřevozpracujícího a papírenského průmyslu

c) biomasa energetických plodin 1. generace

- řepka a palma olejná na FAME a PPO (čistý řepkový olej)
- pšenice a kukuřice (v USA) na bioetanol
- žitovec (triticale) na pelety

d) biomasa energetických plodin 2. generace (tzv. ligno-celulózní plodiny)

- dřeviny: např. topoly, vrby nebo v teplejších oblastech eukalyptus
- nedřevnaté rostliny: energetický šťovík, ozdobnice, proso dvojřadé

2.2 Využití biomasy

Základní rozdělení využívání biomasy viz tabulka č.1

Tab. č.1: Rozdělení využívání biomasy podle Motlíka a Váňi (2002) :

- spalování			
- chemické přeměny	- suché procesy	- pyrolýza	
		- zplyňování	
	- mokré procesy	- chemické	
		- biologické	- kvašení
			- fermentace

a) spalování

„Využití biomasy pro vytápění má hlavní význam zejména v místech vzniku tohoto druhu paliva, tedy v oblastech, kde jsou pily, zemědělské statky, atp. Toto platilo bez výhrady do nedávné minulosti, dnes je již možné si zajistit bez problémů dodávku upraveného (přípraveného) biopaliva téměř kamkoliv“ (Juchelková, 2002).

b) chemické přeměny

„Rychlá pyrolýza je jedním z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Jejím primárním energetickým produktem je kapalina - bio-olej, kterou lze snadno skladovat a přepravovat. Je to tmavě hnědá kapalina s hustotou asi $1,2 \text{ kg/dm}^3$ “ (Motlík, Váňa, 2002).

Zplyňování je přeměna paliva za nedostatku kyslíku, při které vzniká plyn s nízkou výhřevností. Vzniklý plyn může být spalován například v pístových spalovacích motorech kogeneračních jednotek, nebo ve spalovacích turbínách. Zplyňování probíhá tak, aby se co největší podíl energie z paliva převedl do energetického obsahu plynu. Výhodou zplyňování oproti přímému spalování je lepší využitelnost technologie pro výrobu elektrické energie s větší účinností a nižšími emisemi (Škvařil, 2009).

„Anaerobní fermentace spočívá v mikrobiologické transformaci organických složek zvířecích exkrementů, odpadních vod a jiné vhodné biomasy v podmínkách bez přístupu vzduchu při mírně zvýšené teplotě ($35\text{-}45^\circ\text{C}$), přičemž vznikne bioplyn a stabilizované hnojivo či kompost“ (Motlík, Váňa, 2002).

2.3 Výhody a nevýhody využití biomasy

Výhody a nevýhody využití biomasy k energetickým účelům uvádí Příhoda (2007) následující:

Výhody

- zdroj energie má obnovitelný charakter
- tuzemský zdroj energie
- menší negativní dopady na životní prostředí („nulová bilance CO_2 “)
- snižuje se spotřeba dovážených energetických zdrojů
- zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny
- účelně se využijí spalitelné, někdy i toxické odpady
- řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péči o ni

Nevýhody

- prostorová rozptýlenost
- vysoké náklady na zpracování a dopravu
- nedostatečně vyvinuté technologie
- nebezpečné látky v emisích při spalování v nevhodných zařízeních
- v některých případech nižší výhřevnost než u fosilních paliv

2.4 Formy biomasy

Formy biomasy podle Petříkové (2008):

biomasa pevná – používaná především pro přímé spalování k vytápění budov

biomasa plynná – tedy bioplyn vznikající převážně v bioplynových stanicích

biomasa kapalná – využívána jako pohonné hmoty v dopravě, tj. bionafta či biolih,
které se nejčastěji označují jako biopaliva

2.5 Lesní biomasa

Z hlediska lesnického jsou hlavními zdroji lesní biomasy zbytky po těžbě mýtní i předmýtní a hmota z prořezávek. Klestem se rozumí nestandardní dříví z vrcholové části stromů, větve do tloušťky 7 cm získané oklestem, ořezem a odvětčováním. Hmotou z prořezávek se rozumí celé stromy z prořezávek a prvních probírek, odstraněné z lesních porostů z pěstebních a užitkových důvodů (Simanov, 1995).

Obecně se dá říct, že hodnota těžebních zbytků může být nižší než náklady na sběr, dopravu a zpracování. Díky pokročilým technologiím mohou být lesní zbytky (těžební, malé stromy, pařezy, kořeny) novým zdrojem pro pevná biopaliva – dle příkladu Finska a Švédky jsou nejvíce efektivní ve formě dřevní štěpky. Správná technologie je klíčovým faktorem, jinak se na sběr lesních zbytků vynaloží více financí a energie než se získá. Důležitý je také vliv na životní prostředí (Wantulok, 2011). Po sběru těžebních zbytků dochází ke štěpkování a vzniku lesní štěpky. Podle Simanova (1995) jsou lesní štěpky „dezintegrovaným dřívím z klestu, prořezávkového materiálu, celých stromů, neodvětvených vrcholových částí stromu, tlustších listnatých větví, i z odřezků kmenového dříví vznikajících při druhování a adjustaci dříví na manipulačních skladech“.

Havlíčková a kol. (2010) udává výtěžnost lesních těžebních zbytků ve výši 80 % a vychází z praktických zkušeností sběru. Objem sbíraných těžebních zbytků zohledňuje nepříznivé podmínky při sběru, např. roztroušenost biomasy, různé terénní typy a různé technologie.

Pro orientační přepočet metrů krychlových hroubí na tuny sušiny se udává tento postup: čerstvě vytěžené hroubí s kůrou při vlhkosti 60 % krát koeficient (listnaté dříví – 0,66667, jehličnaté dříví – 0,47619) (Havlíčková a kol., 2010).

2.5.1. Soustředování těžebních zbytků

Soustředování těžebních zbytků pro účely dalšího zpracování se provádí převážně mechanizovaně. Stroje jsou využitelné pouze v takovém terénu, kde mohou bez problémů provádět sběr. Kromě svahové dostupnosti techniky a únosnosti terénu je důležitá také možnost pohybu po ploše. Z těchto důvodů není sběr těžebních zbytků možný nebo vhodný na svazích, na stanovištích extrémních (ochranné lesy), půdách s nízkou únosností a také v oblastech s nezpevněnými dopravními cestami (problémy s přístupností pro techniku). Nevhodný je sběr klestu na chudých stanovištích ohrožených degradací a v horských polohách. Z hlediska možností pohybu je mechanizovaný sběr prováděn na pasekách. Mechanizovaný sběr těžebních zbytků mezi stojícími stromy bývá ekonomicky a technologicky problematický a dochází přitom k poškození okolního porostu (Štipl, 2009).

2.5.2. Přejímka lesní štěpky

Po příjezdu dopravního prostředku prodávajícího dochází k vážení dodávky na certifikované mostové váze. Za přítomnosti řidiče, popřípadě jiného zástupce prodávajícího se provede odběr vzorku dodaného paliva k vyhodnocení vlhkosti, podílu hrabanky a zkompostované frakce. K dodacímu listu prodávajícího kupující přiloží vážní lístek, na kterém bude vyznačena váha dodávky. Jeden dodací a vážní lístek potvrzený kupujícím obdrží prodávající, jeden si ponechá kupující. Vyhodnocení vlhkosti štěpky je prováděno vysušením vzorku štěpky o váze cca 25 dkg při konstantní teplotě 105 °C po dobu 10 hodin. Vyhodnocení podílu hrabanky a zkompostované frakce je prováděno zvážením a následným přesátím čerstvého vzorku o hmotnosti minimálně 1 kg přes síto o průměru ok 4 mm (Horký, 2014).

3. Rod topol, rod vrba a klony používané v plantážích rychle rostoucích dřevin

3.1 Rod topol

Domovem je povětšinou mírný pás na severní polokouli, na jihu sahají až po Himaláje. Zde celkem roste asi 34-40 druhů. Pěstované druhy a kříženci pocházejí ze tří hlavních oblastí výskytu a to z Evropy, Severní Ameriky a Východní Asie. Ve volné krajině převažují hybridy a kulturně šířené klony (Hieke, 1978).

3.1.1 Sekce rodu Topol

Rod Topol (*Populus*) je rozdělen je podle Čížka a Čížkové (2009) do 6 sekcí, na území České republiky se přirozeně vyskytují nebo jsou pěstovány nejčastěji druhy a hybridy zastupující tři sekce:

Sekce *Aigeiros* (černé topoly)

- *Populus nigra* (topol černý)
- *Populus deltoides* (topol bavlníkový)
- *Populus* × *euroamericana* (*P. deltoides* × *P. nigra*) = *P.* × *canadensis* (topol kanadský)

Sekce *Tacamahaca* (balzámové topoly)

- *Populus trichocarpa* (topol chlupatoplodý)
- *Populus maximowiczii* (topol Maximowičův)
- *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*

Mezisekční hybridy

- *Populus* × *berolinensis* (*P. laurifolia* × *P. nigra* 'Italica') (topol berlínský)
- *P.* × *berolinensis* × *P. maximowiczii*
- *P. maximowiczii* × *P. nigra*

Sekce *Leuce* (bílé topoly)

- *Populus alba* (topol bílý)
- *Populus tremula* (topol osika)

· *Populus × canescens* (*P. alba* × *P. tremula*) (topol šedý)

Rod topol patří do čeledi vrbovitéch a spolu s vrbami se řadí mezi takzvané rychle rostoucí dřeviny. Vyznačují se variabilitou a vzájemným křížením vytváří mnoho nejrozličnějších poddruhů, odrůd a kultivarů. Základními domácími druhy topolu jsou topol černý (*Populus nigra*), topol bílý (*Populus alba*) neboli linda a topol osika (*Populus tremula*) (Celjak, 2010).

Topoly mají rozdílné klimatické a vodní požadavky, lépe rostou v teplejších oblastech a mají menší nároky na vodu. Topol je mnohem více náchylný vůči mrazu než vrba, proto nemůže růst ve všech klimatických podmínkách. Podzimní a jarní mrazy mohou na topolech způsobit rozsáhlé škody. Ačkoliv topoly pocházejí ze severní Ameriky, nemohou dobře růst v podmínkách severní a střední Evropy, protože jejich růst začíná brzy na jaře a jsou ohroženy jarními mrazy (Stupavský, 2009). Dřevo topolů je měkké, lehké a světlé. Dříve se z topolového dřeva vyráběly překližky, dýhy a bedny. U topolů se uvádí, že spotřeba vody při transpiraci je 500 litrů na vytvoření jednoho kilogramu sušiny (pro porovnání např. borovice spotřebuje 170 litrů). Kořenový systém topolů je náročný na množství kyslíku v půdě, hlavně v prvním roce, kdy je intenzita dýchání kořenů mnohonásobně vyšší oproti jiným dřevinám (Celjak, Boháč, Kohout, 2007).

3.1.2 Topoly na plantážích rychle rostoucích dřevin

Weger (2011) uvádí, že na více než 70 % plantáží se dokonce pěstuje dvojice topolových klonů (J-104, J-105) populárně označovaných jako japonské topoly či jpany. Pěstování klonů J-104, J-105 a případně jiných vhodných topolů a vrb se v České republice stalo velmi populární mezi drobnými vlastníky půdy, jejichž záměrem je produkce palivového dřeva (méně často štěpky) pro vlastní využití. Japan je kříženec, přesněji skupina kříženců, topolu černého a topolu Maximovičova (*Populus nigra* × *Populus maximowiczii*) pocházejících ze šlechtění pro papírenský průmysl v Japonsku. Kravka a kol. (2012) popisuje, že oblíbenost introdukovaných japonských topolů je dána nejen jeho skutečně rychlým růstem a vysokou ujmavostí řízků, relativní odolností vůči škůdcům a nemocem, ale také značnou mediální propagací jeho současných pěstitelů.

3.1.3 Zástupci rodu Topol

3.1.3.1 Topol bílý (*Populus alba*) je asi 20-30 m vysoký strom s širokým kmenem o průměru až 200 cm ve výčetní tloušťce. Mladá kůra je svítivě šedá, hladká. Ve stáří hluboce rozbrázděná, tmavošedá až černá. Větévky jsou tenké, zelenohnědé, stříbřitě šedoplstnaté. Kvete v březnu až dubnu před vyrašením listů. Plodem jsou krátce stopkaté tobolky s větším počtem ochmýřených semen. Roste od západní Evropy až po Sibiř s výjimkou Skandinávie a Pobaltí, nejčastěji v lužních lesích a říčních náplavech (Větvička, 2001).

3.1.3.2 Topol černý (*Populus nigra*) je vzrostlý strom s klenutou rozložitou korunou, silným kmenem a nápadnými kořenovými náběhy. Vysoký až 40 m, průměr kmene až 2 m a dožívá se stáří až 150 let. Borka je v mládí hladká, zpravidla šedozeleňá, později hluboce síťovitě rozbrázděná, někdy černavá. Květem jsou převislé jehnědy, samčí jsou kratší než samičí. Plodem je vejcovitá tobolka obsahující množství ochmýřeného semene. Kořenový systém je dobře vyvinutý všemi směry, takže topol odolává bez problémů i značně silným větrům. Topol černý je světlomilný a potřebuje značnou vlhkost, kterou získává pomocí dlouhých kořenů z velké hloubky (Celjak, 2010). Charakter a tvar listů je velmi variabilní. Čepel mladých listů je většinou plochá, po okrajích může být až silně zvlněná. Dospělé listy mají čepel oproti mladým listům zhruba třetinovou. Z horní části je list lesklý a tmavě zelený naopak zesponu matný, světle zelený a kožovitý. Na konci vegetace jsou listy zpravidla napadány rzí, zdravé listy se před opadem zbarvují do žluta (Mottl, Úřadníček, 2003)

3.1.3.3 Topol osika (*Populus tremula*) je středně vysoký strom, dosahující výšky 25-30 m. V mládí má výrazně zelenošedou kůru s mnoha lenticelami, která je na starších stromech při bázi červenavá a hluboce rozpukaná. Květy jsou jednopohlavní a objevují se v březnu. Osika roste po celé Evropě až k polární hranici a to od nížin až do hor. Nejčastěji roste v pahorkatinách a ráda osidluje odlesněné plochy, břehy vod a okraje lesů. K invazi slouží mnoho vyprodukovaných klíčivých semen a značná schopnost vegetativního šíření podzemními výběžky (Větvička, 2001). Topol osika lze pěstovat i jako energetickou dřevinu, což potvrzuje test osiky na plantáži ve Stachách na Šumavě. Výsadba byla založena na bývalé pastvině. Plocha byla vysázena v roce 1996 ročními sazenicemi v počtu

10000 na hektar. V roce 2001 byla plantáž smýcena a dosáhla hektarové zásoby 38 m³. Nadále je plantáž pěstována jako les obnovující se vegetativním způsobem z pařezových výmladků (Fiala, 2010).

3.2 Rod Vrba

Vrby na rozdíl od topolů jsou zastoupeny téměř na všech světadílech (krom australsko-novozélandské oblasti a Antarktidy). Vyskytují se spíše v chladnějším a mírném pásu. Ve světě je popsáno asi 300-350 druhů vrb (Hieke, 1978). Z rodu vrb (*Salix*) jsou pro porostní výsadby s krátkým obmýtím vhodné stromové druhy. Tj, vrba bílá (*Salix alba*), vrba křehká (*Salix fragilis*) vrba sivá (*Salix coerulea*) a kříženci vrby bílé a křehké. Vrby se vysazují jako jednoleté až dvouleté sazenice ve sponu 2x2 m (Poleno a kol., 2009). V odborné veřejnosti je známo, že vrby, které jsou považovány za jedny z nejvhodnějších dřevin pro plantáže rychle rostoucích dřevin ve střední a severní Evropě, jsou velmi snášenlivé k řadě klimatických a půdních faktorů. Některé odrůdy vrb mohou růst ve sněhu na horách či v arktických oblastech, což z vrby dělá jeden z nejtolerantnějších druhů dřevin v Evropě. Klimatické omezení v případě tohoto druhu není příliš podstatné (Stupavský, 2009).

I vrby lze rozdělit do několika sekcí.

3.2.1 Sekce rodu Vrba

Použijeme rozdělení podle Chmelaře na 3 sekce podle tyčinek :

- a) sekce *Pleiandrae* – počet tyčinek 3-12. Jedná se hlavně o tropické druhy vrb (asi 20). Z vrb rostoucích u nás sem zařazujeme vrbu pětimužnou (*Salix pentandra*).
- b) sekce *Triandrae* – tyto vrby mají tři tyčinky. Z vrb rostoucích u nás sem zařazujeme vrbu trojmužnou (*Salix triandra*).
- c) sekce *Diandrae* – zástupci této sekce mají pouze 2 tyčinky. Do této sekce patří nejvíce druhů vrb. Z našich např. vrba jíva (*Salix caprea*), vrba bílá (*Salix alba*) a vrba košíkářská (*Salix viminalis*) (Kohout a kol., 2010).

3.2.2 Zástupci rodu vrba

3.2.2.1 Vrba bílá (*Salix alba*) je dvoudomý středně vysoký strom s většinou rovným kmenem značných výčetních průměrů. Kůra hladká šedohnědá se záhy mění v síťovitě rozpukanou borku. Opadavé listy jsou střídavé a krátce řapíkaté. Listy jsou svrchu tmavě zelené, lesklé na rubu stříbřitě chlupaté. Vrba bílá kvete současně s rašením listů v dubnu až květnu. Jehnědy jsou štíhlé, válcovité mírně ohnuté nebo přímé. Plodem jsou lysé tobolky s drobnými semeny (Větvíčka, 2001).

3.2.2.2 Vrba jíva (*Salix caprea*) je malý až středně velký strom, který se dobře zmlazuje a obráží. Kůra je v mládí hladká s přibývajícím věkem s kosočtverečnými lenticelami. Letorosty jsou silné, lysé a červenohnědé. Listy široce vejčité, zašpičatělé, po obvodu zubaté. Květy se rozvíjejí v březnu před rašením listů v nápadně stříbřitě chlupatých a oválných jehnědách. Je to včelařsky velmi významná dřevina, která zajišťuje první pastvu včelám. U vrby jívy je značná vnitrodruhová a individuální variabilita. Odchytky jsou jak ve zbarvení velikosti, tak i tvaru listu. Často obsazuje druhotná stanoviště a je velmi tolerantní k suchu (Větvíčka, 2001).

3.3 Rod Akát

Grünewald a kol. (2009) uvádí akát (*Robinia pseudoacacia*) jako jeden z méně známých druhů pěstovaných na plantážích rychle rostoucích dřevin. Zvláštností tohoto druhu je tolerance sucha a schopnost vázat dusík. Vzhledem ke klimatickým změnám se očekává, že tato dřevina začne nabývat na důležitosti. Produkce akátu se pohybovala mezi 3-10 t/ha/rok. Toto potvrzuje i Rédei a kol. (2010), který doporučuje akát sázet 1,5x1 m, který na zkoumané plantáži v Maďarsku dosahuje až 9,7 t/ha/rok.

3.4 Klony topolů a vrb využívané v ČR a v Evropě

K základnímu rozdělení odrůd (klonů) se v Evropě používá rozdělení tzv. chráněné a nechráněné klony topolů a vrb pěstované na zemědělské půdě.

„Chráněné druhy“ – jsou chráněny pestitelskými právy a nemohou se volně šířit bez licence majitele klonu. V roce 2008 bylo v Evropské unii registrováno přibližně 15 klonů

vrb a 15 klonů topolů. V České republice je jejich pěstování omezeno zatím pouze na zkušebních plochách a není zde registrovaný žádný chráněný klon. Chráněné druhy se nadále ještě dělí:

„Švédské vrby“ – registrované odrůdy vyšlechtěné záměrným křížením převážně z druhu *Salix viminalis*. (např. odrůdy: Tora, Inger, Tordis)

„Italské topoly“ - registrované odrůdy vyšlechtěné záměrným křížením převážně ze skupiny *Populus x euroamericana* (např. odrůdy: AF2, AF1, Sirio)

„Nechráněné druhy“ – klony zařazené do této skupiny jsou v České republice pěstované nejčastěji. Jsou evidovány dle zákona č.114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, ve Věstníku Mze č.1/2004 viz. tabulka č.2. Za vznikem tohoto seznamu stojí posouzení vlivu nepůvodních druhů topolů a vrb z hlediska ochrany přírody a krajiny (Kohout a kol., 2010). Perspektivní klony z Věstníku Mze č.1/2004 byly posouzeny v polním testu, kde byl sledován jejich výnosový potenciál viz. tabulka č.3.

Tab. č.2: Zkrácený seznam perspektivních klonů topolů a vrb Věstníku MZe č. 1/2004 (Kohout a kol., 2010)

Topoly (<i>Populus sp.</i>)	
Kříženci balzámových topolů	
P – 468	<i>P. trichocarpa</i> Torr. Et Gray x <i>P. koreana</i> Rehd.
P – 473	cf. <i>P. deltoides</i> Marsh x <i>P. trichocarpa</i> Torr. Et Gray
Kříženci černých a balzámových topolů	
P – 466	<i>P. maximowiczii</i> Henry x <i>P. x berolinensis</i> 'NE - 44'
P – 494	<i>P. maximowiczii</i> Henry x <i>P. x berolinensis</i> 'Oxford'
J - 105 (Max - 4)	<i>P. nigra</i> L. x <i>P. maximowiczii</i> Henry 'Maxvier'
J - 104 (Max - 5)	<i>P. nigra</i> L. x <i>P. maximowiczii</i> Henry 'Maxfünf'
P – 410	<i>P. nigra</i> L. x <i>P. simonii</i> Carr.
Vrby (<i>Salix sp.</i>)	

Vrba bílá a její kříženci	
S – 457	<i>S. alba</i> L.
S – 117	<i>S. alba</i> L., autochtonní v ČR
S – 639	<i>S. alba</i> L.
S – 195	<i>S. x rubens</i> Schr.
Vrba košíkářka a její kříženci	
S – 310	<i>S. viminalis</i> L., autochtonní v ČR
S – 337	<i>S. viminalis</i> L., autochtonní v ČR
S – 699	<i>S. viminalis</i> L., autochtonní v ČR
Kříženci vrby jívy	
S – 383	<i>S. x smithiana</i> Willd., autochtonní spontánní kříženec v ČR
S – 218	<i>S. x smithiana</i> Willd., autochtonní spontánní kříženec v ČR
S – 704	<i>S. caprea</i> L. x wind
S – 705	<i>S. caprea</i> L. x wind

Tab. č.3: Topoly a vrby z Věstníku MZe č. 1/2004, hodnocené v polním testu VÚKOZ (Weger, 2009)

Číslo ve věstníku	Taxonomické zařazení	Hodnocení
TOPOLY		
J-105	<i>P. nigra</i> L. × <i>P. maximowiczii</i> Henry Jap-105 = ‘Maxvier’ = Max-4	A
P-494	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>P.berolinensis</i> ‘Oxford’	A
P-468	<i>P. trichocarpa</i> Torr. Et Gray × <i>P. koreana</i> Rehd.	A
P-473	<i>P. deltoides</i> Marsh × <i>P. koreana</i> Rehd. cf. (pův. <i>P.trichocarpa</i>)	B

	<i>× koreana</i>)	
P-410, P-412	<i>P. nigra</i> L. <i>× P. simonii</i> Carr. CZ-2354/5	C
P-VUKOZ-1 až 8	<i>P. nigra</i> L	B, D
VRBY		
S-195	<i>S. × rubens</i> Schr.	A
S-469	<i>S. alba</i> L.	A
S-117	<i>S. alba</i> L.	A, D
S-218	<i>S. × smithiana</i> Willd.	A, D
S-337	<i>S. viminalis</i> L.	A, D
S-704	<i>S. caprea × wind</i>	B
S-639	<i>S. alba</i> L. ‘Carrone-51’	B
S-519	<i>S. viminalis</i> L.	B
S-383	<i>S. × smithiana</i> Willd.	B, D
S-310	<i>S. viminalis</i> L.	B, D

Legenda hodnocení klonů:

A – klony s vynikajícím výnosovým potenciálem (9-12 t [suš.]/ha/rok) na příznivých půdách (stanovištích); B – klony s velmi dobrým výnosovým potenciálem (7-8 t [suš.]/ha/rok) na příznivých půdách (stanovištích); C – klony s dobrým výnos. potenciálem (4-6 t [suš.]/ha/rok) na sušších stanovištích při životnosti porostu do 15 let); D – klony domácích druhů (možno pěstovat v zvláště chráněných územích)

3.4.1 Klony topolů

Všechny zkoušené klony topolů dosáhly průměrné výšky 0,7 až 1 m v prvním roce po výsadbě. Kohout a kol. (2010) uvádí, že v šestém roce se výškový přírůst oproti předcházejícím rokům zpomaluje.

3.4.1.1 P-468, P-473

Jsou to klony vzniklé křížením topolu chlupatoplodého a korejského původem z Anglie. Podle Čížka a Čížkové (2006) je klon P-473 křížencem topolu bavlníkového a chlupatoplodého. P-468 má listy jemně plstnaté a ze spodní strany bílé. Naopak P-473 má listy světle zelené a neplstnaté. Oba tyto klony tvoří při růstu úzkou korunu, čímž jsou vhodné do hustých sponů v energetických a výmladkových plantážích. Na seřezání reagují dobře a vytvářejí 2-4 významné kmeny po seřezání. Poté však dojde k redukci a převládne většinou jeden nebo dva hlavní. Tyto klony jsou vhodné do kvalitně připravených a odplevelených výsadeb v teplejších a vláhově bohatších lokalitách. Nevhodné jsou na stanoviště vysychavá a s nízkou hladinou podzemní vody. Klon P-468 má na lokalitách s vytrvalými plevely nižší přírůstky (průměrně 80 cm). Průměrný výnosový potenciál u klonu P-468 se udává 6,5-7,5 t sušiny/ha/rok a u klonu P-473 6,9-8 t sušiny/ha/rok. U dalších obmýtí se očekávají výnosy vyšší, ale v závislosti na úhynu pařízků (Kohout a kol., 2010). Podle Wegera (2009) je P-468 klon s vynikajícím výnosovým potenciálem (9-12 t sušiny/ha/rok) a P-473 je klon s velmi dobrým potenciálem (7-8 t sušiny/ha/rok).

U klonů, kříženců *Populus trichocarpa* a *Populus deltoides* (př. klon P-473), byl proveden výzkum s cílem určit fyziologické komponenty růstu listů, které by mohly mít úzkou vazbu k produkci biomasy. Kříženci měli větší listovou plochu než rodičovští jedinci. Větší velikost listů hybridů lze vysvětlit zděděním většího počtu buněk od *Populus deltoides* a větší velikost buněk od *Populus trichocarpa* (Ridge a kol., 1986)

3.4.1.2 P-494

Jedná se o starší klon s průměrnými růstovými a produkčními parametry, který byl pravděpodobně vyšlechtěn v USA nebo v Polsku. Ideální je tento klon k včasnému potlačení plevelů, a to díky nízkému větvení (50 cm na povrchem půdy). Klon vhodný na normální stanoviště v chladnějších klimatických podmínkách. P-494 má v prvním roce malý přírůstek, který se v následujících letech zvyšuje (Kohout a kol., 2010). Kravka a kol. (2012) potvrzuje, že klon se vyznačuje výrazným větvením, kterým potlačuje plevele.

3.4.1.3 P-466

Jedná se o křížence topolu Maximovičova a topolu berlínského, dovezeného do České republiky v roce 1959 z Polska. Tento klon se svými růstovými i produkčními

vlastnostmi velice podobá klonu P-494. P-466 má poměrně širokou ekologickou amplitudu, roste velmi dobře jak na suchých, tak i vodou dobře zásobených stanovištích. Při růstu na nepříznivých a extrémních stanovištích začíná zrychlovat výškový přírůst až ve 3.-4. roce. Má velmi dobrý tloušťkový přírůst a výmladnou schopnost. Je to klon růstově a produkčně nadprůměrný a řadí se mezi tři nejlepší. Oproti jiným topolům jeho listy opadávají poměrně pozdě. Výnosový potenciál v prvním obmýti je 7-8,7 t sušiny na hektar (Kohout a kol., 2010). Jeho výnos neklesá ani v chladnějších a horských polohách, kde dochází díky nižším teplotám k rychlejšímu opadu listí (Kravka a kol., 2012).

3.4.1.4 P-410, P-412

Jsou to pravděpodobně identické klony českého křížení euroasijského topolu černého a východoasijského topolu Simanova. Daří se jim nejlépe na sušších stanovištích v teplejších regionech. Jejich habitus je jednokmenný s typickou širokou korunou tvořenou větvemi směřujícími kolmo až převisle. Výmladnost je dobrá po seříznutí až v tříletém růstu. Klon raší poměrně brzy, tudíž se nehodí do vyšších a mrazových poloh. Výnosový potenciál je při šestiletém obmýti 5,7-7,3 t sušiny na hektar. Po sklizni se u tohoto klonu vyskytoval houbový patogen (hlavně po šestileté sklizni) (Kohout a kol., 2010).

3.4.1.5 J-104 (Max-5), J-105 (Max-4)

Pravděpodobně se jedná o klony japonského křížení euroasijského topolu černého a Maximovičova. Jejich ověření na výmladkových plantážích proběhlo pravděpodobně od roku 1979 v Rakousku, nyní jsou využívány ve střední Evropě. Velmi dobře rostou na různých stanovištích od chlumních až po podhorské. Tyto klony nejsou vhodné na silně podmáčené lokality. Jsou charakteristické rychlým terminálním růstem v prvních letech a hustým větvením v dolní části kmene. Mají velice vysokou ujmavost, která dosahuje více než 90 %. Průměrný roční přírůst se na ideálních lokalitách pohybuje mezi 1,3-2,1 m. Z výsledků získaných v České republice se odhaduje produkční potenciál v druhém obmýti 9-11 t sušiny na hektar. Tyto klony jsou nejrozšířenějšími na plantážích v ČR (Kohout a kol., 2010). „Klony byly odsouhlaseny ministerstvem životního prostředí pro pěstování v krajině a jsou proto uvedeny v Seznamu rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely z pohledu minimalizace rizik pro ochranu přírody a krajiny“ (Havlíčková a kol., 2010).

3.4.2. Klony vrb

Pěstují se zatím méně než topoly a to zejména z důvodu menších výnosů a horších technologických vlastností vrb. Oproti tomu je technologie štěpkování u vrb jednodušší, jelikož jsou pruty slabší. Průměrně klony dosahují v prvním roce výšky 0,79 m. Průměrný roční přírůstek je 1,18 m (Kohout a kol., 2010).

3.4.2.1 S-117, S-131, S-204, S-456, S-457, S-464, S-469, S-639

Jedná se o křížence vrby bílé, vhodné jsou hlavně do vlhčích a zaplavovaných oblastí. Ideálem jsou podmáčené štěrkové nivy podél toků. Po obmýtí vytváří 2-8 nových prýtů. Díky tomu, že vrba bílá je druh autochtonní, jsou některé klony vhodné i do oblastí chráněných zákonem o ochraně přírody a krajiny (S-117, S-131, S-391) (Kohout a kol., 2010). Naopak Kravka a kol. (2012) uvádí, že klon S-131 je hybrid zařazený mezi nepůvodní druhy a tudíž vyžaduje k pěstování souhlas orgánu ochrany přírody.

S-456, S-457 jsou vhodnější do teplejších oblastí s dostatkem vody. Po seříznutí jsou schopny odolávat tlaku plevelů a mají keřovitý růst.

S-204, S-464 jsou lepší do chladnějších oblastí, dobře zásobených vodou. S-464 má tenké větve a úzký až pyramidální habitus.

S-469, S-639 jsou univerzálními klony jak pro teplejší, tak i chladnější oblasti. Výnosový potenciál se pohybuje 3-10 tun sušiny na hektar po první sklizni. Po druhé sklizni však 10-15 tun sušiny na hektar (Kohout a kol., 2010).

3.4.2.2 S-517, S-337, S-310, S-336, S-264, S-699

Tyto klony jsou kříženci vrby košíkářské a velmi dobře rostou na všech stanovištích, kromě podmáčených oglejených a glejových půd. Po obmýtí vytvářejí 4-8 prýtů a nedochází k diferenciaci kmenů, tudíž má vrba keřovitý vzhled.

S-337 je vhodný do chladnějších podhorských oblastí. Snáší velmi dobře přemokření a zaplevelení.

S-264 tento klon je naopak vhodnější do teplejších lokalit s dostatkem vody.

S-310 a S-519 mají nejširší ekologickou amplitudu a tudíž, rostou dobře i na sušších lokalitách.

S-699 má optimum v chladnějších regionech a dobře zásobených vodou. Naopak mu nevyhovují zaplevelené a přemokřené lokality.

Výnosový potenciál se pohybuje na 4-9 tunách sušiny na hektar po první sklizni. Po druhé sklizni však 10-15 tun sušiny na hektar (Kohout a kol., 2010). Kravka a kol. (2012) uvádí, že klony S-264 a S-699 jsou autochtonního původu a lze je tedy použít v chráněných územích.

3.4.2.3 S-704, S-705, S-706

Tyto klony jsou kříženci jívy. Vhodné jsou pro ně půdy dobře zásobené vodou, ale snášejí i sušší půdy. Klony hůře potlačují plevele a nemají tak rychlý přírůstek v prvním roce. Poté se ale široce větví, pokud se nejedná o úzké výsadby. Uvedené klony mají rozkladitý habitus nízkých kmenů s mnoha kmeny. Optimální stanoviště jsou pro tyto klony nivní louky chladnějších i teplejších oblastí. Výnosy jsou až 15 t sušiny na hektar za rok za celou životnost plantáže. Mimoprodukční využití je pro včelí pastvu, ale klony mohou trpět výrazným okusem srnčí zvěří. Jelikož se jedná o křížence vrby jívy, která se nedá množit řízkem, mají tyto klony horší ujmavost řízků (Kohout a kol., 2010).

3.4.2.4 S-195, S-391

Jedná se o křížence vrby bílé a vrby křehké. Klon S-195 potřebuje dobře odplevelený pozemek a dobrou zásobenost vodou, naopak klon S-391 roste dobře i v zaplevelených lokalitách. S-195 má výnosový potenciál 6,5-7,2 tun sušiny na hektar za rok. S-391 je výnosově slabší, není proto doporučen do výmladkových plantáží (Kohout a kol., 2010).

3.4.2.5 S-206, S-218, S-383, S-417

Klony mají vynikající výmladnost a z toho plyne vyšší počet kmenů (po redukci 4-6). Klony mohou být vhodné pro extrémní stanoviště, jako např. důlní výsypky a skládky, zaplevelené plochy trpící střídavě přebytkem a nedostatkem vody. Jsou také ceněny mezi včelaři a používány jako okusové dřeviny pro zvěř. Výnosový potenciál se pohybuje mezi 3-13 tunami sušiny na hektar za rok v prvním obmýtí (Kohout a kol., 2010).

4. Plantáže rychle rostoucích dřevin

4.1 Úvod

V posledních dvou desetiletích se v západní Evropě a v také v některých oblastech Severní Ameriky začíná na stále větší a větší rozloze zemědělské půdy využívat nový systém hospodaření, který je v češtině nejčastěji označován jako plantáže rychle rostoucích dřevin, případně energetické plantáže (Weger, Havlíčková, 2002). V celosvětovém měřítku se jako rychle rostoucí dřeviny používají až desítky druhů dřevin. V našich podmínkách se největší naděje vkládají do topolů. Tento druh byl v Česku prověřován již od padesátých let. Na začátku byla snaha využít jeho velký růstový potenciál především k zakládání větrolamů, ale i k lesnickým výsadbám. Další vývoj proběhl v devadesátých letech, kdy byly klasické druhy topolů nahrazeny výkonnými kříženci (Hampl in Stupavský, 2011). Určitou analogii můžeme u nás nalézt v lesním hospodářství, kdy projevem extenzivního využívání lesů bez cílevědomé péče byly tzv. pařeziny, známé již ze středověku. Pařeziny vznikaly jak pro potřebu palivového, tak i stavebního dříví (Pastorek, Kára, Jevič, 2004).

Většina druhů rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy ve výmladkových plantážích na zemědělské půdě se řadí k nepůvodním druhům nebo jejich křížencům. Jejich pěstování je limitováno zákonem o ochraně přírody a krajiny č. 114/92 Sb., který zakazuje použití geograficky nepůvodních druhů ve zvláště chráněných územích a podmiňuje jejich pěstování v ostatní krajině souhlasem orgánu ochrany přírody (Weger, Bubeník, 2012). Výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin jsou novou formou zemědělského hospodaření, založené na regenerační výmladkové schopnosti vybraných klonů topolů a vrb, která umožňuje opakované sklizení bez potřeby založení nového porostu (Weger, 2009).

Poleno a kol. (2009) uvádí, že jednou z cest ke zvýšení produkce dřevní hmoty je především pěstování rychle rostoucích dřevin. Takovými dřevinami jsou zejména topoly a stromově rostoucí vrby, ale i některé listnáče a jehličnany. Čížek a Čížková (2009) potvrzují, že v našem zeměpisném pásmu jsou nejvíce využívány příslušníci rodů *Populus* a *Salix*. Ale s možnostmi rostoucího zhodnocení barevného dřeva jsou v Evropě zakládány výsadby např. třešně ptačí (*Prunus avium*), ořešáku černého (*Juglans nigra*) a trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*). Tyto dřeviny produkují zajímavé a požadované sortimenty již ve 40 letech. Důležité je ovšem použití kvalitního ověřeného reprodukčního materiálu.

Dále i Celjak (2008) uvádí, že „například v Brazílii, Jižní Africe, Uruguay, Zimbabwe, Chile, Austrálii se pěstují plantážovým způsobem blahovičnický - eukalypty (*Eucalyptus Grandis*, *Saligna*) s výnosem až 40 m³/ha/rok s dobou obmýtí 15 let. V Indonésii, Číně, Malajsii, Indii, Vietnamu, Filipínách a Thajsku se pěstují tropické akáty - akácie (*Tropical Acacias*) s výnosem 15 - 30 m³/ha/rok s dobou obmýtí 7 až 10 let“.

„Topolové lignikultury jsou vysazovány v cílovém sponu 6 × 6 m, v teplých klimatických oblastech až 8 × 8 m. Od druhého roku po výsadbě sazenic se provádí vyvětvování kmene, které v dalších letech pokračuje do výšky 8 – 10 m. Celoplošná kultivace půdy v první fázi růstu topolů zvyšuje přírůst až o 30 %, takže je podstatným faktorem, který ovlivňuje možnost zkrácení obmýtí na 20 let při zachování plnohodnotné produkce. Cílovým produktem hospodaření v lignikulturách jsou především dýhárenské a pilařské výřezy. Zbývající vytěžená hmota je zpracována na paletové přířezy a štěpku“ (Čížek, 2007).

Na rozdíl od lesnických lignikultur topolů, které jsou sklizeny po 20-30 letech růstu, plantáže na zemědělské půdě jsou sklizeny ve velmi krátkém obmýtí 3-7 let, kterou je možné opakovat několikrát po sobě bez nutnosti nové výsadby. Jejich produktem je biomasa použitelná hlavně jako palivo, ale i jako průmyslová surovina (Weger, 2002). Mirck a kol. (2005) udává, že v severní Evropě je obmýtní doba v rozmezí 2 – 5 let od založení porostu. Mikšovský (2009) potvrzuje, že jako rychle rostoucí dřeviny v České republice se převážně používají vyšlechtěné klony topolů a vrb, které se pěstují na stanovišti zhruba 20 let a sklízí se ve třech až pětiletých intervalech.

4.2 Důvody pro zavádění systému rychle rostoucích dřevin

Hlavními důvody pro zavádění systému rychle rostoucích dřevin v hospodářsky vyspělých zemích jsou:

- a) využití zemědělské půdy pro nepotravinářskou produkci (snížení přebytků potravin)
- b) rozvoj zemědělských oblastí (nová pracovní místa, posílení místní ekonomiky – peníze za energii zůstávají v regionu, investice do nových technologií),
- c) snížení znečištění ovzduší (pokuty za emise, splnění mezinárodních dohod)
- d) zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na výrobu energie
- e) strategické snížení spotřeby a dovozu fosilních paliv a zlepšení obchodní bilance státu

f) výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin mohou působit pozitivně na okolní krajinu a životní prostředí.

4.3 Sortiment dřevin pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin

Dřeviny pro výmladkové plantáže můžeme rozdělit podle poznání v našich přírodních podmínkách takto :

dřeviny ověřené jako vhodné: topoly, vrby (jejich povolené či doporučené klony)

dřeviny v ověřování: pajasan, jilmy, olše, lísky, akát, růže a další klony topolů a vrb

dřeviny perspektivní, ale neověřované: lípy, jeřáby (Weger, Havlíčková, 2003)

4.4 Ekologické aspekty plantáže rychle rostoucích dřevin

„Plantáž topolů nebo vrb jistě přispěje ke zvýšení biodiverzity prostředí a poskytne útočiště mnoha živočišným druhům. Avšak nelze opomenout fakt, že dojde k problému v okamžiku sklizně, když rázem zmizí celý les. To však lze eliminovat postupnou výsadbou po letech nebo kombinacemi cyklů“ (Šinkora, 2008). Dalším aspektem je i funkce biologická, kdy často dochází k vzniku biokoridorů v bezlesé zemědělské krajině. Nadále funkce meliorační, kdy dochází ke snižování větrné eroze, k biologické melioraci přemokřených stanovišť a zlepšení půdních poměrů (vytvoření humusové vrstvy). Jako velmi důležitou lze považovat funkci asanační, při níž dochází k rychlému zpevnování břehů, k vegetačním úpravám výsypek a antropogenních stanovišť. Také dochází díky plantážím rychle rostoucích dřevin ke zlepšení tepelného režimu lokality, recyklaci a filtraci vody v krajině (Celjak, Boháč, Kohout, 2007). Biodiverzita plantáží rychle rostoucích dřevin je dána především bezobratlými živočichy, naopak biodiverzita rostlin je v plantážích nižší oproti zemědělské krajině s výjimkou mladých topolových plantáží. Ptáci a savci se v plantážích vyskytují méně než v okolních agroekosystémech, ale srnčí a bažantí zvěř často vyhledává plantáže jako úkryt. Z bezobratlých převažují druhy s širokou ekologickou valencí a zastoupení je silně ovlivněno strukturou okolní krajiny, nejčastěji se však jedná o zástupce střevlíků a drabčů (Havlíčková a kol., 2008).

Loumeto, Huttel (1997) uvádí, že při studiu 6-20letých eukalyptových plantáží na písčitéch a jílovitých půdách v Kongu byla zjišťována floristická diverzita. Tyto plantáže byly srovnávány s přilehlými přírodními sekundárními lesy. Ve starších plantážích byly

dominantní lesní druhy, avšak jednalo se o odlišné druhy od těch rostoucích v sousedních přírodních lesích (např. druh *Premna lucens*). V mladších plantážích převládaly bylinné druhy.

Mboukou-Kimbatsa, Bernhard-Reversat, Loumeto (1998) uvádí, že akácie si vedla nejlépe v porovnání s borovými a eukalyptovými plantážemi v savaně na písčitých půdách. V těchto podmínkách se hodnotilo množství makrofauny, které bylo v akátové plantáži nejvíce a to 60 g/m².

Vihervaara a kol. (2012) popisuje, že pěstováním plantáží v Uruguayi za posledních 20 let změnilo vnímání lidí o schopnostech krajiny a o ekosystémových službách plantáží. Hlavně to byly tyto služby: zvýšení biologické rozmanitosti, dostupnosti dřeva na oheň a energie, kvalita vody a ukládání oxidu uhličitého.

4.5 Výběr stanoviště pro plantáže rychle rostoucích dřevin

Plantáže se nedoporučuje zakládat na nejúrodnějších půdách. Vhodné jsou spíše stanoviště klimaticky, půdně a ekonomicky méně vhodná pro dosažení dobré produkce jak konvenčních plodin, tak i biomasy. Proto je zcela nutné přizpůsobit výběr dřevin pro plantáže daným stanovištním půdně-klimatickým podmínkám. Lokální stanovištní podmínky je proto nutné dopředu co nejpřesněji určit (Weger, Havlíčková, 2002).

Pro orientační posouzení stanoviště lze požit typologii zemědělských půd, kterou navrhli Weger a kol. (2007). Tato typologie rozděluje zemědělské pozemky na základě klimatického regionu a hlavní půdní jednotky na různé kategorie výnosových scénářů. Členění zemědělské půdy a speciálních energetických plodin pro výrobu biomasy je nástrojem, který může pomoci vyrovnat poptávku po vyšší produkci a také snížit některé z environmentálních rizik výroby biomasy.

Stupavský (2009) uvádí, že pro růst rychle rostoucích dřevin jsou ideální především půdy bohaté na živiny a organický materiál v rovinném terénu. Nejlepší jsou hlinitopísčité či lehké jílovitohlinité a dobře provzdušněné kvalitní zemědělské půdy s dobrou vodní retencí. Vzhledem k tomu, že takto kvalitní půdy jsou vhodné též pro pěstování potravinářských a krmivářských plodin, musí se učinit určitý kompromis, které plodiny zde pěstovat. Největší výhodou zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin, co se týče životního prostředí, je jejich rychlý růst a krátká doba obmýtí, takže mohou přijímat

nadbytek dusíku a fosforu ze zemědělské činnosti, které jinak bývají odplavovány. Část živin se odstraní při sklizni, ty mohou však být doplněny aplikací odpadních vod a kalů.

Řada druhů a klonů topolů a vrb preferuje vodou dobře zásobená stanoviště a některé snesou i dočasné zaplavení po dobu až 50-60 dní. Velmi dobře rostou na říčních náplavách nebo i na povřích bez vegetace např. na násypech, stavebních úpravách, navážkách a lesních pasekách dobře zásobených vodou. Pro vybrané klony vrb (*Salix alba*, *Salix x rubens*) platí, že snesou ještě více vody než topoly, takže dobře prospívají na silně podmáčených stanovištích. S výběrem klonů pro takováto stanoviště by neměl být problém. Musíme však zvážit, zda bude na takové lokalitě možné použití mechanizace pro obhospodařování plantáže z důvodů únosnosti terénu. (Weger, Havlíčková, 2002)

Stupavský (2009) poukazuje na potřebu dostatku vody. Produkce biomasy je vysoce závislá na vodě. Vrby jsou velmi citlivé na vodní stres a je známo, že vykazují vysoké procento evaporace a nemají proto problém odolávat sezónním povodním. Na druhou stranu kořeny vrb nemohou po dlouhou dobu přežít v anaerobním prostředí, a proto nejsou často zatopované oblasti vhodným stanovištěm. Vrba může poskytnout velké množství biomasy, pokud jsou srážky vyšší než 575 – 600 mm za rok. V případě možnosti využívání odpadních vod k zavlažování mohou být i sušší půdy vhodné pro zakládání plantáží, protože nízká srážková aktivita bude vyvážena dobrým zásobením základními živinami.

Hladina podzemní vody pro udržení dobré produkce biomasy nesmí být nižší než 120-150 cm. Lehké písčité půdy jsou proto k pěstování rychle rostoucích dřevin také nevhodné.

4.6 Dlouhodobá příprava pozemku před sadbou

Ideální je s přípravou pozemku začít obvykle rok dopředu, aby byly podmínky pro růst a výsadbu dřevin v prvních 2-3 měsících po výsadbě optimální. Na zaplevelených plochách je nutné začít s odplevelováním už 1,5-2 roky před výsadbou. Plevelé omezují vysazené dřeviny hlavně kořenovou konkurencí a nadzemní konkurencí vegetačních orgánů. Vhodné je také pěstování přípravné plodiny (např. řepky) rok před založením plantáže. Vhodné je provést také podzimní orbu na odpleveleném pozemku. Jarní orba se již nedoporučuje, kvůli porušení kapilarity půdy (Weger, Havlíčková, 2003).

4.7 Sadební materiál pro plantáže rychle rostoucích dřevin

Nejčastěji se jako sadební materiál pro plantáže používají řízky, ale lze použít i kořenáče nebo sadbové hole. Dle zákona 232/2013 Sb. lze reprodukční materiál nepůvodních druhů topolů, jejich vzájemných hybridů a hybridů nepůvodních druhů topolů s domácimi druhy, který byl vyprodukovan na území České republiky, uvádět do oběhu na území České republiky pouze jako testovaný. Reprodukční materiál domácích druhů topolů, s výjimkou topolu osiky, který byl vyprodukovan na území České republiky, lze uvádět do oběhu na území České republiky pouze jako zdroj kvalifikovaný nebo testovaný.

4.7.1 Řízky se připravují z jednoletých prýtů v průběhu zimního období. Prýty jsou nařezány v hlavových školkách, tzv. matečnicích. Kravka a kol. (2012) uvádí, že z matečnice získáme cca 5 (až 12) prutů vhodných k výrobě řízků (pro vrby mohou být prýty i dvouleté). Z jednoho prutu se dají vyrobit minimálně 3 řízky, tudíž k získání 10 000 řízků potřebných k založení plantáže o velikosti 1 ha je potřeba zhruba 650 matečnic.

Jako optimální se uvádí délka řízku 18-22 cm a průměr 0,8-2,5 cm. Tyto rozměry zaručují správnou vitalitu řízků pro zakořenění, pokud však dojde k dodržení podmínek skladování (Čížek, Čížková, 2006).

4.7.2 Kořenáč je již zakořeněný řízek v sadbovači. Kořenáče jsou oproti řízkům několikrát dražší, tudíž je jejich použití většinou omezeno na vylepšování stávající plantáže, řadové výsadby podél plotů nebo založení plantáže malé výměry. Na výrobu kořenáčů lze použít i tenké části výhonů, které se nedají použít na výrobu řízků a prakticky by došlo k jejich vyhození. Nutné je dbát na riziko vzniku deformace kořenového systému při použití nevhodných sadbovačů (Kravka a kol., 2012).

4.7.3 Sadbové hole jsou celé pruty nebo jejich části s délkou přesahující 80 cm a tloušťkou báze 2-3 cm (Mauer, 2006). Prut zapíchneme do země tak, aby byl alespoň 30 cm v půdě, na vysychavých stanovištích radši hlouběji. Výsadba se provádí ve stejných termínech jako u řízků. Pruty nekrátíme a vysazujeme celé (Kravka a kol., 2012).

Volavka (1953) uvádí ještě jako další způsob množení pomocí kořenových odřezků. Ale zároveň tento způsob navrhuje z důvodu přenesení hniloby jádra na sazeničku ze stromu, z kterého je odřezek odebrán.

4.8 Skladování sadebního materiálu

Pro skladování řízků je nutné připravit skladovací prostory s příznivými podmínkami pro uchování v dobrém stavu. Doporučují se chladné prostory, pokud možno s vysokou vlhkostí (např. sklep, chladicí box, tůňka, sněžná jáma apod.) V sušších skladovacích prostorách je vhodné materiál zabalit do igelitu nebo dát do otevřených igelitových pytlů, aby nedocházelo k jejich nadměrnému vysychání. Na druhé straně je také nutné kontrolovat, aby se řízky v igelitu nezapařovaly a následně neplesnivěly (Celjak, 2010). Weger a kol. (2012) udává, že pokud je ve skladovací místnosti vysoká vzdušná vlhkost je možné řízky a pruty skladovat volně. Kravka a kol. (2012) doporučuje, že při dlouhodobém skladování (3 měsíce a více) by pruty měly být skladovány v teplotách mírně pod $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, krátkodobě (1-2 měsíce) v teplotách maximálně $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. V úložném prostoru je třeba zabránit proudění, které způsobuje vyschnutí řízků.

4.9 Výsadba plantáže rychle rostoucích dřevin

Weger a kol. (2012) popisuje dva termíny výsadby:

a) jarní: určení optimálního termínu jarní výsadby rychle rostoucích dřevin závisí na místních půdních podmínkách a průběhu počasí v předjaří. Obvykle jsou řízky topolů a vrb sázeny od poloviny března do konce dubna, jakmile půdní vlhkost dovolí přístup sazečů nebo sázecích strojů na plochu. V zahraničí se uvádí, že výsadbu je možné provést, když teplota půdy dosáhne $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dochází k tvorbě kořenů.

b) podzimní: zatím méně častý a i méně ověřený. V provozních podmínkách existuje několik úspěšných příkladů výsadby menších porostů (matečnic). Nejčastěji se sází v říjnu až listopadu.

Celjak, Boháč, Kohout (2007) uvádějí, že řízek by měl při výsadbě vyčnívat maximálně 3 cm nad povrch půdy. Výjimka je u těžkých jílovitých půd, kde se doporučuje nechat řízky vyčnívat 3-5 cm a to kvůli nebezpečí utužení povrchu suchem. Při výsadbě je nutno půdu po zapíchnutí řízku dobře ztuhnout, například sešlápnutím, aby půda k řízku přilnula.

Celjak (2010) popisuje tyto schémata výsadby:

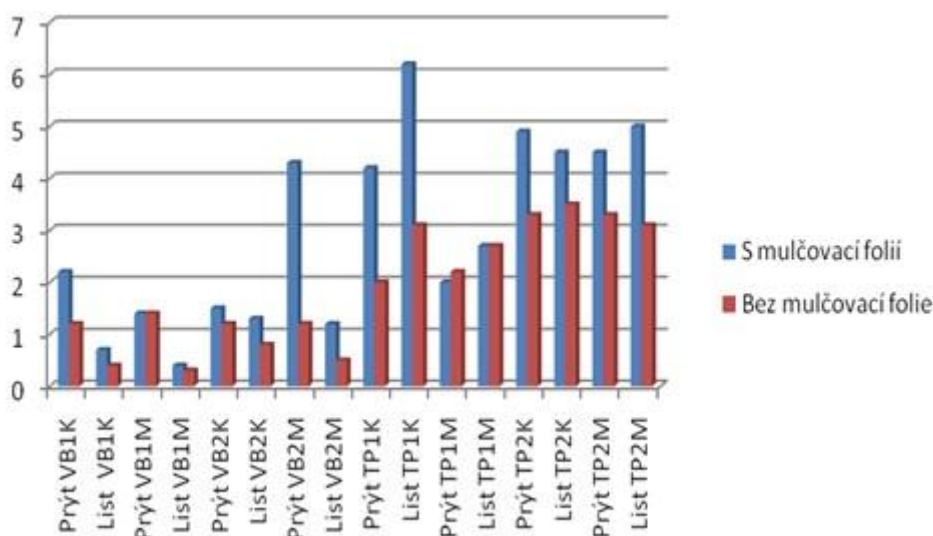
jednořádky ve sponech (0,5 - 0,3 m) x (1,5 - 3 m - mezi jednořádky)

dvouřádky ve sponech (0,75 m) x (0,75 m) a (1,5 – 3 m mezi dvojřádky)

Zato Trnka (2010) svým výzkumem v mikroregionu Bystřicko popsal optimální počet 7-10 tisíc jedinců na 1 ha jako dostačující. A doporučuje, že by vzdálenost rostlin v řádcích neměla být menší než 60 cm a meziřádkovou vzdálenost 2 m potvrzuje jako výhodnou pro využití menší mechanizace a meziřádkovou kultivaci.

Kratochvílová (2009) doporučuje provádět výsadbu do mulčovací folie. Doporučuje použít typ folie, která je vyrobena z recyklovaného odpadového papíru a je tedy biologicky odbouratelná. Díky tomu, že dřeviny na plantážích nejsou sázeny až tak nahusto a v první růstové sezoně mají velmi pomalý růst může folie výrazně potlačit konkurenci plevelů, kteří jsou nejtypičtějším problémem ovlivňujícím růst rychle rostoucích dřevin. „Růst řízků, u nichž se použila mulčovací folie, můžeme zhodnotit jako úspěšný. Rostliny byly na první pohled větší a silnější. Z hlediska procenta úmrtnosti nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl při pěstování s nebo bez mulčovací folie“. Což vyplývá i z následujícího grafu č.1, který vychází z plantáže nacházející se v okolí Příbrami. Na této plantáži byly vysázeny následující klony - VB1 : Vrbový klon Tordis – (*Salix viminalis* x *Salix schwerinii*) x *Salix viminalis*, VB2: Vrbový klon *S-smith* F-218 - *Salix -smith. x smithiana* Willd. (hybrid *Salix caprea* x *Salix viminalis*), TP 1: Topolový klon Maxvier – *Populus nigra* L. × *Populus maximowiczii*, TP 2 : Topolový klon Wolterson – *Populus nigra*. Písmenko K za označením klonu znamená, že řádek nebyl ošetřen a písmeno M znamená, že řádek byl označen mykorrhizním hnojivem.

Graf č.1: Srovnání délky výhonů s a bez použití mulčovací folie – pozemek „Komín“ (Kratochvílová, 2009)



4.10 Péče o plantáž v prvním a druhém roce

Jde zejména o maximální omezení růstu plevelů v prvním roce, protože plevely mohou zásadně ovlivnit budoucí výnos biomasy. Na velmi zaplevelených lokalitách je nutné začít s intenzivním odplevelováním již nejméně rok před výsadbou v závislosti na převažujících druzích plevelů a zvolené technologii odplevelování (Celjak, 2010).

Základem zdárného vývoje plantáže je v prvním roce výsadby především včasná a důkladná eliminace buřeně. Byla-li provedena pečlivá příprava půdy v dostatečném předstihu před výsadbou, začne buřeň konkurovat rašícím řízkům zhruba 1-2 měsíce po výsadbě. Na živinově bohatších půdách může být nutné odplevelení provedeno již měsíc po výsadbě. Plevelné rostliny omezují zejména přístup světla k prýtům. Plevel můžeme odstraňovat ručně (na menších plochách) nebo mechanizovaně (zahradní a zemědělská technika) (Kravka a kol., 2012).

Celjak (2010) doporučuje proti plevelům bojovat takto: „Plevel je potřeba omezovat co nejdříve po výsadbě. V řadě je nutné zásahy provádět ručně bez poškozování rašících výhonů. V meziřadí je vhodné využít kultivátoru, resp. mulčovače s mulčováním rostlinnou hmotou. Předpokládaná četnost ošetřovacích zásahů je 4 – 6x v prvním roce, 3 – 5x ve druhém a 2x ve třetím roce. V dalších letech se ošetřování v meziřadí nemusí

zpravidla již provádět. Herbicidní úprava totálním herbicidem při likvidaci plevelů po výsadbě (např. Roundupem) se nedoporučuje vzhledem k obtížnosti zamezení přenosu účinku na porost rychle rostoucích topolů. Omezování růstu plevelů je velmi důležité pro dosažení optimálního výnosu. Kořenová konkurence plevelů vede ke značnému zpomalení růstu, takže první výrazný výškový přírůst se objeví přibližně ve třetím roce a první předpokládaná sklizeň dřevní hmoty může být posunuta na 6. až 8. rok“.

Broeckx, Verlinden, Ceulemans (2012) uvádí, že na topolové plantáži ve Flandrech (Belgie) došlo vlivem vegetace ke zvýšení úmrtnosti řízků z 3,4 % na 18,2 %.

Šinkora (2008) popisuje, že ve druhém roce dojde u porostu k samovolnému uschnutí slabších jedinců, proto není nutné stromky zastříhávat, či jinak ošetřovat. Ujímovost klonů pro energetické účely je všeobecně velmi vysoká, naopak nemocnost je u těchto rostlin nízká. Přesto ale může dojít k napadení listů hmyzem (v podmínkách mírného pásma především u vrb).

4.11 Hnojení plantáží

Plantáže rychle rostoucích dřevin lze i hnojit. K hnojení lze použít např. komunálních odpadních vod a čistírenských kalů. Využitím těchto odpadních vod a čistírenských kalů dosáhneme zvýšení růstu biomasy, zavlažení plantáží, recyklaci živin a redukce znečištění upravených vod. Vrby a topoly mají krom vysokého stupně evapotranspirace a vysokých požadavků na vodu ještě dobrou schopnost absorpce těžkých kovů. Díky nepotravinářskému využití rychle rostoucích dřevin nehrozí riziko přenosu těžkých kovů do potravního řetězce. Je i dokázáno, že vrby mohou vyzdvihnout podstatné množství těžkých kovů z půdy (Stupavský, 2008).

Dále lze jako hnojiva aplikovat některá organická hnojiva (kompost nebo vyžralý hnůj). Vhodný je zejména vyžralý hnůj, který uvolňuje živiny do půdy tři až čtyři roky. Obvyklá dávka hnoje je 35-40 t/ha a v případě kompostu 25 t/ha. Nejlepší ale je dávku upravit podle půdních analýz (Mrnka a kol., 2011).

Důležitost hnojení popisují i Mackensen a Fölster (2000), kteří svým výzkumem plantáží rychle rostoucích dřevin v Indonésii (konkrétně ve východním Kalimantanu) popsali, že již po první sklizni plantáže ztratily více živin než získaly. Největší ztráta živin

na těchto plantážích je způsobena vyluhováním živin pod kořenové zóny, erozí a plynnými ztrátami (NO, N₂, N₂O)

4.12 Sklizeň

Přestože v Evropě jsou k dispozici harvestory pro sklizeň stromů v plantážích, jsou pro podmínky ČR prozatím nedostupné, neboť nepatrná výměra ploch rychle rostoucích dřevin neumožňuje jejich efektivní využití. Na menších plochách je možné využít sklizně motorovými pilami a některého z mnoha typů štěpkovačů. K odvozu štěrky z plochy lze úspěšně použít zemědělských krmivářských vozů s nástavbami. Sklizeň prýtlů v matečnicích a jejich následné zpracování na řízky bude vyžadovat vždy ruční práci. Velmi efektivně lze využít zahradnických akumulátorových nůžek (Trnka, 2010).

Způsob sklizně lze rozdělit na dva způsoby (Mrnka a kol., 2011) :

- a) jednofázový – při jednofázové sklizni jsou jedinci odřezány speciální sklizňovou technikou a okamžitě naštěpkovány. Tento způsob je méně energeticky náročný. Štěpka má vyšší kvalitu, ale problémy však může činit skladování vlhké štěrky.
- b) vícefázový – obvyklý na malých plantážích, kdy se biomasa nejprve podřeže motorovou pilou či křovinořezem, poté se posbírá a nechá proschnout do vlhkosti 20-30 % a poté se štěpkovačem zpracuje a odveze k využití či skladování. Biomasa s nižším obsahem vody má vyšší výhřevnost a tudíž je dražší, což je výhodou tohoto způsobu sklizně.

4.12.1 Sklizeň biomasy z energetických plantáží

Sklizeň biomasy je výsledkem pěstitele, jedná se o zúročení jeho práce s cílem vytvoření zisku. „Správné nasazení mechanizace je důležitým předpokladem rentability produkce rychle rostoucích druhů dřevin pěstovaných na zemědělských půdách. Náklady na sklizeň (těžbu) rychle rostoucích dřevin tvoří podle dosavadních zkušeností 30 až 60 % celkových nákladů a určují tak z velké části cenu této formy energetické dendromasy“ (Scholz, 2009). Energetické plantáže se sklízí ve velmi krátkém obmýtí, které se doporučuje v rozmezí 3-6 let. Tento tří až šestiletý cyklus je v našich podmínkách minimum, které by nemělo být zkracováno z důvodu snížení výnosů. Naopak na méně produktivních plochách je vhodné obmýtí prodloužit. Nejvhodnějším obdobím sklizně jsou zimní měsíce (prosinec – březen),

kdy je v pletivech nejnižší obsah vody a půda je zamrzlá, tudíž nedochází k jejímu zhutňování.

Poleno a kol. (2009) uvádí dva způsoby sklizně biomasy:

a) pořezání a svázání do svazků – to je prováděno pomocí přídavného zařízení na traktor nebo pomocí sklízecího stroje. Stroj podřezává jedince v určité výšce a spojuje je do svazků. Svazky se buď ponechají na plantáži vyschnout po dobu jednoho až dvou měsíců nebo se ihned odvázejí na místo konečného zpracování.

b) pořezání a štěpkování – tento způsob využívá sklízecí stroje schopné okamžité výroby dřevní štěpky. Vyrobena štěpka má vyšší vlhkost, ale je snadněji manipulovatelná a dopravovatelná.

c) Scholz (2009) přidává ještě metodu kmenových výřezů – tato metoda vyžaduje minimálně 10letou obmýtní dobu. V tomto případě je nasazována klasická těžební lesnická technika. Jedná se o ruční motorové pily nebo harvestory. Těžební technika kácí, odvětvuje a připravuje kulatinové výřezy požadovaných délek. Koruny a větve se dle potřeby buď odvázejí, nebo jsou mobilním štěpkovačem zpracovány přímo na místě.

Rozdělení technologií pro zpracování biomasy

4.12.2 Štěpkovače

Stroje dělíci dendromasu účinkem nožů, umístěných na rotujícím disku nebo bubnu. Kvalita štěpek je závislá na ostrosti nožů, tupé nože výrazně snižují výkon stroje. Výhody a nevýhody viz. tabulka č.4.

a) mobilní diskové štěpkovače – jsou to stroje především pro štěpkování menšího množství dřevní hmoty. Jsou konstrukčně jednodušší, investičně méně náročné a většinou umožňují použití na tříbodovém závěsu traktoru. Počet nožů na disku je v rozmezí 2 – 4 kusy a teoretický výkon nepřesahuje 30 m³/h.

b) mobilní bubnové štěpkovače – tyto štěpkovače mají nože upevněné po obvodu válce a jsou charakterizovány teoretickými výkony až 200 m³/h, což je předurčuje pro velkoobjemovou výrobu lesní štěpky pro energetické účely (Příhoda, 2008).

Tab. č.4: Výhody a nevýhody mobilních štěpkovačů (ve srovnání s drtiči) (Příhoda, 2008)

Výhody	Nevýhody
Nižší pořizovací náklady	Náchylnost k otupení nožů
Nižší hmotnost	Malý vstupní otvor pro chaotický materiál
Obvykle jednodušší konstrukce	Nižší výkon
Kvalita štěpky	
Možnost rychlé změny velikosti štěpky	

4.12.3 Drtiče

Stroje pracující na principu kladiv umístěných po obvodu rotoru, která drtí materiál posouvaný pásem a válci k rotoru. Jedná se o stroje robustní konstrukce na kolovém nebo samostatném pásovém podvozku, které jsou větší a těžší než štěpkovače. Výkon drtičů se pohybuje až okolo 450 m³/hod. V praxi obvykle dosahují, stejně jako štěpkovače, výkonu podstatně nižšího, což je dáno zejména prodlevami v přísunu a vlastnostmi samotného chaotického materiálu. Reálný je tedy výkon v desítkách prostorových metrů štěpky za hodinu (Příhoda, 2008). Výhody a nevýhody drtičů viz. tabulka č.5.

Tab. č.5: Výhody a nevýhody mobilních drtičů (ve srovnání se štěpkovači) (Příhoda, 2008)

Výhody	Nevýhody
Vyšší odolnost dělicího agregátu	Vysoká hmotnost
Vysoký výkon	Vysoká cena
Rozměrný podávací pás	Konstrukční složitost
Možnost podávání i čelním nakladačem	Rozměrově různorodý výstupní materiál
Možnost drtit i materiál s příměsí železa	

4.12.4 Vývoj těžebních strojů

Podle Příhody (2013) se kromě těžebních strojů, které zároveň kácí a štěpkují, tyto zatím prosadily nejvíce. Postupně se vyvíjí a na trhu objevují i cenově dostupnější agregáty na traktory. „Pokud se trend pěstování topolů v delší rotaci pro samozásobení domácností

palivovým dřívím ukáže jako efektivní, lze očekávat poptávku i po technologiích pro výrobu palivového dříví (polínek)“.

4.13 Rušení plantáží

K rušení plantáží dochází přibližně ve věku 15-25 let, když začne výnos z plantáže klesat a další pěstování přestane být rentabilní. Stav půdy při rušení závisí hlavně na úrodnosti půdy, způsobu a objemu hnojení plantáže. Technologie rušení je propracována hlavně v zahraničí. Po poslední sklizni jsou za pomoci speciálních fréz odstraněny pařízky, popř. části kořenového systému. Pokud je stav půdy po plantáži stejný nebo lepší než byl před založením, je možno plochu osít cílovou plodinou (obilí, atd.). Pokud je stav půdy horší, doporučuje se půdu dohnojit nebo biologicky meliorovat např. vojtěškou nebo jetelo-travní směsí (Weger, Havlíčková, 2003). Podle Celjaka, Boháče a Kohouta (2007) „v žádném případě nestačí odstranit pouze pařízky nebo pařízky překrýt vrstvou půdy. V některých publikacích je možné nalézt nesprávné informace o tom, že lze ponechat zbytky kořenů v půdě pro budoucí drenáž. Nesmí to být kořeny, které jsou pod povrchem půdy do hloubky 20-30 cm, protože z těchto kořenů se mohou objevit výhony a plantáž obnoví růst. Tentokrát nikoliv v řadách, ale v celé ploše, resp. výhony se objevují mezi zemědělskými plodinami a v travním porostu“.

4.14 Škody způsobené zvěří

Někteří jedinci, hlavně pokud není plantáž oplocena, mohou být poškozeni srnčí zvěří. K poškození dochází hlavně v prvních třech letech, a to hlavně na jedincích menších tloušťek, kteří se vejdu srnců mezi pařízky. Jedinec usychá až v případě, pokud je kůra poškozena po celém obvodu. Za dobrých podmínek dochází k aktivaci pupenů pod poškozenou částí a jedinec pokračuje opožděně v růstu (Celjak, Boháč, Kohout, 2007)

5. Choroby a škůdci topolů a vrb

Základním aspektem pěstování topolů je přirozený výskyt širokého spektra škůdců a chorob, které napadají všechny orgány rostlin. Na listech škodí rzi. V podmínkách České republiky je nejvýznamnější rez *Melampsora larici-populina*, která může v případě zanedbání péče způsobit ztráty na produkci sazenic ve školkách. Napadení touto rzí se projevuje výskytem oranžových letních výtrusů na spodní straně listů, koncem léta listy nekrotizují a opadávají. Obrana proti této rzi je možná za použití fungicidů. Další chorobou topolů je dotichíza topolová (*Chondroplea populea*), která se projevuje vodnatým ztmavnutím kůry a následným vznikem prohlubujících se trhlin v kůře a jejich následným zavalováním. Kolem pupenů na prutech a v místech větvení na kmínku mladých rostlin je patrné hnědnutí. Někdy dochází také k hnědnutí kambia. Z virových chorob je nejčastější mozaika topolů a z bakteriálních hnědý mízotok nebo odlupčivost kůry (*Erwinia cancerogena*) (Čížek, 2007).

Nejběžnějším hmyzím škůdcem topolů na listech je mandelinka topolová (*Chrysomela populi*) a zobonoska topolová (*Byctiscus populi*). Kmeny topolů poškozují zejména kozlíček topolový (*Saperda carcharias*), kozlíček osikový (*Saperda populnea*), krytonosec olšový (*Cryptorrhynchus lapathi*) a nesytka ovádová (*Paranthrene tabaniformis*). Všechny jmenované druhy jsou významnými fyziologickými a technickými škůdci topolů.

Nesytka ovádová (*Paranthrene tabaniformis*) napadá nejčastěji 1–5leté topoly, vajíčka klade především do poraněných míst. Mladé housenky vyžírají plošky v kambiální a lýkové zóně, které se projevují zduřením podobně jako u larev kozlíčka topolového. Po přezimování hloubí ve dřevě, u slabších kmínků ve dřeni, vzestupné chodby 4–10 cm dlouhé a drť a trus vyhazují ven. Nesytka sršňová (*Sesia apiformis*) je vážný škůdce nejspodnějších částí kmenů maximálně 20letých topolů. Přemnožuje se v hlavových školkách a plantážích. Po přezimování housenky hlodají ve dřevě poměrně krátké válcovité chodby. Nejlepší ochranou před napadením nesytkami je zabránit poškození kmínků a větví (Malinová, 2006).

Rovněž pěstování vrb ve větším rozsahu je spojeno s rizikem šíření hmyzích škůdců. Vrby však nejsou tolik ohrožovány houbovými chorobami jako topoly.

„Zdřevnatělé části rostlin napadá krytonosec olšový (*Cryptorrhynchus lapathii*), kozlíček vrbový (*Lamia textor*), proutí poškozují pilatky a pěnodějky, listy pak mandelinky

a také pilatky. Kozlíček vrbový klade vajíčka na spodní části kmínků a nadzemní části kořenů vrb (ale také osik). Žír larev začíná v lýku, pokračuje ve dřevě bázi kmenů, zatímco žírem brouků jsou napadány pruty. Kozlíček vrbový tak může nejen znehodnotit produkci reprodukčního materiálu, ale způsobí postupné odumírání celého porostu, není-li jeho populace regulována“ (Čížek, 2007).

Krytonosec olšový je 6-9 mm dlouhý černý nosatec s bílým koncem zadečku. Larva vyžírá pod kůrou olší a vrb okrouhlé chodbičky dlouhé až 10 cm. Brouk pak ohlodává výhony a větvičky (Forst a kol., 1985).

6. Metodika

6.1 Základní údaje o měřené lokalitě

Lokalita, na které probíhal výzkum potenciálu rychle rostoucích dřevin, konkrétně topolu japonského (*Populus nigra X Populus maximowiczii*), se nachází ve Vráži u Písku v Jihočeském kraji. Jedná se o plantáž japonských topolů, založenou v dubnu roku 2010 (viz. mapa č.1) Rozloha plantáže činí 1 hektar a na této ploše se nachází 8000 jedinců topolu japonského. Plantáž leží v nadmořské výšce 435 m. n. m.. Průměrný roční srážkový úhrn v této oblasti činí 565 milimetrů, tedy 565 litrů na metr čtvereční. Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je na lokalitě 74702, tedy půda 3. třídy s průměrnou produkční schopností a středním stupněm ochrany. Zeměpisné souřadnice lokality jsou 49° 22' 45'' s. š., 14° 7' 37'' v. d..

Obrázek č.1: Zakreslení plantáže japonského topolu ve Vráži u Písku



6.2 Postup měření

Na dané lokalitě byl k měření vybrán 4-letý porost topolu japonského. Měření začínalo na druhé řadě od kraje porostu, aby bylo zabráněno zkreslení výsledků jedinci, dorůstajícími většími dimenzí i vyšších vězůstů než zbytek plantáže, díky lepším světelným podmínkám na kraji porostu. Změřeno bylo 106 jedinců topolu japonského, a to z druhé a třetí řady od okraje porostu, v každé řadě bylo změřeno 53 jedinců. V řadách byl měřen každý druhý jedinec, aby byl měřený vzorek reprezentativní a objektivní. U každého

stromu byla změřena tloušťka v 10 cm od země (tj. v místě, kde by strom měl být uříznut při kácení). K měření bylo použito kalibrované posuvné měřidlo, měřící s přesností na milimetry. K přesnějšímu měření byly v této výšce změřeny dvě na sebe kolmé tloušťky a tyto hodnoty zprůměrovány. Stejným způsobem jako měření v 10 cm od země bylo provedeno i měření ve výčetní tloušťce (tj. v 1,3 metru). Naměřené hodnoty byly zapisovány v milimetrech. Dále u každého z těchto vybraných jedinců byla změřena výška v centimetrech za pomoci teleskopické měřící lati. Zjištěné tloušťky i výšky byly zapisovány do pracovního sešitu a poté přepsány do MO Excelu. Následně bylo vybráno 20 jedinců, u kterých byly kromě předchozích měření ještě změřeny tloušťky po 50 cm až do výšky 4 m. Začátek první sekce byl u pomyslné výšky pařezu (10 cm nad zemí). Toto měření se odehrávalo opět za pomoci kalibrovaného posuvného měřítka s milimetrovou přesností. Při měření tloušťek ve výšce nad 2 metry a při měření průměrů větví byl použit rozkládací žebřík.

Poté následovalo měření vstupních údajů k výpočtu objemu větví. Byly měřeny větve s průměrem u kmene větším než 1 cm. K měření bylo vybráno 10 vyvětvených (vyvětvení provedeno do 1,5 m) a 10 nevyvětvených jedinců. Větve byly měřeny po 50 cm sekcích, začátek první sekce byl 1 cm od kmene (za větevním límečkem) a měřeny byly pouze větve prvního řádu. Pokud již nestačila 50 cm sekce, byla změřena délka doměrku.

6.3 Výpočet objemu kmene a větví

Výpočet objemu kmene byl prováděn za pomoci Smalianova vzorce po sekcích. Doměrek byl následně vypočítán podle objemu kužele. Stejným způsobem byl počítán i objem větví, kde nakonec byl vždy sečten objem jednotlivých větví na daném stromu a vypočítán objem větví jednotlivého stromu.

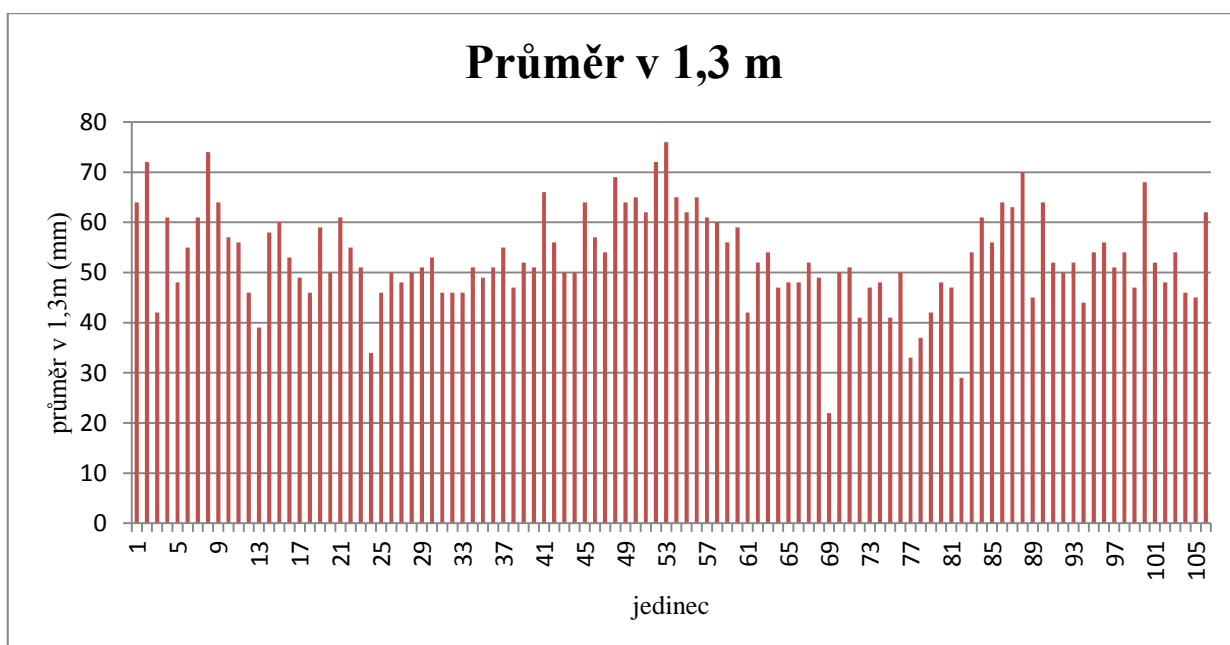
7. Výsledky

Po změření tloušťek ve výšce 1,3 metru byla vypočtena průměrná, minimální a maximální tloušťka (viz. tabulka č.6). Dále byl sestaven graf s průběhem tloušťek v 1,3 m (viz. graf č.2) a graf s rozdělením průměrů v 1,3 m do tloušťkových tříd (viz. graf č.3).

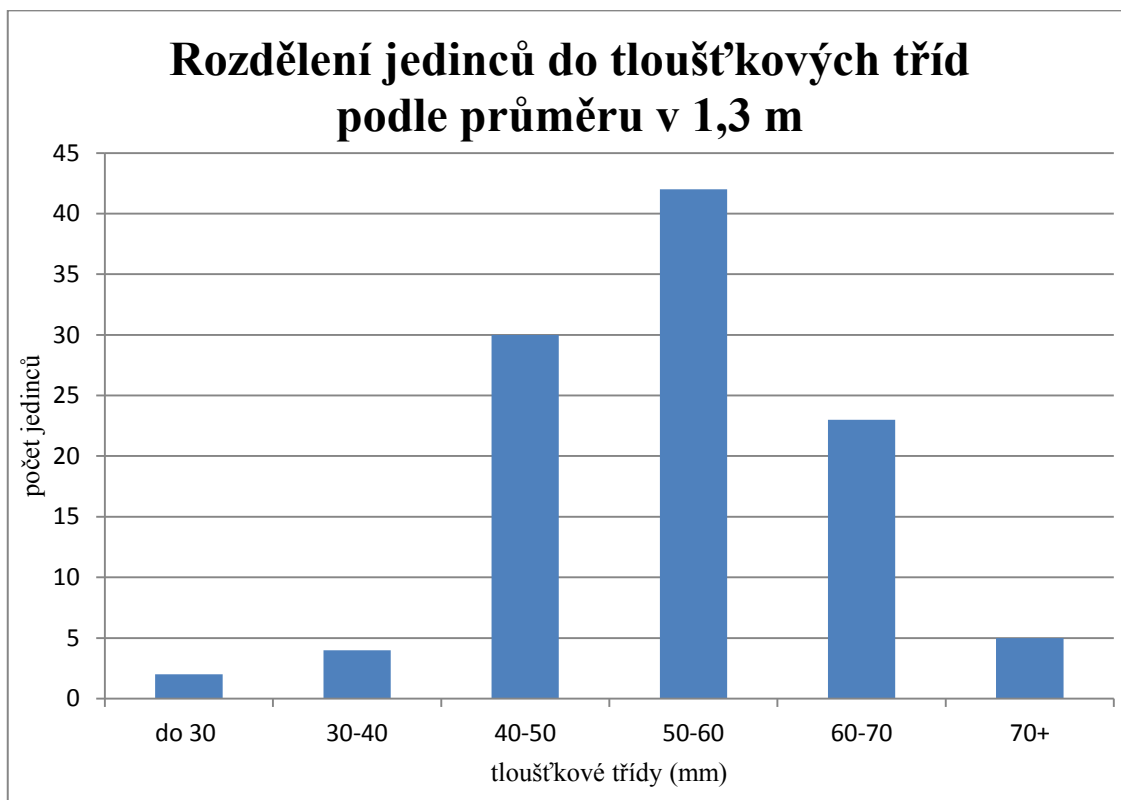
Tab. č.6: Vypočtená průměrná, minimální a maximální tloušťka japonského topolu v 1,3 m

	Průměrná tloušťka v 1,3 m	Minimální tloušťka v 1,3 m	Maximální tloušťka v 1,3 m
mm	53,11	22	76

Graf č.2 – Zobrazení průběhu tloušťek japonských topolů v 1,3 m ve Vráži u Písku



Graf č.3: Rozdělení jedinců do tloušťkových tříd podle průměru v 1,3 m

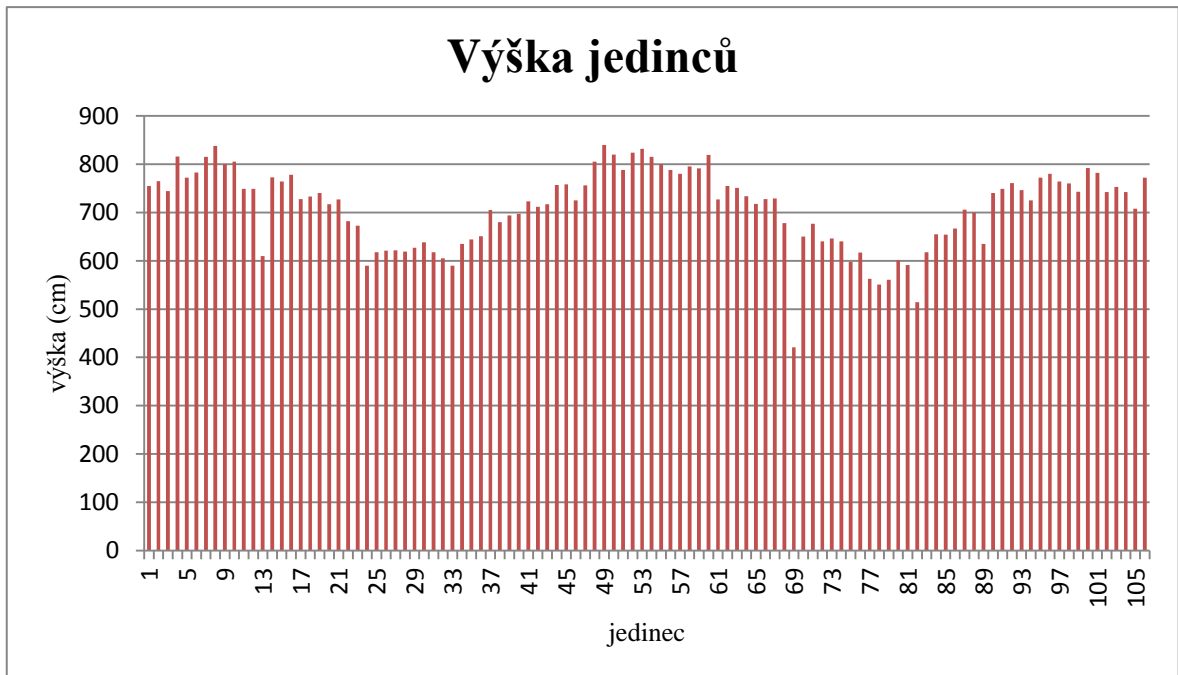


Dále byla změřena výška jedinců a vypočtena průměrná, nejnižší a nejvyšší výška (viz. tab. č.7). Dále byl sestaven graf s průběhem výšek (viz. graf č.4) a graf s rozdělením výšek do výškových tříd (viz. graf č.5).

Tab. č.7: Vypočítaná průměrná výška porostu japonského topolu a údaje o nejvyšší a nejnižším jedinci.

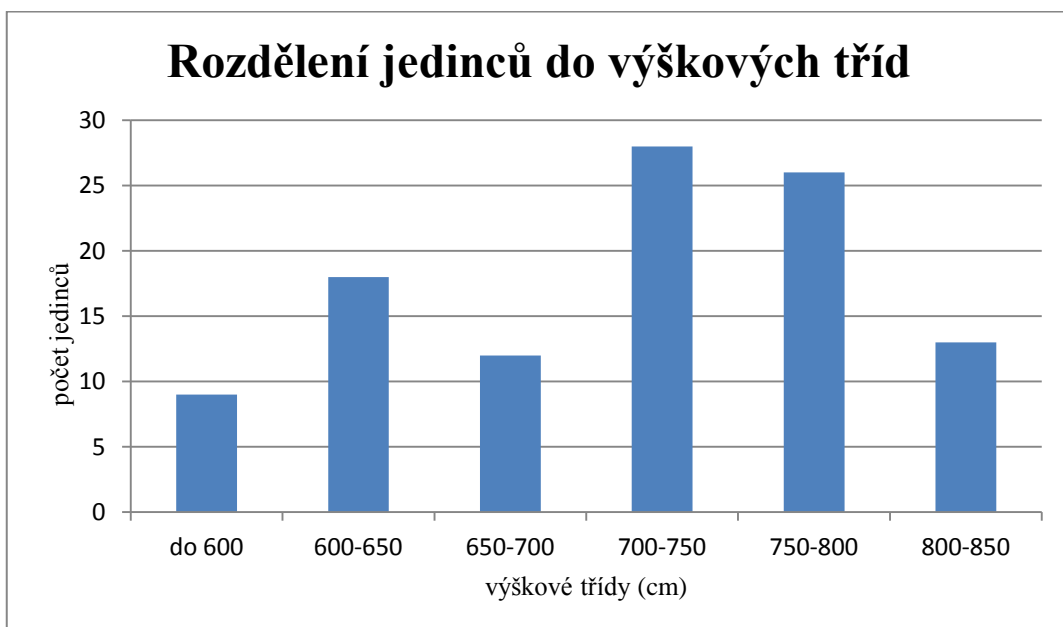
	Průměrná výška	Nejnižší jedinec	Nejvyšší jedinec
cm	711,05	421	840

Graf č.4: Výškový průběh porostu plantáže japonského topolu ve Vráži u Písku



Průměrný roční přírůst je 1,78 metru.

Graf č.5: Rozdělení jedinců do výškových tříd podle výšky jedinců

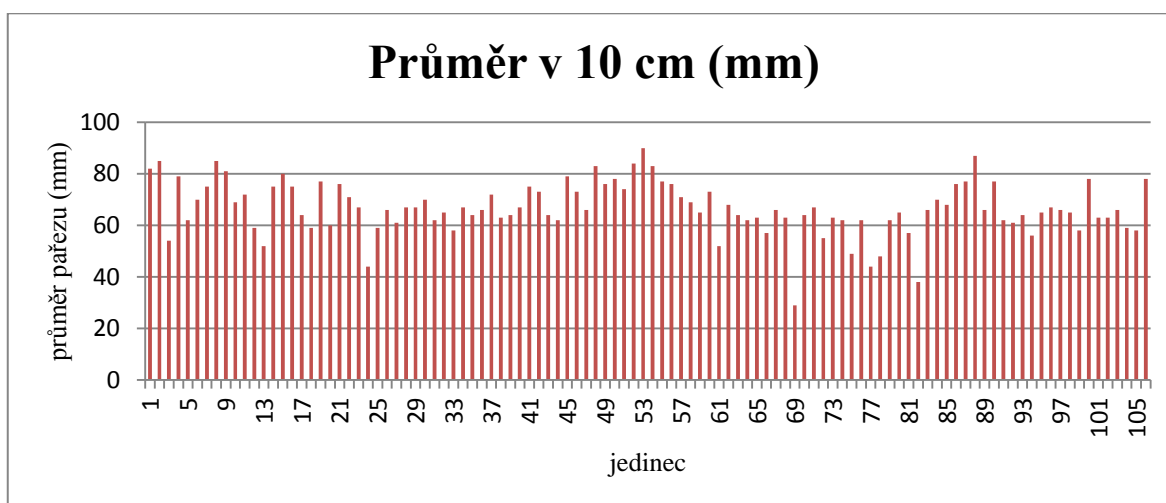


Také byly změřeny tloušťky pařezů, byla vypočtena průměrná, nejnižší a nejvyšší tloušťka pařezu (viz. tab. č.8). Dále byl sestaven graf s průběhem tloušťek pařezů (viz. graf č.6) a graf s rozdělením průměrů pařezů do tloušťkových tříd (viz. graf č.7).

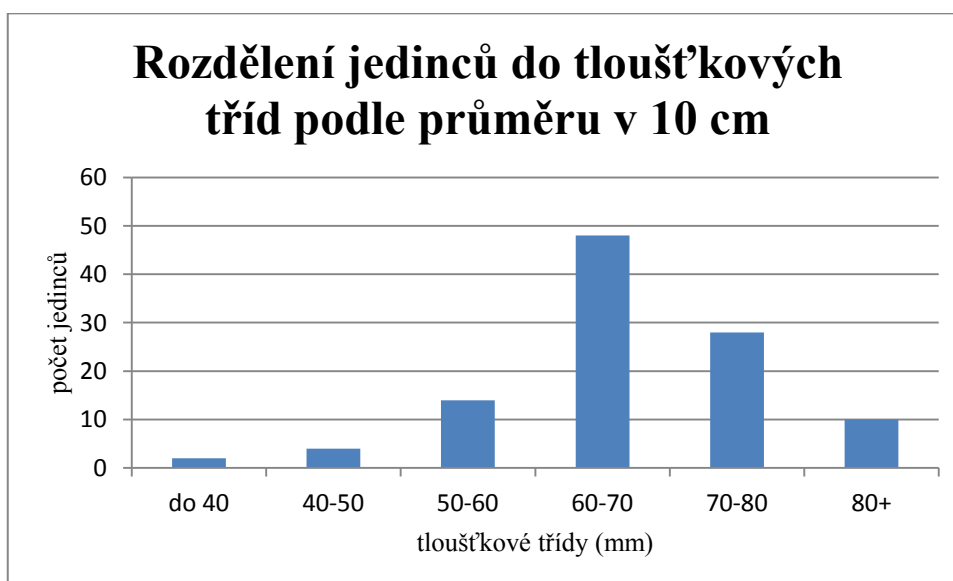
Tab. č.8: Zjištěná průměrná tloušťka pařezu a nejnižší a nejvyšší tloušťka pařezu

	Průměrná tloušťka pařezu	Nejnižší tloušťka pařezu	Nejvyšší tloušťka pařezu
mm	66,77	29	90

Graf č.6: Průběh tloušťek pařezů na topolové plantáži ve Vráži u Písku



Graf č.7: Rozdělení jedinců do tloušťkových tříd podle průměru v 10 cm



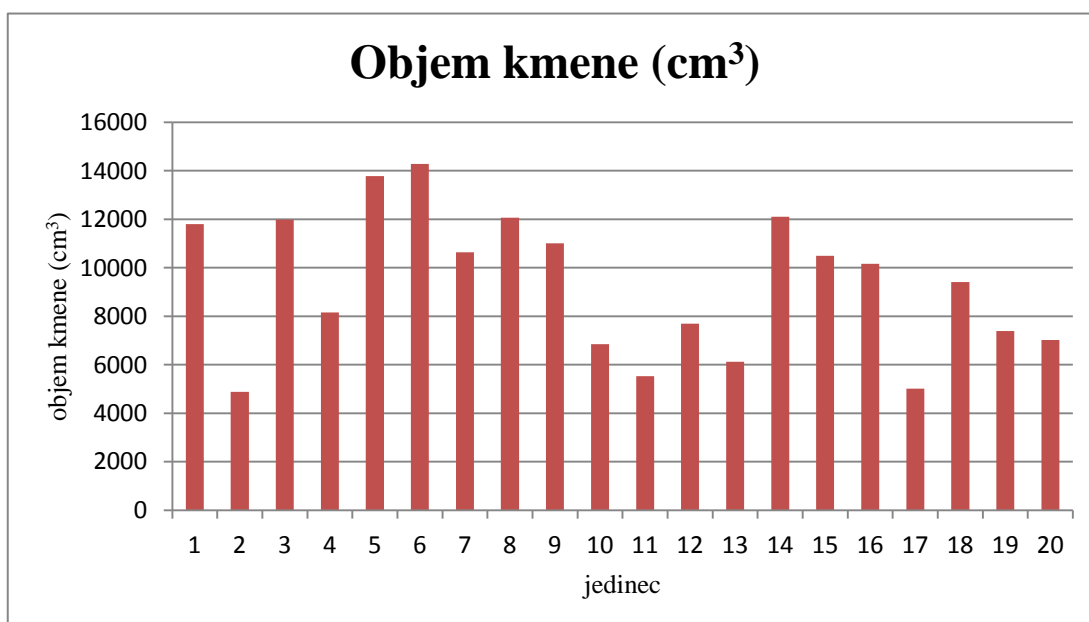
Štíhlostní koeficient byl vypočítán 1,34.

Vypočítán byl objem kmene, zjištěn byl průměrný, nejvyšší a nejnižší objem kmene (viz. tab. č.9). Následně byl zobrazen průběh jednotlivých objemů kmene (viz. graf č.8)

Tab. č.9: Zjištěný průměrný objem kmene a jeho nejvyšší a nejnižší hodnota

	Průměrný objem kmene	Nejnižší objem kmene	Nejvyšší objem kmene
cm ³	9319,84	4881,86	14288,79

Graf č.8: Objemy kmene na topolové plantáži ve Vráži u Písku



Vypočtený variační koeficient je 30,5.

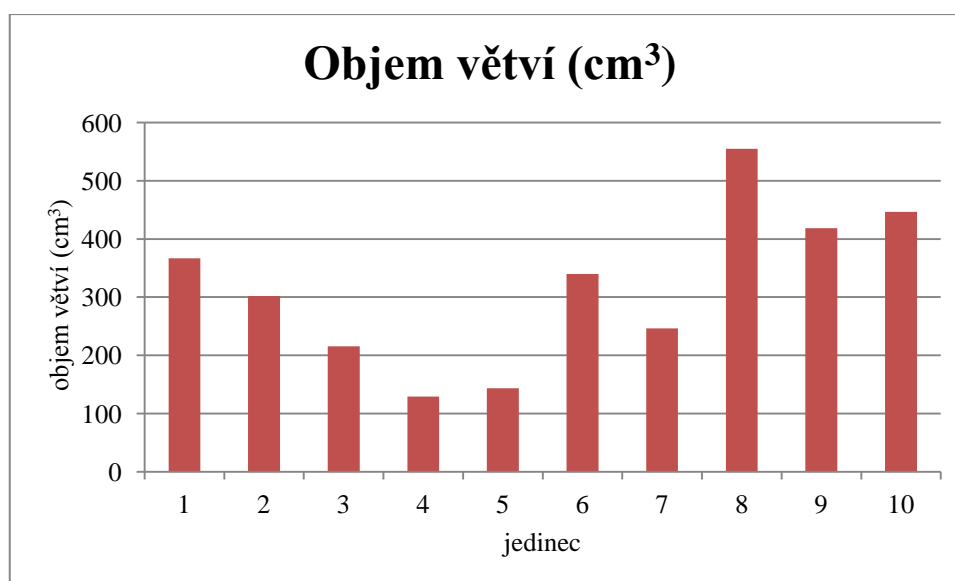
Pomocí korelační analýzy byl otestován vztah tloušťky kmene v 10 cm a objemu kmene. Korelační koeficient vyšel 0,91.

Po zjištění objemu větví jak u vyvětvených tak i u nevyvětvených jedinců byl stanoven průměrný, nejnižší a nejvyšší objem větví (viz. tabulky č.10 a č.11). A následně byl vytvořen graf se zobrazením objemu větví (grafy č.9 a č.10).

Tab. č.10: Objem větví u vyvětvených jedinců

	Průměrný objem větví	Nejnižší objem větví	Nejvyšší objem větví
cm ³	316,29	129,07	555,08

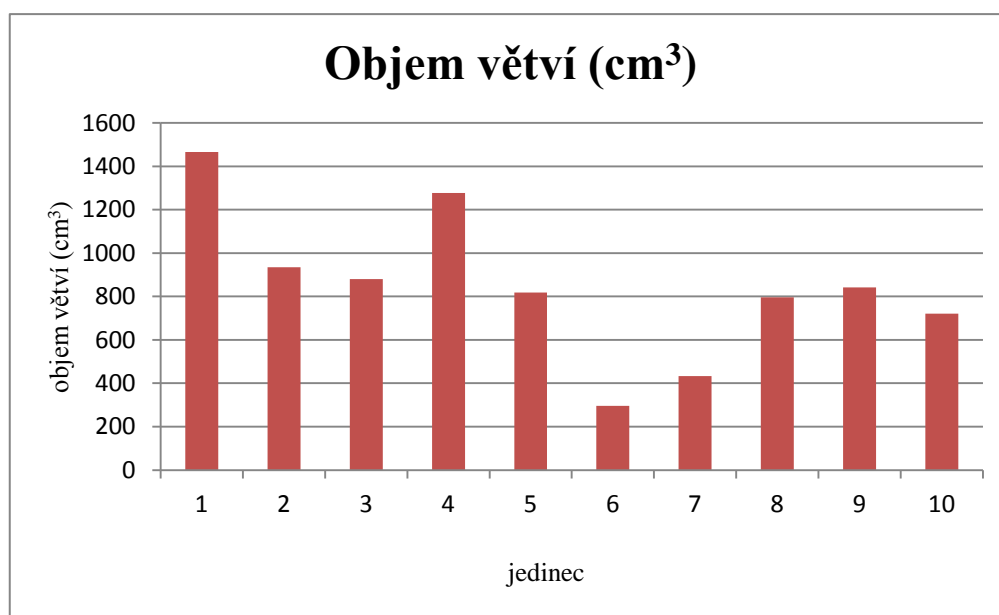
Graf č.9: Objemy větví u vyvětvených jedinců



Tab. č.11: Objem větví u nevyvětvených jedinců

	Průměrný objem větví	Nejnižší objem větví	Nejvyšší objem větví
cm ³	846,56	295,64	1465,78

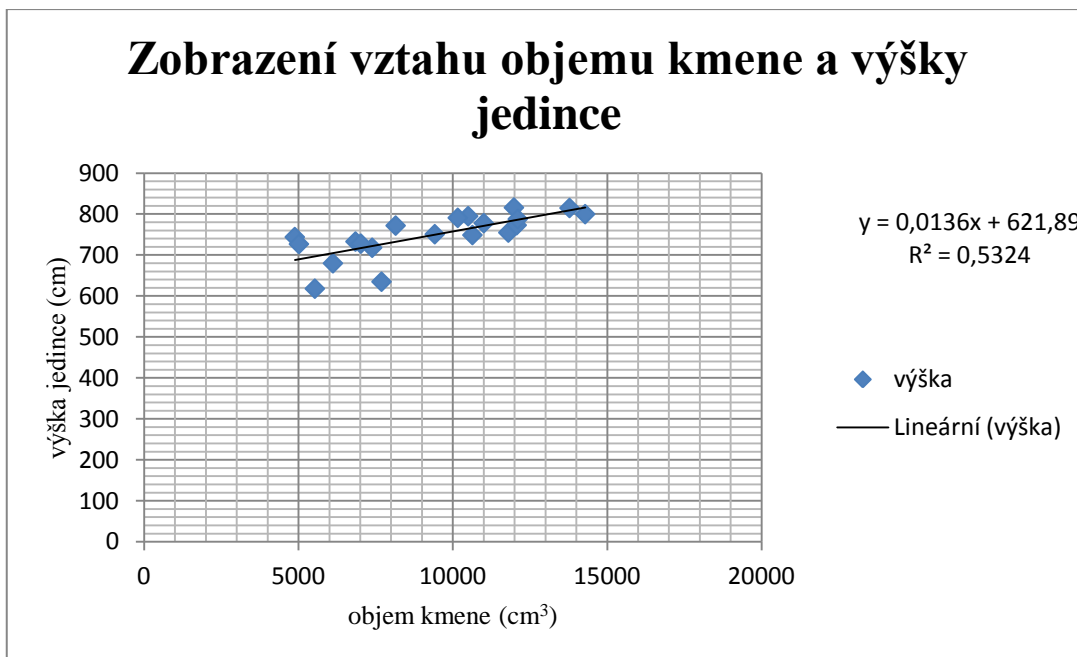
Graf č.10 : Objemy větví u nevyvětvených jedinců



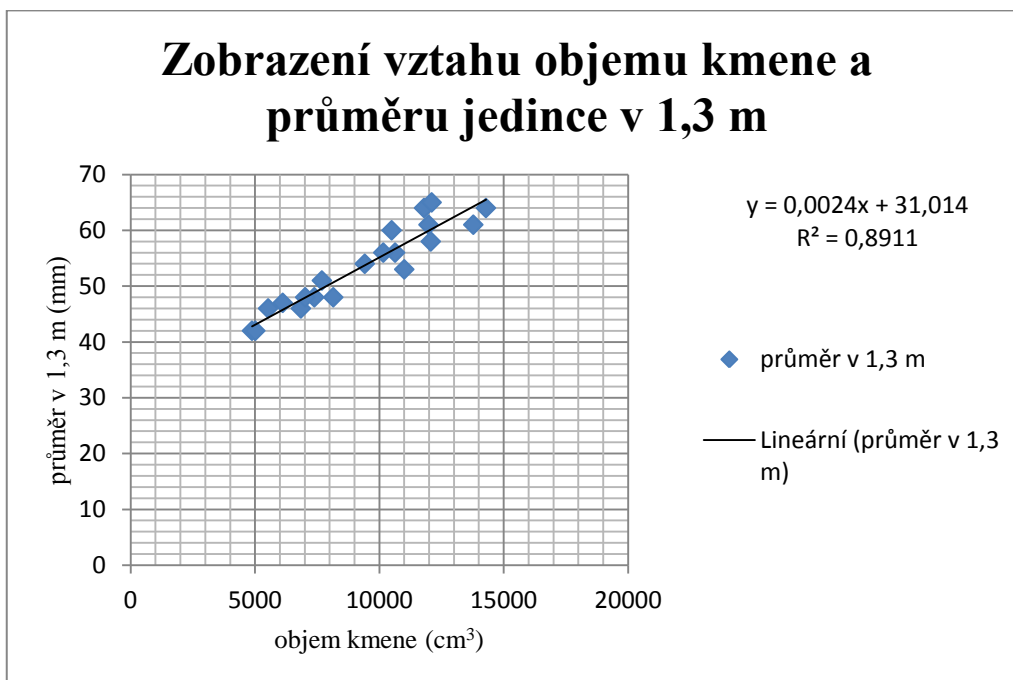
Z průměrného objemu jedince a objemu větví u nevyvětvených jedinců byl vypočítán poměr objemu větví k objemu stromu. U nevyvětvených jedinců je poměr větví k objemu stromu 8,3 % a u vyvětvených jedinců 3,2 %.

Z vypočteného objemu kmene, byly vytvořeny grafy zobrazující vztahy objemu kmene k výšce jedince, průměru jedinců v 1,3 m a v 10 cm (viz. grafy č.11, 12, 13). Z těchto vztahů byly vytvořeny lineární rovnice pro jednoduché zjištění přibližného objemu kmene, při znalosti výšky, průměru v 1,3 m nebo v 10 cm.

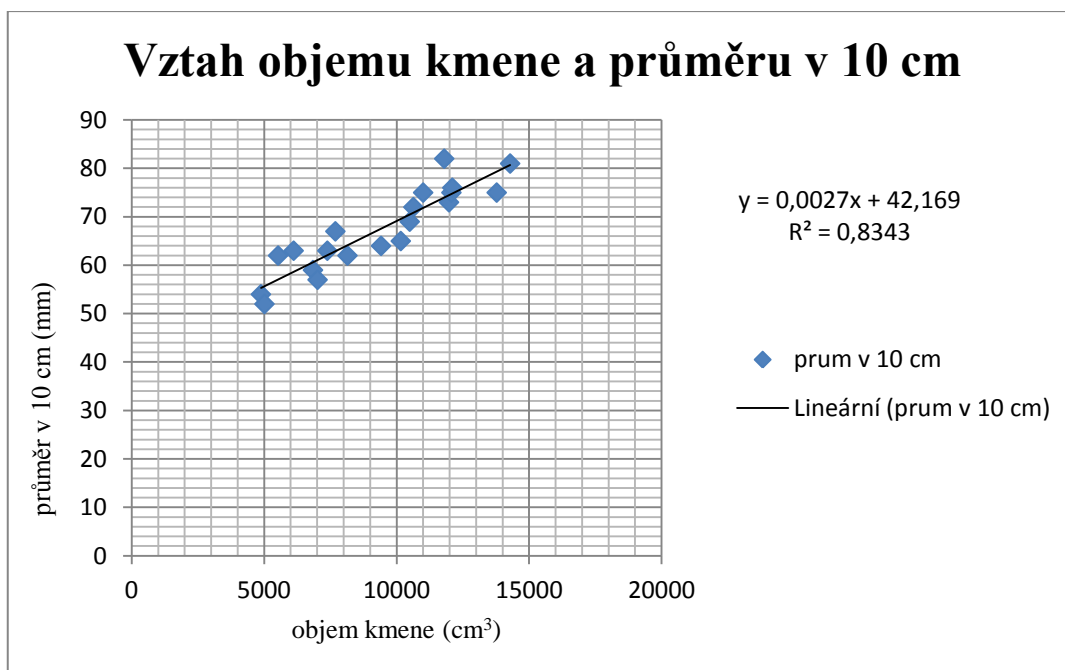
Graf č.11: Zobrazení vztahu objemu kmene a výšky jedince



Graf č.12: Zobrazení vztahu objemu kmene a průměru jedince v 1,3 m



Graf č.13: Vztah objemu kmene a průměru v 10 cm



Hodnoty naměřené ve vegetačním období roku 2013 byly porovnány s měřeními prováděnými v roce 2012 viz. tabulka č.12.

Tab. č.12: Porovnání zjištěných údajů ve vegetačních obdobích roků 2012 (Vlášek, 2013) a 2013

	vegetační období 2012	vegetační období 2013
průměrná tloušťka ve výšce 1,3 m (mm)	37,93	53,11
průměrná výška jedinců (m)	545,21	711,05
průměrná tloušťka pařezu (v 10 cm) (mm)	54,45	66,77
průměrný objem kmene (cm ³)	4113,004	9319,84

Na plantáži topolu japonského ve Vráži, kde bylo měření prováděno jsou jedinci vysázeny ve sponech 8000 jedinců/ha. Po vynásobení průměrného objemu kmene s počtem 8000 jedinců po hektaru dostaneme zásobu porostu, tato zásoba tedy činí 74,56 m³. Celjak a Boháč (2008) uvádí, že hustota rychle rostoucích topolů je při kácení 921,9 – 948,2 kg/m³, dále uvádí, že obsahují při těžbě 51,16 – 67,2% vody. Za pomoci těchto informací

vypočítáme zásobu plantáže v sušině. Při použití průměrných hodnot (hustota 935 kg/m³, obsah vody 60%.) vypočítáme množství sušiny na hektar. Nejdříve dostaneme hodnotu v syrovém stavu, ta činí 69,71 tun. Z této hodnoty vypočteme množství sušiny (obsah vody 0 %) a dostaneme 27,89 tun viz. tabulka č.13.

Tab. č.13: Vypočítané produkční údaje (bez objemu větví) o plantáži japonského topolu ve Vráži u Písku

Průměrný objem jednoho kmene (cm ³)	9319,84
Průměrný objem jednoho kmene (m ³)	0,00931984
Objem kmenů na 1 ha (m ³)	74,56
Produkční potenciál 4leté plantáže ve Vráži v syrovém stavu (t)	69,71
Produkční potenciál 4leté plantáže ve Vráži v sušině (t)	27,89

Dále přičteme k objemu kmene i průměrný objem větví. Polovina plantáže je vyvětvena, tudíž u 4000 jedinců přičteme objem větví u nevyvětvených a u dalších 4000 jedinců objem vyvětvených. Tímto dostaneme průměrný objem jednoho nevyvětveného jedince 10166,4 cm³ a jednoho vyvětveného jedince 9636,13 cm³. Poté vypočítáme objem stromů na 1 ha, který činí 79,21 m³. Vynásobením hustotou dřeva topolů 935 kg/m³ dostaneme produkční potenciál v syrovém stavu 74,06 t. Z tohoto údaje vychází hmotnost sušiny 29,62 t. Shrnutí viz. tabulka č.14.

Tab. č.14: Vypočítané produkční údaje (s objemem větví) o plantáži japonského topolu ve Vráži u Písku

Průměrný objem jednoho nevyvětveného jedince (cm ³)	10166,4
Průměrný objem jednoho vyvětveného jedince (cm ³)	9636,13
Objem jedinců na 1 ha (50% vyvětveno) (m ³)	79,21
Produkční potenciál 4-leté plantáže s objemem větví ve Vráži (t)	74,06
Produkční potenciál 4-leté plantáže s objemem větví ve Vráži v sušině (t)	29,62

8. Diskuze

Produkce topolových plantáží se v České republice pohybuje mezi 5-15 tunami sušiny/ha/rok. Množství produkce je závislé na mnoha faktorech.

Čížek (2007) uvádí, že v České republice jsou nejvýnosnější klony topolů J – 104 a J – 105, mediálně propagované jako „japonské topoly“, v zahraničí označované jako Max 4 a Max 5. Jsou výsledkem standardního šlechtitelského postupu a zaručují také standardně vysoký a spolehlivý výnos. Na ověřovacích plochách v našich přírodních podmínkách bylo zjištěno, že tyto klony mohou dávat výnos 10–12 tun sušiny/ha/rok v druhém obmýtí.

Na studované plantáži ve Vráži u Písku z naměřených hodnot vyšel výnosový potenciál 29,62 t sušiny ve čtyřletém porostu japonského topolu. Což odpovídá produkci 7,4 tun sušiny/ha/rok.

Pastorek, Kára, Jevič (2004) uvádí, že výnosy z plantáží rychle rostoucích dřevin ovlivňuje mnoho činitelů z toho nejvýznamnější jsou: stanoviště, druh rostliny, délka obmýtí, půdní podmínky, kvalitní ošetřování, vodní režim. Na nejvhodnějších stanovištích s vhodnými odrudami může být dosaženo průměrného ročního přírůstku 10-15 tun sušiny/ha/rok. Reálné je však v podmínkách ČR 5-10 tun sušiny/ha/rok.

Podle těchto údajů plantáž ve Vráži odpovídá průměrným hodnotám dosahovaným v ČR. Například ale Celjak (2012) uvádí, že na Chlumské hoře byla provedena těžba po 4 letech od založení plantáže a výnos dřevní hmoty při přepočtu na hektar zde byl 59,36 tun v čerstvém stavu. To znamená roční výnos 14,84 tun na hektar v čerstvém stavu. Plantáž ve Vráži u Písku dosahuje v čerstvém stavu 18,5 tun na hektar ročně. Větší výnos na plantáži ve Vráži u Písku je dán zřejmě vhodnou půdou a hlavně nulovou konkurencí bočního světla.

Při mém měření jsem došel k průměrné výšce 711,05 cm a průměrné tloušťce pařízku 66,77 mm. Celjak, Boháč, Kohout (2007) uvádí výšku u čtyřletého topolu v Chlumské Hoře 635,12 cm a průměr pařízků 63,39 mm. Z těchto dat lze usoudit, že průměr pařízků ve srovnání s plantáží v Chlumské hoře byl skoro stejný, ale rozdíl ve výšce jedinců byl 76 cm, což se jeví jako poměrně významný rozdíl.

Pokud porovnáme mnou změřené údaje s plantáží u Čakova, kde ve čtvrtém roce měla plantáž průměrnou výšku 616,21 cm a průměr pařízků byl 68,4 mm (Kohout a kol., 2010), tak na této plantáži byl oproti plantáži ve Vráži v podstatě stejný průměr pařízků, ale výška jedinců byla ve Vráži vyšší o 95 cm. To by se dalo zřejmě přisoudit vlivu

bočního zastínění. Plantáž ve Vráži je bez vlivu bočního zastínění, naproti tomu plantáž v Čakově byla částečně zastíněna. Kohout a kol. (2010) právě popisuje rozdílnou velikost pařízků na nezastíněné části plantáže a na části zastíněné. Například na lokalitě Čakov, kde na nezastíněné části byl průměr pařízků 88,78 mm a na části zastíněné porostem rychle rostoucích dřevin byl průměr 51,29 mm. Na Chlumské hoře byl průměr pařízků na nezastíněné části plantáže 63,39 mm a na části zastíněné sousedním lesním porostem 28,23 mm. Stejným způsobem je ovlivňována i výška jedinců, kdy v Čakově byl rozdíl mezi zastíněnými a nezastíněnými jedinci v průměru 4 metry a v Chlumské hoře 2,3 metry.

Vlášek (2013) udává, že průměrná tloušťka ve výšce 1,3 m na stejné plantáži po konci vegetačního období 2012 byla 37,93 mm. Z toho vyplývá, že průměrná tloušťka od konce vegetačního období roku 2012 ke konci vegetačního roku 2013 vzrostla o 15,18 mm. Směrodatná odchylka z údajů naměřených ve výčetní výšce je 9,3 což svědčí o tloušťkové vyrovnanosti porostu.

Vlášek (2013) udává, že průměrná výška porostu na stejné plantáži po konci vegetačního období 2012 byla 545,21 cm. Z toho vyplývá, že průměrná tloušťka od konce vegetačního období roku 2012 ke konci vegetačního roku 2013 vzrostla o 165,84 cm. Směrodatná odchylka výšky jedinců je 79,45, což svědčí o výškové různorodosti tohoto porostu.

Vlášek (2013) udává, že průměrná tloušťka pařezu na stejné plantáži po konci vegetačního období 2012 byla 54,45 mm. Z toho vyplývá, že průměrná tloušťka pařezu od konce vegetačního období roku 2012 ke konci vegetačního roku 2013 vzrostla o 12,32 mm. Dále uvádí, že ke konci roku 2012 bylo množství sušiny 12,3 tun. Po konci vegetačního období 2013 bylo množství sušiny 27,89 tun, tudíž se množství sušiny zdvojnásobilo.

Po rozdělení do tloušťkových a výškových tříd jedinců bylo zjištěno, že jedinci mají normální rozdělení.

Štíhlostní koeficient byl zjištěn 1,34. Jedná se o číslo větší, ale je to dáno zřejmě hustotou plantáže, tudíž omezeného přístupu světla a následného menšího tloušťkového přírůstu. Dále lze tento vyšší štíhlostní koeficient zdůvodnit vysokým výškovým přírůstem (1,78 m ročně) a nestejně rychlým tloušťkovým přírůstem.

Korelační koeficient vyšel 0,91, což udává vysokou závislost mezi průměrem v 10 cm nad zemí a objemem kmene.

Podíl objemu větví u vyvětvených jedinců je 3,2 % a u nevyvětvených jedinců 8,3 %. Což hlavně u nevyvětvených jedinců je číslo velmi zajímavé, ale je třeba zvážit, zda-li vyvětvením nedojde ke zvýšení tloušťkového přírůstu a produkční schopnosti vyvětveného a nevyvětveného jedince se tím dostávají na stejnou rovinu.

Pomocí lineární spojnice trendu byla zobrazena rovnice regrese pro vztah objemu kmene buď k průměru kmene v 1,3 m, v 10 cm nebo k výšce jedince. Ke každé rovnici byla zobrazena hodnota spolehlivosti R, která udává těsnost závislosti. Ze vztahu objemu kmene a průměru v 1,3 m vyšla tato rovnice $y = 0,0024x + 31,014$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0,8911$, což udává velkou závislost. Z dalšího vztahu objemu kmene a průměru v 10 cm vyšla rovnice $y = 0,0027x + 42,169$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0,8343$, což značí také velkou závislost. Poslední zobrazenou rovnicí je rovnice vztahu objemu kmene a výšky jedince $y = 0,0136x + 621,89$ s hodnotou spolehlivosti $R^2 = 0,5324$, což značí nevýznamnou závislost. Po dosazení změřeného údaje (tloušťky v 1,3 m, tloušťky v 10 cm nebo výšky jedince) za hodnotu y si lze alespoň přibližně vypočítat objem kmene daného jedince. Získaná hodnota je ale pouze orientační, jelikož rovnice byly vytvářeny z malého vzorku měřených jedinců.

Z mého měření se jeví plantáž ve Vráži u Písku jako výnosově průměrná, průměrný vychází i výškový přírůst, který vyšel 1,78 m a u klonu J-104 (J-105) udává Kohout a kol. (2010) průměrný roční přírůst na ideálních lokalitách mezi 1,3-2,1 m.

Celkově bych plantáž v porovnání s literaturou hodnotil jako průměrnou.

9. Závěr

Problematika rychle rostoucích dřevin se zdá zpočátku jednoduchá, ale přesto zdárné a ekonomicky výhodné pěstování plantáže rychle rostoucích dřevin vyžaduje značné znalosti. Produkce biomasy je v současné době, kdy se hledá mnoho způsobů využití obnovitelné energie, velmi aktuální. Tato práce popisuje obecně vývoj od založení plantáže, uvádí zde mnoho klonů jak topolů, tak i vrb a jejich ideální využití. Dále uvádí způsoby výsadby, spony a péči o sadební materiál. Následná péče je zde důsledně popsána, protože se jedná o velmi důležitou součást pěstování rychle rostoucích dřevin, která může velmi výrazně ovlivnit jak újmavost sadebního materiálu, tak i následné odrůstání a sklizeň. Popsány jsou i způsoby sklizně, jejich výhody i následná manipulace se získanou surovinou. Tato práce také uvádí základní škůdce na vrbových a topolových plantážích. Na sledované plantáži topolu japonského (*Populus nigra* X *Populus maximowiczii*) ve Vráži u Písku byla zjištěna průměrná výška čtyřletých japonských topolů, průměrná výčetní tloušťka a průměr pařízků. Také byl vypočítán průměrný objem stromu, objem jeho větví a následně zjištěn podíl objemu větví u nevyvětvených i vyvětvených jedinců. Podíl objemu větví u vyvětvených jedinců je 3,2 % a u nevyvětvených jedinců 8,3 %. Z toho lze usoudit, že vyvětvováním jedinců se majitel připravuje o část produkce. Záleží ale i na době obmýetí, protože ve vyšším věku dojde k prosychání spodních částí jedinců. Pomocí lineární spojnice trendu byla zobrazena rovnice regrese pro vztah objemu kmene buď k průměru kmene v 1,3 m, v 10 cm nebo k výšce jedince, významná závislost na objem kmene byla prokázána hlavně u průměru v 1,3 m a průměru v 10 cm. Průměrný roční přírůst činil na plantáži 1,78 m za rok, což dokazuje velmi vysokou výškovou přírůstavost japonských topolů. Po porovnání zjištěných výsledků s odbornou literaturou byla plantáž vyhodnocena jako produkčně a výnosově průměrná.

10. Použitá literatura

BROECKX L.S., Verlinden M.S, Ceulemans R. Establishment and two-year growth of a bio-energy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): Effects of genotype and former land use., *Biomass and Bioenergy*, July 2012, Pages 151–163.

CELJAK, Ivo, Boháč, Jaroslav a Kohout, Pavel. Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007. 54 s. ISBN 978-80-7394-011-9.

CELJAK, Ivo. Biomasa je nezbytná součást lidského života. *Biom.cz* [online]. 2008-12-22 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>. ISSN: 1801-2655.

CELJAK, Ivo, Boháč, Jaroslav. Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sídel. *Biom.cz* [online]. 2008-12-01 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel>>. ISSN: 1801-2655.

CELJAK, Ivo. Pěstování topolů pro energetické účely – 1.. *Biom.cz* [online]. 2010-08-23. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-1>>. ISSN: 1801-2655.

CELJAK, Ivo. Náklady na produkci štěpky z rychle rostoucích topolů. *Biom.cz* [online]. 2012-07-09 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/naklady-na-produkci-stepky-z-rychle-rostoucich-topolu>>. ISSN: 1801-2655.

ČESKO. Vláda. Zákon 232/2013 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin), ve znění pozdějších předpisů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2013.

ČÍŽEK V. Základní předpoklady pro zakládání plantáží a pěstování rychlerostoucích dřevin v podmínkách ČR, Expertní studie k projektu BRIE – Regionální trh s biomasou, 2007.

ČÍŽEK V., Čížková L. Determinace hybridních topolových klonů pěstovaných v České republice. Lesnický průvodce 10/2009 Strnady VÚLHM.

ČÍŽKOVÁ, L., Čížek, V. Pěstování rychle rostoucích dřevin v České republice. In: Pěstování sadebního materiálu a zakládání porostů rychle rostoucích dřevin. Mze a SLŠ ČR. Lesnická práce, 2006, s. 5-23. ISBN 80-86386-85-6.

FIALA, Přemysl. Rychle rostoucí dřeviny na bývalých pastvinách. Biom.cz [online]. 2010-07-28 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-na-byvalych-pastvinach>>. ISSN: 1801-2655.

FORST, P. a kol. Ochrana lesů a přírodního prostředí. SZN Praha, 1985, 409 s.

GRUNEWALD, H. a kol. Robinia pseudoacacia L.: A Lesser Known Tree Species for Biomass Production, BioEnergy Research pages 123-133. 2009.

HAVLÍČKOVÁ, Kamila a kol. Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie. 1. vyd. Průhonice [Praha]: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2007. 92 s. ISBN 978-80-85116-50-2.

HAVLÍČKOVÁ, Kamila a kol. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2008. 83 s. ISBN 978-80-7415-004-3.

HAVLÍČKOVÁ, Kamila a kol. Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 2010. 498 s. ISBN 978-80-85116-72-4.

HIEKE K. Praktická dendrologie2. SZN. Praha, 1978, 589 s.

HORKÝ, Richard. Přejímka biomasy = cesta ke zlepšení ekonomiky biomasových kotelen. Biom.cz [online]. 2014-01-13 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/prejimka-biomasy-cesta-ke-zlepseni-ekonomiky-biomasovych-kotelen>>. ISSN: 1801-2655.

JUCHELKOVÁ, Dagmar. Biomasa a možnosti jejího využití ve vytápění. Biom.cz [online]. 2002-01-10 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-a-moznosti-jejeho-vyuziti-ve-vytapeni>>. ISSN: 1801-2655.

KOHOUT, Pavel a kol. Rychle rostoucí dřeviny v energetice: (topoly a vrby): [odborná monografie]. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2.

KRATOCHVÍLOVÁ, Zuzana. Rychle rostoucí dřeviny (vrby a topoly) pěstované s použitím mulčovací folie. Biom.cz [online]. 2009-07-06 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z WWW:<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-vrby-a-topoy-pestovano-s-pouzitim-mucovaci-folie>>. ISSN: 1801-2655.

KRAVKA, M., a kol. Plantáže dřevin pro biomasu, vánoční stromky a zalesňování zemědělských půd. Grada Publishing, a.s, 2012.

LOUMETO Joël J, Huttel C. Understory vegetation in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo, *Forest Ecology and Management*, December 1997, Pages 65–81.

MACKENSEN J., Fölster H. Cost-analysis for a sustainable nutrient management of fast growing-tree plantations in East-Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 1 June 2000, Pages 239–253.

MALINOVÁ M. Nejvýznamnější choroby a škůdci topolu, *Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 1922- . Vychází měsíčně., 2006, č.11.

MAUER, O. Pěstování sadebního materiálu topolů a stromových vrb. In: Pěstování sadebního materiálu a zakládání porostů rychle rostoucích dřevin. Mze a SLŠ ČR. *Lesnická práce*, 2006, s. 24-48. ISBN 80-86386-85-6.

MBOUKOU-KIMBATSAA I.M.C, Bernhard-Reversat F., Loumeto J.J. Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils, *Forest Ecology and Management*, 5 October 1998, Pages 1–12.

MIRCK, Jaconette, et al. Development of short-rotation willow coppice systems for environmental purposes in Sweden. *Biomass & Bioenergy*. 2005, roč. 28, č. 2, s. 219-228. ISSN 09619534. DOI: 10.1016/j.biombioe.2004.08.012.

MIŠKOVSKÝ, Josef. Projekt pěstování biomasy v podniku Lesy České republiky. *Biom.cz* [online]. 2009-04-06 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/projekt-pestovani-biomasy-v-podniku-esy-ceske-repubiky>>. ISSN: 1801-2655.

MOTTL J., Úředníček L. Topoly a jejich listy. Rentgenogramy listů topolů. *Acta Průhoniana, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, Průhonice, 2003, 182 s.*

MOTLÍK, Jan, Váňa, Jaroslav. Biomasa pro energii (2) Technologie. *Biom.cz* [online]. 2002-02-06 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.

MRNKA, Libor a kol. Pěstování vrb a topolů formou výmladkových plantáží na půdách kontaminovaných rizikovými prvky: teoretické podklady a praktický návod pro pěstitele v ČR. [Průhonice]: Botanický ústav AV ČR, 2011. 98, [6] s. ISBN 978-80-86188-35-5.

PASTOREK, Zdeněk, Kára Jaroslav, Jevič Petr. *Biomasa: Obnovitelný Zdroj Energie* Praha: FCC Public, 2004.

PETŘÍKOVÁ, Vlasta. Biomasa pro vytápění budov. *Biom.cz* [online]. 2008-12-17 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-vytapeni-budov>>. ISSN: 1801-2655.

POLENO, Z. a kol. Pěstování lesa III – Praktické postupy pěstování lesů. *Lesnická práce Kostelec nad Černými lesy*. 2009. 950 s.

PŘÍHODA J. Energeticky využitelná biomasa v lesním hospodářství. *Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce*, 1922- . Vychází měsíčně. 2007, č.3.

PŘÍHODA J. Automatizace sklizně rychle rostoucích dřevin, *Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi*. Kostelec nad Černými lesy: *Lesnická práce*, 1922- . Vychází měsíčně. 2013, č.8.

PŘÍHODA, Jan. Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků II. Biom.cz [online]. 2008-06-23 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku-ii>>. ISSN: 1801-2655.

RÉDEI K. a kol. Výnos energetického porastu agáta bíleho (*Robinia pseudoacacia* L.): výskum na experimentálnej ploche. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 56(4): 327 – 335, 2010, 3 fig., ref. 13. Original paper. ISSN 323 – 10468.

RIDGE, C. a kol. Leaf growth characteristics of fast-growing poplar hybrids *Populus trichocarpa* × *P. deltoides*. Heron Publishing - Victoria Canada. 1986.

SCHOLZ, Volkhard. Rychle rostoucí dřeviny - technologie sklizně. Biom.cz [online]. 2009-07-01 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-technologie-sklizne>>. ISSN: 1801-2655.

SIMANOV Vladimír. Energetické Využívání Dříví: Možné Způsoby Energetického Využívání Těžebního Odpadu a Dalšíh Opomíjených Zdrojů Dříví 2. vyd. Olomouc: Terrapolis, 1995.

STUPAVSKÝ, Vladimír. Bezpečné využití komunálních odpadních vod a čistírenských kalů k závlaze a hnojení plantáží rychle rostoucích dřevin. Biom.cz [online]. 2008-10-15 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bezpecne-vyuziti-komunalnich-odpadnich-vod-a-cistirenskych-kalu-k-zavlaze-a-hnojeni-plantazi-rychle-rostoucich-drevin>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, Vladimír. Výběr vhodného stanoviště pro založení plantáže rychle rostoucích dřevin. *Biom.cz* [online]. 2009-04-27. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyber-vhodneho-stanoviste-pro-zalozeni-plantaze-rychle-rostoucich-drevin>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, Vladimír (ed.). Biomasa a Energetika 2011. Sborník referátů z konference 29.11.2011, ČZU v Praze, ČZ Biom 2011.

ŠINKORA, Milan. Topoly a vrby pro energetiku. *Biom.cz* [online]. 2008-02-25 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-pro-energetiku>>. ISSN: 1801-2655.

ŠKVAŘIL, Jan. Spalování plynu ze zplyňování biomasy. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2.

ŠTIPL, Přemek. Úskalí lesní biomasy. *Biom.cz* [online]. 2009-10-19 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/uskali-lesni-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

TRNKA, Miroslav. Zkušenosti s pěstováním rychle rostoucích dřevin v mikroregionu Bystřice n. P.. *Biom.cz* [online]. 2010-03-24 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/zkusenosti-s-pestovanim-rychle-rostoucich-drevin-v-mikroregionu-bystrice-n-p>>. ISSN: 1801-2655.

ÚHUL. Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely, 2012.

VĚTVIČKA, V. Evropské stromy. Aventinum Praha, 2001, 216 s.

VIHERVAARA P. a kol. Ecosystem services of fast-growing tree plantations: A case study on integrating social valuations with land-use changes in Uruguay. *Forest Policy and Economics*, January 2012, Pages 58–68.

VLÁŠEK, J. Produkční potenciál rychle rostoucích dřevin a jejich těžba, Bakalářská práce, ČZU Praha, 2013.

VOLAVKA A. Rychle rostoucí dřeviny a jejich pěstování, SZN Praha, 1953.

WANTULOK, Michal. Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky a možnosti rozvoje trhu s ní. *Biom.cz* [online]. 2011-02-14 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/zkusenosti-s-vyrobou-lesni-energeticke-stepky-a-moznosti-rozvoje-trhu-s-ni>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, Jan, HAVLÍČKOVÁ, Kamila. Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *Biom.cz* [online]. 2002-01-18. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/czt/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, Jan, Havlíčková Kamila a kol. Biomasa : obnovitelný zdroj energie v krajině. 1. vyd. Průhonice : Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2003. 51 s. ISBN 80-85116-32-4.

WEGER, J. a kol. Zoning of agricultural land for willow and poplar as a tool to increase biomass production efficiency and to prevent risks of biomass production. 15th European Biomass Conference & Exhibition, Berlin, ETA-Renewable Energies, Florence, 2007, p. 296–299, ISBN 3-936338-21-3.

WEGER, Jan. Topoly a vrby k energetickému užití. Biom.cz [online]. 2009-08-10 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vby-k-energetickemu-uziti>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, Jan, Biomasa jako zdroj energie. Biom.cz [online]. 2009-02-02 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, Jan, Výmladkové plantáže topolů a vrby. *Biom.cz* [online]. 2011-01-05. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vymladkove-plantaze-topolu-a-vrb>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, Jan a kol. Pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy k energetickému využití na zemědělské půdě. VÚKOZ, v.v.i. Dostupné z WWW: <http://mail.vukoz.cz/vuoz/biomass.nsf/pages/zasady.html>. (poslední aktualizace 2012/IV).

WEGER, J., Bubeník, J. Produkce biomasy nových klonů vrby a topolů po šesti letech pěstování na zemědělské půdě v tříletém obmýtí. *Acta Pruhoniana*, 2012, č. 100, s. 51–62.

11. Přílohy

Příloha č. 1: Naměřené hodnoty

ČÍSLO STROMU	PRŮMĚR V 10 cm (mm)	výška	PRŮMĚR 1,3 m (mm)
1	82	755	64
2	85	765	72
3	54	744	42
4	79	816	61
5	62	772	48
6	70	783	55
7	75	815	61
8	85	838	74
9	81	800	64
10	69	805	57
11	72	749	56
12	59	749	46
13	52	610	39
14	75	773	58
15	80	764	60
16	75	778	53
17	64	728	49
18	59	733	46
19	77	740	59
20	60	717	50
21	76	727	61
22	71	682	55
23	67	673	51
24	44	590	34
25	59	618	46
26	66	621	50
27	61	622	48
28	67	619	50
29	67	627	51
30	70	638	53
31	62	618	46
32	65	605	46
33	58	590	46
34	67	635	51
35	64	644	49
36	66	651	51
37	72	705	55
38	63	680	47
39	64	694	52
40	67	697	51
41	75	723	66

42	73	712	56
43	64	717	50
44	62	757	50
45	79	758	64
46	73	725	57
47	66	756	54
48	83	805	69
49	76	840	64
50	78	820	65
51	74	788	62
52	84	824	72
53	90	832	76
54	83	815	65
55	77	800	62
56	76	788	65
57	71	780	61
58	69	795	60
59	65	791	56
60	73	819	59
61	52	727	42
62	68	755	52
63	64	751	54
64	62	734	47
65	63	718	48
66	57	728	48
67	66	729	52
68	63	678	49
69	29	421	22
70	64	650	50
71	67	677	51
72	55	640	41
73	63	646	47
74	62	640	48
75	49	598	41
76	62	617	50
77	44	563	33
78	48	551	37
79	62	561	42
80	65	601	48
81	57	591	47
82	38	514	29
83	66	618	54
84	70	655	61
85	68	654	56
86	76	667	64
87	77	706	63

88	87	700	70
89	66	635	45
90	77	740	64
91	62	749	52
92	61	761	50
93	64	746	52
94	56	725	44
95	65	772	54
96	67	780	56
97	66	764	51
98	65	760	54
99	58	743	47
100	78	792	68
101	63	782	52
102	63	742	48
103	66	753	54
104	59	742	46
105	58	708	45
106	78	772	62

Příloha č.2: Změřené údaje pro objem kmene po 50 cm sekcích

č. STROMU	TLOUŠŤKA V 10cm (mm)	TLOUŠŤKA V 1,3m	SEKCE(m)	TLOUŠŤKA(mm)
1	82	64	0,5	68
			0,5	65
			0,5	57
			0,5	53
			0,5	50
			0,5	45
			0,5	43
			0,5	37
3	54	42	0,5	48
			0,5	42
			0,5	39
			0,5	34
			0,5	31
			0,5	28
			0,5	25
			0,5	22
4	79	61	0,5	67
			0,5	65
			0,5	57
			0,5	53
			0,5	50
			0,5	45
			0,5	43

			0,5	37
5	62	48	0,5	57
			0,5	52
			0,5	46
			0,5	43
			0,5	41
			0,5	39
			0,5	35
			0,5	33
7	75	61	0,5	70
			0,5	65
			0,5	59
			0,5	57
			0,5	53
			0,5	51
			0,5	47
			0,5	44
9	81	64	0,5	71
			0,5	69
			0,5	61
			0,5	59
			0,5	56
			0,5	52
			0,5	50
			0,5	42
11	72	56	0,5	65
			0,5	57
			0,5	53
			0,5	50
			0,5	48
			0,5	45
			0,5	42
			0,5	38
14	75	58	0,5	66
			0,5	64
			0,5	55
			0,5	52
			0,5	50
			0,5	45
			0,5	44
			0,5	42
16	75	53	0,5	65
			0,5	62
			0,5	55
			0,5	51
			0,5	48

			0,5	46
			0,5	41
			0,5	36
18	59	46	0,5	52
			0,5	47
			0,5	43
			0,5	40
			0,5	39
			0,5	37
			0,5	33
			0,5	30
31	62	46	0,5	54
			0,5	47
			0,5	43
			0,5	39
			0,5	36
			0,5	30
			0,5	27
			0,5	17
34	67	51	0,5	61
			0,5	51
			0,5	49
			0,5	45
			0,5	42
			0,5	39
			0,5	34
			0,5	28
38	63	47	0,5	53
			0,5	47
			0,5	44
			0,5	40
			0,5	36
			0,5	31
			0,5	28
			0,5	25
56	76	65	0,5	70
			0,5	65
			0,5	58
			0,5	55
			0,5	51
			0,5	46
			0,5	43
			0,5	37
58	69	60	0,5	63
			0,5	62
			0,5	54

			0,5	50
			0,5	46
			0,5	43
			0,5	39
			0,5	36
59	65	56	0,5	60
			0,5	59
			0,5	54
			0,5	51
			0,5	47
			0,5	43
			0,5	39
			0,5	36
61	52	42	0,5	45
			0,5	42
			0,5	41
			0,5	36
			0,5	32
			0,5	29
			0,5	26
			0,5	24
63	64	54	0,5	61
			0,5	57
			0,5	53
			0,5	49
			0,5	47
			0,5	42
			0,5	39
			0,5	33
65	63	48	0,5	55
			0,5	49
			0,5	47
			0,5	43
			0,5	40
			0,5	37
			0,5	34
			0,5	30
66	57	48	0,5	53
			0,5	49
			0,5	46
			0,5	43
			0,5	40
			0,5	36
			0,5	33
			0,5	29

Příloha č.3: Zjištěné objemy kmene po 50 cm sekcích

číslo stromu	objem kmene (cm ³)
1	11800,82
2	4881,86
3	11980,91
4	8149,95
5	13781,89
6	14288,79
7	10636,32
8	12071,5
9	11005,7
10	6848,08
11	5532,2
12	7692,78
13	6118,06
14	12105,86
15	10498,06
16	10161,19
17	5015,91
18	9416,92
19	7388,83
20	7021,22

Příloha č.4: Zjištěné objemy větví u vyvětvených jedinců

číslo stromu	objem větví (cm ³)
1	366,89
2	301,92
3	215,52
4	129,08
5	143,15
6	339,88
7	246,3
8	555,08
9	418,31
10	446,82

Příloha č.5: Zjištěné objemy větví u nevyvětvených jedinců

číslo stromu	objem větví (cm ³)
1	1465,78
2	934,69
3	880,71
4	1276,93
5	818,76
6	295,64
7	433,74
8	796,07
9	842
10	721,26

Foto č.1: Pohled na okraj plantáže (Foto: Vladimír Filip)



Foto č.2: Měření výšek jedinců (Foto: Prokop Hroník)



Foto č. 3: Nevvyvětvení jedinci (Foto: Vladimír Filip)



Foto č.4: Vyvětvený jedinec (Foto: Vladimír Filip)



Foto č.5: Měření objemu kmene (Foto: Prokop Hroník)



Foto č.6: Měření průměru pařezu (Foto: Prokop Hroník)



Foto č.7: Měření průměru větvi (Foto: Prokop Hroník)



Foto č.8: Měření objemu kmene (Foto: Prokop Hroník)



Foto č.9: Měření za pomoci rozkládacího žebříku (Foto: Prokop Hroník)



Foto č.10: Pohled do vyvětvené části porostu (Foto: Vladimír Filip)

