

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV LESNICKÉ BOTANIKY, DENDROLOGIE A GEOBIOCENOLOGIE

**OTOGENEZE VERSUS VĚK U BŘÍZY BĚLOKORÉ
(*BETULA PENDULA* ROTH.)**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015/2016

Barbora Čadová

*Prohlašuji, že jsem bakalářskou prací na téma **Ontogeneze versus věk u břízy bělokoré (Betula pendula Roth.)** zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

podpis:

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí práce Ing. Zuzaně Špinlerové Ph.D. za vedení bakalářské práce, poskytování informací a cenných rad. Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Karlu Drápelovi CSc. za pomoc při zpracovávání výsledků, svému příteli za podporu a pomoc při získávání vývrtů a mé rodině za podporu během celého studia.

Barbora Čadová

Ontogeneze versus věk u břízy bělokoré (*Betula pendula* Roth.)

Abstrakt

Ontogeneze a věk je nedílnou součástí každého živého organismu, tedy i stromů. Během svého života stromy prodělávají změny ve vnější i vnitřní stavbě. S ontogenezí souvisí i stárnutí, které je u každého stromu jiné. Některé stromy stárnou rychleji, jiné pomaleji. Raimbault (2006) ve své metodice rozdělil fáze ontogeneze na 10 částí a doplnil je hrubým odhadem věku. Tato práce s touto metodikou pracuje a věnuje se 7. stádiu ontogeneze u bříz bělokorých (*Betula pendula* Roth.), které rostou na dvou lokalitách. Na lokalitě s nevhodnými podmínkami pro růst a lokalitě s optimálními podmínkami pro růst dřevin. Práce porovnává prostředí, ve kterém břízy rostou, jejich věk a celkový vzhled.

Klíčová slova: *Betula pendula* Roth., ontogeneze, fylogeneze, fylogenie, morfogeneze, ontogenie, stárnutí, věk, stres.

Barbora Čadová

Ontogenesis versus age of silver birch (*Betula pendula* Roth.)

Abstract

Ontogenesis and age are an inseparable part of every living organism, including trees. During their life, trees are undergoing changes in external and internal structure. The ontogeny is related to aging, which is in every tree different. Some trees are aging faster others slower. Raimbault (2006) in his methodology divided stages of ontogeny into 10 parts and completed a rough estimate of age. This thesis is focused on this methodology and deals with the 7th stage of ontogeny in silver birches (*Betula pendula* Roth.), which grow at two different sites. At the site with unsuitable conditions for growth and at the site with optimal conditions for the growth of trees. This work compares environment in which the birch trees grow, their age and overall appearance.

Key words: *Betula pendula* Roth., ontogenesis, fylogeny, phylogeny, morphogenesis, ontogeny, ageing, age, stress.

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce	12
3 Literární přehled	13
3.1 Základní pojmy	13
3.2 Ontogeneze.....	14
3.3 Stupnice ontogeneze dle různých autorů.....	14
3.3.1 Fáze ontogeneze dle Raimbaulta (2006)	14
3.3.2 Fáze ontogeneze dle Martinkové (2003)	18
3.3.3 Stupnice fyziologických fází dle Del Tredici (2000)	19
3.3.4 Hodnocení fyziologického stáří dle Standardu hodnocení stavu dřevin (2015)	20
3.3.5 Věková stádia dle Pejchala a Šimka (2001)	20
3.4 Ontogenie stromovitého vzrůstu	21
3.5 Architektura dřevin	22
3.5.1 Osa jako základní jednotka architektury	22
3.5.2 Autonomie os a jejich postavení.....	22
3.5.3 Korunová hierarchie	23
3.5.4 Metamorfóza architektury dřeviny	23
3.5.5 Změna způsobu větvení a postavení větví.....	23
3.5.6 Iterace	24
3.5.7 Reiterace	24
3.5.8 Změna architektury v závislosti na změně vitality	24
3.5.9 Větvení stonku.....	25
3.5.10 Intenzita větvení	27
3.6 Stárnutí stromů	28
3.6.1 Typy stárnutí stromů.....	28
3.6.2 Zjišťování stáří stromů	29

3.7 Stres dřevin.....	31
3.7.1 Dělení stresu u dřevin.....	31
3.7.2 Hlavní stresové faktory městského prostředí	33
3.7.3 Autoři zabývající se stresem břízy	36
4 Metodika	39
4.1 Charakteristika zkoumaného druhu.....	39
4.1.1 Bříza bělokorá – Betula pendula Roth.....	39
4.2 Výběr stádia ontogeneze dle Raimbaulta (2006)	43
4.3 Výběr lokalit.....	43
4.4 Přírodní podmínky	43
4.4.1 Lokalita s nevhodnými podmínkami pro růst bříz	43
4.4.2 Lokalita s optimálními podmínkami pro růst bříz.....	45
4.5 Měření základních dendrometrických parametrů.....	46
4.5.1 Obvod kmene.....	46
4.5.2 Výška stromu.....	46
4.5.3 Výška nasazení koruny.....	46
4.5.4 Průmět koruny	46
4.5.5 Počítání kosterních větví	46
4.5.6 Počítání reiterací.....	46
4.5.7 Měření listů.....	47
4.6 Zjišťování věku	48
4.6.1 Zjišťování věku pomocí Presslerova nebozezu	48
4.6.2 Odhad věku podle průměru stromu	48
4.6.3 Odhad věku pomocí křivky růstového modelu	48
4.7. Porovnání dat	48
5 Výsledky.....	49
5.1 Průměry množství znečišťujících látek v ovzduší.....	49

5.2	Tabulky s naměřenými hodnotami.....	51
5.3	Porovnání počtu kosterních větví a epitonních reiterací.....	54
5.4	Výsledky měření listoví.....	56
5.5	Porovnání metod odhadu věku.....	59
5.6	Zjištěné stresory působící na dřeviny.....	62
6	Diskuze.....	64
6.1	Zhodnocení rozdílů věků.....	64
6.2	Zhodnocení metod použitých pro zjišťování věku.....	65
6.3	Zhodnocení stresových faktorů působící na břízy.....	65
6.4	Výhody a nevýhody určování ontogenetického stádia.....	67
6.5	Sledování ontogenetických fází v arboristice.....	67
7	Závěr.....	68
8	Summary.....	69
9	Použitá literatura.....	70
10	Přílohy.....	73

Seznam obrázků v textu

Obr. 1 Rozšíření *Betula pendula* Roth.

Obr. 2 Lokalita, na které byly vybrány břízy rostoucí v nevhodných podmínkách

Obr. 3 Lokalita, na které byly vybrány břízy rostoucí v optimálních podmínkách

Obr. 4 Způsob měření listu u *Betula pendula* Roth.

Obr. 5 Porovnání počtu kosterních větví u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Obr. 6 Porovnání počtu epitonních reiterací větví u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Obr. 7 Porovnání délky listu u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Obr. 8 Porovnání šířky listu u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Obr. 9 Porovnání délky řapíku u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Obr. 10 Porovnání odhadu věku různými metodami

Seznam tabulek v textu

Tab. 1 Pětileté průměry množství znečišťujících látek v ovzduší v městské lokalitě

Tab. 2 Pětileté průměry množství znečišťujících látek v ovzduší v přirozené lokalitě

Tab. 3 Naměřená data u *Betula pendula* Roth. rostoucích ve stresovaném prostředí

Tab. 4 Naměřená data u *Betula pendula* Roth. rostoucích v optimálních podmínkách

Tab. 5 Odhad věku u *Betula pendula* Roth různými metodami v nevhodných podmínkách pro růst

Tab. 6 Odhad věku u *Betula pendula* Roth různými metodami v optimálních podmínkách pro růst

Tab. 7 Viditelné stresory působící na dřeviny rostoucích v nevhodných podmínkách

1 Úvod

Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.) patří mezi naše nejběžnější domácí dřeviny. Je to pionýrská dřevina, hojně rozšířená, a je ji možné najít téměř kdekoli. Jedná se o nenáročnou, rychle rostoucí dřevinu snášející zhoršené životní prostředí.

Tato práce se věnuje právě bříze, její ontogenezi a stárnutí na dvou různých lokalitách. Jedná se o lokality s nevhodnými a optimálními podmínkami pro růst břízy. Zjišťuje, zda jsou rozdíly mezi břízami, které rostou ve stresovaných podmínkách (městská lokalita) a břízami které rostou volně v krajině. V městském prostředí působí na dřeviny mnoho stresových faktorů. Vzhledem k toleranci břízy na různé stresové faktory, bude porovnáváno, zda se břízy na těchto dvou lokalitách v rámci jednoho stádia ontogeneze morfologicky a věkem liší či nikoli.

Práce pracuje s metodikou Raimbaluta (2006), ve které je ontogeneze rozdělena do 10 stádií a každé stádium je doplněno hrubým odhadem věku. Konkrétně se zabývá 7. stádiem vývinu. V tomto stádiu jsou porovnávány břízy na dvou lokalitách. Na každé lokalitě je hodnoceno 30 jedinců. Budou porovnány dendrometrické parametry, velikost listoví, počet kosterních větví a epitonických reiterací. Dále je v práci porovnáván věk zjištěný pomocí Presslerova přírůstového nebozezu a dalších metod, které se zabývají výpočtem věku stromu.

2 Cíl práce

Cílem práce je zabývat se ontogenezí a věkem dřevin.

U druhu *Betula pendula* Roth. ve vybraném stádiu ontogeneze určit věk a srovnat se stupnicí, kterou vytvořil Raimbault (2006) a ve které uvádí i hrubý odhad věku.

Dalším úkolem je porovnat morfologické vlastnosti a akceleraci stárnutí bříz bělokorych rostoucích na nevhodných stanovištích (stresovaných bříz) oproti břízám rostoucích na stanovištích optimálních.

3 Literární přehled

3.1 Základní pojmy

Ontogeneze – jedná se o individuální vývoj organismu od zárodku až po zánik (Kraus, 2005)

Ontogenie – nauka o vzniku a vývoji zárodku od oplodněného vajíčka až k dosažení rozmnožovací schopnosti (Kraus, 2005)

Fylogeneze - historický vývoj kmenů, řádů, čeledí, rodů a druhů živočišné nebo rostlinné říše od nejjednodušších k složitějším (Kraus, 2005)

Fylogenie – nauka o fylogenezi, o původu a vývoji živočichů a rostlinných druhů od původních forem po formy současné (Kraus, 2005)

Morfogeneze – vznik a vývoj tkání a orgánových základů během zárodečného vývoje jedince (Kraus, 2005)

3.2 Ontogeneze

Ontogeneze je dynamický proces daný kvalitativními i kvantitativními změnami exprese genů, které vedou ke ztrátě některých dosavadních a k získání nových vlastností a projeví se funkční specializací neboli diferenciací buněk. (Pavlová, Fischer, 2011)

Ontogeneze je nejčastěji výpovědí o tom, jak se kvantitativní změny obsahu látek projevují v tvorbě a uspořádání nových struktur. Vývojové změny nemusí být vždy spojeny s kladnými růstovými změnami – součástí vývoje rostliny je i zánik určitých struktur nebo částí organismu. (Pavlová, Fischer, 2011)

Ontogeneze rostlin je diskontinuální - je programově dočasně přerušována obdobími snížené metabolické a i růstové a vývojové aktivity. Jedná se o období dormance. (Pavlová, Fischer, 2011)

3.3 Stupnice ontogeneze dle různých autorů

3.3.1 Fáze ontogeneze dle Raimbaulta (2006)

Strom během svého života projde čtyřmi po sobě následujícími fázemi, které mohou být podrobněji popsány řadou deseti morfologických a fyziologických stádií vývinu:

Stádia vývinu nadzemní části

První fáze – priorita výškového růstu (mladé stromy tvoří především kmen)

Stádium 1 - (trvá několik týdnů až 1-2 roky) stromy vytvářejí výhony, aniž se větví.

Stádium 2 - (trvá 1-3 roky) větve jsou pouze krátké dočasné výhony.

Stádium 3 - (trvá cca 10 let) všechny větve se vyvíjejí zcela pod apikální dominancí terminálního výhonu. Větvení je nejdříve výhradně amfitonické, poté z části hypotonické. Na sklonku této fáze jsou všechny řády větvení vyvinuty a prezentují architektonickou jednotku.

Stádium 4 - (trvá 10-50 let) architektonický celek se dále formuje pouze na vrcholu stromu s amfitonickým, později hypotonickým větvením. Nejnižší větve a základy vyšších větví ztrácejí apikální dominanci, ztrácejí hypotonický vývoj a nakonec se samočištěním zbavují svých vlastních spodních větví. Na konci stádia 4 přestává být terminální výhon dominantní. Všechna větvení vyvinutá pod touto apikální dominancí

jsou předurčena k zániku ve střednědobém výhledu a představují dočasnou výpomocnou korunu.

Druhá fáze - Mladý dospělý strom vytváří svou zralou korunu, rozšiřuje svůj zápoj: větví se ve všech směrech.

Stádium 5 - (netrvá déle jak 10 let) centrální terminál je stále morfologicky zřetelný, ale už není dominantní: nově tvarované horní větve rostou šikmo hypotonicky, později izotonicky. Tyto větve budou formovat zralou vyspělou korunu. Převážná část koruny je ale tvořena z horizontálních dočasných větví.

Stádium 6 - (trvá 10-50 let) hlavní kostra koruny se rychle vyvíjí pomocí postupných syleptických reiterací (izotonie) a stává se více zakulacená (vyvážená). Větve zralé koruny podléhají intenzivní akropetální mortalitě, dochází k shazování jejich vlastních vnitřních větví. Kmen progresivně odhazuje všechny staré potlačené větve dočasné koruny. Na konci tohoto stádia je nadzemní část stromu prakticky složena z mnoha biologicky nezávislých jednotek.

Třetí fáze - Stárnutí struktury, strom si udržuje objem koruny částečnou obměnou pomocí epitonických větví.

Stádium 7 - (trvá 20-100 let) epitonické reiterace se rozšiřují od nejnižší po nejvyšší položené větve. Tyto dílčí reiterace jsou nejdříve formovány pomocí syleptických reiterací obvodových větví a poté následujícími reiteracemi více vnitřních větví. Velmi pozvolna jsou epitonickými reiteracemi nahrazovány původní koncové prýty hlavních větví, které postupně ochabují, odumírají a poté odpadávají.

Stádium 8 - (trvá 10-80 let) je charakterizováno ztrátou úsilí růstu. Toto stádium může být pokládáno za začátek senescence stromu, ačkoliv tento koncept senescence je jiný než stárnutí a smrt jednotlivých pletiv a orgánů. V pozdější době stádia odumírají periferní větve, které jsou nahrazeny opožděnou reiterací objevující se v bazální zóně starých architektonických jednotek. Strom, u kterého se původně projevovala akrotomie, se stává lokálně bazitonickým. Mortalita a tvorba reiterací stoupá a směřuje směrem ke středu stromu (ke kmeni).

Čtvrtá fáze - Strom redukuje svoji korunu a skládá se z víceméně nezávislých totálních reiterací.

Stádium 9 - (trvá 5 až 20 let) kosterní větve odumírají a jsou pouze částečně nahrazeny totálními reiteracemi. Tyto reiterace se vyvíjí na velkých větvích, později na kmeni. V této fázi stromy zpravidla umírají.

Několik individuí vyrostlých jako izolované stromy podléhá kompletní transformaci.

Stadium 10 – Dosavadní koruna odumírá. Silné reiterace na kmeni nebo v jeho blízkosti stimulují lokální a bazipetální kambiální aktivitu, díky níž se formují sloupce dřeva a kůry, které mohou být i vizuálně zřetelné. Po 10, 20 nebo i více letech se vyvíjí nový kořenový systém, který připouští výživovou nezávislost reiterací. V tomto stádiu jsou stromy výhradně složeny z biologických nezávislých jedinců.

Stádia vývoje kořenové části

Kořenový systém bez ohledu na druh podstupuje řadu společných vývojových etap od klíčení až po smrt. Tyto fáze byly označeny písmeny A až G, aby nedocházelo k záměně s fází 1 – 10 u nadzemní části, s kterými nekorespondují.

První fáze - Dominance hlavního kořene, zakořeňování v hloubce.

Stádium A (prvních několik týdnů) charakteristické tím že, hlavní kořen začíná růst.

Stádium B (trvá několik týdnů) tenké boční kořínky se vyvíjí z hlavního kořene.

Stádium C (trvá několik týdnů až několik let) hlavní boční kořínky se vyvíjí od báze hlavního kořene, anebo se vyskytuje adventivní kořen na bázi kmene, tvoří horizontálně rostoucí kořenový systém.

Stádium D (trvá 1 – 20 let) hlavní kořen se dělí v několik hlavních šikmých kořenů, nové hlavní horizontální a šikmé kořeny se vyvíjí z báze hlavního kořene, který definitivně ztrácí svou dominanci.)

Druhá fáze - Zakořeňování do hloubky a šířky v témže čase.

Stádium E (trvá 5 – 10 let) má dva nezávislé kořenové systémy: hluboký kořenový systém pokračuje vývojem v hloubce, šířce a hustotě; svazčitý, více povrchní kořenový systém se rozšiřuje do šířky a vytváří dva typy reiterací: U báze hlavního kořenového

systemu nebo přímo na hlavním kořenu: 1. Tenké, rychle rostoucí kořeny se vyvíjí horizontálně, anebo diagonálně, tyto reiterace podstupují nízký kambialní růst a zůstávají dosti tenké. 2. Vertikální kořenový vývoj na větvících bodech.

Stádium F (trvá 5 až 20 let) hluboký hlavní kořenový systém dosáhnul svého maximálního vývoje a ustává v růstu. Vertikální kořeny svazčitého systému se prohlubují, zatímco nové, více okrajové, vertikální a šikmé reiterace se vyvíjí rychle. Horizontální a diagonální kořeny rozšiřují svůj vývoj; několik se jich stáčí směrem dolů, aby vytvořil okrajové, rychle rostoucí vertikální kořeny.

Třetí fáze – Kořenový systém vytváří úplný kořenový systém a dosahuje jeho maximálního rozšíření v hloubce a šířce.

Stádium G (trvá 20 – 50 let) koresponduje více či méně s fází 7 u nadzemní části. Hlavní kořenový systém je nyní morfologicky a funkčně bezvýznamný (nepatrný): celý kořenový systém je svazčitý, vyrovnaný ze dvou koncentrických částí. Centrální zóna zahrnuje vertikální a diagonální kořeny, které dosahují maxima hloubkového růstu, zatímco okrajové kořeny dosahují svého maximálního prodloužení.

Čtvrtá fáze – Redukce a poté reorganizace kořenového systému.

Stádium H (trvá 10 – 50 let a koresponduje s fází 8 nadzemní části) strom vstupuje v progresivní degradaci kořenového systému, která začíná mortalitou hlubokých, centrálních kořenů. Mortalita postupuje k postranním okrajovým kořenům a k většině jemných kořenů v centrální části. Horizontální a vertikální kořeny upevňují svou strukturu a reiterují jemné lokální kořeny. Celek kořenového systému se stává více povrchním a tak více podléhá klimatickým a půdním změnám.

Stádium J (trvá 10 až 20 let a koresponduje s fází 9 nadzemní části) je zcela docílena degradace centrálního kořenového systému. Vyskytuje se centripetální mortalita s umíráním okrajových kořenů v kořenovém systému. Kořenový systém je nyní redukován v hloubce i šířce. Vertikální reiterativní kořeny se vyvíjejí z centrálních horizontálních kořenů.

Stádium K (trvá 10 – více jak 100 let koresponduje s fází 10 nadzemní části). Reiterační adventivní kořeny jsou indikovány reaktivizací kambia buď na vrcholu dutého kmene, anebo na bázi kmene.

3.3.2 Fáze ontogeneze dle Martinkové (2003)

Ontogenetické fáze dřevin lze rozdělit na období heterotrofní, kdy mladá rostlina využívá zásob uložených v endospermu nebo dělohách semene, a na období autotrofní, kdy je již rostlina schopná samostatné výživy.

Období heterotrofní – život jedince závisí na fotosyntátech dodaných mateřskou rostlinou.

1. *Fáze embryonální* – vývin je řízen především růstovými hormony a je zde určující vznik polarity. Po oplození vaječné buňky se již před prvním rozdělením zygoty rozhoduje, která část embrya dá později vznik korunové části a která dá vznik kořenovému systému.

2. *Fáze semene* – jedná se o dobu, kdy se dostaví příhodné vnější podmínky, které umožní další fázi života.

3. *Fáze klíčení* – rostlina je stále heterotrofní (je vyživována ze zásob, které jsou uloženy v endospermu nebo v dělohách).

Období autotrofní – nová rostlina si umí vyrobit a zpracovat vlastní organické vstupy pro svůj růst a vývin.

4. *Fáze juvenilní* – rostlina této fáze dosáhne pouze tehdy, je-li schopna vytvořit funkční asimilační aparát a přejít z heterotrofie na plnou autotrofii, je zde silná produkce kořenů, nadzemní systém téměř stagnuje.

5. *Fáze virgální* – v této fázi jsou již asimilační listy vyvinuty do typického vzhledu. Tato fáze může trvat několik desetiletí. Vyznačuje se rychlým, zejména délkovým přírůstem. Postupně vzniká tvarový základ budoucí koruny i hloubka a rozsah kořenového systému v odpovědi na podmínky prostředí a na přípravu k vysoké energetické zátěži při generativním rozmnožování. Vzhledově se tedy dřevina podobá dospělci, ale nekvete a neplodí.

6. *Fáze mladší dospělosti* – od prvního vykvetení. Měla by nastat až po dosažení potřebného rozsahu zásobního kompartmentu. U dřevin ovocných a květem či plodem okrasných se dostavuje do 10 let; pomocí vegetativního množení a roubování mnohem častěji. Domácí lesní dřeviny kvetou podle druhů až ve věku několika desetiletí, to je až po dosažení téměř konečného objemu koruny. U těchto druhů časně kvetení znamená

reakci na silný opakovaný stresor, např. podřezávání a bočné zkracování kořenů ve školkách.

7. *Fáze střední dospělosti* – znamená dosažení maximálního korunového i kořenového prostoru, postupně se zastavuje výškový růst, ale každoročně vytvářená rozsáhlá listová plocha si vynucuje intenzivní činnost kambia a tvorbu vodivých drah, takže tloušťkový přírůst snižován není. Za vhodných podmínek může být tato fáze v životě stromů nejdéle trvající.

8. *Fáze pozdní dospělosti* – dochází k zaoblování a zeštíhlování vrcholových částí korun u monopodiálně větvených druhů, snižování rozsahu koruny, odumírání hluboko zasahujících kořenů a postupný přechod na plochý kořenový systém. Zvyšují se nároky na dostupnost sluneční energie, vody i minerální výživy.

9. *Fáze senescence* – senescentní stromy mají již snížený podíl listové plochy a nedostává se jim fotosyntátů na všechny potřebné životní funkce. Začínají korunu obnovovat z níže položených spících či adventivních pupenů vzniklých často v blízkosti, omezují rozsah sekundárních meristémů a obnovují kořeny v dobře provzdušněných horizontech půdy. Po mnohačetných poraněních s velkou převahou nekromasy a se sníženou obranyschopností jsou obsazovány zprvu saprofyty a saprofyty živícími se odumřelými pletivy, později se rozvíjí napadení různými parazitickými organismy. Dochází ke snížené plodnosti a tvorbě semen se sníženou klíčivostí.

10. *Fáze senility* – odumírající jedinec. Strom přežívá několika málo větvemi spojenými úzkým pruhem kambia s částečně živými kořeny.

11. *Zánik jedince*

3.3.3 Stupnice fyziologických fází dle Del Tredici (2000)

Fáze semenáče – začíná klíčením semene a končí první sezónou růstu, zakončenou dormancím obdobím.

Juvenilní fáze – začíná ve druhé sezóně vegetativním růstem a trvá až do prvního kvetení.

Fáze dospělosti – tato fáze zahrnuje hlavní část života stromu.

Fáze senescence – začíná, když se zhorší zdravotní stav následkem poškození nebo nemoci.

3.3.4 Hodnocení fyziologického stáří dle Standardu hodnocení stavu dřevin (2015)

V arboristice se pro hodnocení fyziologického stáří dřevin používá následující stupnice

1. *Mladý jedinec ve fázi aklimatizace* – Semenáč s výškou do 1 m odrůstající konkurenci trav a keřů nebo nově vysazený strom ve fázi ujímání.

2. *Aklimatizovaný mladý strom* – Mladý jedinec ve fázi utváření architektury do doby ukončení provádění výchovného řezu.

3. *Dospívající jedinec* – dospívající jedinec od fáze ukončení výchovného řezu s trvajícím preferencím výškového přírůstu.

4. *Dospělý jedinec* – Dospělý strom s většinově ukončenou fází výškového přírůstu.

5. *Senescentní jedinec* – Strom vykazující známky senescence – obvodové odumírání koruny s nahrazováním asimilačního aparátu vývojem sekundárního obrostu níže v koruně, patrné známky osídlení dalšími organismy, podíl odumřelého a rozkládajícího se dřeva v koruně a častá přítomnost prvků se zvýšeným biologickým potenciálem.

3.3.5 Věková stádia dle Pejchala a Šimka (2001)

1. *Nová výsadba* – převládají znaky a projevy ujímání. Obdobně platí i pro jedince zapěstované z nárostů.

2. *Odrostlá výsadba* – ujatá výsadba doposud nestabilizovaná, znaky intenzivní péče nebo její absence, zakládání architektury koruny. Obdobně u jedinců zapěstovaných z nárostů převládají znaky spojené se zakládáním primární koruny s nutností intenzivní péče (projevy)

3. *Stabilizovaný, dospívající jedinec* – dotváření typických charakteristik pro daný taxon (habitus, borka...), výrazný prodlužovací růst, často začátek plodnosti

4. *Dospělý jedinec* – vyvinutý jedinec s charakteristickými znaky taxonu. Rozlišení třetího a čtvrtého věkového stádia je často komplikované, je nutné přihlídnout ke zvláštnostem jednotlivých taxonů

5. *Přestárlý jedinec* – rozpad struktury jedince s doprovodnými projevy

3.4 Ontogenie stromovitého vzrůstu

Hlavní charakteristické podmínky stromového růstu jsou tyto:

- Stromy musí růst.
- Stromy musí být mechanicky stabilní.
- Vodné roztoky s živinami musí být přijaty převážně z půdy a dostatečně rychle přivedeny do listů.
- Organické látky, produkty syntéz listů, musí být dostatečně rychle a v požadovaném množství syntetizovány a vedeny do stonků, květů, plodů, větví, kmenů a kořenů.
- Pro vodu, živiny a zásobní látky musí mít strom rozsáhlý a ve všech částech těla dostupný skladovací prostor.

Všechny podmínky stromového růstu musí být splněny, ale všechny vyžadují energii, proto jsou v podstatě protichůdné a díky tomu je výsledná stavba a tvar dřeviny jejich kompromisem. (Kolařík, 2010)

Tento kompromis může být v rámci ontogenie řešen čtyřmi způsoby, nejedná se však pouze o dřeviny ale také rostliny stromovitého růstu neboli byliny.

1. Kořenová soustava, kmen i koruna se vyvíjejí současně. Tento vývin jedince je nejobvyklejší a je typický pro nahosemenné rostliny a pro většinu krytosemenných.
2. Stromovému vzhledu předchází iniciální fáze, to znamená, že se rozvíjí kořenová soustava a listoví, přičemž kmenová část z počátku roste pouze do tloušťky. Teprve po dosažení potřebné listové plochy, konečného obvodu kmene a obsazení půdního prostoru, začne kmen růst i do výšky.
3. Vytváří se hustý kořenový systém a při půdním povrchu vzniká intenzivním bazálním větvením nepravý kmen.
4. Iniciálním stádiem stromů mohou být i epifyty se silným vývojem v koruně nosného jedince. K půdnímu povrchu mohou spouštět své kořeny, které postupně tloustnou a zpevňují se. Pokud nosná dřevina zahyne, srůstají a vytváří samostatný kmen a v půdě rozvětvuují v samostatný kořenový systém. (Kolařík, 2010)

3.5 Architektura dřevin

Přirozená i záměrně pozměněná architektura bez mechanických problémů je důležitým předpokladem plné a dlouhodobé funkčnosti všech dřevin, především však stromů.

Architektura je viditelný morfologický výraz genetického programu stromu v jakémkoli čase. Je to způsob uspořádání nadzemní části, který je dán především diferenciací, větvením, postavením a orientací stonku.

K hlavním znakům architektury stromu patří přítomnost kmenu, jeli kmen součástí koruny, průběh kmenu v koruně, charakter větvení koruny, počet řádů větví, počet a vzájemný poměr počtu větví jednotlivých řádů, postavení větví v koruně, orientace větví v koruně (úhel větvení), orientace střední a vrcholové části větví, tvorba odnoží a kořenových výmladků.

Model architektury je růstový program stromu, který determinuje sukcesivní etapy architektury. Je to pojem dynamický (objasňuje způsob vzniku nadzemních částí) a abstraktní, zviditelněný jedině sérií „architektur“. Kompletní spektrum fází modelu začíná vyklíčením semene a končí, když strom vykvete a dojde k propagaci semen. Skutečnost, že strom dál roste, není důležitá, protože podstatou modelu je kvalitativní změna. (Pejchal, 2008)

3.5.1 Osa jako základní jednotka architektury

Osa je v obecném pojetí více či méně prutovitý či tyčovitý útvar, nesoucí listy a postranní větve. V užším morfologickém významu je jen ta část útvaru, která byla vytvořena jedním a týmž vrcholovým meristémem. Dle toho je kmen monopodiálně se větvicích dřevin pouze z jedné osy, kdežto u taxonů se sympodiálně větvením sestává z každoročně na sebe navazujících nových krátkých os a je označován jako nepravá osa. Rozlišování na pravé a nepravé osy není v praxi důležité.

Nadzemní část dřevin lze rozdělit do os různých řádů, což umožní popsat architekturu a pochopit její vnitřní souvislosti. (Pejchal, 2008)

3.5.2 Autonomie os a jejich postavení

Každá osa je relativně autonomní orgán. Základem pro to je způsob napojení osy dceřiné na mateřskou.

Postavení os v koruně závisí především na stupni oslunění, umístění v koruně a orientaci. Jako pomocná charakteristika, umožňující posoudit konkurenceschopnost

osy může posloužit větvní límeček. Dalším ukazatelem je tloušťka osy vzhledem k osám sousedním. (Pejchal, 2008)

3.5.3 Korunová hierarchie

Vyjadřuje vzájemný vztah os v rámci jedince jako celku. Jen na počátku své existence jsou dřeviny přísně hierarchicky uspořádaný celek s jednou dominující hlavní osou a zřetelně podřízenými osami postranními. Následně se může přísně hierarchické uspořádání snižovat a nakonec někdy vzniknout až více přibližně rovnocenných os, jež si výrazně konkurují.

Korunovou hierarchii je možné rozdělit na:

Přísně hierarchická koruna kde je dominující jedna hlavní osa a zřetelně jsou podřízeny osy postranní.

Heterarchická koruna kde je hlavní osa ještě zřetelná, avšak podřízenost postranních os není příliš zřetelná.

Polyarchická koruna kde je tvořena kolonie několika víceméně rovnocenných, navzájem si konkurujících hlavních os.

Stupeň korunové hierarchie závisí na taxonu, vývojovém stádiu jedince, stanovišti, pěstování, a na traumatických účincích vnějšího prostředí.

3.5.4 Metamorfóza architektury dřeviny

Charakter koruny se může během života jedince zřetelně měnit. Tato přeměna může mít různé formy: změna způsobu větvení a postavení větví, reiterace a změna architektury v závislosti na změně vitality. (Pejchal, 2008)

3.5.5 Změna způsobu větvení a postavení větví

Jedná se o změnu monopodiálního větvení na sympodiální v důsledku nástupu tvorby květů v terminálních pupenech na počátku dospělosti některých dřevin. U části z nich v důsledku této skutečnosti dojde ke střídání modelu architektury.

Mnoho dřevin má zpočátku spirálovité postavení větví, které zachovávají v dospělosti jen na svislých nebo příkře vzpřímených osách. Na ostatních jsou dceřiné větve rozprostřeny víceméně dvouřadě. (Pejchal, 2008)

3.5.6 Iterace

Jedná se o následné a pravidelně tvořené jednotlivé moduly o principiálně shodné stavbě a funkci s omezenou životností.

Na větvích nižšího řádu se vytváří větve řádu následujícího. (Špinlerová, 2014)

3.5.7 Reiterace

Název je odvozen od latinských slov re = zpět a iterativ = opakování (Pejchal, 2008)

Jedná se o mladé větve vysokého řádu vyrůstající náhodně na kmenech nebo na větvích nízkého řádu. (Raimbault, 2006)

Je to proces přizpůsobování architektury vnějšímu prostředí. Dochází při něm k opakování modelu architektury výhony, které nebyly, co se týče místa jejich vzniku, dle samostatného modelu předpovězeny. (Pejchal, 2008)

Příčiny tvorby reiterací mohou být buď traumatické, kde se jedná o náhlé negativní vlivy prostředí, především poškození, která jsou vyvolaná měnícími se podmínkami prostředí, např. změnami světelného požitku po uvolnění jedince ze zápoje. Zpravidla jsou tvořeny adventivními nebo potlačenými spícími pupeny. (Pejchal, 2008)

Reiterace lze rozdělit na

úplné – představují úplné opakování modelu. Jsou vzpřímené a stromečkovitého charakteru, např. náhrada ztraceného vrcholu atd. Vznikají ze spících a/nebo adventivních pupenů, zpětnou diferenciací stonku, např. z osy 1. řádu (větve vyrůstající z kmene) vznikne jejím vzpřímením osa 0 (kmen). (Pejchal, 2008)

částečné – jen dílčí opakování modelu. Mají charakter větví a vznikají nejčastěji na kmenech, po uvolnění ze zápoje, prorašením spících pupenů. (Pejchal, 2008)

Raimbault (2006) uvádí, že totální reiterace jsou mladé bujné reiterace na kmenech nebo blízko kmene stimuluje lokálně kambiální činnost, takže mohou vznikat oddělené sloupce dřevní hmoty a kůry.

3.5.8 Změna architektury v závislosti na změně vitality

Se snižující se vitalitou klesá, až nakonec zcela ustává, tvorba dlouhých výhonů. Současně se zvyšuje podíl krátkých výhonů, které nakonec zůstávají jediným typem nově se tvořících výhonů. Při výrazném snížení vitality nakonec dochází k odumírání

stávající koruny od jejích okrajů směrem k bázi. Toto odumírání je obvykle provázeno na kmenu a bázi kosterních větví tvorbou nových výhonů ze spících pupenů. Z těchto výmladků se postupně formuje tzv. druhotná koruna. (Pejchal, 2008)

3.5.9 Větvení stonku

Větvení úzce souvisí s diferenciací stonku a má též základní význam pro architekturu nadzemní části dřevin. Účelem větvení je především dobýt prostor, prosadit se vůči konkurentům a s minimálními výdaji umístit co nejvíce listů v prostoru tak, aby na jedné straně byl efektivně využit získaný prostor k fotosyntéze a na straně druhé se minimalizovalo vzájemné stínění a poškozování. Ve stínu se osvědčuje dvojřadé větvení na vodorovných větvích, při plném oslunění jsou naproti tomu optimální svisele postavené větve s dceřinými osami odstávajícími na všechny strany. (Pejchal, 2008)

Pejchal (2008) uvádí, že existuje přímý vztah mezi velikostí listů a jemností větvení. Z tohoto pohledu je možné interpretovat zpeřené listy za „vyměnitelný“ nejvyšší řád větví; proto je větvení takovýchto stromů v zimě relativně hrubé. Větvení jedince, ať už jako dědičná vlastnost, nebo modifikované vnějšími vlivy během jeho života, je též výsledkem adaptace na působení vnějších faktorů.

Větvení lze posuzovat ze dvou pohledů a to dle způsobu, jakým pokračuje hlavní stonek v dlouživém růstu nebo dle prostorového uspořádání mateřských a jejich dceřiných stonků.

Dle způsobu jakým pokračuje hlavní stonek v dlouživém růstu je možné rozdělit větvení na dva základní typy a to monopodium a sympodium.

Monopodium je charakteristické pokračováním mateřského stonku je stonek z vrcholového pupene, který je vždy delší a silnější než stonky z pupenů postranních. Je důsledkem silné apikální dominance. U druhů s vázaným růstem se listy zmenšují, vzhledem k výrazné apikální dominanci, směrem k vrcholu, u sympodiálního větvení je to obráceně. U druhů s volným růstem se listy k vrcholu zmenšují. Tento způsob větvení je charakteristický pro nahosemenné dřeviny, a také např. u rodů *Acer*, *Alnus* a *Aesculus*.

Sympodium vzniká z monopodia a je charakteristické tím že, pokračování mateřského stonku se stává stonek z postranního pupenu, jako důsledek zeslabené apikální dominance. U druhů s volným růstem se listy k vrcholu zmenšují.

Sympodium může vzniknout několika variantami:

- Stonek z vrcholového pupenu roste dál, ale je stonkem z postranního pupenu vytlačen do boku a mění se případně brachyblast.
- Stonek z vrcholového výhonu se přemění v úponek
- Hlavní osa může končit květními orgány
- Růstový vrchol zakrní či odumře. U druhů s vázaným růstem se listy zvětšují směrem k vrcholu.

Dle počtu výhonů z postranních pupenů, které jsou pokračováním mateřské osy lze rozeznat

Monochasium – střídavé pupeny, respektive jeden výhon (*Castanea, Tilia* atd.)

Dichasium – vstřícné pupeny, respektive dvojice výhonů (*Syringa, Cercidiphyllum* atd.)

Pleiochasium – více než dva výhony (*Rhododendron*)

Prostorové uspořádání mateřských a jejich dceřiných stonků lze vztahovat k podélné nebo příčné ose letorostu. Třídění je založeno na tom, ve které jeho zóně je podporován vznik a rozvoj dceřiných os.

Varianty uspořádání k podélné ose letorostu

Bazitonie – postranní stonky nejvíce podporovány na bázi stonku hlavního. Pojem celková bazitonie se vztahuje k celé dřevině a je podmínkou vzniku architektury keře. U toho je typické větvení v jeho bazální zóně, jež není, s výjimkou počáteční existence, založeno na „regulérním“ větvení na bázi letorostu. Nové stonky zde obvykle vznikají ze spících pupenů.

Mezotonie – dceřiné stonky podporovány především ve střední části stonku mateřského. Vyskytuje se v systému větvení mnohých keřů. (např. *Rosa, Philadelphus*)

Akrotonie – podporovány postranní stonky, vyrůstají na konci stonku mateřského. Je předpokladem stromovitého růstu, vyskytuje se však i u některých keřů. (Např. *Corylus avellana, Euonymus europaeus*)

Varianty uspořádání k příčné ose letorostu

Radiální – okolo většinou svisle orientovaného mateřského stonku jsou paprscitě postavené stejně hodnotné stonky postranní.

Dorziventrální – spojené většinou s přibližně vodorovným růstem mateřského stonku. Podle toho, na které straně hlavního stonku jsou stonky postranní nejvíce podporovány lze rozlišit následující varianty

- Epitonie – podporována horní strana mateřské osy. Časté u keřů, jejichž bujné stonky přechází k obloukovitému růstu. Na spodní straně se postranní stonky netvoří vůbec nebo jen výrazně zkrácené.
- Amfitonie – podporován růst postranních stonků na bocích stonku hlavního. Toto větvení je typické pro velkou část jehličnanů.
- Hypotonie – podporován především růst výhonů z pupenů na spodní straně mateřského stonku. Větvení, které je typické pro mnoho listnáčů. (Pejchal, 2008)
- Izotonie – Orgány vznikají po obvodu větve a vyvíjí se všemi směry. (Raimbault, 2006)

3.5.10 Intenzita větvení

Vyjadřována u stromu počtem řádu větví. Nejčastěji se využívá značení kde 0. řád je kmen, 1. řád pak kosterní větve vyrůstající z kmenu, jako 2. řád pak z kosterních větví vyrůstající větve dceřiné, jež jsou mateřskými větvemi pro 3. řád větví atd.

Počet viditelných řádů, které je možno u stromu vidět se pohybuje mezi 4 – 7 řády. Vyšší řády není možné vidět, jelikož větve vyšších řádů se v pokročilejším věku nevětví. Jednotlivé větve stromu mají rozdílnou intenzitu větvení, nejvyšší řád je proto relativně málo zastoupen. (Pejchal, 2008)

3.6 Stárnutí stromů

Stárnutí je normální vývojová fáze ontogeneze obvykle končící smrtí buď části, nebo celé rostliny. Stárnutí lze rozdělit na sezónní, u kterého se jedná o adaptaci na sezónní klima a stárnutí přirozené, které vyplývá z ontogenetického programu druhu rostliny. (Pavlová, Fischer, 2011)

Stárnutí je proces, který vede k odumírání buněk, pletiv, orgánů a celých rostlin. Na konci ontogeneze rostlin nastává smrt, která je typická u všech mnohobuněčných organismů. (Procházka a kol., 1998)

Procesy stárnutí, odumírání a smrti jsou geneticky podmíněny a lze je sledovat od úrovně vnitrobuněčné až po úroveň celého organismu. Tyto procesy však mohou být ovlivňovány i vnějšími podmínkami prostředí. (Procházka a kol. 1998)

Stárnutí buněk, orgánů a celé rostliny je geneticky naprogramované. Ve stárnoucí buňce roste rychlost odbourávání RNA a bílkovin, zvyšuje se syntéza ribonukleáz, proteáz a enzymů odbourávajících chlorofyl, nastává degenerace chloroplastů, endoplazmatického retikula, tonoplastu, později mitochondrií, jádra a plazmalemy. Rychlost fotosyntézy klesá, ale rychlost dýchání vzrůstá. Volné aminokyseliny jsou ze stárnoucích částí transponovány do rostoucích částí rostliny. (Procházka a kol. 1998)

Stárnutí urychluje kyselina abscisová a jasmonová a především etylen, naopak stárnutí zpomalují gibereliny, auxiny a cytokininy. Stárnutí také urychluje i krátký den a nedostatek některých živin; především N, P, K a Mg. Horko, chlad, sucho a stres působený průmyslovými emisemi urychlují stárnutí listů. (Procházka a kol. 1998)

3.6.1 Typy stárnutí stromů

Typy stárnutí lze rozdělit na tři druhy

Chronologické stárnutí - jde o čas, který uplyne v průběhu celého života rostliny nebo některé z jejích částí. Jako příklad lze uvést druh sekvojovec obrovský, jehož jediný stonek může být starý až dva tisíce let. V případě druhu tvořícího výmladky, jako je například topol osika, se může věk vztahovat buď na věk celého organismu, měřeno v tisících let, nebo na věk určitého měřeného stonku ve stovkách let.

Ontogenetické stárnutí – vztahuje se k procesu, kdy rostlina prochází odlišnými fázemi vývoje. Ontogenetické stárnutí je kontrolováno meristematičnými pletivy a je obvyklé, že různé části stromu, mohou být v odlišné růstové fázi.

Fyziologické stárnutí – vztahuje se k celkovému stavu celého rostlinného těla a popisuje vývoj i zhoršení podpůrných systémů stromu. Konkrétně to zahrnuje ztrátu energie v kořenovém nebo korunového systému, který vyplývá z environmentálního stresu nebo ze škod způsobené větrem, ohněm ledem nebo sněhem. (Del Tredici, 2000)

3.6.2 Zjišťování stáří stromů

Přesné stáří stromu lze zjistit, pokud strom nepokácíme, pouze vyhodnocením vývrtu ze dřeva kmene pomocí dendrochronologických metod. Vývrt se získává speciálním dutým nebozezem – Presslerovým přírůstoměrem. Odečtením počtu letokruhů a jejich interpretací lze přesně stanovit nejen věk dřeviny, ale také některé stresové vlivy, které na strom při jeho růstu působily. (Kolařík, 2010)

Presslerův nebozez - Jedná se o dutý vrták se speciální vrtanou hlavou, vybavený lžičkou pro vyjmutí dřevního válečku. Nebozezy jsou vyráběny v různých délkách, jejich průměr se pohybuje mezi 5-10 mm. (Kolařík, 2010)

Velkým problémem je to, že se jedná o měření destruktivní. V případě, že se uvnitř kmene nachází dutina, odečtení věku může být i při této metodě pouze přibližné. (Kolařík, 2010)

Odhad věku podle průměru kmene

Jedná se o nejjednodušší metodu odhadu věku dřeviny, která je založena čistě na základě průměru kmene stromu. Průměrná šířka letokruhu je základním vstupujícím údajem do tohoto výpočtu.

Věk dřeviny se vypočítá

$V = (5 / [\pi * R_L]) * d$, kde d je průměr kmene v centimetrech a R_L tloušťka letokruhu také v centimetrech.

Šířka letokruhu u *Betula pendula* Roth. se pohybuje od 2,46 do 4,43 mm a průměrná šířka je 3,445 mm.

(Kolařík, 2010)

Odhad věku pomocí křivky růstového modelu

Pro odhad věku solitérních stromů byly vytvořeny křivky růstových modelů, které s určitou přesností umožňují odhad věku nejčastějších taxonů, rostoucích v našich podmínkách, na základě průměru jejich kmene. Odlišná oproti předcházející metodě je,

že růstové křivky do určité míry respektují rozdílnou dynamiku tloušťkového přírůstu stromu v mládí a ve vyšším věku.

Podkladem pro vytvoření křivek bylo empirické sledování rozměrů stromů, publikované v dendrologické literatuře a doplněné o vlastní měření. (Kolařík, 2010)

Vzorec pro výpočet je následující

$V = B2 * (d / [B1 - d])^{(1/B3)}$, kde **d** je průměr kmene uváděný v metrech.

Parametry pro výpočet věku *Betula pendula* Roth. pomocí křivky růstového modelu.

B1	1,035387
B2	78,94524
B3	1,323968

(Kolařík, 2010)

Výpočet věku u senescentních stromů

U senescentní stromů se dynamika tloušťkového přírůstu výrazným způsobem mění s rozpadem koruny. To je komplikací při odhadu věku senescentních stromů. Pokud je tedy odhad věku stromu založen na měřené tloušťce jeho kmene, je nutné od sebe odlišit fázi dospívání, fázi dospělosti a fázi stárnutí.

Pro tyto účely byla na základě rozsáhlých dendrochronologických studií ve Velké Británii publikována metoda odhadu věku starých stromů. I přes rozdílné růstové podmínky stromů je možné pro účely České republiky používat podobný metodický přístup. Je nutné vždy respektovat fakt, že při všech odhadových metodách zůstává zanedbaná celá řada skutečností, které mohou výrazným způsobem skutečný věk stromu ovlivnit. (Kolařík, 2010)

3.7 Stres dřevin

Problematika stresu u rostlin je komplikovanější než ve fyziologii živočichů. Je to dáno nejen přisedlým způsobem života, který neumožňuje únik před působením stresorů, ale také tím, že u rostlin je mnohem větší mezidruhová variabilita i heterogenita vnitřního prostředí. (Procházka a kol. 1998)

Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí mohou zpomalovat životní funkce rostlin, poškozovat jednotlivé orgány rostlin nebo dokonce navodit odumření celé rostliny (Bláha a kol. 2003)

Stres - soubor podnětů nadměrně nepříznivě zatěžujících organismus (Kraus, 2005)

Stresové faktory – nepříznivé vlivy vnějšího prostředí závažně ohrožující rostlinu (Procházka a kol. 1998)

Stresová reakce – reakce, které se spustí pod vlivem stresorů

Modifikace – nedědičná genotypická změna, která trvá do vyznění příčiny, jež ji způsobuje. (Bláha a kol. 2003)

Mutace – trvalá genetická změna, která se předává i na potomstvo. Kromě různých příčin, může být způsobena vlivem stresorů, kdy „tlak“ vnějšího prostředí je tak velký, že dosavadní fyziologický stav rostliny je již nevýhodný pro dané prostředí. (Bláha a kol. 2003)

3.7.1 Dělení stresu u dřevin

Rozdělení stresových faktorů

Abiotické faktory

- Fyzikální
 - Mechanické účinky větru
 - Nadměrné záření (UV, viditelné)
 - Extrémní teploty (horko, chlad, mráz)
- Chemické
 - Nedostatek vody (sucho)
 - Nedostatek kyslíku (hypoxie, anoxie)

- Nedostatek živin v půdě
- Nadbytek iontů solí a vodíku v půdě
- Toxické kovy a organické látky v půdě
- Toxické plyny ve vzduchu

Biotické faktory

- Herbivorní živočichové (spásání, poranění)
- Patogenní mikroorganismy (viry, mikrobi, houby)
- Vzájemné ovlivňování (alelopatie, parazitismus)

(Procházka a kol. 1998)

Rozdělení stresových reakcí

Poplachová fáze – zahájena bezprostředně po účinku stresoru či kombinace stresorů, kdy jsou jejich působením narušeny buněčné struktury a životní funkce rostliny.

Pokud nedojde k překročení letální meze rostliny a jejímu úhynu, následuje restituční fáze.

Restituční fáze – začínají pracovat všechny kompenzační mechanismy, které směřují ke zvýšení odolnosti rostliny.

Fáze rezistence – v této fázi je rostlina odolná vůči působícím stresorům.

Fáze vyčerpání – při dlouhodobém a intenzivním vlivu stresorů nemusí být zvýšená odolnost rostliny vždy trvalého charakteru a dochází k jejímu poklesu a vyčerpání. (Bláha a kol. 2003)

Rozdělení stresu z hlediska druhu působení stresu na rostliny

Vnější faktory působící na rostliny nemusí nutně vyvolávat stres s negativními důsledky pro zdraví dřeviny. Mírný stres do určité úrovně intenzity může pozitivně aktivovat buněčný metabolismus, a tak stimulovat fyziologickou aktivitu rostlin. Tento typ stresu nepůsobuje poškození, i když působí dlouhodobě. Lze ho označit jako eu-stres což je aktivní či stimulační stres, který má pozitivní účinek na vývoj či přežití rostlin. Naproti tomu dis-stres je stresem způsobujícím poškození. Má negativní vliv na vývoj a přežití rostlin v daném prostředí. Dis-stres nastupuje v případě, že stresor překročí určitou hraniční hodnotu, kterou rostliny nejsou schopné kompenzovat svým vnitřním opravným mechanismem. (Čermák a kol. 2014)

Relativní pozice prahové hodnoty závisí:

- Na druhu rostliny
- Na typu stresoru
- Na predispozici rostliny (růstové podmínky, vitalita dřeviny, atd.)
(Kolařík, 2010)

Z hlediska obecně biologického působí stresor na různých úrovních rostliny a v různých časových dimenzích:

- Na úrovni organely a aktivity jejích enzymů se řádově jedná o změny ve zlomcích sekund, které stačí na podstatné ovlivnění funkcí organely.
- Na úrovni buňky či pletiva se jedná většinou o období hodiny až týdne, které je nezbytné na podchycení a změření reakce rostliny.
- Na úrovni individuální rostliny se konečný efekt měří většinou po delším časovém úseku, obvykle až po roce.
- Na úrovni celého rostlinného společenstva se jedná o mnohaletou záležitost.
- Na úrovni celého ekosystému jsou většinou změny sledovatelné (pokud jsou přirozené) řádově až i po stovkách let. (Bláha a kol. 2003)

3.7.2 Hlavní stresové faktory městského prostředí

Vodní režim půd

Vlivem zhuťování půdy vibracemi a provozem jak vozidel, tak i chodců, dochází k podstatnému snížení půdních pórů. Při srážkách tak převážná část vody uniká do kanalizace – na zhuťném půdním povrchu vsakuje jen asi 5 % srážek, na povrchu zpevněném uniká téměř 95 % veškeré vody.

Snížením pórovitosti půd a překrýváním půdního povrchu nepropustnými materiály (asfalt, beton, dlažba) dochází k podstatnému snížení výměny plynů mezi půdou a atmosférou. Půdní horizonty se pak v důsledku kořenové respirace obohacují o CO₂, který je ve zvýšené koncentraci pro kořenové buňky toxický. (Kolařík, 2003)

Skladba půd a pH

Většina půd ve městě má antropogenní původ. Negativně působí i chybějící přirozeně rozkládající se humusové vrstvy. Nedostatek živin je umocněn nedostatkem vody.

Antropogenní půdy se vyznačují nedostatkem minerálních živin a alkalickou reakcí pH. Zvýšení pH působí negativně jak na přítomnost a vyváženost živin v půdním prostředí, tak i na rozvoj mykorrhizních hub a tím i na celkovou vitalitu dřeviny. (Kolařík, 2003)

Kontaminace půdy

Zasolení půd

Je to specifický faktor měst a stromořadí kolem silnic. NaCl se do kontaktu se dřevinami dostává jako posypový prostředek při zimní údržbě komunikací. NaCl v půdě způsobuje zvýšenou hladinu pH, vyplavování Ca^{2+} , K^+ nebo Mg^{2+} , rozpad půdní struktury a zvýšení osmotické hodnoty půdního roztoku. Do rostlin vnikají především ionty chlóru, a to přímým kontaktem přes asimilační orgány i nepřímo příjmem kořeny z půdy.

Poškození se primárně projevuje poškozením pupenů, nezdřevnatěnými výhony a kůry, dále pak nekrotickými a předčasným opadem listů. Nepřímý vliv zasolení na rostliny zahrnuje iontový stres (jednostranné hromadění iontů Na^+ Cl^- ve tkáních rostlin), osmotický stres odrážející se ve sníženém příjmu vody a následném usychání, omezení příjmu důležitých iontů a poruchy v minerální výživě. (Kolařík, 2003)

Únik plynu

Při úniku metanu dochází k vylučování CO_2 a pohlcování O_2 . Díky nedostatku půdního kyslíku pak odumírají kořeny stromů. Zamoření půdy plynem vede k rychlému odumření stromů, řádově v průběhu několika měsíců. (Kolařík, 2003)

Vliv psích výkalů

Psí moč ve srovnání s močí jiných zvířat obsahuje více fosforu a močoviny a poměr C/N je nižší. Při styku moči s citlivými nadzemními částmi rostliny (listy, nezdřevnatělé výhony apod.), může dojít k poškození i při jednorázové kontaminaci. Schopnost rostliny odolávat tomuto vlivu je dána druhem a obecně se zvyšuje s věkem rostliny či její dané části. U mladých stromů se tak setkáváme s odumíráním kambia na bázi kmínků, vznikem nekrotických pruhů či trhlin na kmeni. (Kolařík, 2003)

Kolisání teplot vzduchu

Vlivem zpevněných ploch má souhrn aktivních povrchů města odlišné tepelné vlastnosti oproti plochám vegetace. Umělé povrchy odrážejí jen malé množství slunečního záření a v důsledku toho se silně přehřívají. K celkové sumě absorbované tepelné energie je nutno přičíst ještě dodávku tepla z průmyslových a domácích topenišť, která se

v současné době blíží cca polovině celkového tepelného příjmu města slunečním zářením. Výsledkem změny tepelných charakteristik městských stanovišť je fakt, že jsou z uličních stromořadí postupně vytlačovány domácí dřeviny a jsou nahrazovány taxony introdukovanými ze zemí s teplejším klimatem. (Kolařík, 2003)

Relativní vzdušná vlhkost

Vlhkost vzduchu během letního slunečného dne se ve městě pohybuje okolo 20 – 30 %. Je to o 20 – 30 % méně než je běžné na vesnici. Čím nižší je relativní vzdušná vlhkost prostředí, tím vyšší ztráty vody v listech nastávají. Možnost výparu je podmíněna přísunem vody z kořenové sféry. Stromy dokáží regulovat krátkodobě výkyvy v zásobení vodou poměrně efektivně. Dlouhodobý deficit však vede k redukci životních procesů a k postupnému úhynu jedince. (Kolařík, 2003)

Prašnost prostředí

Usazování prachových částic na listech stromů má silně negativní vliv na průběh fyziologických dějů. Dochází k ucpávání průduchů a přehřívání listů. V prachu jsou často obsaženy těžké kovy nebo radioaktivní látky, které po rozpuštění dešťovou vodou vnikají do pletiv stromu. (Kolařík, 2003)

Znečištěné ovzduší

Především SO₂ vznikající spalováním fosilních paliv, NO_x pocházející především z výfukových plynů, O₃ vznikající fotochemicky v atmosféře působením výfukových plynů, dále pak NH₃, uhlovodíky a fluorovodíky. (Kolařík, 2003)

Imise v plynném stavu jsou rostlinami absorbovány prostřednictvím listů přes průduchy a omezeně přes epidermis, imise pevné kromě listových průduchů hlavně kořeny. (Kolařík, 2003)

Při vystavení vysokým koncentracím škodlivin rostliny utrpí akutní poškození s příznaky patrnými na první pohled, jako jsou vybělení chlorofylu, odbarvení listů, plošné nekrózy pletiv a orgánů, nebo také smrt celé rostliny. Poškození tohoto stupně se obvykle objevují jen v bezprostředním sousedství zdroje znečištění. Při nízkých koncentracích nečistot není hned otrava zevně viditelná. (Larcher, 1988)

Další negativní vlivy

Mezi další negativní vlivy, které působí na stromy ve městě je stavební činnost, při které dochází k mechanickému poranění kořenů, utužování půdy v oblasti kořenového talíře, navážky a snižování terénu a skladování stavebního materiálu na prokořeněné ploše. (Kolařík, 2003)

3.7.3 Autoři zabývající se stresem břízy

A. Lavola, R. Julkunen-Tiitto a E. Pääkkönen (1994) sledovali, zda má vliv stres ozonem na primární a sekundární metabolismus u dřeviny *Betula pendula*. Jednalo se o polní experiment, ke kterému použili dva roky staré břízy, které byly po jednu vegetační sezónu vystaveny o 1–2 vyšší koncentraci ozonu než je v normálním prostředí. Na konci srpna byly vzorky z listů a kmínků analyzovány pro širokou škálu primárních a sekundárních metabolitů. Ačkoli mnoho z těchto metabolitů nebylo významně ovlivněno ozonem, ale ozonem ovlivněné listy obsahovaly vyšší množství koncentrací celkových cukrů a redukovaly množství fenolických glykosidů a dehydrosalidosidů. Ve stoncích bylo nalezeno, větší množství katechininů, hyperosidu. Výsledky naznačují značný inter a intra-klonální rozdíl v produkci fytochemikálií v listech a stoncích.

Martinková M., Maděra P. a Úradníček L. (2001) provedli výzkum strategie přežití bříz na náhradních stanovištích v Krušných horách, na území se znečištěným ovzduším. Studie byla provedena kvůli enormnímu poškození bříz v 90. letech. Byly zde případy pomalého odlistění s následnou regenerací, ale i kompletní odumírání celých stromů. Cílem výzkumu bylo určit důvody poškození a odezvy konkrétních druhů bříz s respektem k jejich věku.

Autoři měli dvě hypotézy:

1. komplexní důvody – znečištění vzduchu, vody, půdy
2. méně komplexní důvody – krátké období růstu, špatná příprava na zimu, dlouhá zima, atd...

Výzkum byl proveden na rozsáhlém území Krušných hor. Celkem bylo hodnoceno 136 stromů podle typu jejich regenerace ve vztahu k přežití. Z různých míst byly odebrány vzorky, u kterých byly detailně analyzovány nejčastější fáze poškození.

Tato studie ukazuje, že pokud jsou stromy opakovaně oslabovány, podlehnou pozdním mrazům, pokud byla kambální zóna na bazálních částech kmene poničena. Přes kořenový vztlak byla nadzemní část stromu zavodněná, stromy rašily, avšak zpětný tok byl přerušeny. Listy vstupovaly do předčasného stárnutí následkem absence vody.

Příčinou poškození nebo dokonce odumírání bříz na náhradních stanovištích se zdá být vzájemné působení vnitřních a vnějších vlivů.

Také Káňová D. a Kula E. (2002) zkoumali vliv stresových faktorů na břízu (*Betula pendula* Roth.). Jednalo se o dvouletý výzkum, pro který použili sazenice břízy, které byly v rámci řízeného nádobového pokusu ošetřovány v šesti variantách a to kyselou zálivkou (pH3), kyselou zálivkou s postřikem, sucho, hnojení síranem amonným, hnojení síranem amonným v kombinaci se suchem a kontrola. Zjistili že, rozdílná reakce v přírůstu břízy se projevila při vstupu síranu amonného, který zvýšil její citlivost na mráz. Výškový i tloušťkový přírůst byl nejvýznamněji snížen působením sucha. Opožděný opad listů byl nejvýraznější v kombinaci hnojení síranem amonným a sucha, méně ve variantě se suchem, hnojení síranem amonným a s kyselou zálivkou s postřikem. Ve variantách s přidavkem síranu amonného a variantě kyselé zálivky s postřikem se projevilo mírné prodloužení vegetačního období vlivem vyššího obsahu dusíku, což vyvolalo vyšší citlivost k mrazu.

Kula (2006) dokumentoval změny dřevinného spektra a vznik porostů náhradních dřevin s dominantním zastoupením břízy (*Betula pendula* Roth.) ve východním Krušnohoří. Zkoumal faktory související s rozpadem březových porostů ve východním Krušnohoří na konci 20. stol. Uvádí, že porosty břízy byly v první polovině 90. let 20. století mechanicky poškozeny námrazou a „nevyrašením“, čímž začal rozpad porostů břízy ve vyšších polohách Krušných hor. Jako příčiny snižující stabilitu březových porostů v letech 1998-2005 uvádí Kula tyto:

- Kalamitní a netradiční fytofágní škůdci s gradačním potenciálem v imisním území (*Erans defoliaria*, *Operophtera brumata*, *O. fagata*, *Eriocrania* sp., *Coleophora serratela*, *Lochamea capreae*, roztoči *Aceria*, *Phyllocoptes*, nosatci *Phyllobius*).
- Mechanické poškození námrazou a vytvoření mrazových trhlin s následným napadením kmene březovníkem březovým.

- Fyziologická porucha „nevyrašení“ březových porostů na území 14 tis. Ha způsobil nesespecifický polutant, který narušením pupenů vyvolal podzimní rašení s následným zmrznutím v zimním období.
- Listové rzi (*Phyllactinia*, *Melampsorium*), které v závislosti na průběhu počasí omezovaly asimilační funkci listů až předčasný opad, nevyzrání výhonů a jejich následné vymrzání v zimě.

4 Metodika

4.1 Charakteristika zkoumaného druhu

Betula pendula Roth. patří do čeledi *Betulaceae* a do rodu *Betula*. Tento rod zahrnuje 100-140 druhů žijících a 40 druhů vymřelých. Druhy bříz jsou rozšířeny po celé severní polokouli. Převážná většina druhů je stromovitá, avšak najdou se zde i drobné keře. (Větvička, 2003)

4.1.1 Bříza bělokorá – *Betula pendula* Roth.

Popis a vlastnosti dřeviny

Bříza je středně velký strom s bílým kmenem, v mládí rovným, později zprohýbaným a vejcovitou, řídkou, nepravidelně utvářenou korunou. (Úradníček, 2009) Dorůstá se v průměru výšky 15–25 m. (Koblížek, 2006) Hurych (2003) uvádí, že se bříza dorůstá více jak 20 m a její průměr koruny je 5-10 m. Úradníček (2009) uvádí, že může mít až 30 m s průměrem kmene přes 75 cm. Také píše že, bříza bělokorá je krátkověká dřevina dožívající se maximálně 100-150 let. Také Hurych (2003) uvádí, že bříza je krátkověká dřevina dožívající se 50 až více než 100 let. I Kula (2011) píše, že se bříza bělokorá dožívá 150 let.

Kořenový systém je mělký, ale silně rozvětvený a daleko sahající. Kořeny se dokáží přizpůsobit rozmanitému podloží a udrží dřevinu i na skalách. (Úradníček, 2014) Vzhledem k jejich mělkému kořenovému systému vysušují a ochuzují půdu. (Hurych, 2003)

Semenáček je útlý, s drobnými dělohami a řídce pilovitými primárními listy. V prvním roce přirůstá jen nepatrně, ale v dalších letech je růst velmi rychlý, tudíž v pátém roce může dosáhnout výšky 3 m. Na dobrých stanovištích růst vrcholí již mezi 10.–15. rokem, jinak mezi 20.–25. rokem a růst ustává v 50.–60. roce. (Úradníček, 2014)

Letorosty stromu jsou lysé, hnědavé, hustě bradavičnaté. Mladé větve jsou převislé. (Koblížek, 2006) Má dobrou výmladnost v koruně, na kmene pouze v mládí, před vytvořením sklerifikované borky. Ve stáří se na bázi kmene vytváří hrubě rozpukaná borka. (Úradníček, 2009)

Pupeny břízy bělokoré jsou na okraji brvité. Při rašení jsou na rubu roztroušeně chlupaté, ale záhy olysávají. (Koblížek, 2006) Olistění stromu je řídké. (Úradníček, 2009) Listy jsou střídavé, dlouze řapíkaté, trojuhelníkovitě vejčité

až kosníkovité, 3-6 cm dlouhé, v mládí lepkavé. (Koblížek, 2006) Listy jsou 2,5-5 cm široké (Kula, 2011) Na podzim se listy barví do žluta a vydrží na stromě až do mrazu (Úradníček, 2009).

Bříza je dřevina jednodomá a anemochorní. Květy jsou uspořádány v jehnědách, zvlášť samčí – převislé, a zvlášť samičí – menší a zpočátku vzpřímené. (Úradníček, 2009) Samčí jehnědy měří 30-60 mm, samičí v květu jen 20 mm. (Větvička, 2005) Bříza bělokorá kvete v průměru 3-5 dní. (Kula, 2011) Druh plodí velmi brzy, na volném prostranství je to již v 10-15 letech a v porostech po 20 až 30 letech. Plodí téměř každoročně a úroda nažek je velmi bohatá. (Úradníček, 2009) Plodem je křídlatá nažka. (Větvička, 2005) Podpůrné šupiny jsou trojlaločné. Lem nažek je nejméně dvakrát širší než semeno a přesahuje vrchol blizen. (Úradníček, 2009)

Rozšíření

Bříza bělokorá má rozsáhlý euroasijský areál. Patří mezi dřeviny, jejichž zastoupení s činností člověka a s hospodařením v lesích výrazně stouplo. Její areál zabírá podstatnou část evropského kontinentu. Na sever jde ke Skandinávii až k polárnímu kruhu, zasahuje na poloostrov Kola a do povodí Severní Dviny u Barentsova moře. Na jihu je rozšířen v severní polovině Balkánského poloostrova. Vyskytuje se v celém horském systému Apenin, v horách Sicílie, roste v Pyrenejích a přilehlé severovýchodní části Španělska. Je domácím druhem v celé západní Evropě včetně Britských ostrovů. Na východě je hojná v rozlehlých oblastech evropské části Ruska, překračuje Ural a postupuje lesnatými oblastmi tajgy až na východní Sibiř do povodí Leny. Severní hranice v asijské části areálu se pohybuje na rozhraní lesa a lesotundry, jižní hranice zabíhá až do stepních oblastí. (Úradníček, 2014)

Bříza bělokorá je v České republice domácí dřevinou a je běžná na celém území státu od nížin až do hor. V Čechách jsou původní lokality hojnější např. v severočeské pískovcové oblasti, dále v Děčínských stěnách, na „kamenných mořích“ Šumavy, na skalách celého vltavského údolí, na znělcových kupách Českého středohoří a mnoha jiných místech. Na Moravě jsou podobné přirozené lokality například na skalních výspách zaříznutých údolí Jihlavy, Oslavy, Rokytne a horního toku Dyje. Vyskytuje se také v pánevních oblastech na kyselých bažinatých mokřadech s břízou pýřitou. (Úradníček, 2009)



Obr. 1 Rozšíření *Betula pendula* Roth. (Úradníček, 2009)

Ekologie

Z ekologického a cenologického hlediska je charakteristickou součástí lesních společenstev, zvláště acidofilních doubrav, písčinyých i reliktních bořin, vytváří březové remízky, osidluje silikátové skály; druhotně paseky, haldy výsypky a jiné ladem ležící plochy.

Bříza bělokora je silně světlomilný druh nesnášející zástin. K dobrému vývoji vyžaduje holou plochu. Je to typická pionýrská dřevina osídlující holé plochy náletem lehkých, větrem daleko se šířících semen. Vyskytuje se i na extrémních stanovištích, kde ji jiné dřeviny nemohou ohrozit. Jsou to místa jak s nedostatkem půdní vláhy, tak v menší míře i místa s nadbytečnou vlhkostí. (Úradníček, 2009) Změny v hladině spodní vody však snáší těžko a záplavy nesnese vůbec. Na vzdušnou vlhkost náročná není, roste i ve velmi suchých oblastech. (Úradníček, 2014) Hurych (2003) uvádí, že by měla snést znečištěné ovzduší. Větvička (2005) uvádí, že bříza je ekologicky nejplastičtější a nejprizpůsobivější strom. Kula (2011) uvádí, že zvýšené vstupy dusíku při souběžném stresu suchem vyvolávají intenzivní letní defoliaci.

Bříza je nenáročná na půdu a přizpůsobí se nejrůznějším podkladům. Nejčastěji roste na kyselých horninách, ale extrémně kyselá stanoviště nesnáší. (Úradníček, 2009) Kula (2011) však ve své práci píše, že snese i extrémně kyselá stanoviště s pH 3,5-5. Úradníček (2014) uvádí, že často roste na půdách písčitych s vysokým obsahem skeletu a na skále. Na vápencích a některých jiných plochách, živných horninách často chybí, nejspíš proto, že nenachází vhodné plochy k uchycení a vyklíčení semene. Vysazena

na takových místech roste dobře. Může se jí dařit i na půdách zasolených. (Úradníček, 2014) Hurych (2003) uvádí, že snáší chudší, písčité a kyselé půdy.

Bříza bělokorá roste v podmínkách oceánického i kontinentálního klimatu, v oblastech s velmi krátkou vegetační dobou na severu i dlouhou na jihu. Avšak zejména se vyskytuje v krajích s kratší růstovou sezónou a konstantním klimatem. Odolává jak pozdním, tak i jarním mrazům. Snáší exponovaná stanoviště. Je středně citlivá na znečištěné ovzduší. Dovede se přizpůsobit některým typům znečištění. (Úradníček, 2014)

Význam

V České republice patří bříza k nežádoucím lesním dřevinám, které je někdy třeba obtížně odstraňovat. Dává se do paliva. Její středně tvrdé, dosti pevné a houževnaté dřevo bývalo dříve nepostradatelné pro kolářské výrobky, v řezbářství, při zhotovování nářadí a drobných výrobků (násady, cívky, párátko apod.). Hodí se výborně k výrobě překližek. Velice cenná je tzv. svalcová bříza, s křivolace vlnitými letokruhy. Vybrané druhy březového dřeva jsou významné pro stavbu dřevěných částí letadel. (Úradníček, 2014)

Z březového proutí se tradičně dělají košťata. Tenké kmínky se používaly na obruče. Vnitřní vrstvy kůry se hodí ke tříslení. Z bílého peridermu se destiluje olej. Rašící bříza roní sladkou šťávu, vhodnou k výrobě sirupu. Březová voda je používána v kosmetice. Sušené březové listí se pro značný podíl vitamínu A a C, saponinů, silic, minerálních látek a antibioticky účinných fytoncidů využívá ve farmaceutickém průmyslu. (Úradníček, 2009)

V sadovnictví představuje bříza atraktivní architektonický prvek. Vysazují se různé kultivary. (Úradníček, 2014) Významné kultivary břízy bělokoré jsou 'Tristis' s užší korunou a více převislými větvíčkami, 'Youngii', která je nízká a zcela převislá. Dále pak sloupovitá 'Fastigiata' a červenolistá 'Purpurea'. (Hurych, 2003)

4.2 Výběr stádia ontogeneze dle Raimbaulta (2006)

Ze všeho nejdřív bylo nutné zvolit, jaké stadium ontogeneze bříz bude zkoumáno. Jako vhodné bylo stanoveno stádium č. 7, v tomto stádiu bylo na vytipovaných plochách nalezeno nejvíce bříz. Také lze v tomto stádiu sledovat zakulacenou korunu a epitonické reiterace na periferii koruny i postupující směrem ke kmeni, což můžeme považovat za vhodný sledovatelný znak.

Charakteristika stádia ontogeneze č. 7 dle Raimbaulta (2006)

Stádium ontogeneze patří do 3. fáze – stárnutí struktury: strom si udržuje objem koruny částečnou obměnou pomocí epitonických reiterací.

Během velmi dlouhého stádia 7 (trvá 20–100 let) se epitonické reiterace rozšiřují od nejnižší po nejvyšší položené větve. Tyto dílčí reiterace jsou nejdříve formovány pomocí syleptických reiterací obvodových větví a poté následujícími reiteracemi více vnitřních větví. Velmi pozvolna jsou epitonickými reiteracemi nahrazovány původní koncové prýty hlavních větví, které postupně ochabují, odumírají a poté odpadávají.

4.3 Výběr lokalit

Lokality byly vybírány na území České republiky. Břízy rostoucí ve stresovaných podmínkách byly vybrány na území Jihomoravského kraje v Brně. Především však v městské části Brno Lesná. Dřeviny se nacházejí mezi panelovými domy na sídlišti. Břízy rostoucí v optimálních podmínkách se nachází v severovýchodních Čechách v Pardubickém kraji u obce Studené a města Jablonného nad Orlicí. Břízy rostou převážně ve volné krajině.

4.4 Přírodní podmínky

4.4.1 Lokalita s nevhodnými podmínkami pro růst bříz

Lokalita se nachází v nadmořské výšce okolo 300 m. n. m. Půdním typem je na řešeném území kambizem. Půdní subtyp je modální. (Kozák, 2005) Avšak půdy ve městech jsou značně ovlivněny lidskou činností, takže lze říci, že se zde nacházejí antropogenní půdy. Pejchal (2008) uvádí, že se jedná o pedologickou kategorii, definovatelnou jako nevyvinuté půdní substráty na recentních útvarech všech druhů a typů. Tato lokalita spadá do 2. bukodubového vegetačního stupně. (www.is.muni.cz, 2010)

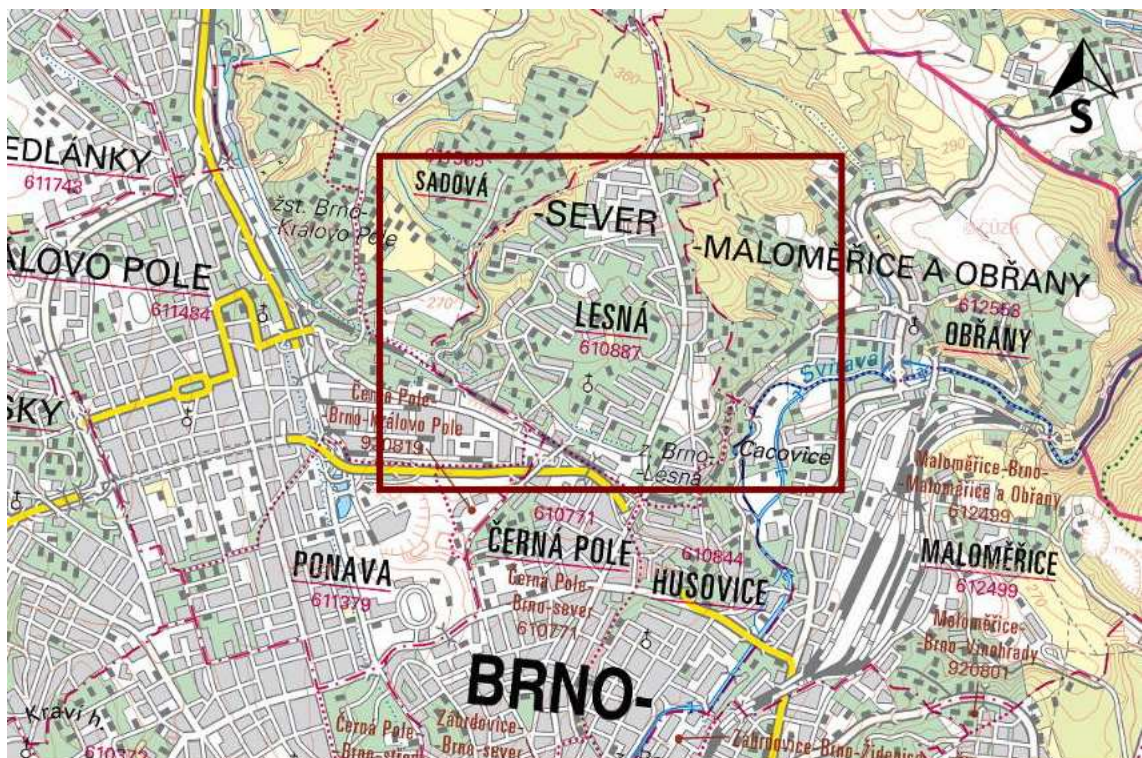
Průměrné roční teploty vzduchu v lokalitě Brno se nacházejí v rozmezí 8-9 °C. V jarních měsících se průměrně teploty pohybují okolo 8-9 °C, v létě 15-16 °C, na podzim 8-9 °C a v zimě okolo -1-0 °C. (Tolasz, 2007)

Průměrný roční úhrn srážek je 450-500 mm. V jarním období je průměrný úhrn srážek 100-125 mm, v letním období 200-250 mm, na podzim 100-125 mm a v zimě 100 mm. (Tolasz, 2007)

Vlhkost vzduchu je 75-80 %. (Tolasz, 2007)

Sněhové srážky na dané lokalitě se v průměru vyskytují 50-60 dnů. Počet dnů se sněhovou pokrývkou se pohybuje mezi 30-50 dny. (Tolasz, 2007)

Při zimní údržbě v řešeném území se solí v případě náledí nebo ledovky, spotřeba je průměrně 20 t posypové soli za sezónu. Četnost posypu se řídí dle povětrnostních podmínek.



Obr. 2 Lokalita, na které byly vybrány břízy rostoucí v nevhodných podmínkách, měřítko 1 : 28 575 (<http://www.geoportal.czuk.cz/>, 2016, obr. upraven autorem)

4.4.2 Lokalita s optimálními podmínkami pro růst bříz

Lokalita se nachází v nadmořské výšce okolo 500 m. n. m. Půdní typ na řešeném území je kambizem. Půdní subtyp je kyselý. Půdotvorným substrátem jsou transportované zvětraliny pevných a zpevněných hornin; v tomto případě svahových rul středních. (Kozák, 2005) Lokalita se nachází v 6. smrkojedlobukovém vegetačním stupni. (www.is.muni.cz, 2010)

Průměrné roční teploty vzduchu na přirozené lokalitě jsou 6-7 °C. V jarních měsících se průměrné teploty pohybují okolo 6-7 °C, v létě 13-14 °C, na podzim 7- 8 °C a v zimě -3- -2 °C. (Tolasz, 2007)

Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje okolo 800-1000 mm. V jarním období je průměrný úhrn srážek 150-200 mm, v létě 250-300 mm, na podzim 200-250 mm a v zimě 200-300 mm. (Tolasz, 2007)

Vlhkost vzduchu je 75-80 %. (Tolasz, 2007)

Sněhové srážky se zde v průměru vyskytují 70-80 dnů. Počet dnů se sněhovou pokrývkou se pohybuje mezi 80-100 dny. (Tolasz, 2007)



Obr. 3 Lokalita, na které byly vybrány břízy rostoucí v optimálních podmínkách, měřítko 1 : 57 150 (<http://www.geoportal.cz.uk.cz/>, 2016, obr. upraven autorem)

4.5 Měření základních dendrometrických parametrů

4.5.1 Obvod kmene

Obvod kmene byl měřen v prsní výšce 1,3 m nad zemí pomocí svinovacího pásma. Pokud se na kmeni v prsní výšce nacházely nerovnosti, byl obvod měřen buď nad, nebo pod nerovnostmi. Pokud se jednalo o více kmen, byly změřeny jednotlivé kmeny a hodnoty byly zprůměrovány.

4.5.2 Výška stromu

Výška stromu byla měřena pomocí laserového výškoměru Nikon 550 FORESTRY. Odstupová vzdálenost od stromu byla volena dle jeho výšky, minimálně pak na vzdálenost výšky stromu.

4.5.3 Výška nasazení koruny

Výška nasazení koruny byla měřena pomocí laserového výškoměru Nikon 550 FORESTRY.

4.5.4 Průmět koruny

Byl měřen pásmem a to dvěma na sebe kolmými přímkami, které byly následně sečteny a zprůměrovány.

4.5.5 Počítání kosterních větví

Kosterní větve byly počítány ze země v takové odstupové vzdálenosti, aby bylo co nejlépe vidět do koruny.

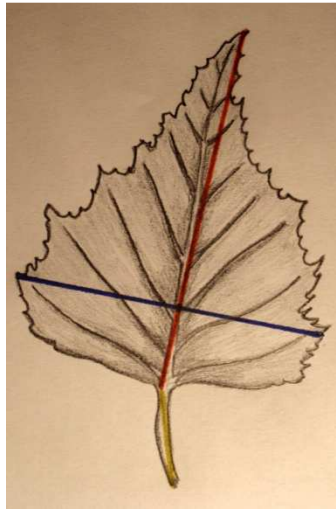
4.5.6 Počítání reiterací

Epitonní reiterace byly počítány ze země, z takové vzdálenosti, aby byly co nejlépe vidět. Ve vrchní části koruny však reiterace byly značně nepřehledné, proto je možné že v počítání došlo k chybě.

4.5.7 Měření listů

Z každého stromu bylo v dolních partiích po obvodu odebráno 5 vzorků, které byly následně změřeny. Měření probíhalo pomocí milimetrového pravítka. Délka listu byla měřena od špičky k bázi listu. Šířka listu byla měřena v nejširším místě. A jako poslední byla změřena délka řapíku. Hodnoty z měření každé části listu byly zprůměrovány, aby bylo dosaženo pouze 1 hodnoty dané měřené části.

Způsob měření listu: délka listu, šířka listu, délka řapíku



Obr. 4 Způsob měření listu u *Betula pendula* Roth. (obr. autor)

4.6 Zjišťování věku

4.6.1 Zjišťování věku pomocí Presslerova nebozezu

Zjišťování věku břízy bylo provedeno Presslerovým nebozezem. Pomocí nebozezu byl z každé břízy odebrán vývrt ve výšce 0,3 m nad zemí. Vývrt byl nalepen na dřevěnou podložku. Vývrt bylo nutné zbrousit. Pokud byly letokruhy málo zřetelné, bylo nutné vývrt namočit do vody, poté byly letokruhy viditelné. Následně byly počítány letokruhy. Při počítání letokruhů byl vždy připočten jeden rok. Bylo odhadnuto, že dřevina dosáhla výšky 0,3 m zhruba v jednom roce.

4.6.2 Odhad věku podle průměru stromu

Odhad věku zjišťovaný podle průměru kmene byl vypočítán pomocí vzorce

$V = (5 / [\pi * R_L] * d$, kde za π byla dosazena hodnota 3,1416, za R_L byla dosazena průměrná šířka letokruhu a za d průměr dané břízy. Hodnoty byly dosazovány v centimetrech.

Průměr byl vypočítán z obvodu pomocí vzorečku O/π , kde O je obvod dřeviny a π je 3,1416.

R_L – za tuto hodnotu byly dosazovány převzaté hodnoty. Pro nejmenší průměrnou šířku letokruhu bylo počítáno s hodnotou 2,46 mm a pro největší průměrnou šířku letokruhu byla použita hodnota 4,43 mm. (Kolařík, 2010)

4.6.3 Odhad věku pomocí křivky růstového modelu

K počítání věku pomocí křivky růstového modelu byl použit následující vzoreček

$$V = B2 * (d / [B1 - d])^{(1/B3)}$$

Za hodnotu B1 bylo dosazeno 1,035387, za hodnotu B2 78,94524 a za hodnotu B3 1,323968. Za d byl dosazený průměr kmene v metrech. (Kolařík, 2010)

4.7. Porovnání dat

Věk byl zjišťován třemi různými metodami (viz. výše). Následně bylo nutné jednotlivé hodnoty věku porovnat. Zjištěné hodnoty byly porovnávány pomocí grafu v Excelu, aby bylo vidět, jak se jednotlivé metody zjišťování věku od sebe liší.

5 Výsledky

5.1 Průměry množství znečišťujících látek v ovzduší

Pro porovnání látek znečišťujících ovzduší byly použity pětileté průměry. Bylo vycházeno z dat, ke kterým byl přístup na Českém hydrometeorologickém ústavě.

Vysvětlivky k tabulce č. 1 a č. 2

NO₂ - oxid dusičitý

PM₁₀ – prachové částice menší jak 10 μm

PM_{2,5} – prachové částice menší jak 2,5 μm

BZN - benzen

BaP – benzo(a)pyren

Tab. 1 Pětileté průměry množství znečišťujících látek v ovzduší v městské lokalitě (<http://www.chmi.cz>, 2016)

	2007 - 2011	2008-2012	2009-2013	2010-2014
NO₂/μg.m³	21,9	20,6	19,8	19,8
PM₁₀/μg.m³	25,7	25,6	25,8	25,9
PM_{2,5}/μg.m³	22,9	23,6	23,6	22,3
BZN/μg.m³	1,6	1,4	1,4	1,6
BaP/ng.m³	0,96	0,97	0,9	0,86

Tab. 2 Pětileté průměry množství znečišťujících látek v ovzduší v přirozené lokalitě (<http://www.chmi.cz>, 2016)

	2007-2011	2008-2012	2009-2013	2010-2014
NO₂/μg.m³	9,1	9,1	9,4	9,1
PM₁₀/μg.m³	18,3	18,4	19,1	19,1
PM_{2,5}/μg.m³	13,5	14,2	14,6	14,9
BZN/μg.m³	0,7	1	1,1	1,2
BaP/ng.m³	0,38	0,45	0,57	0,58

Z tabulek výše vyplývá, že u všech pozorovaných znečišťujících látek je koncentrace mnohem vyšší v městské prostředí než v optimální lokalitě. Lze pozorovat, že množství znečišťujících látek v městském prostředí je téměř konstantní a moc se nemění. Z tabulky č. 2 však vyplývá, že množství znečišťujících látek v přirozené lokalitě pozvolna roste vyjma NO₂.

5.2 Tabulky s naměřenými hodnotami

Vysvětlivky k jednotlivým zkratkám v tabulkách

č. – číslo dřeviny

H/m – výška dřeviny uvedená v metrech

VNK/m – výška nasazení koruny měřená v metrech

O/cm – obvod kmene měřený v centimetrech

ŠK/m – šířka koruny měřená v metrech

PKV – počet kosterních větví

PR – počet reiterací

DL – průměrná délka listu

ŠL – průměrná šířka listu

DŘ – průměrná délka řapíku

Tab. 3 Naměřená data u *Betula pendula* Roth. rostoucích ve stresovaném prostředí

č.	H/m	VNK/m	O/cm	ŠK/m	PKV	PR	DL	ŠL	Ř
1	11,8	2,3	86	7	7	13	5,24	3,38	2,08
2	10,8	2,5	86	7,5	18	10	5,3	4,36	1,34
3	13,2	1,7	98	9,5	8	13	5,36	3,8	1,92
4	13,1	1,8	110	9	17	12	6,26	4,84	2,5
5	10,4	170	82	8	12	26	6,02	4,04	2,34
6	16,6	4,5	103	7,5	13	12	5,42	3,96	3,12
7	15	1,7	108	9,75	22	19	5,8	4,36	1,88
8	14,8	1,5	113	9,5	16	29	4,7	3,3	1,8
9	15,6	3,2	160	13	30	15	5,1	4,24	2,14
10	12	1,8	130	9	9	12	4,68	3,84	2,68
11	20	4	92	12	16	15	4,72	3,1	1,9
12	19,8	2,2	116	11,5	18	24	5,74	4,66	2,18
13	19,2	3,6	94	9	11	13	5,44	3,76	2,86
14	22	5,4	95	10,5	7	12	4,92	3,7	2,28
15	22	3,7	105	11	18	10	5	4,04	1,62
16	20,2	1,8	148	12	26	19	6,02	4,12	2,48
17	20	2,8	100	8	18	19	4,5	3,42	1,32
18	18,4	2,7	79	4,5	8	9	6,44	4,48	2,7
19	16,8	2	89	6,5	15	21	5,14	3,68	2,22
20	25	4,4	138	8	20	23	4,5	3,12	2,48
21	19,8	2,5	153	12	15	32	6,64	3,7	2,64
22	15	2	161	13	12	11	5,76	4,64	2,66
23	16,8	3,5	136	12	22	18	5,96	4,04	2,3
24	15,2	2,6	103	13	14	25	4,92	3,38	2,4
25	14,2	2,1	118	10	14	24	5,9	3,88	2,62
26	13,8	2	125	9	26	17	4,62	3,24	2,02
27	13,6	2,8	168	10	23	12	5,08	3,44	2,6
28	15,6	3,2	134	9,5	10	12	4,84	3,26	2,28
29	11,4	1,8	77	8	12	15	4,84	3,34	2,4
30	10,6	1,7	86	6	8	12	5,62	4,14	1,96

Z tabulky lze vyčíst veškeré naměřené údaje k jednotlivým břízám. Ze základních naměřených dendrometrických dat u *Betula pendula* Roth. v rostoucích na nevhodném stanovišti bylo zjištěno, že průměrná výška stromu v 7. stádiu vývinu je 15,5 m, průměrný obvod kmene, měřený v 1,3 m nad zemí, je 113 cm a šířka koruny je v průměru 9,5 m. Průměrná výška nasazení koruny byla 8,2 m.

Bylo zjištěno, že nejvyšší strom v městském prostředí měl výšku 16 m. Naopak nejnižší dřevina měla výšku 10,4 m. Největší obvod kmene byl 168 cm a nejmenší 82 cm.

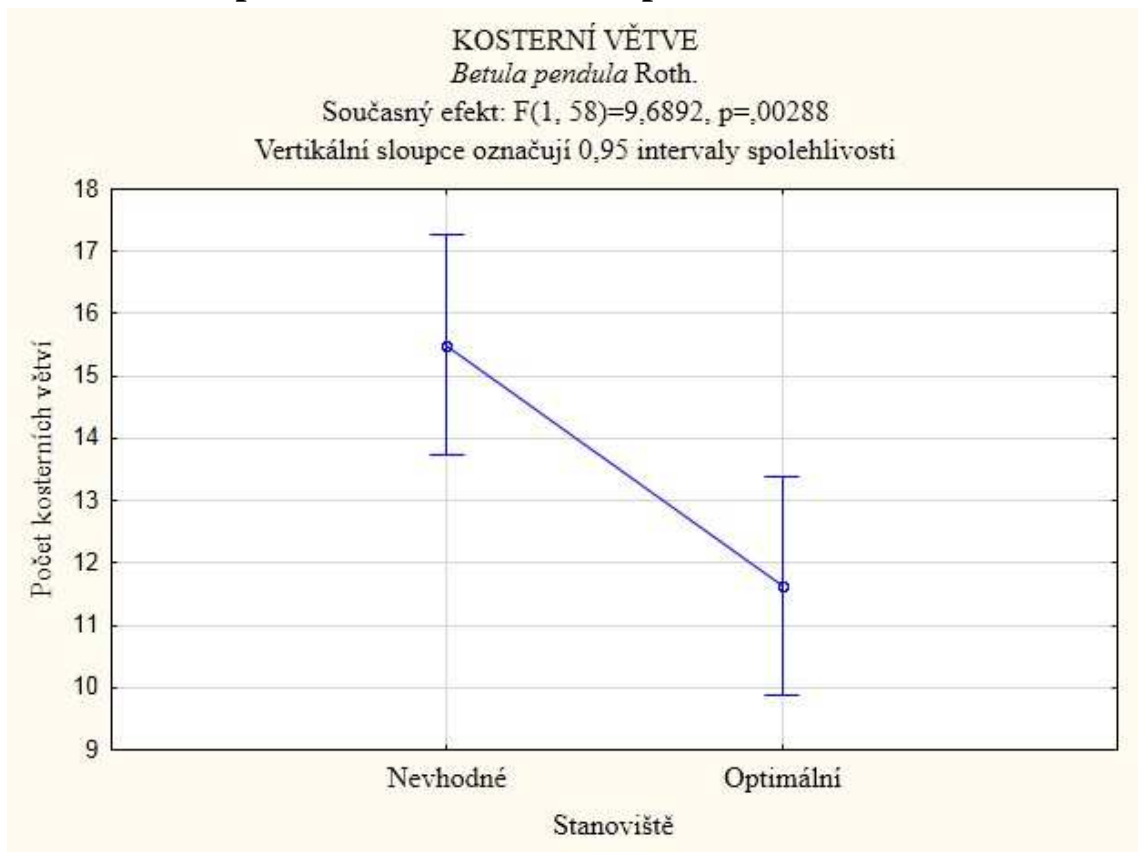
Tab. 4 Naměřená data u *Betula pendula* Roth. rostoucích v optimálních podmínkách

č.	H/m	VNK/m	O/cm	ŠK/m	PKV	PR	DL	ŠL	Ř
1	19,8	2	150	9	15	12	4,2	3,58	2,22
2	21,2	2,5	152	11	20	17	4,54	3,78	1,44
3	20	6,2	165	12	17	13	4,64	2,72	2,04
4	20,2	2,5	175	14	15	14	4,04	2,92	2,12
5	24,5	6,4	163	9	9	10	4,1	2,66	2,12
6	26	6,5	168	13	9	12	4,1	2,98	2,42
7	23	5,6	158	11	10	22	4,46	3,38	2,12
8	21	4,5	181	12	14	9	4,78	2,98	1,32
9	19,2	5	127	11	10	7	4,58	3,72	2,1
10	17	2	143	9	9	23	4,62	3,56	2,08
11	27,4	5,2	190	15	11	10	4,48	3,5	1,42
12	29,8	6,2	225	14	10	13	4,82	3,54	2,28
13	17,5	2,3	120	7	8	17	4,54	3,28	2
14	20,8	4,8	135	14	10	12	4,68	3,86	1,98
15	17,6	3	174	15	12	14	4,9	3,54	2,04
16	24	6,2	147	10	15	18	4,28	3,48	2,14
17	14,2	6,2	205	9	12	17	4,74	3,62	3,12
18	18,8	3,2	202	9	12	8	4,9	3,76	2,1
19	17	1,6	147	7	10	15	5,02	3,46	2,06
20	18,5	2,5	226	13	9	13	5,52	4,02	2,56
21	21	2,5	173	11	7	8	4,78	3,44	2,08
22	18	1,5	126	8	16	13	4,78	3,44	2,16
23	22	5,5	160	10	14	28	4,44	3,88	2,2
24	24	3,5	156	9	12	21	4,56	4,08	2,22
25	25,2	2	170	20	11	20	4,86	3,86	2,61
26	24	7	160	9	14	16	4,36	4	2,52
27	23,5	6,2	146	8	10	12	4,48	3,26	2,06
28	24,5	6	225	11	9	14	6	3,96	2,6
29	28	5	199	10	11	15	4,48	3,48	2,14
30	25	5	153	7	8	12	4,42	3,5	2,2

Z naměřených dendrometrických dat u *Betula pendula* Roth. v lokalitě s optimálními podmínkami pro růst bylo zjištěno, že průměrná výška stromu v 7. stádiu vývinu je 21,8 m, průměrný obvod kmene, měřený v 1,3 m nad zemí, se pohybuje okolo 167 cm a šířka koruny je v průměru 10,6 m. Průměrná výška nasazení koruny byla 4,14 m.

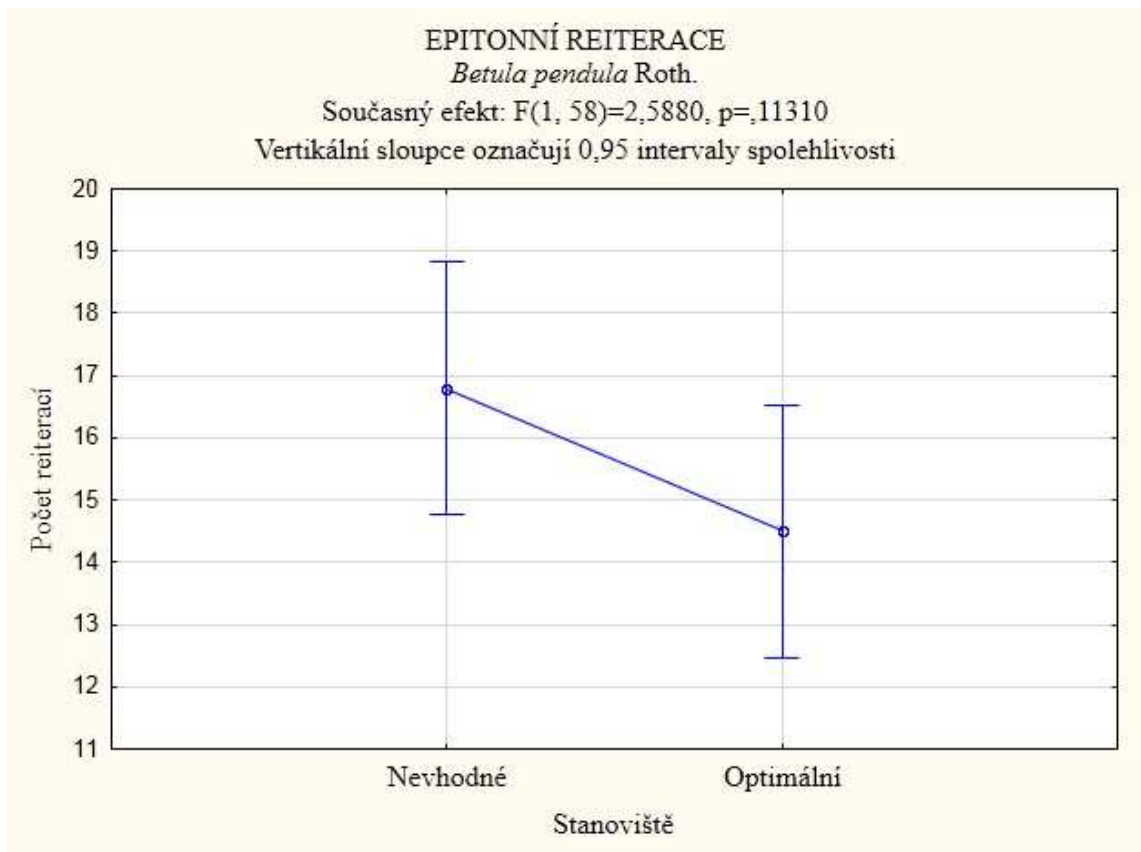
U stromů v přirozené lokalitě měl nejvyšší strom výšku 29,8 m a strom s nejnižší výškou měl 17 m. Největší obvod kmene byl 225 cm. Naopak strom s nejmenším obvodem měl 120 cm.

5.3 Porovnání počtu kosterních větví a epitonních reiterací



Obr. 5 Porovnání počtu kosterních větví u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

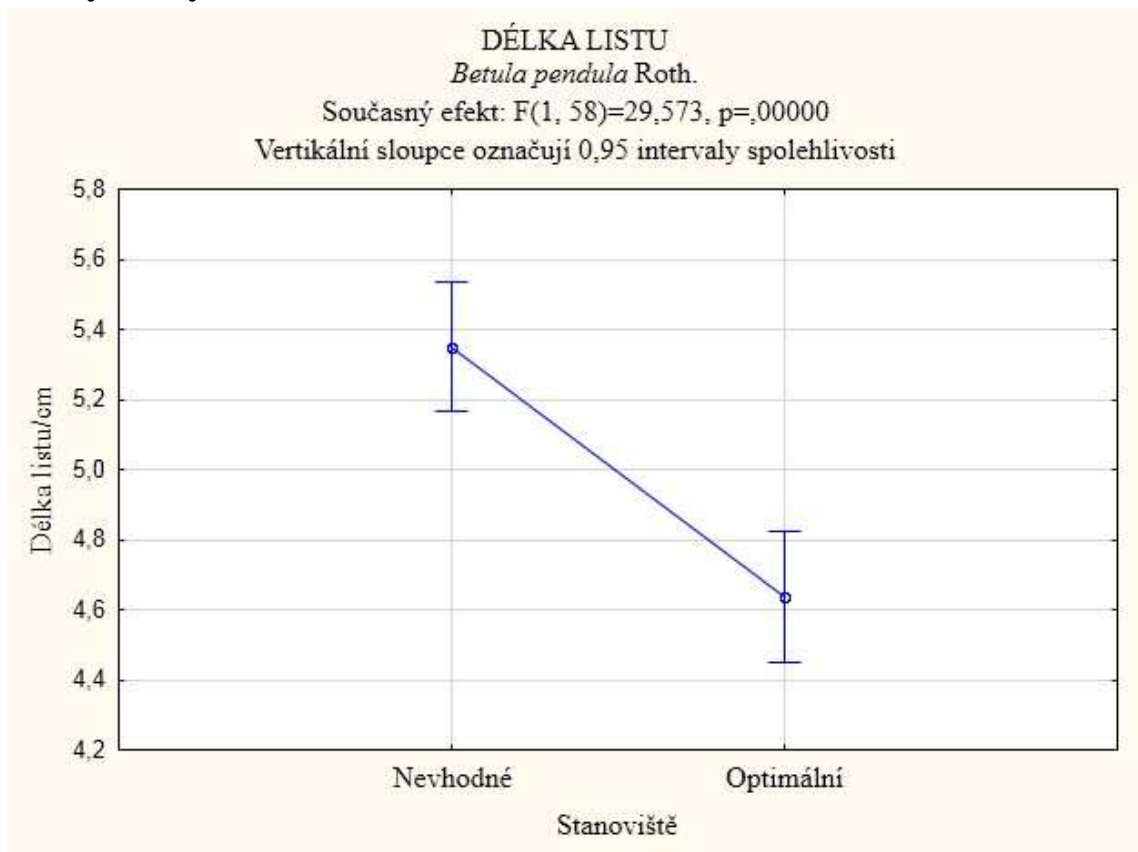
Z výše uvedeného grafu je možné vyčíst, že počet kosterních větví u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí je výrazně vyšší, než u *Betula pendula* Roth. rostoucích v optimálních podmínkách. Bylo spočítáno, že u bříz bělokorých na nevhodném stanovišti bylo v průměru 15 kosterních větví a u bříz bělokorých v optimálních podmínkách to bylo 11 kosterních větví.



Obr. 6 Porovnání počtu epitonních reiterací větví u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

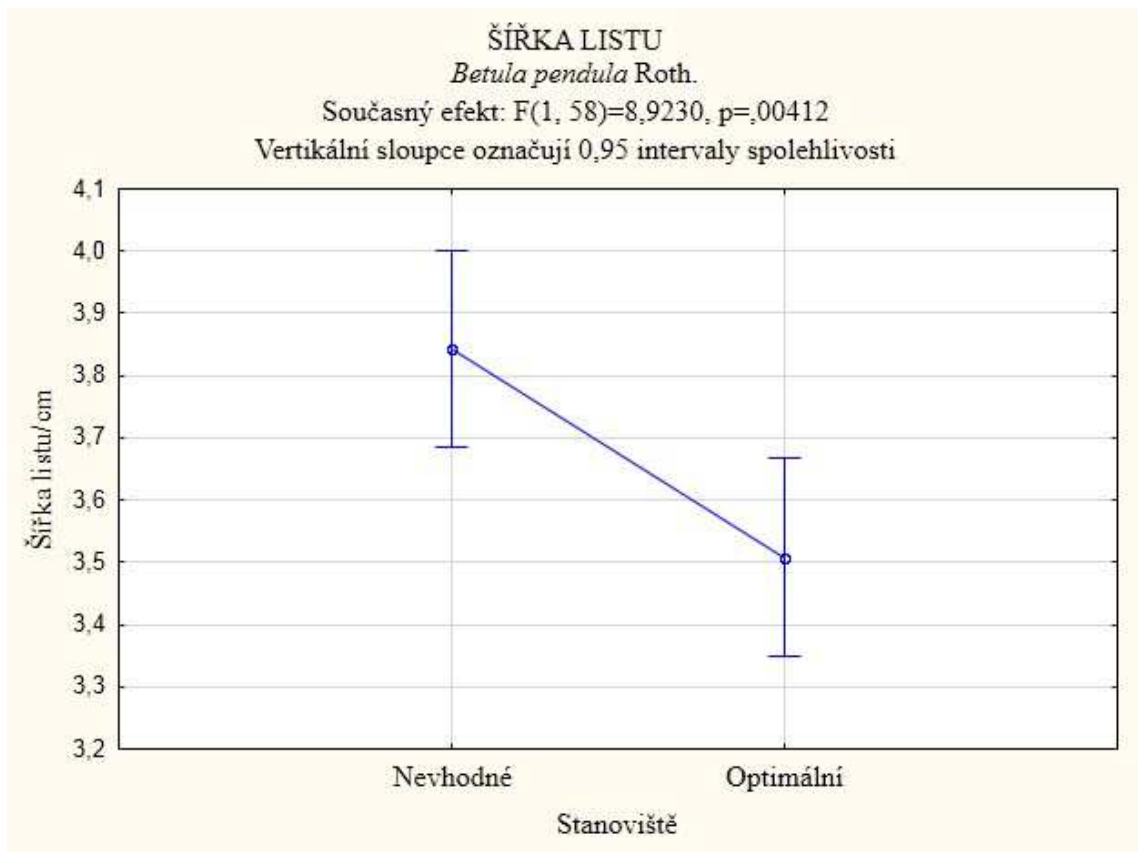
Graf, který je znázorněn na obrázku 6, srovnává počet epitonních reiterací v sledovaných lokalitách. Z grafu vyplývá, že v optimálních podmínkách tvoří *Betula pendula* Roth. přibližně 15 epitonních reiterací a v prostředí nevhodném okolo 17 epitonních reiterací. Avšak tento rozdíl je statisticky nevýznamný.

5.4 Výsledky měření listoví



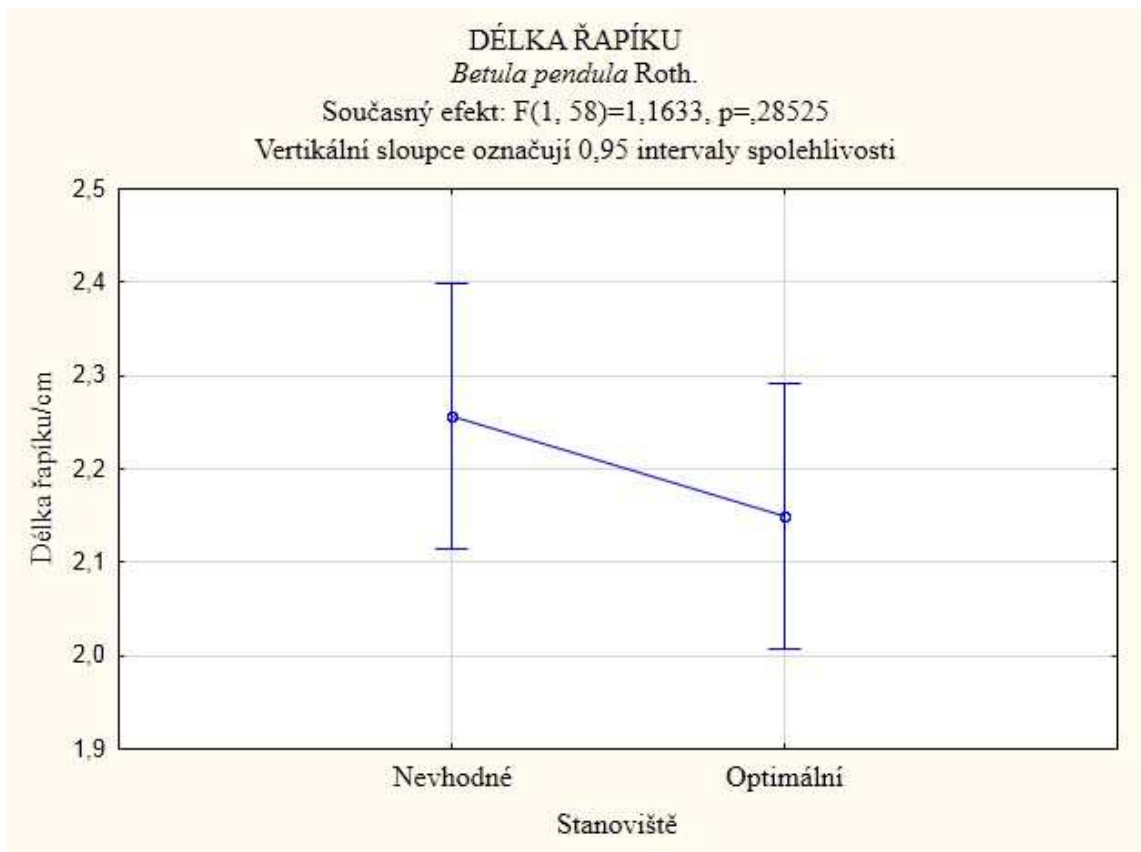
Obr. 7 Porovnání délky listu u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Graf v rámci obrázku 7 porovnává délku listů u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném a optimálním prostředí. Jsou zde vidět statisticky významná data. Graf ukazuje, že délka listu je větší u *Betula pendula* Roth. stresovaných. Vzdálenost mezi intervalovými odhady je okolo 0,3 cm. Bylo zjištěno, že průměrná délka listu u břízy bělokoré rostoucí v nevhodném prostředí je 5,3 cm a u břízy bělokoré v optimálních podmínkách je to 4,6 cm.



Obr. 8 Porovnání šířky listu u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Tento graf (Obr. 8) porovnává šířky listoví mezi *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném a optimálním prostředí. Jsou zde patrné statisticky významné rozdíly. Stejně jako u délky listoví, tak i u šířky mají *Betula pendula* Roth. rostoucí na nevhodném stanovišti listy větší, než u bříz bělokorých rostoucích v prostředí optimálním. Bylo zjištěno, že průměrná šířka listu u bříz bělokorých rostoucích v nevhodných podmínkách je 3,84 cm a u bříz bělokorých v optimálních podmínkách je to 3,5 cm.



Obr. 9 Porovnání délky řapíku u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodném prostředí a optimálních podmínkách

Z grafu, který je na obrázku 9, můžeme vidět statisticky nevýznamné rozdíly v délce řapíku u *Betula pendula* Roth. rostoucích v nevhodných a optimálních podmínkách. Z toho vyplývá, že délky řapíků jsou velmi podobné u obou skupin. Břízy bělokoré rostoucí v nevhodném prostředí měly v průměru délku řapíku 2,26 cm a břízy rostoucí v optimálních podmínkách měly v průměru délku řapíku 2,15 cm.

5.5 Porovnání metod odhadu věku

Vysvětlivky k tabulce č. 5 a č. x a obrázku č. 6

Věk/PN – věk zjištěný pomocí Presslerova přírůstového nebozezu

Věk/PK – odhad věku podle průměru kmene

Věk/RM – odhad věku pomocí křivky růstového modelu

Tab. 5 Odhad věku u *Betula pendula* Roth různými metodami v nevhodných podmínkách pro růst

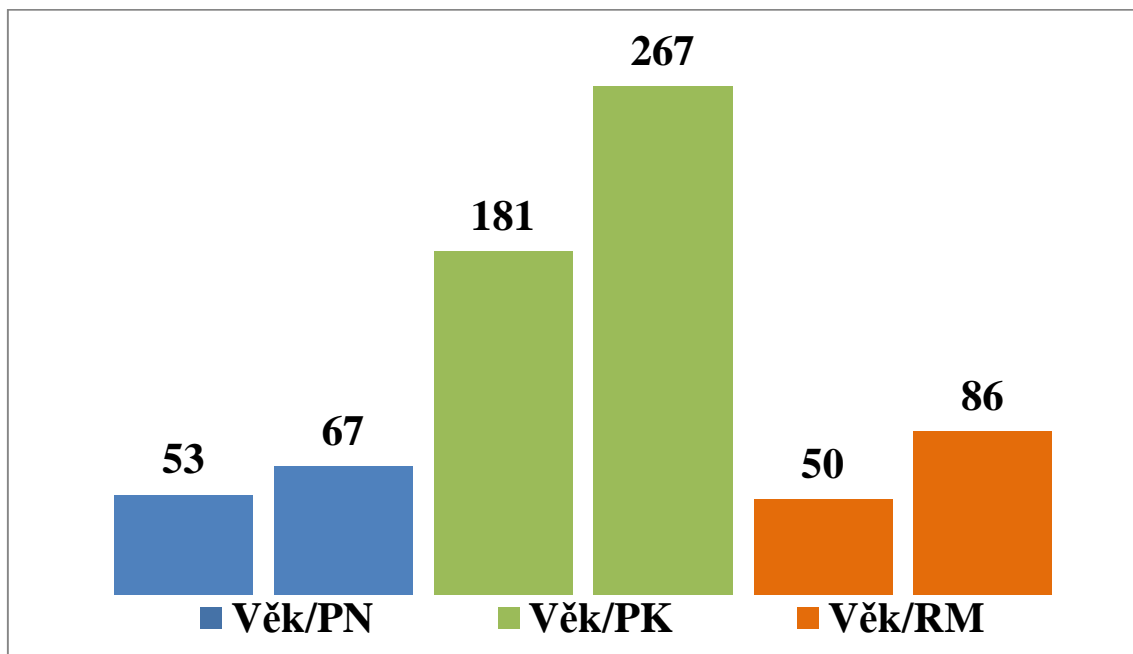
Číslo stromu	Věk /PN	Věk/PK	Věk/RM
1	52	98-177	36
2	49	98-177	36
3	48	112-202	42
4	52	126-227	48
5	51	94-169	35
6	53	118-212	44
7	53	124-222	47
8	55	129-233	49
9	54	183-329	77
10	52	149-268	58
11	56	105-189	39
12	53	133-239	51
13	51	107-194	40
14	52	109-196	40
15	56	120-216	45
16	53	169-305	69
17	52	114-206	43
18	49	90-163	33
19	50	102-183	38
20	51	158-284	63
21	57	175-315	72
22	56	184-332	78
23	54	156-280	62
24	53	118-212	44
25	56	135-243	52
26	52	143-257	55
27	55	192-346	83
28	55	153-276	60
29	50	88-159	33
30	54	98-177	36

Tab. 6 Odhad věku u *Betula pendula* Roth různými metodami v optimálních podmínkách pro růst

Číslo stromu	Věk /PN	Věk/PK	Věk/RM
1	72	172-309	70
2	63	174-313	72
3	63	189-340	81
4	81	200-360	89
5	76	186-336	79
6	75	192-346	83
7	64	181-325	76
8	65	207-373	94
9	65	262-145	56
10	60	164-294	66
11	65	217-391	102
12	62	257-463	145
13	60	137-247	53
14	73	154-278	61
15	72	199-358	88
16	83	168-303	68
17	75	234-422	118
18	76	231-416	115
19	67	168-303	68
20	66	258-465	147
21	66	198-356	87
22	61	144-259	56
23	62	183-329	77
24	70	178-321	74
25	70	194-350	85
26	59	183-329	77
27	62	167-301	68
28	69	257-463	145
29	70	228-410	111
30	60	175-315	72

V tabulce 5 a 6 jsou uvedeny věky jednotlivých dřevin zjištěných různými metodami. Při použití přírůstového nebozazu bylo zjištěno, že nejstarší dřevina v nevhodných podmínkách pro růst měla věk 57 let a naopak nejmladší měla 48 let. V tabulce 6, kde jsou data pro břízy rostoucí v optimálních podmínkách lze vyčíst, že nejstarší bříza měla 83 let a nejmladší měla 60 let. Věk podle průměru kmene a podle křivky růstového modelu jsou hodnoty vypočítané, tudíž teoretické. Jsou zde uvedeny, aby bylo možné

porovnat odhad věku dle různých metod. Jak je vidět na obrázku 10, věk zjištěný pomocí přírůstového nebozezu a podle modelu přírůstové křivky jsou výsledky průměrného věku celkem podobné. Co se týče odhadu věku podle průměru kmene, tak je zde výrazný rozdíl oproti výše zmíněným metodám.



Obr. 10 Porovnání odhadu věku různými metodami

5.6 Zjištěné stresory působící na dřeviny

Tab. 7 Viditelné stresory působící na dřeviny v rostoucích v nevhodných podmínkách

Číslo stromu	Omezený prokořenitelný prostor	Sešlap v hlavní kořenové zóně	Zastínění budovou	Mechanické poškození
1	X		X	
2		X		X
3			X	X
4	X	X	X	
5	X	X	X	
6		X		
7	X	X		
8	X	X		
9	X	X		X
10	X	X		
11	X	X		X
12	X			
13	X			
14	X			X
15	X			
16	X			X
17	X			
18	X	X		
19	X	X	X	
20	X			
21	X			
22	X	X		X
23	X			X
24	X	X		X
25	X	X		X
26	X	X		X
27	X	X		
28	X	X		
29	X	X		
30	X		X	

Ve výše uvedené tabulce jsou uvedeny viditelné stresory, které na dané dřeviny působí. Jak lze vyčíst, většina ze stromů má omezený kořenový prostor. Větší část z nich se také potýká se sešlapem v hlavní kořenové zóně. Některé dřeviny rostly velmi blízko u budov. Jednalo se o vysokopatrové bytové domy, kterými břízy byly zastíněné. Tyto stromy byly nahnuté směrem od budov a byla vidět snaha růst za světlem. Na několika stromech bylo nalezeno mechanické poškození, a to převážně na kmeni.

U *Betula pendula* Roth. rostoucích v optimálních podmínkách nebyly výše uvedené stresory zaznamenány. Pouze u bříz č. 15 a 16. bylo zjištěno mechanické poranění na kmeni.

6 Diskuze

6.1 Zhodnocení rozdílů věků

V práci byla porovnávána ontogeneze versus věk u bříz (*Betula pendula* Roth.) rostoucích v nevhodných podmínkách a u bříz v podmínkách optimálních. V rámci zkoumaného 7. stádia ontogeneze byly dřeviny rostoucí v optimálních podmínkách průměrně o 14 let starší než dřeviny stresované. Dle výpočtu trvání jednotlivých stádií ontogeneze, jak uvádí Raimbault (2006), by listnaté dřeviny, které se nacházejí v tomto stádiu, měly být staré mezi 62–225 lety. V rámci práce bylo zjištěno, že nejmladší bříza v městském prostředí má v 7. stádiu ontogeneze 49 let a nejstarší let 58. U bříz v přirozené lokalitě měla nejmladší bříza v 7. stádiu ontogeneze 60 let a nejstarší měla 83 let. Je vidět, že u bříz rostoucích v přirozených podmínkách věk uváděný Raimbaultem (2006) odpovídá. Jak uvádí Úradníček (2009) i Hurych (2003), jedná se o krátkověké dřeviny. Dalo se tedy předpokládat, že břízy se budou věkově pohybovat u spodní hranice, kterou Raimbault uvádí. To se i potvrdilo. Naopak stresované břízy z městského prostředí se pohybují pod hranicí 62 let, kde by mělo 7. stádium vývinu začínat. Nejspíš to bude tím, že břízy v městských podmínkách jsou stresovány komplexem faktorů a díky tomu k jejich stárnutí dochází mnohem rychleji. Při vytváření stupnice nejspíš pan Raimbault vycházel ze sledování dřevin v jejich přirozeném prostředí.

Dle studovaných autorů, kteří popisují ekologické nároky bříz, je *Betula pendula* Roth. charakterizována jako nenáročná dřevina, která snese sucho i zamokření, zasolení i znečištěné ovzduší. V této práci byly při sledování bříz bělokorých zjištěny rozdíly, mezi břízami rostoucími v nevhodných podmínkách a břízami v optimálním prostředí. Bylo zjištěno, že průměrná výška u bříz rostoucích v nevhodných podmínkách byla 15,5 m a u bříz v optimálních podmínkách to bylo 21,8 m. Průměrná šířka koruny se u stresovaných bříz pohybovala okolo 9,5 m a u bříz rostoucích v optimálních podmínkách to bylo 10,6 m. Z toho lze vyvodit, že břízy rostoucí v nevhodných podmínkách dorůstají celkově menších rozměrů, než břízy v optimálních podmínkách pro růst. Dalo by se uvažovat o tom, že stromy ve městě jsou menší proto, že jsou i mladší, ale v 7. stádiu ontogeneze kdy strom stárne, je již ukončen dlouhý růst a strom se již jen snaží udržet objem své koruny. Proto břízy ve stresovaných podmínkách už větší výšky nedorostou. Z výše uvedeného vyplývá, že velikost stromu není závislá na věku, ale především na podmínkách, ve kterých roste.

6.2 Zhodnocení metod použitých pro zjišťování věku

Dále byly v práci určovány věky jedinců různými metodami. Jako nejprůkaznější použitou metodu lze považovat zjišťování věku pomocí Presslerova nebozezu. Nejprůkaznější proto, že bylo možné odebírat jednotlivé vývrty a přesně spočítat letokruhy. Dále byl počítán věk podle průměru kmene a podle křivky růstového modelu. Bylo zjištěno, že věk určený pomocí Presslerova nebozezu a křivky růstového modelu se podobá. Věk zjišťovaný pomocí průměru kmene je mnohem vyšší a k ostatním metodám se příliš nepodobá. Pravděpodobně je to tím, že je zde počítáno pouze s průměrně širokým letokruhem, který strom tvoří celý svůj život. Díky tomu dojde k výpočtu tak vysoké hodnoty. Kolařík (2010) ve své práci píše, že odhad věku podle průměru kmene je nejzákladnější a nejjednodušší. Z výsledků však vyplývá, že tato metoda pro přesné určování věku není příliš vhodná, jelikož takto určený věk se vůbec nepodobá realitě. Naproti tomu věk určený pomocí křivky růstového modelu do určité míry respektuje rozdílnou dynamiku tloušťkového přírůstu stromu v mládí, a ve vyšším věku jak uvádí Kolařík (2010) ve své práci.

6.3 Zhodnocení stresových faktorů působících na břízy

Jak již bylo uvedeno výše, lze tvrdit, že na břízy bělokoré působí komplex stresujících faktorů, díky kterým břízy v městském prostředí stárnou dříve, než břízy v optimálních podmínkách. Viditelným stresorem působícím na břízy je např. omezený prokořenitelný prostor. Díky omezení prokořenitelného prostoru nemůže daná dřevina přijímat dostatek vody a živin. Dále pak sešlap v hlavní kořenové zóně, při kterém dochází k velkému utužení půdního povrchu a tím dušení kořenů a nedostatečnému zasakování vody do půdy. Jako další významný stresor lze uvést zastínění budovou. Břízy, které rostly v nepatrné blízkosti budov, trpěly nedostatkem světla. Projevovalo se to tím, že byly vyhnuté směrem od budov. Jako poslední můžeme zmínit mechanické poškození. Každé mechanické poškození, ať je to odření některé části, nebo řez, je pro dřevinu stresující. Dřevina musí aktivovat své obranné mechanismy a ránu zacelovat.

Avšak toto nejsou jediné stresory, které na břízy v nevhodných podmínkách působí. Při porovnání hodnot znečišťujících látek v ovzduší bylo zjištěno, že vyšší koncentrace znečišťujících látek je v městském prostředí. Tyto vyšší koncentrace mohou mít negativní vliv na břízy v této lokalitě. S jistotou lze říci, že zde dochází k pokrytí listů jemnými prachovými částicemi. Následkem toho dochází k ucpávání průduchů. Díky jejich ucpávání jsou silně negativně ovlivňovány fyziologické procesy. Kolařík (2003)

ve své práci uvádí, že v prachových částicích jsou usazené těžké kovy a radioaktivní látky, které po rozpuštění dešťovou vodou vnikají do pletiv stromů. I to bude jistě velmi stresující a bude mít negativní vliv na břízy v městském prostředí.

Při porovnávání bříz na dvou sledovaných lokalitách bylo zjištěno, že břízy rostoucí v městském prostředí tvořily více epitonických reiterací. Nejspíš to je tím, že jsou v této lokalitě stresovány komplexem stresorů. Více epitonických reiterací značí horší vitalitu stromu a jeho snahu obnovovat listový aparát.

Bylo zjištěno, že v městské části Brno-sever, kde se sledované břízy v tzv. nevhodných podmínkách nachází, je evidováno 2492 psů. Fenner (2000) uvádí, že obvyklá produkce moči jednoho psa za den se pohybuje okolo 24-41 ml/kg den. Kdyby jeden pes v průměru vyprodukoval 32 ml/kg denně, tak by všichni psi evidovaní v městské části Brno - sever vyprodukovali 79 744 ml/kg moči denně. Z toho plyne, že i psí moč může být významným stresorem pro sledované dřeviny.

Dalším významným stresorem je sucho. Díky velkému množství zpevněných ploch ve městě se srážková voda nemá kam vsáknout a odtéká pryč do kanalizace. Káňová D. a Kula E. (2004) ve svém pokusu zjistili, že sucho má vliv na výškový i tloušťkový přírůst bříz. Zjistili, že následky sucha se dají eliminovat přidávkou živin. Z toho vyplývá, že kdyby břízy v městském prostředí měly dostatek živin, účinky sucha by na ně neměly takový dopad. Jelikož však v atropogenních půdách ve městě je živin v půdě spíše nedostatek, je účinek sucha pro břízy stresující.

Významným stresorem je také vysoká teplota vzduchu v letních měsících. Kolařík (2003) ve své práci uvádí, že asfalt pohlcuje 75-90 % slunečního záření, a ve slunných dnech může jeho teplota dosahovat až 65 °C. Společně s dodávkou tepla z průmyslových a domácích topenišť a také sníženým větrným prouděním dochází k vytváření tepelného ostrova nad velkými městskými aglomeracemi. Čermák a kol. (2014) ve své publikaci píše, že při teplotách vyšších jak 35 °C dochází v našich podmínkách k poklesu účinnosti fixace CO₂. Při působení vyšších teplot dochází ke strukturálním změnám v tylakoidních membránách chloroplastů. Larcher (1988) píše, že rostliny reagují na teplotní stres celkem rychle, při nárůstu teploty dokáží během několika hodin zvýšit svoji odolnost a při ochlazení tato odolnost do několika dnů vymizí. Nejvyšší je pak citlivost dřevin v období největšího růstu. Břízy, rostoucí v tzv. nevhodných podmínkách byly sledovány v Brně, kde v horkých letních dnech

teplota stoupá velmi vysoko. Lze předpokládat, že dochází k přehřívání listů a tím i zpomalování fotosyntézy. Následek účinku vysokých teplot může být také zhoršení vitality dané dřeviny.

6.4 Výhody a nevýhody určování ontogenetického stádia

Jako výhodu určování ontogenetického stádia lze považovat to, že je možné celkem přesně určit, v jakém období života se strom nachází. Lze do jisté míry vyvodit, jak bude probíhat jeho další život a to za předpokladu, že jeho podmínky pro život se nebudou nějak významně měnit. Pokud se jedná o dřeviny v optimálních podmínkách pro růst je možné i hrubě odhadnout její věk.

Jako nevýhoda by se mohlo jevit to, že ontogenetické stádium nekoresponduje s udávaným a odhadovaným rozmezím věku dřeviny, pokud dřevina roste v nevhodných podmínkách.

6.5 Sledování ontogenetických fází v arboristice

Každý strom je jedinec, se svou typickou architekturou a specifickými nároky. Na každý strom také působí jiné stresové faktory, dle prostředí ve kterém roste.

V arboristické praxi se ontogenetické fáze nerozlišují do 10 skupin, jako je rozlišuje Raimbault (2006) ve své stupnici, ale pouze na hlavní vývojová období. Hlavní vývojová období jsou mládí, dospívání, dospělost, stárnutí a senescence stromu. Podle období v jakém se strom nachází se navrhuje adekvátní typy ošetření.

Kdyby se v arboristické praxi uplatňovala stupnice Raimbaulta (2006), bylo by možné celkem přesně určit, v jaké fázi vývinu se daná dřevina právě nachází a jak se bude pravděpodobně chovat při případném zásahu. Vzhledem k tomu, že Raimbault sleduje i větvení dřeviny, dala by se podle této stupnice dobře určovat i vitalita stromu.

Zjišťování věku není v arboristice příliš důležité. Pokud by však bylo z nějakého důvodu nutné věk zjistit, je pro hrubý odhad možné použít stupnici Raimbaulta (2009). Jak bylo zjištěno, tento odhad lze použít za předpokladu, že dřevina roste v přirozeném prostředí a nepůsobí na ni mnoho stresorů. Arboristé převážně pracují se stromy ve městě, které jsou stresované. Když však pracují se stromy rostoucími v přirozených podmínkách, mohla by se k odhadu věku tato stupnice použít.

7 Závěr

Každý živý organismus na planetě podléhá svému ontogenetickému vývinu. Tato práce se zabývala ontogenezí a věkem břízy bělokoré (*Betula pendula* Roth.) na dvou lokalitách, a to v lokalitě s nevhodnými a optimálními podmínkami pro růst.

Práce byla konkrétně věnována 7. stádiu ontogeneze, vycházející ze stupnice hodnocení ontogeneze dle Raimbaulta (2006), který popisuje všechny stádia vývinu od vyklíčení až po smrt jedince, aniž by stromy rozlišoval na jednotlivé druhy.

Ve vybraném stádiu bylo hodnoceno na každé lokalitě 30 jedinců. U jedinců byly měřeny základní dendrometrické parametry, počítány kosterní větve, epitonní reiterace, měřena velikost listů a zjišťován věk pomocí vývrtu. Následně byla zjištěná data porovnávána mezi břízami rostoucími v nevhodných podmínkách s břízami rostoucími v optimálních podmínkách.

Bylo zjištěno, že u bříz rostoucích v optimálních podmínkách je jejich věk v rámci 7. stádia v souladu s Raimbaultovým rozpětím věků. Naopak břízy rostoucí ve stresovaných podmínkách se nacházely pod hranicí 62 let, kterou Raimbault uvádí, jako hranici kde začíná 7. stádium vývinu.

Při porovnávání bříz v nevhodných a vhodných podmínkách pro růst bylo zjištěno, že břízy v nevhodných podmínkách průměrně dorůstají výšky 15,5 m s šířkou koruny 9,5 m. U bříz v přirozeném prostředí to bylo v průměru 21,8 m se šířkou koruny 10,6 m. Břízy v městském prostředí tvořily, více kosterních větví a i o něco více epitonních reiterací.

Závěrem lze říci, že břízy rostoucí v nevhodných podmínkách, které jsou stresované komplexem faktorů, rychleji stárnou a dorůstají se menších rozměrů.

8 Summary

Every living organism on the planet is subjected to its ontogenetic evolution. This work deals with ontogeny and age of silver birch (*Betula pendula* Roth.) at two sites, in a localities with inadequate and optimum conditions for growth.

The work was specifically dedicated to the seventh stage of ontogeny, based on the scale of assessments of ontogenesis according Raimbault (2006), who describes all the stages of evolution from germination to the death of an individual, without trees to distinguish individual species.

30 individuals of selected stage were evaluated at each site. In subjects were measured basic dendrologic parameters, skeletal branches and, epitonic reiterations were calculated, size of leaves was measured and age was detected through bores. Subsequently, determined data were compared between birch trees growing in unsuitable conditions with birches growing in optimal conditions.

It was found that birch growing under optimal conditions were at 7. stage in age in accordance to range of ages described by Mr Raimbault for this stage. Conversely, birches growing in stressed conditions were below the limit of 62 years, which Raimbault states such as border where the seventh stage of evolution is beginning.

Comparing birches in inappropriate and suitable conditions for the growth, it was found that birch trees in unsuitable conditions grow an average height of 15.5 m with a width of crown - f 9.5 meters.. Birches in the natural environment had average of height - 21.8 meters with a width of crown 10, 6 m. Birch trees in urban areas accounted more skeletal branches a had more epitonic reiterations

In conclusion we can say that the birch trees growing in unsuitable conditions, which are stressed by complex factors, are aging faster and growing to smaller dimensions.

9 Použitá literatura

BLÁHA, L. (2003) *Rostlina a stres*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 156 s. ISBN 80-86555-32-1.

ČERMÁK, P., HOLUŠA Otakar, CUDLÍN Pavel a JANKOVSKÝ Libor. (2014) *Ochrana dřevin: Obecná ochrana, abiotické a antropogenní stresory*. Brno: LDF MENDELU Brno. 314 s.

DEL TREDICI, P. (2000) *Ageing and Rejuvenation in Trees*, *Arnoldia* 1999-2000, Winter.

FENNER, W. R. (2000) *Quick reference to veterinary medicine*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0397516088. Kapitola 10 Polyuria and polydipsia, s. 118

HURYCH, V. (2003) *Okrasné dřeviny pro zahrady a parky* 2. vyd. Praha: KVĚT. 203 s. ISBN 80-85362-46-5.

Hodnocení stavu stromů. (2015) 1. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2015. (koncept)

KOBLÍŽEK, Jaroslav. (2006) *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. 2., rozš. vyd. Tišnov: Sursum. 551 s. ISBN 80-7323-117-4.

KOLAŘÍK, J. a kol. (2003) *Péče o dřeviny rostoucí mimo les - I*. 2. dopl. vyd. Vlašim: ČSOP. 287 s. ISBN 80-86327-36-1.

KOLAŘÍK, J. (2010) *Péče o dřeviny rostoucí mimo les*. 3., dopl. vyd. Vlašim: ČSOP. Metodika (Český svaz ochránců přírody). 710 s. ISBN 978-80-86327-85-3.

KOZÁK, J. (2009) *Atlas půd České republiky*. 2., upr. vyd. Praha: ČZU Praha. 149 s. ISBN 978-80-213-2008-6.

KRAUS, J. (2005) *Nový akademický slovník cizích slov A-Ž*. Vyd. 1. Praha: Academia. 880 s. ISBN 80-200-1351-2.

KULA, E., (2011) *Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 276 s. ISBN 978-80-7458-017-8.

KULA, E. (2006) *Činitelé ovlivňující stabilitu porostů břízy ve východním Krušnohoří*. In SLODIČÁK M. a kol. *Lesnický výzkum v Krušných Horách: Recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference, Teplice 20. 4. 2006 = Forestry research in the Ore mts. : reviewed proceedings from the national scientific workshop*. Vůlhm: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno. S. 111-144 ISBN 8086461661.

KULA, E., ROKYTOVÁ, L. (2002) *Effect of stress on growth of birch (Betula pendula Roth)*. In PETŘÍKOVÁ, K., POKLUDA, R., NAKVASIL, V. *5th Int. Conference Ecophysiology of Plant Stress*. Nitra: Agrotar Nitra, s. 110-111. ISBN 80-88943-16-7.

LARCHER, W. (1988) *Fyziologická ekologie rostlin*. 1.vyd. Praha: Academia. 368 s.

MARTINKOVÁ, M. (2003) Fyziologické reakce stromů na poranění. In: *Strom pro život – život pro strom: řez dřevin z pohledu nového tisíciletí, Národní aforistická konference a 3. Mistrovství ČR ve stromolezectví*. 1. vyd. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, občanské sdružení. s. 14-16.

LAVOLA, A., JULKUNEN-TIITTO, R. a PÄÄKKÖNEN, E. (1994), Does ozone stress change the primary or secondary metabolites of birch (*Betula pendula* Roth.)?. *New Phytologist*, 126: 637–642.

PAVLOVÁ, L. a FISCHER, L.. (2011) *Růst a vývoj rostlin*. Vyd. 1. Praha: Karolinum. 326 s. ISBN 978-80-246-1913-2.

PEJCHAL, M. (2008) *Arboristika: pro další vzdělávání v arboristice*. 1. vyd. Mělník: Vyšší odborná škola zahradnická a střední zahradnická škola. 168 s.

PEJCHAL, M. ŠIMEK P. (2001): Dendrologický potenciál. In: *Potenciál v zahradní a krajinářské tvorbě: Luhačovice 2001*. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, s. 16–19.

PROCHÁZKA, S. (1998) *Fyziologie rostlin*. Vyd. 1. Praha: Academia. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

RAIMBAULT, P. (2006) *A basis for morpho-physiological tree assessment*. In: Tree Morphology – Principles and Application for Diagnostics and Management, 5. seminar in Ashton Court Mansion Bristol. 20. – 24. March 2006.

ŠPINLEROVÁ, Z. (2014) *Ekofyziologie rostlin*. Brno: LDF MENDELU Brno. 108 s.

TOLASZ, R. (2007) *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

ÚRADNÍČEK, L., MARTINKOVÁ, M., MADĚRA, P. (2001) *Strategy of birch (Betula L.) survival in substitute stands of the Krušné hory Mts. Air - polluted region*. Journal of Forest Science. 2001. sv. č. 47, s. 87-95. ISSN 1212-4834.

ÚRADNÍČEK, L. (2009) *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 367 s. ISBN 978-80-87154-62-5.

ÚRADNÍČEK, L. (2014) *Dendrologie: (společenstva a významné dřeviny ČR)*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 143 s. ISBN 978-80-7509-181-9.

VĚTVIČKA, V. (2003) *Evropské stromy*. Vyd. 3. Ilustrace Jan Maget, Vlasta Matoušková, Anna Skoumalová-Hadačová. Praha: Aventinum. 216 s. ISBN 80-7151-225-7.

VĚTVIČKA, V. (2005) *Stromy a keře*. Vyd. 2. Ilustrace Vlasta Matoušková, Jan Mašek. Praha: Aventinum. Souborné svazky. 288 s. ISBN 80-7151-254-0.

Internetové zdroje

Pětileté průměrné koncentrace. *Český hydrometeorologický ústav* [online].

[cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/ovzduši>

Vegetační stupně střední Evropy. *Biogeografie: Multimediální příručka* [online]. 2010 [cit. 2016-04-27].

Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_VS.html

Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z:

[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(52i3e0rwb43052gh0oavkwfs\)\)/Default.aspx?head_tab=sekc e-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes](http://geoportal.cuzk.cz/(S(52i3e0rwb43052gh0oavkwfs))/Default.aspx?head_tab=sekc e-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes)

10 Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 Vybrané fotografie bříz bělokorých v nevhodně rostoucích podmínkách

Příloha 2 Vybrané fotografie bříz bělokorých v optimálně rostoucích podmínkách

Příloha 1

Bylo vybráno několik fotografií bříz ve stresovaných podmínkách pro představu, kde rostou a jak vypadají.

Obr. I *Betula pendula* Roth. č. 4 (foto: autor)



Obr. II *Betula pendula* Roth č. 9 (foto: autor)



Obr. III *Betula pendula* Roth. č. 21 (foto: autor)



Obr. IV *Betula pendula* Roth. č. 23 (foto: autor)



Obr. V *Betula pendula* Roth. č. 29 (foto: autor)



Příloha 2

Bylo vybráno několik fotografií pro představu, jak břízy vypadají v optimálních podmínkách.

Obr. I *Betula pendula* Roth. č. 1 (foto: autor)



Obr. II *Betula pendula* Roth. č. 9 (foto: autor)



Obr. III *Betula pendula* Roth. č. 18 (foto: autor)



Obr. IV *Betula pendula* Roth. č. 14 (foto: autor)



Obr. V *Betula pendula* Roth. č. 26 (foto: autor)

