

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA**  
**ÚSTAV NAUKY O DŘEVĚ**

**SESTAVENÍ RECENTNÍ DUBOVÉ STANDARDNÍ LETOKRUHOVÉ**  
**CHRONOLOGIE PRO SEVERNÍ MORAVU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2016/2017

Stanislav Bužek

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci: **Sestavení recentní dubové standardní letokruhové chronologie pro Severní Moravu** vypracoval 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, 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 o tom, 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

Úvodem bych rád poděkoval svému vedoucímu mé práce Ing. Michalu Rybníčkoví Ph.D. Mé poděkování patří také Ing. Tomášovi Kolářovi, Ph.D. za pomoc při měření a při práci s programem PAST 32 v dendrochronologické laboratoři.

## **ABSTRAKT**

Autor: Stanislav Bužek

Název diplomové práce: Sestavení recentní dubové standardní letokruhové chronologie pro Severní Moravu

Předmětem této diplomové práce bylo sestavit recentní dubovou standardní chronologii pro Severní Moravu a provést dendroklimatologickou analýzu. Na třech lokalitách pro oblast Severní Moravy bylo pomocí Presslerova přírůstového nebozezu odebráno 195 vzorků z recentních dubů. Šířky letokruhů byly změřeny a zpracovány v programu PAST 32. Z dobře korelujících letokruhových křivek se podařilo vytvořit standardní chronologii, která má rozsah od roku 1895-2015. Odstranění věkového trendu z letokruhových křivek a vytvoření residuální indexové standardní dubové chronologie bylo provedeno v programu ARSTAN. Tato vytvořená residuální chronologie byla použita pro modelování vlivu klimatických parametrů na radiální přírůst v programu DendroClim. Současně byla provedena analýza významných negativních let. Radiální přírůst statisticky kladně významně koreloval se srážkami v září předchozího roku a v březnu aktuálního roku. Tloušťkový přírůst statisticky negativně koreluje s Palmerovým indexem sucha (PDSI) za období od dubna do srpna předchozího roku. Nejvíce negativní významné roky, kdy reagovalo více jak 60 % všech stromů, jsou roky 1941, 1942, 1943, 1956, 1998. Tyto negativně významné roky byly způsobeny nižším množstvím měsíčních úhrnů srážek a nízkými teplotami ve vegetačním období.

Klíčová slova: dub, letokruh, Severní Morava, teploty, srážky, PDSI

## **ABSTRACT**

Thesis name: Stanislav Bužek

Diploma thesis title: Development of the Oak Standard Tree-Ring Chronology for the region of Northern Moravia

Theme and purpose of this diploma thesis was to compile a recent oak standard chronology for the region of Northern Moravia and to perform a dendroclimatological analysis. At three locations within the region of Northern Moravia, 195 samples from recent oaks have been collected using the Pressler increment borer. Tree-ring widths have been measured and processed in PAST 32 programme. From well-correlated tree-ring curves, a standard chronology has been successfully established with the range from 1895 to 2015. Removal of age-related trend from tree-ring curves and creation of residual standard index oak chronology has been performed in ARSTAN programme. Resulted residual chronology was used for modelling an impact of climatic variables on the radial increment in DendroClim programme, whilst also an analysis of significant negative years has been performed. Radial increment showed statistical and significant positive correlation with rainfalls occurred in last September and in March of this year. Thickness increment indicates statistically negative correlation with Palmer Drought Severity Index (PDSI) from April to August last year. The most significant negative years for radial increment, when more than 60% of all trees responded, were the following years: 1941, 1942, 1943, 1956, and 1998. These most significant negative years were caused by a lower rate of monthly rainfall accumulations and low temperatures during the growing season.

**Keywords:** oak, tree-ring, Northern Moravia, temperatures, rainfalls, PDSI

# 1 OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	11
3.1	Dendrochronologie .....	11
3.1.1	Definice dendrochronologie .....	11
3.1.2	Historie dendrochronologie .....	11
3.1.3	Historie dendrochronologie v Evropě .....	13
3.1.4	Historie dendrochronologie v ČR.....	14
3.1.5	Princip dendrochronologie .....	15
3.1.6	Dendrochronologické datování .....	15
3.1.7	Standardní chronologie.....	17
3.2	Anatomie stavby dřeva – letokruhy .....	20
3.2.1	Anatomie stavby dřeva a letokruhu .....	21
3.2.2	Anatomická stavba listnatých dřevin.....	21
3.2.3	Mikroskopická stavba listnatých dřevin .....	23
3.3	Dub ( <i>Quercus</i> ).....	23
3.3.1	Ekologie dubu letního a zimního.....	24
3.3.2	Rozšíření dubu.....	25
3.3.3	Vlastnosti a využití dubu .....	25
3.4	Dendroklimatologická analýza .....	26
3.4.1	Cookův model .....	27
4	Metodika.....	28
4.1	Identifikace druhu dřeva .....	28
4.2	Metodika .....	28
4.2.1	Odběr vzorků .....	28

4.2.2	Odběr vzorků ze živých stromů.....	28
4.2.3	Úprava vzorku před měřením .....	29
4.2.4	Měření vzorku .....	30
4.2.5	Datování vzorků – křížové datování.....	30
4.2.6	Statistické výpočty používané v programu PAST.....	31
4.2.7	Souběžnost.....	31
4.2.8	Studentův t – test .....	32
4.2.9	Překrytí vzorku se standardní chronologií.....	33
4.2.10	Odstranění věkového trendu letokruhové křivky .....	34
4.2.11	Modelování klimatických vlivů.....	34
4.2.12	Analýza významných negativních let.....	35
5	Materiál.....	36
5.1	Původ vzorků .....	36
5.2	Charakteristika Těšínské pahorkatiny.....	36
5.2.1	Hornotěřícká pahorkatina .....	38
5.2.2	Klimatické zařazení oblasti .....	39
6	Výsledky.....	41
6.1	Standardní chronologie .....	41
6.2	Analýza významných negativních let .....	43
6.3	Modelování klimatických vlivů .....	44
7	Diskuze .....	47
8	Závěr.....	50
9	Summary.....	51
10	přehled použité literatury.....	52
10.1	Literatura knižní .....	52
10.2	Internetové zdroje.....	58

# 1 ÚVOD

Dub (*Quercus sp.*) je ve většině střední Evropy nejčastěji používanou dřevinou pro dendrochronologické datování a vytváření nejdelších standardních chronologií (Prokop et al., 2016). Druh je rozšířen od západní Evropy (severní Portugalsko a Španělsko, Irsko, Velká Británie) po Kavkaz a Ural (Ambros, 1999). Dub je synonymem pro pevnost a trvanlivost. V minulosti byla tato dřevina hojně používaná, a proto se s ní setkáváme u archeologických nálezů, historických staveb, subfossilních kmenů a uměleckých děl (Prokop et al., 2017). Ty lze pomocí dendrochronologie datovat až do nejvzdálenějšího období. K tomuto datování nám slouží standardní chronologie, které se vytváří pro každou oblast a dřevinu zvlášť (Rybníček, 2016).

Prvotní místo mezi přírodními faktory, které ovlivňují radiální růst stromů (šířku letokruhu), patří klimatické podmínky (Fritts, 1976). Každá dřevina nám podává svědectví o minulosti a okolním prostředí skrze svou strukturu buněk, pletiv a orgánů. Příkladem mohou být informace obsažené v letokruhových řadách stromů, které jsou cenným zdrojem poznatků pro studium prostředí a jeho vlivu na růst stromů (Drápela a Zach, 1995). Stromy dokáží zaznamenat měnící se podmínky prostředí ve svém okolí (Schweingruber, 1996). Jedna z mnoha aplikací dendrochronologie je i rekonstrukce klimatu na základě dat získaných z letokruhů (Büntgen et al. 2013). Vědní disciplína zabývající se touto činností se nazývá dendroklimatologie (Speer, 2010). Růst stromu je ovlivněn i dalšími různými faktory jako jsou například vlastnosti dřevin, stanovištní a půdní podmínky, poškození abiotickými nebo biotickými činiteli či sociální postavení v porostu, poloha letokruhu v kmeni atd. Tyto faktory je nutné brát v úvahu při zkoumání růstové odezvy stromů na okolní prostředí (Schweingruber, 1996). Pokud pochopíme, jak klimatické parametry prostředí v recentní části standardní chronologie ovlivňovali šířku letokruhu, můžeme tyto parametry rekonstruovat směrem do minulosti (Rybníček, 2016).



## 2 CÍL PRÁCE

Prvním cílem této diplomové práce bylo odebrat vzorky z recentních dubových porostů na Severní Moravě a z dobře korelujících letokruhových křivek sestavit standardní dubovou chronologii pro tuto oblast.

Dalším cílem bylo provést dendroklimatologickou analýzu a to zejména stanovení vlivu klimatických faktorů (průměrných měsíčních teplot, množství srážek a Palmerova indexu intenzity sucha (PDSI) na radiální růst dubu v této oblasti.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Dendrochronologie

#### 3.1.1 Definice dendrochronologie

Název dendrochronologie má původ z Řecka, tvoří ho dvě slova dendron v překladu strom a chronos, který znamená čas (Drápela, Zach 1995). Zjednodušeně je dendrochronologie chápána jako nauka používající letokruhových analýz k datování událostí. Dendrochronologie je spíše základem dalších vědních podoborů, poskytuje jim určitý "servis" jako pomocná věda (Drápela, Zach 1995). Jsou to podobory:

*Dendroklimatologie* – jedná se o podobor dendrochronologie, který využívá datovaných letokruhů k rekonstrukci a studiu současného klimatu a hlavně taky klimatu v minulosti.

*Dendroekologie* – podobor dendrochronologie využívající datovaných letokruhů ke studiu ekologických problémů a životního prostředí.

*Dendrogeomorfologie* – podobor dendrochronologie využívající datovaných letokruhů k zjištění a studiu geomorfologických procesů.

*Dendrohydrologie* – podobor dendrochronologie využívající datovaných letokruhů ke studiu hydrologických procesů, např. změny toku řek, historie povodní a půdních erozí.

*Dendroarcheologie* – podobor dendrochronologie, který je pro mou práci nejdůležitější. Využívá datovaných letokruhů k určení staří historických dřevěných konstrukcí, uměleckých děl a archeologických nálezů.

*Dendroglaciologie* - výzkum pohybu lavin v horských oblastech.

#### 3.1.2 Historie dendrochronologie

Prvními počátky zjišťování letokruhů v Evropě jsou již z dob známého umělce, hudebníka, vynálezce, malíře, sochaře apod. Leonarda di ser Piera da Vinciho. Písemné odkazy, které se zachovaly, vypovídají o tom, že Leonardo jako první pochopil existenci vztahu mezi každoročním kolísáním u letokruhů a dešťovými srážkami v

průběhu vegetačního období (Stallings, 1937). Anatomické základy pro detailnější sledování letokruhů se povedlo vytvořit za pomoci mikroskopu italoři Marcellu Malpighi a angličanu Nehemiahu Grewovi. V roce 1737 se podařilo dvěma francouzským přírodovědcům H.L.Duhamelovi a Buffonovi identifikovat letokruh z roku 1709 na několika smýcených stromech, dokázali to podle jeho charakteristického vzhledu (Studhalter, 1955). V této době nebyla disciplína tohoto typu datování zcela uznávána, a to až do konce 19. století.

Na začátku 20. století přišel zajímavý objev, který učinil Andrew Ellicott Douglass. Pozdější zakladatel tohoto vědního oboru. Douglass byl astronom, který začal svou vědeckou kariéru v roce 1894 v Lowellově observatoři ve Flagstaffu v Arizoně. Jeho hlavním výzkumem byla studie slunečních skvrn. Předpokládal, že cyklická aktivita slunečních skvrn má určitou souvislost se změnami klimatu a to především se srážkovou aktivitou. Tuto teorii nemohl dokázat z důvodu nedostatečného množství meteorologických záznamů. V roce 1901 si Douglass všiml rozdílu mezi arizonskými lesy a lesy v Nové Anglii, arizonské lesy byly mnohem řidší na rozdíl od lesů v Nové Anglii. Lesy v Nové Anglii měly taky silnější podrost a celkově hustější zastoupení lesní vegetace, která byla podmíněna zastíněním a konkurenčními vztahy uvnitř porostu. Douglass si uvědomil, že vláhový deficit, způsobující suché klima arizonských lesů se musí projevit na šířce letokruhů. Začal se tímto výzkumem intenzivně zabývat, aby získal chybějící "záznam" o průběhu klimatických změn z minulosti. Zjistil, že šířka letokruhů je v určitých letech mnohem širší než v jiných letech. Z toho předpokládal, že v době kdy jsou letokruhy extrémně široké, musely být klimatické podmínky velice příznivé a naopak. V roce 1904 tento předpoklad potvrdil, kdy pomocí letokruhových sérií určil rok smýcení určitých stromů. Definitivně tuto teorii potvrdil v roce 1911, když použil metodu "crossdating" k datování letokruhové série z Prescottu (Drápela, Zach 1995). Zajímavé byly dějiny datování v oblasti indiánské rezervace na americkém jihozápadě, kdy si Douglass při studiu dřeva borovice těžké (*Pinus ponderosa*) všiml několika pozoruhodných řad letokruhů, které se daly odlišit od ostatních let díky jejich výjimečné šířce. Pomoci referenčních bodů mohl sestavit první řadu letokruhů, které bylo možno odlišit díky jejich tloušťkové diferencii. Tím prokázal, že kusy dřeva různého stáří, avšak s několika společnými léty, mohly být alespoň relativně datovány mezi sebou (Douglass, 1935). Další jeho výzkum se zaměřil na spojitost růstu dřevin borovice osinaté (*Pinus aristata*) v arizonské polopoušti, spojenou

se suchem charakteristickou pro tuto oblast. Zdejší ovlivnění přírůstu letokruhu v důsledku úhrnu srážek, prokázalo na letokruzích souvislost s klimatickými podmínkami. Toto vedlo Douglasse k poznání, že změny šířky letokruhů po sobě následujících jsou identické u všech kmenů z téže oblasti. Na tomto bádání vznikly dva základní principy dendrochronologie, na kterých byl tento vědní obor založen (Douglass, 1937). První princip spočívá v tom, že stromy, které rostou na jednom území a mají tedy i stejné klimatické podmínky, vykazují stejnou reakci vyjádřenou množstvím vytvořeného dřeva. Druhý princip je založen na referenčních bodech, které jsou tvořeny různými letokruhovými řadami. Tento princip nám umožňuje, aby se vzorky dřeva odlišného stáří vůči sobě navzájem daly spojovat překryvem jejich společných sektorů. Tyto soubory po sobě jdoucích změn šířky letokruhu tvoří specifickou řadu během století ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)). Douglass byl vůbec první zakladatel plně specializované laboratoře na výzkum letokruhů – The Laboratory of Tree–Ring Research, a to na Arizonské univerzitě v Tucsonu roku 1937 (Drápela, Zach 1995).

### **3.1.3 Historie dendrochronologie v Evropě**

V Evropě vznikly první studie na konci 19. století zaměřené na vliv průmyslové činnosti na růst lesů, kdy byly využity vývrty k posouzení tloušťkového přírůstu (Stoeckhart, 1871). Významným evropským průkopníkem dendrochronologie byl němec Bruno Huber. Tento lesní botanik, navázal na principy Douglasse a aplikoval je v centrální Evropě. Jeho teorii bylo, že charakteristické znaky pozorované Douglassem v Americe, mohou být sledovány po celém světě. Huber svou domněnku dokázal v jižním Německu v Spessartu v Hessensku na dřevině dubu (Huber, 1967). K dalším významným osobnostem v oboru dendrochronologie patřili W.S. Glock, E. Schulman a B.A. Kolchin. Ten je autorem datování pozůstatku středověkých měst z 10. a 15. století, kdy byla ve velkém množství používána borovice. Velká řada studií se vztahovala v Německu k vykopávkám hlavně z oblastí Haithabu (Eckstein, Schietzel 1977). V Nizozemí byly ještě navíc práce rozšířeny o datování deskových obrazů (maleb na dřevě) vlámského malířství. V poslední řadě musím uvést žijící švýcarskou legendu F. Schweingruber, který je autorem četných publikací především metodického rázu ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

### 3.1.4 Historie dendrochronologie v ČR

V bývalém Československu se obor dendrochronologie začíná uplatňovat v druhé třetině 20. století. Od amerických dendrochronologů se nechal inspirovat astronom A. Bečvář. Ten se ve 30. letech začíná zajímat o šířky letokruhů jako zdroj dat. O sedm let později v roce 1937 publikuje práci o vztahu periodicity sluneční aktivity - klima – letokruhy. Po 2. světové válce se přidává meteorolog S. Hanzlík, který v roce 1948 upozornil na měření letokruhů při studiu podnebných změn (Drápela, Zach 1995). Na konci 50. let upozornil astronom L. Křivský na možnost využití dendrochronologie a to při studiu sluneční aktivity a kolísání podnebí (Křivský 1959), ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

V roce 1955 u nás začíná dendrochronologie pronikat do lesnictví. Průkopníkem a zakladatelem první české dendrochronologické laboratoře je B. Vinš. Ten spolu s Rakušanem Polanschutzem jako z prvních v Evropě pochopili význam dendrochronologie pro studium vlivu faktorů prostředí na růst lesních porostů (Drápela, Zach 1995). Bohuslav Vinš zaměřil svůj výzkum především na vliv průmyslových imisi typu SO<sub>2</sub> a zpracoval u nás průkopnické práce v tomto oboru (Vinš 1961, 1962, 1963, 1982 aj.). První výzkumy s archeologickým dřevem se uskutečnily roku 1971, objektem bylo historické centrum města Most. Na této práci se zasloužili Josef Kyncl (Botanický ústav ČSAV), Tomáš Velínský a Jan Klápšť (Archeologický ústav ČSAV). Úplně prvním československým dendrochronologem, který se zaměřil na datování historického dřeva, byl již zmíněný Bohuslav Vinš. Spolupracoval s J. Mukem, J. Škabradou a V. Vařekou ve zmíněné laboratoři VÚLHM ve Zbraslavi. V roce 1985 vzniká dendrochronologické pracoviště v Botanickém ústavu v Průhonicích, kde jeho pracovníky jsou Jaroslav Dobrý (do r. 1995), Josef Kyncl (do r. 1999). Koncem roku 1996 vzniklo velmi významné dendrochronologické pracoviště na Jižní Moravě v areálu Archeologického ústavu AV ČR v Brně (lokalizované v Mikulčicích). Jejimi zakladateli byli Jitka Dvorská a Lumír Poláček. Další významná dendrochronologická laboratoř, kterou také založila J. Dvorská roku 2000 se nachází na lesnické a dřevařské fakultě Mendelovy univerzity v Brně. V dnešní době je vedena Michalem Rybníčkem ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

### **3.1.5 Princip dendrochronologie**

Dendrochronologie je metoda datování dřeva založená na měření šířek letokruhů. Umožňuje datovat dřeva z archeologických výzkumů včetně uhlíků, dřevěné prvky historických staveb, především krovů, stejně tak jako nábytek, dřevěné sochy nebo staré obrazy (Šlezingerová, Gandelová 2005). Vzorek určen pro datování je změřen na speciálním měřicím stole (v případě vzácných historických památek používáme měřicí lupy) z něhož jsou změřené data odesílána do počítače. Počítač naměřená data zobrazí ve formě letokruhových křivek pomocí datovacího programu a porovnávána s námi zvolenou standardní chronologií pro danou dřevinu. Program zhodnotí zadaný počet statisticky nejpravděpodobnějších dat měřeného vzorku (tj. v nichž se pozice křivek hodnoceného vzorku se standardní chronologií nejvíce shoduje). Tyto výpočty jsou pomůckou pro usnadnění optického srovnání obou křivek, které jsou pro konečnou dataci rozhodující. Pokud má některá ze stanovených pozic dostatečnou statistickou hodnotu, aby datum připadalo v úvahu, musí se také při optickém srovnání obě křivky setkávat ve většině výrazných minim a maxim, souhlasný by měl být i celkový trend křivek (Vávra, 2003). Pro datování daného objektu nebo lokality je vždy lepší změřit větší množství vzorků. Ojedinelá dřeva se většinou datují jen těžko, protože mohou být výrazně ovlivněna lokálními podmínkami růstu stromu. Při zpracování většího souboru dřev je prvním krokem po jejich změření vzájemné srovnání jednotlivých naměřených křivek. Snahou je najít takovou pozici křivek, v níž spolu výborně korelují, tzn., že jsou současné. Zprůměrováním křivek vznikne tzv. křivka střední, která zvýrazní společné výkyvy související s klimatickými změnami a potlačí všechny ostatní oscilace způsobené jinými vlivy (Rybníček, 2007). Z výše uvedených charakteristik vyplývá, že dendrochronologie je metodou exaktní, neexistuje u ní žádná tolerance. To znamená, že se vzorek buď podaří datovat do konkrétního roku, ve kterém bylo měřené dřevo ještě součástí živého stromu, nebo se jej nepodaří datovat vůbec ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

### **3.1.6 Dendrochronologické datování**

Pro dendrochronologické datování je možné použít veškeré dřeviny vyskytující se v oblasti mírného či chladného pásma. Jde o dřeviny, u kterých se vlivem vegetačního cyklu přeruší tloušťkový růst dřeva a vytvoří se tak letokruh (Šlezingerová, Gandelová 2005). Pokud využíváme dendrochronologii k datování, tedy zjištění stáří, můžeme pracovat pouze s dřevinami, pro které máme standardní chronologie. V případě, že je

naším cílem využít dendrochronologické datování pro posouzení informací o prostředí, ve kterém se daná dřevina vyskytuje a roste (pro účely dalších oborů dendroekologie), je výběr druhu dřeviny v našich podmínkách prakticky neomezený (Rybníček, 2003). Pokud chceme být schopní dendrochronologicky datovat je zapotřebí, aby daný prvek měl alespoň 40-50 letokruhů. V tomto případě se můžeme pokusit o dendrochronologické datování. Prvky s méně letokruhy je možné datovat většinou jen v případě, když jsou součástí většího souboru dřev (u kterých se předpokládá, že pocházejí z téže doby), (Jurčík, 2012). Klíčovým faktem pro datování dřeva, je přítomnost posledního letokruhu, který byl vytvořený před skácením daného stromu, je to tzv. podkorní letokruh. Ten nám s jistotou určí přesný rok smýcení stromu. Při popisu změřeného vzorku se používají pro ukončení dřeva zkratky německých termínů (Tab. 1). V případě kdy nemáme zachován podkorní letokruh (dřevo bylo nějakým způsobem opracované, nebo vlivem rozkladu se nedochovalo) nemůžeme s jistotou odhadnout, kolik letokruhů ještě chybí. V tomto případě je výsledkem datování pouze určení roku, po kterém ke kácení došlo ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

Tab. 1: Možnosti ukončení vzorků dřev ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

<b>zkratka</b>	<b>německý termín</b>	<b>ukončení vzorku a datace</b>
<b>Ak</b>	Außerkante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• u vzorku není zachována hranice bělového dřeva (ks), ani podkorní letokruh (wk)</li> <li>• vzorek tedy nelze přesně datovat, můžeme jen říci, že je mladší, než uvedené datum (tzn. než poslední datovaný letokruh + odhadovaný počet letokruhů bělového dřeva)</li> </ul>
<b>Wk</b>	Waldkante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podkorní letokruh (kambium)</li> <li>• vzorek lze datovat přesně rokem utěti stromu</li> </ul>
<b>swk</b>	Sommerwaldkante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podkorní letokruh je tvořen pouze jarním dřevem</li> <li>• strom byl uťat v létě daného roku</li> </ul>
<b>wwk</b>	Winterwaldkante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podkorní letokruh obsahuje i letní dřevo</li> <li>• strom byl uťat na podzim (v zimě) daného</li> </ul>

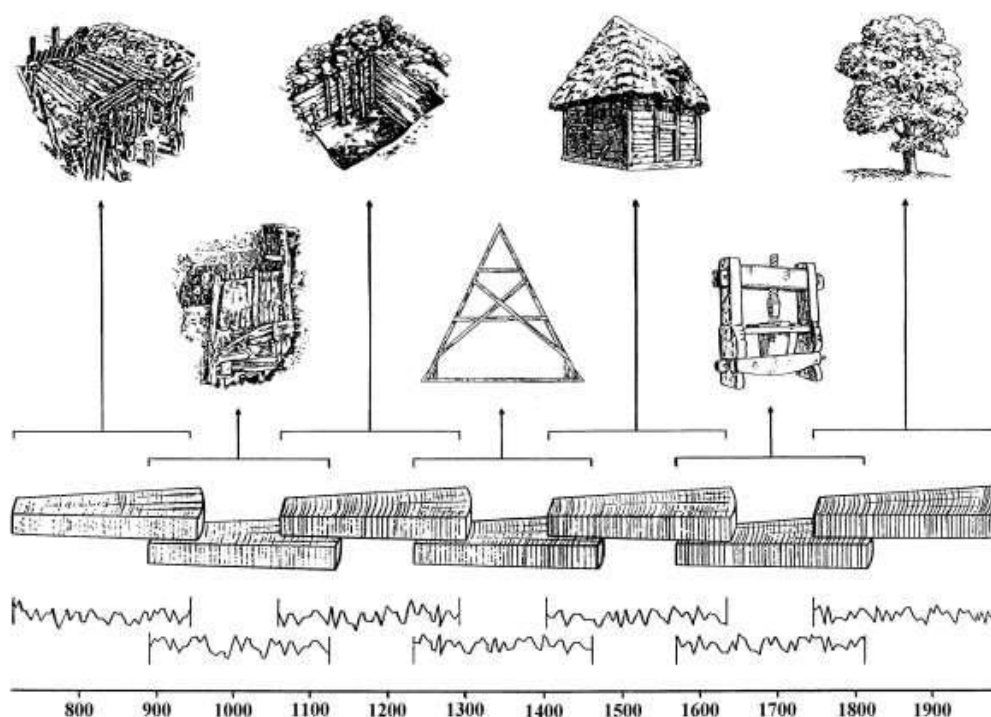
		roku
<b>+/-wk</b>	+/- Waldkante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pravděpodobně podkorní letokruh, nelze to však s jistotou dokázat</li> </ul>
<b>Ks</b>	Kern / Splint	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hranice jádrového a bělového dřeva</li> <li>• podle stáří stromu a lokality má běl průměrně 5-25 letokruhů</li> <li>• dřevo lze datovat s tolerancí +/-10 let</li> </ul>

### 3.1.7 Standardní chronologie

Hlavním nástrojem pro dendrochronologické datování dřeva je standardní chronologie. Standardní chronologie je soubor průměrovaných letokruhových řad historických dřev, ale také živých stromů pocházejících z různých období směrem do minulosti (Rybníček, 2007). V dendrochronologii se tyto letokruhové řady nazývají chronologiemi. Tedy časovými sledy, které jsou dostatečně dlouhé a jsou na podstatné části svého průběhu dokonale proloženy, obvykle alespoň 40 individuálními letokruhovými řadami (Vinař, 2005). Takto vytvořené křivky jsou chronologiemi, které jsou sestavovány vždy pro určitý region a určitý druh dřeviny (Vinař, 2005). Historická řada, která tvoří chronologický standard letokruhů, vychází nejčastěji z dat velmi starých rostlých stromů. Jejich řadami, jsou postupně křížovou metodou datovány letokruhové křivky dřev z uměleckých prvků a historických objektů (Rataj, 2014). Obvykle v oblasti České republiky jsme se schopni tímto způsobem dostat až do 11. – 12. století. Hluběji do minulosti se můžeme dostat prostřednictvím mapování subfossilních dřev uložených v rašelinách a korytech řek ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)). Na (Obr. 1) je znázorněno schéma vzniku standardní chronologie. Vzniklá standardní chronologie odráží maximálně klima určitého období a minimálně lokální podmínky růstu jednotlivých stromů v něm obsažených. Je neustále doplňována, prodlužována a vylepšována. Sestavování standardní chronologie je dlouhodobá záležitost, mnoha let až desetiletí (Rybníček, 2004). Pro správné datování vzorku je nutné použít standardní chronologii sestavenou pro danou dřevinu. V dnešní době jsou k dispozici v rámci České republiky chronologie dřevin: jedle, smrku, dubu a borovice. Je možné datovat i bukové dřevo ale jen do určité míry, a to pomocí chronologií z blízkých zemí



(Německo, Rakousko, Polsko). Pro datování staveb má největší význam chronologie jedle, smrku a borovice.



Obr. 1: Princip tvorby standardních chronologií (Rybniček, 2003)

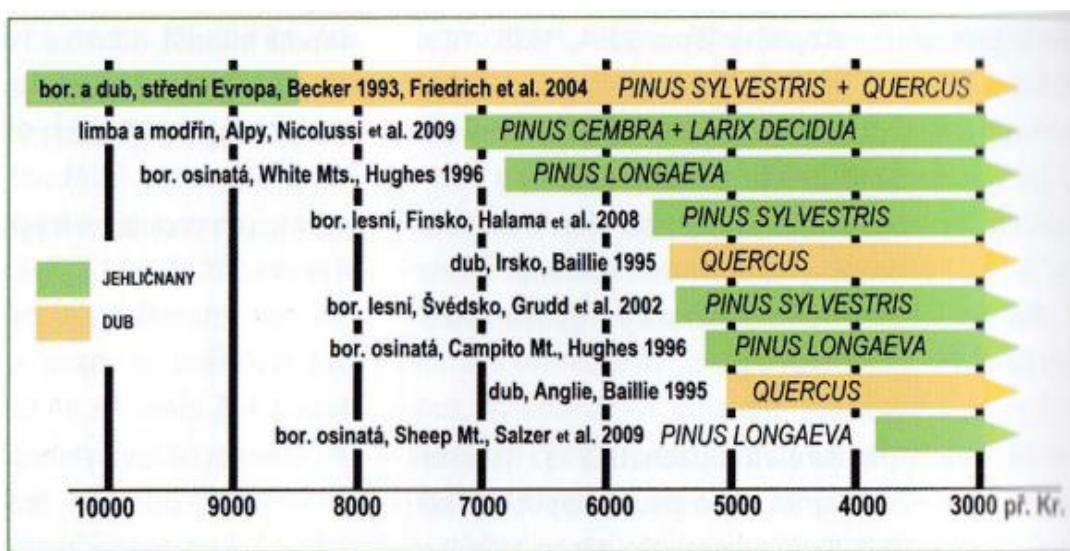
Chronologie dubu je rozhodující pro datování archeologického materiálu. Ostatní dřeviny, pro které však nejsou zatím dostupné standardní chronologie, se vyskytují pouze výjimečně. Zvláštní postavení mají pouze lípa a topol, které byly často používány v sochařství. Tyto dřeviny (zejména lípa) jsou však prakticky nedatovatelné vzhledem k častému výskytu růstových abnormalit (zdvojené letokruhy, nepravidelný přírůst), ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

### **Dubová standardní chronologie v Evropě**

Dub patří mezi dlouhověkové dřeviny, to umožnilo sestavit křivky sahající až čtyři století nazpět. Dub se nejčastěji používal ve stavbách, zde začaly vznikat první Evropské standardní chronologie. Vysoká četnost dubového dřeva, a to jak ve stavbách a archeologických nálezích, tak v čtvrtohorních uloženinách řek, umožnila sestavení až několik tisíc let dlouhých standardních chronologií (Obr. 2), (Baillie, 1995). První

evropská standardní chronologie je dlouhá více než 1000 let, byla publikována koncem šedesátých let 20. století (Huber, Giertz–Siebenlist 1969).

Nejdelší dubová standardní chronologie byla vytvořena v jižním Německu v dendrochronologické laboratoři v Hohenheimu dosahující až do roku 8480 př. n. l. (Friedrich et al. 2004), která zahrnuje celý holocén začínající koncem poslední doby ledové. Standardní chronologie například pro Irsko má rozpětí až 7272 let (Brown et al., 1986; Pilcher et al., 1984). Nejstarší zaznamenaný dub, byl dub letní. Rostl ve Švýcarsku v blízkosti jezera Bielersee s 930 lety (Schadelin, 1905, reported in Jones, 1959).



Obr. 2: Souvislé chronologie šírek letokruhů delší než 5000 let (Kyncl, 2017)

### Dubová standardní chronologie v ČR

Na území České Republiky je dubové dřevo významně zastoupeno zejména v archeologickém materiálu. Dubová dřeva byla v hojné míře používána především k zhotovování pilotů mostů, přístavních zařízení, výdřev studní a odpadních jímek. Ve stavbách se dub vyskytuje spíše ojediněle a to prakticky pouze v hrázděných konstrukcích, konstrukcích zvonových stolic a základů staveb (rošty, piloty) (Rybníček et al. 2004). Hlavní postava české dendrochronologie je Jitka Vrbová-Dvorská a její následovníci, kteří pozvedli naši dendrochronologii na vysokou úroveň (Kyncl, 2017). Od roku 1995 bylo započato systematické dendrochronologické datování dubového dřeva a byl sestaven základ dubové standardní chronologie, která měla rozsah od roku 538 AD do roku 2000 AD. Tato chronologie však byla tvořena pouze devatenácti

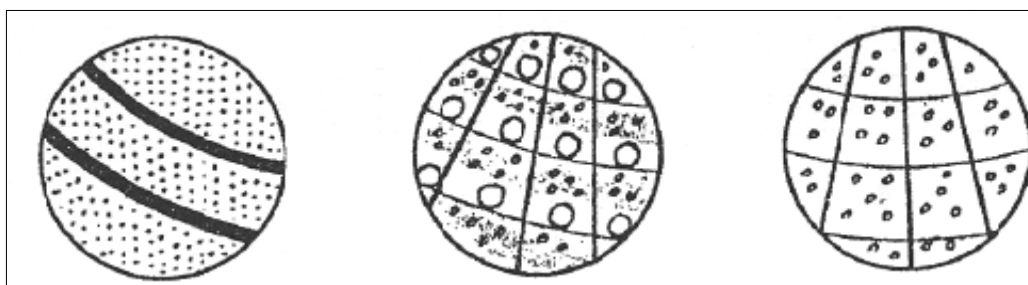
průměrnými letokruhovými křivkami (Poláček, 2002). V roce 2005 byla představena standardní dubová chronologie CZGES2005, která byla tvořena 194 průměrnými letokruhovými křivkami z 925 letokruhových křivek a měla rozsah od roku 545 BC do roku 2004 AD (Rybníček, 2007). V roce 2008 byl získán grantový projekt od Grantové agentury České republiky (GAČR) pod názvem „Sestavení standardní dubové chronologie subfossilních kmenů pro datování prehistorických dřev“. Díky tomuto projektu mohl být zahájen systematický sběr subfossilních dubových kmenů na území ČR. Výsledkem byla standardní chronologie CZGES2010, která byla tvořena 439 průměrnými letokruhovými křivkami z 1911 letokruhových křivek a její rozsah byl od roku 4682 BC do roku 2006 AD (Kolář et al. 2012a). Tedy veškeré do této doby vyvíjené aktivity byly zaměřeny zejména na prodloužení rozsahu chronologie do minulosti a postupné zlepšování proložení dubové chronologie zejména v historické části. Recentní část chronologie byla ovšem nedostatečně proložena. Proto bylo na pilařských provozech zpracovávajících dubovou kulatinu pocházející z území ČR odebráno více jak 1000 vzorků z dubových kmenů. Letokruhové křivky byly přidány k předchozí verzi standardní chronologie a z 3194 letokruhových křivek byla vytvořena standardní chronologie CZGES2013 (Dobrovolný et al. 2015).

### **3.2 Anatomie stavby dřeva – letokruhy**

Základem pro dendrochronologickou analýzu je letokruh, který patří mezi významné makroskopické znaky, tyto charakteristické znaky lze pozorovat pouhým okem. Letokruhem se rozumí tloušťkový (radiální) přírůst za jedno vegetační období. Letokruhy na příčném řezu vytvářejí koncentrické vrstvy navazující na sebe a obklopující dřeň. Je tvořen ze dvou barev jarního světlejšího dřeva a letního tmavšího dřeva. Rozdíl v barvě mezi jarním a letním letokruhem tvoří hranici letokruhu. Pro přesné dendrochronologické datování jsou dobře rozpoznatelné hranice mezi letokruhy velmi důležité (Šlezingerová, Gandelová 2005). Letokruhy jsou tvořeny v kmeni, větvích i kořenech. Tyto přírůsty na příčném řezu kmene tvoří soustředné vrstvy, které navazují jedna na druhou. Přírůsty kmene umožňují v podmínkách mírného a chladného pásma určit věk stromů, a to prostřednictvím letokruhů. Tloušťkový přírůst se nejčastěji sleduje ve výšce 1,3 m nad zemí, v této výšce už není ovlivněn kořenovými náběhy (Cook, Kairikstis 1990).

### 3.2.1 Anatomie stavby dřeva a letokruhu

Na základě odlišnosti struktury stavby letokruhu, jarního a letního dřeva, se naše dřeviny dělí do čtyř skupin na jehličnatá a listnatá dřeva s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva, polokruhovitě pórovitou stavbou dřeva a roztroušeně pórovitou stavbou dřeva (Obr. 3) (Šlezingerová, 2005).



Obr. 3: Schéma makroskopického rozlišení dřev podle příčného řezu: dřevo jehličnanu, dřevo listnáčů s kruhovitě pórovitou stavbou, dřevo listnáčů s roztroušeně pórovitou stavbou (Wagenführ, 1989)

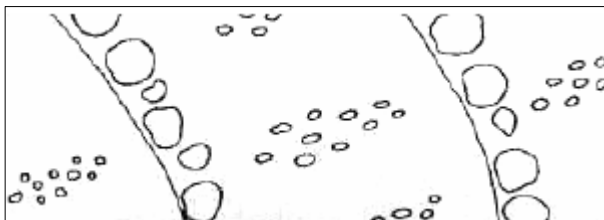
### 3.2.2 Anatomická stavba listnatých dřevin

Listnaté dřeviny v naší oblasti mírného pásma dělíme do tří skupin: Listnaté dřeviny s kruhovitě pórovitou, polokruhovitě pórovitou a roztroušeně pórovitou stavbou dřeva.

- *Listnaté dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva* – nejvíce zastoupená skupina, patří sem dřeviny (PL, BK, HB, OL, LP, JV, BR, TP, VR, HR, JB, JR, jírovec). Zřetelnost letokruhu je menší v případě (BK, PL, JV) až vůbec nezřetelné (TP, VR, OL). Vyznačují cévami s rovnoměrnou velikostí nebo s postupně se snižující velikostí v rámci celého letokruhu. Nelze odlišit jarní a letní cévy. Jsou makroskopicky nezřetelné. Mikropóry jsou rovnoměrně rozptýleny v celém letokruhu.

- *Listnaté dřeviny s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva* – do této skupiny řadíme dřeviny (kaštanovník, JS, AK, JM, morušovník, pajasan, DB). Hranice mezi letokruhy jsou zřetelné, nejvíce zastoupeno je letní dřevo cca 70 %. Přejít mezi jarním a letním dřevem je zřetelně vylišen. V jarním dřevě jsou jasně makroskopicky viditelné makropóry (široké jarní cévy), v letním dřevě mikropóry (úzké letní cévy) (Obr. 4). Mikrocévy vyskytující se v letním dřevě mají pro jednotlivé typy dřev specifické seskupení. Konkrétně: DB a kaštanovník jako radiální žíhání; AK, morušovník a

pajasan má klubičkovitá seskupení; JM má tangenciální vlnkování a JS je bez charakteristického seskupení. Viditelnost dřevných paprsků je u každé dřeviny jiná. Na všech řezech jsou viditelné široké dřevné paprsky a to u DB a pajasanu. Na radiálním řezu jsou viditelné i úzké dřevné paprsky (morušovník, JM, AK, JS) jediné dřevo kaštanovníku má dřevné paprsky neviditelné (wood.mendelu.cz).

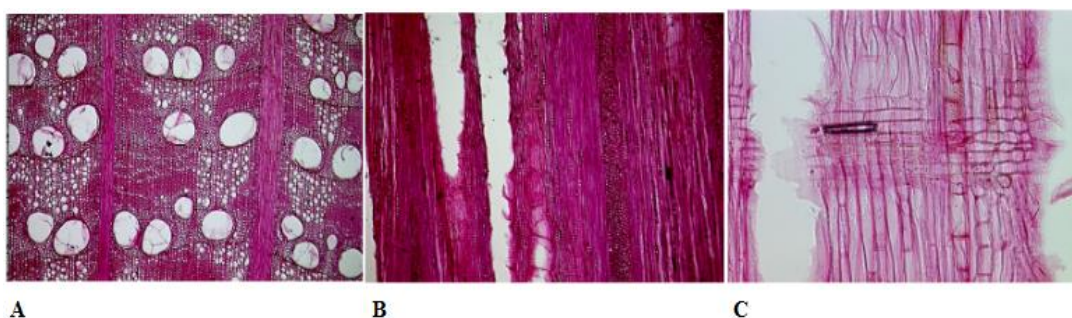


Obr. 4: Schématický nákres rozložení cév dřevin listnáčů s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva na příčném řezu (Šlezingerová, Gandelová 1998)

- *Listnatá dřeva s polokruhovitě pórovitou stavbou dřeva* – do této skupiny patří dřeviny (OR, TR, SV), tvoří přechodnou skupinu mezi dvěma předchozími. Hranice letokruhu jsou zřetelná. Makropóry jsou buď rozptýleny v celém letokruhu (OR) a rozměry klesají od jarního dřeva k letnímu nebo jsou mikropóry seskupeny ve vrstvě jarního dřeva (TR, SV). Dřevné paprsky u této skupiny dřevin jsou viditelné pouze na radiálním řezu. (wood.mendelu.cz).

### 3.2.3 Mikroskopická stavba listnatých dřevin

Listnaté dřevo je vývojově mladší než jehličnaté a má složitější anatomickou stavbu. Dřevo listnatých dřevin je tvořeno větším počtem různých buněk, které jsou specializovány a přizpůsobeny své funkci při porovnání s buňkami jehličnatých dřevin (<http://old.vscht.cz/>). Dřevo listnatých dřevin tvoří cévy (tracheje) - vodivá funkce, cévice (tracheidy) – vodivá a vyztužovací funkce, libriformní buňky (dřevní vlákna) – vyztužovací funkce a parenchymatické buňky – vodivá a zásobní funkce. Na (Obr. 5) je detailní vyobrazení jednotlivých řezů dubu (*Quercus sp.*).



Obr. 5: Mikroskopické zobrazení dubu (*Quercus sp.*), A-příčný řez, B-tangenciální řez, C-radiální řez (<http://ldf.mendelu.cz>)

### 3.3 Dub (*Quercus*)

V Evropě se nachází až 22 zástupců původních druhů dubů (Tutin et al. 2001). Mezi nejrozšířenější druhy patří dub letní (*Quercus robur* L.) a dub zimní (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Dub letní se vyskytuje spíše ve vlhkých nížinách a velkých údolích řek, zatímco pro dub zimní jsou typické sušší půdy a kopcovitý terén (Ducousso and Bordacs, 2003; Mayer, 1980).

Dva zmíněné druhy *Q. robur* a *Q. petraea*, lze dobře identifikovat podle listů a plodů dřeviny. Obtížnější je však identifikovat jednotlivý druh, výhradně na základě anatomické stavby dřeva. Tato metoda je časově náročná a její spolehlivost se pohybuje okolo 70 % (Feuillat et al. 1997). Nicméně je to ve většině případů jediný způsob jak identifikovat o jaký jde druh. Hlavně v případě když jde o vzorky z archeologických nálezů nebo konstrukčních prvků staveb. I přes tyto anatomické a ekologické rozdíly, je možno tyto letokruhové řady křížově datovat, a proto se často tyto dva druhy nerozlišují



a jsou považovány za jeden druh (*Quercus sp.*) v dendrochronologických studiích (Haneca et al. 2009).

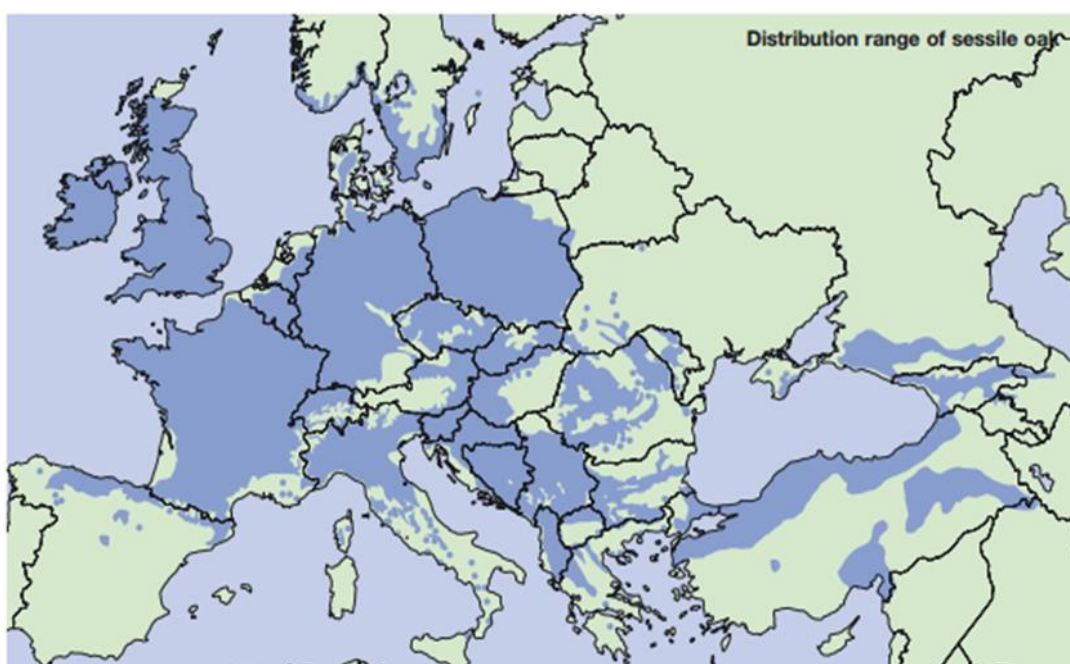
### 3.3.1 Ekologie dubu letního a zimního

Dub letní je světlomilná dřevina, o něco náročnější na světlo než dub zimní. V požadavcích na vláhu rozlišujeme u dubu letního dva ekotypy. Běžně rozšířený ekotyp, který nalezneme zejména v lužních lesích, má značné nároky na vláhu, snáší i jarní záplavy. Druhý ekotyp se vyznačuje schopností růst na mělkých, v létě silně vysychavých půdách a najdeme jej na lesostepních lokalitách. Spodní voda musí být v dosahu kořenů. Je to dřevina náročná na půdu a roste nejlépe na hlubokých, hlinitých půdách, jaké nacházíme v lužních lesích nebo na spraších. Dobře snáší klimatické výkyvy, pouze k pozdním mrazům je citlivý. Netvoří monokulturové porosty jeho společníky jsou zejména jasan a jilm. V malé míře se vyskytuje i v odlišných podmínkách – na teplých výslunných stráních na živnějších podkladech spolu s dalšími lesostepními druhy, mj. i s dubem zimním, šipákem nebo i cerem. Zde má nízký a křivý vzrůst. Tyto lokality jsou v nejteplejších oblastech, např. v Českém krasu, v Českém středohoří nebo na jižní Moravě. Na řadě lokalit však trpí polocizopasným ochmetem (*Loranthus europaeus* Jacq.) (Úradníček, 2001).



### 3.3.2 Rozšíření dubu

Druh je rozšířen od západní Evropy (severní Portugalsko a Španělsko, Irsko, Velká Británie) po Kavkaz a Ural. Vyznívá za 60° severní šířky a v jižní Evropě (Obr. 6) Na našem území má přirozené rozšíření dubu letního převážně pásovitý charakter, daný průběhem toků řek – Polabí a Pooohří, úvaly Hornomoravský, Dolnomoravský a Dyjskosvratecký, Třeboňská pánev, roste všude v nižších polohách. Nej pamětihodnější pralesová rezervace lužního lesa středoevropského významu s prastarými exempláři dubu letního je na soutoku řek Dyje a Moravy u Lanžhota ([www.is.muni.cz](http://www.is.muni.cz); Ambros, 1999).



Obr. 6: Mapa s rozšířením dubu v Evropě (mapa převzata z [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org))

### 3.3.3 Vlastnosti a využití dubu

Dub je synonymem pro pevnost a trvanlivost. Stejně tak jeho dříví je pevné, tvrdé, houževnaté a velmi trvanlivé. Dubové dřevo je jedno z nejžádanějších a po staletí bylo velmi vysoce ceněno. Má úzkou světlehnědou bělu a široké, stejnoměrně hnědě zbarvené jádro. Na příčném řezu jsou často vidět takzvaná zrcátka (světlehnědé paprsky v tmavším jádře sbíhající se ve středu stromu). Jedná se o přeříznutá dřevná vlákna. Dub z našich dřevin nejdéle odolává povětrnosti, nebo působení vody. Vzdoruje také velice dobře střídání sucha a vlhka. Při dlouhém pobytu pod vodou dubové dřevo tmavne až téměř do úplného zčernání (Úradníček, 2001).



Dub evropský má hustotu po vysušení 720-750kg/m<sup>3</sup>. Dub schne velmi pomalu a vykazuje tendenci tvořit praskliny a trhliny. Středně tvrdé dřevo má středně vysokou pevnost v ohybu a tlaku, nízkou tuhost a rázovou houževnatost a velmi se hodí k ohýbání. Dub působí korozi kovů a ve vlhku stykem s kovem se na dřevu tvoří modré skvrny. Strojní opracování probíhá obecně uspokojivě a dřevo lze krásně povrchově upravit. Je trvanlivé, ale podléhá napadení červotočem. Jádrové dřevo je velmi špatně impregnovatelné, bělové dřevo je propustné a lze jej úspěšně impregnovat (Šlezingerová, Gandelová 2005).

Dub je jako jeden z celosvětově nejoblíbenějších druhů dřeva ideálním materiálem pro výrobu nábytku. Využívá se také při stavbě člunů, při pracích v přístavech a docích, konstrukci vozidel, ve špičkové interiérové a exteriérové truhlářině a také jako podlahová krytina. Je vynikajícím materiálem pro sochařinu a řezbářství a také na pevné sudy na whisky, sherry a brandy. Krájí se na dekorativní dýhy (Úradníček, 2001).

### **3.4 Dendroklimatologická analýza**

Dendroklimatologie se zabývá studiem vlivu vnějších klimatických faktorů na přírůst dřevní hmoty (Schweingruber, 1993).

Využití datovaných letokruhů pro plošnou rekonstrukci a studiu klimatu v současnosti i v minulosti, patří mezi nejstarší a dobře zpracované úlohy, které řeší dendrochronologie. Klimatický signál je druhým členem v Cookově modelu a patří mezi obecně platné náhodné signály. Má velký význam nejen v dendroklimatologii ale i v dalších studiích zabývajících se vlivem různých faktorů na radiální růst i přírůst (Drápela, Zach, 1995). Získání informačního signálu by mělo být cílem postupů používaných v letokruhové analýze. Jako první navrhnul Cook (1985) lineární adiční model, který obsahuje základní signály letokruhových řad.

### 3.4.1 Cookův model

$$R_t = A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t$$

$R_t$ ...šířka letokruhu v čase

$A_t$ ...věkový trend letokruhové řady

$C_t$ ...klimatický signál obsažený v letokruhu

$\delta D1_t$ ...endogenní faktor jedinečný pro každou letokruhovou sérii způsobující odchylky oproti očekávaným hodnotám

$\delta D2_t$ ...exogenní faktor společný pro více letokruhových řad

$E_t$ ...náhodná odchylka

$\delta$ ...binární indikátor přítomnosti ( $\delta=1$ ) nebo nepřítomnosti ( $\delta=0$ ) příslušného faktoru v informaci určitého letokruhu

**Věkový trend A:** Je obligátním členem modelu a souvisí se změnami v tloušťkovém přírůstu v závislosti na věku. Je běžně znám jako přírůstová funkce. Přírůst zpočátku prudce stoupá, v určitém věku kulminuje a potom klesá k nule. Tento proces je nestacionární tj. časově závislý a pro správně provedenou analýzu je třeba jej eliminovat. To se provádí tzv. standardizací.

**Klimatický vliv C:** Zahrnuje všechny klimaticky podmíněné vlivy prostředí a je stálou součástí modelu. Patří sem nejen typické klimatologické charakteristiky jako např. srážky a teploty, ale i méně obvyklé veličiny. Separace tohoto signálu se provádí pomocí tzv. Kalibrace a response funkcí.

**Endogenní vlivy D1:** Jsou to zcela lokální vlivy působící jen na jeden strom. Tento vliv se projevuje náhlým pulsem v letokruhové řadě. Jsou způsobeny převážně lokálními změnami prostředí (uvolnění, změna výživy). Jejich separace je prakticky nemožná.

**Exogenní vliv D2:** Tento vliv představuje charakteristickou reakci stromů v porostu například po požáru případně plošném napadení škůdcem. Tento vliv je patrný ve všech letokruhových řadách (Drápela, Zach 2000).

## **4 METODIKA**

### **4.1 Identifikace druhu dřeva**

Určit druh dřeviny můžeme obecně makroskopicky (v případě, že odebírám vzorek z rostlého stromu a mám dostatek dendrologických znaků k identifikaci) nebo mikroskopicky. V této práci jsem určoval dřeviny podle dendrologických znaků, jelikož všechny vzorky pocházely z recentních stromů.

### **4.2 Metodika**

Odběr vzorku, jejíh uskladnění, zpracování a datování bylo provedeno podle standardní dendrochronologické metodiky (Cook, Kairiukstis 1990).

#### **4.2.1 Odběr vzorků**

Řádný odběr vzorku pro dendrochronologické měření je hlavním předpokladem jeho datování. Každý typ materiálu, ať už se jedná o živé stromy, historické stavby, archeologická dřeva či subfosilní kmene, vyžaduje specifický přístup a techniku odběru (Rybníček, 2003).

Z hlediska měření je výhodnější příčný řez, neboť lze snadněji posoudit možné vady růstu stromu (falešné letokruhy, excentricitu kmene atd.), ze kterého byly dané prvky vyrobeny. Nesprávné určení vady růstu by nežádoucím způsobem ovlivnilo přesnost měření (Rybníček, 2004). Pro sestavení recentní dubové standardní chronologie můžeme použít dvě metody odběru vzorku. Vzorky ze smýcených stromů můžeme získat většinou ve formě příčných řezů – *kotoučů*, pomocí motorové, elektrické nebo ruční pily. Pro odběr vzorku z rostoucích stromů byl použit Presslerův přírůstový nebozez, u nějž je průměr vyvrtaného vzorku 5 mm a vnější průměr (otvor) je 10 mm (Rybníček, 2003).

#### **4.2.2 Odběr vzorků ze živých stromů**

Způsob odběru vzorku ze živého stromu závisí na typu informace, které chceme z letokruhu získat. Pro sestavení standardních chronologií bylo třeba získat letokruhovou řadu charakterizující růstovou variabilitu dané populace. Bylo proto nutné odebrat vzorek z části kmene, která je obecně co nejméně zatížena lokálními vlivy jako jsou

kořenové náběhy, poranění kmene nebo reakční dřevo (Rybníček, 2003). Vzorky ve formě vývrtů, byly po odvrtání z Presslerova přírůstového nebozezu (Obr. 7) vyjmuty ocelovým extraktorem (Obr. 7) nalepeny do dřevěné lišty (Obr. 8) a zafixovány proti pohybu.

Podkorní letokruhy jsou pro konečné datování rozhodující, proto bylo důležité, aby vrtání probíhalo kolmo na podélnou orientaci vláken směrem ke středu – dřeni (Schweingruber, 1983). Odebírání vývrtů probíhalo ve výčetní výšce, tedy 1,3 metru nad zemí.



Obr. 7: Presslerův přírůstový nebozez



Obr. 8: Dřevěné lišty

#### 4.2.3 Úprava vzorku před měřením

Před samotným měřením musíme vzorky upravit, aby byla hranice letokruhů co nejvíce patrná. Po vytvrzení lepidla byly papírové pásy sejmuty a vzorky následně přebroušeny pomocí pásové brusky o zrnitosti 240. Pro lepší viditelnost mezi hranicemi letokruhů byl vzorek přebroušen brusným papírem o zrnitosti 400 pro jemnější vyhlazení. Na takto upravených vzorcích bylo provedeno měření šířek letokruhů.

#### 4.2.4 Měření vzorku

K samotnému měření bylo použito speciální zařízení rakouské firmy Bernhard Knibe SoftwareDevelopment. Zařízení je složeno z binokulárního mikroskopu, měřicího stolu a datovacího programu PAST 32 (©SCIEM). Měřicí stůl je vybaven šroubovým posuvným mechanismem a impulsmetrem, který zaznamenává posuv desky stolu, a tím i šířku letokruhu s přesností na 0,01 mm (Rybníček, 2003). Na měřicí stůl s posuvným supportem byl vložen upravený vzorek (Obr. 9). Nitkový kříž mikroskopu se nastavil na hranici nejstaršího letokruhu, takže měření probíhalo vždy od středu (od nejstaršího letokruhu) směrem k obvodu a vždy kolmo na následující letokruh. Tento postup nám zajistil, že byla měřena nejkratší vzdálenost mezi jednotlivými letokruhy. Na začátku měření každého jednotlivého vzorku a také po jeho skončení byly do počítače uloženy důležité data např. číslo vzorku, druh dřeva, označení vzorku, lokalita odběru, počet nezměřených letokruhů s označením typu ukončení vzorku. Po doměření a uložení dat lze prohlédnout letokruhovou sekvenci ve tvaru křivky a opravit případné chyby v měření (Rybníček, 2004).



Obr. 9: Měřicí stůl se stereolupou

#### 4.2.5 Datování vzorků – křížové datování

Křížové datování je nalezení synchronní polohy letokruhové řady X s jinou letokruhovou řadou Y (např. standardní chronologií). Obě tyto letokruhové řady jsou

vzájemně srovnávány ve všech možných vzájemných polohách. Existuje-li poloha vzájemně společná, projeví se to dodatečně vysokou podobností v úseku, kde se překrývají (Vinař, 2005). Po změření a získání letokruhové křivky jednotlivých vzorků byly pomocí programu PAST 32, porovnány nejprve mezi sebou. V případě, že křivky vzájemně dobře korelují, vytvořila se průměrná letokruhová křivka, která zvýraznila společná minima a maxima a současně potlačila všechny ostatní oscilace způsobené jinými vlivy (Cook, Kairiukstis 1990). Vytvořená průměrná letokruhová křivka byla porovnávána se standardní dubovou chronologií. Pro optické srovnání obou křivek, které je důležité pro každé datování, byla míra podobnosti mezi křivkami posuzována na základě t-testu a tzv. koeficientu souběžnosti. Pokud se tedy v optickém srovnání setkávají obě křivky ve většině významných maxim a minim, bude tato shoda potvrzena dostatečnou statistickou hodnotou, jež je pro konečné datování rozhodující (Rybníček, 2003).

#### **4.2.6 Statistické výpočty používané v programu PAST**

Statistické výpočty byly provedeny pomocí software PAST, jde o program, který se nejčastěji používá v českých dendrochronologických laboratořích. (Vinař et al. 2005).

#### **4.2.7 Souběžnost**

Představuje procentuální hodnotu směrové shody křivky vzorku se standardní chronologií v překrývající se části obou křivek. Souběžnost se vypočítá následujícím způsobem (PAST 2000):

- Hodnoty standardu i vzorku jsou přiřazovány po jednoletých intervalech. Možné hodnoty jsou – 1 pro klesající trend křivky, 0 pro stagnující a +1 pro roky s rostoucím trendem.
- Dalším krokem je porovnání digitalizovaných hodnot překrývající se části standardu a vzorku, a sečtení jednoletých intervalů se souhlasným trendem křivek.
- Počet souhlasných let k počtu všech překrývajících se roků udává hodnotu souběžnosti (0 až 100 %).

Hodnota souběžnosti by neměla být nižší než 55 - 60 %. Test souběžnosti nám poskytuje informaci o tom, zda má hodnota souběžnosti (v intervalu překrytí křivek) statistický význam či nikoli (Rybníček 2004). Statistický význam hodnoty souběžnosti je vyjádřen symboly #, ## nebo ### (PAST 2000).

- hladina významnosti kolem 95%

$$\text{Souběžnost} \geq 50 + \frac{1,654 * 50}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots \#$$

- hladina významnosti kolem 99%

$$\text{Souběžnost} \geq 50 + \frac{2,326 * 50}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots \##$$

- hladina významnosti kolem 99,9%

$$\text{Souběžnost} \geq 50 + \frac{3,09 * 50}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots \###$$

kde  $n$  je počet překrývajících se letokruhů.

#### 4.2.8 Studentův t – test

Studentův t – test je založen na porovnání letokruhové řady vzorku a standardní chronologie (v překrývajících se částech křivek) jako dvou datových řad. Míra podobnosti je spočítána pomocí korelace a její statistická významnost je hodnocena pomocí t-testu (Rybníček 2004). Oba níže uvedené testy se liší způsobem transformace dat, která jsou pak již shodně použita k výpočtu koeficientu korelace (PAST 2000):

- Baillie-Pilcherova transformace:

$$ypb_i = \ln \left( \frac{5y_i}{y_{i-2} + y_{i-1} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}} \right)$$

- Hollsteinova transformace:

$$yh_i = \ln \left( \frac{y_i}{y_{i+1}} \right)$$

Transformované a indexované datové řady standardu a vzorku jsou použity pro výpočet korelačního koeficientu (jsou reprezentovány proměnnými  $s_i$  a  $r_i$  v následujícím vzorci), (PAST 2000):

$$c_{coeff} = \frac{\sum_{i-x...y} (s_i - \bar{s})(r_i - \bar{r})}{\sqrt{\sum_{i-x...y} (s_i - \bar{s})^2 (r_i - \bar{r})^2}}$$

$x, y$ : hranice překrytí křivek

$r_i, s_i$ : hodnoty letokruhů po transformaci

$r, s$ : průměrné hodnoty transformovaných letokruhových řad

Konečná hodnota T-Testu má pak podobu (PAST 2000):

$$t_{bp} : t_{ho} = \frac{c_{coeff} \sqrt{n-2}}{\sqrt{(1-c_{coeff})}}$$

$n$ : počet překrývajících se let

#### 4.2.9 Překrytí vzorku se standardní chronologií

Důležitou hodnotou pro datování je délka překrytí datované křivky se standardní chronologií (Tab. 3). Čím je delší překrytí křivek, tím je větší spolehlivost datování. Tabulka uvádí hodnoty kritického korelačního koeficientu při 1% hladině významnosti v závislosti na délce překrytí segmentů (Grissino-Mayer, 2001).

Tab. 3: Hodnoty kritického korelačního koeficientu v závislosti na délce překrytí (Grissino-Mayer, 2001)

Délka segmentu	Kritický korelační koeficient při 1% hladině významnosti
10	0,7155
15	0,5923
20	0,5155
25	0,4622
30	0,4226
35	0,3916
40	0,3665



50	0,3281
60	0,2997
70	0,2776
80	0,2597
90	0,2449
100	0,2324
120	0,2122

#### 4.2.10 Odstranění věkového trendu letokruhové křivky

Z dobře synchronizovaných křivek jsem z programu PAST 32 data ve formátu RWL exportoval do programu ARSTAN (Grissino–Mayer et al. 1992). Tento program nám mimo jiné umožňuje získat ze vstupních dat indexovou chronologii pro větší počet křivek (Fritts et al. 1969).

K odstranění věkového trendu byla použita jednostupňová detrendace a to: negativní exponenciální křivka.

Z detrendovaných letokruhových řad byla v programu ARSTAN vytvořena residuální indexová chronologie.

Pro snížení rizika přírodního a antropogenního rušivého signálu, které mohou být zdrojem nežádoucího neklimatického rušivého signálu, je nutné udržet vysokou replikaci v celé délce chronologie. Tím je dosaženo snížení specifického šumu stromu a zvýrazněn společný klimatický signál (Cooper et al. 2013).

Jedním z nástrojů pro hodnocení kvality proložení chronologií je tzv. Expressed Population Signal (EPS), který vyjadřuje, do jaké míry chronologie reprezentuje signál bez daného šumu (Briffa a Jones, 1990).

Hodnota EPS se pohybuje od 0 do 1 s prahovou hodnotou spolehlivosti 0,85 (Wigley et al. 1984). Rbar neboli průměrná mezisériová korelace, je statistická veličina zkoumající sílu signálu napříč chronologií (Speer, 2010). Je počítána z průměrných korelací mezi všemi sériemi. Pro výpočet jsem zvolil třicetileté okno s patnáctiletým překryvem pro celou délku chronologie.

#### 4.2.11 Modelování klimatických vlivů

Pro modelování vlivu klimatických parametrů na radiální přírůst byl použit program DendroClim 2002. S radiálním přírůstem byly korelovány časové řady

průměrných měsíčních teplot, množství srážek a Palmerův index intenzity sucha (PDSI). Pro modelování byly použity hodnoty od roku 1901 až do roku 2014. Klimatická data pro danou oblast byla stažena z databáze CRU (Climate Research Unit Time Series, CRU TS3.10; via <http://climexp.knmi.nl>).

#### **4.2.12 Analýza významných negativních let**

Pro stanovení vlivů klimatických podmínek, které se vyskytují s nízkou frekvencí, ale mají zásadní vliv na růst stromů, byla použita analýza významných negativních let (Kroupová, 2002).

Negativně významný rok byl definován jako extrémně úzký letokruh, vykazující redukci růstu překračující -40 % v porovnání s průměrnou šířkou letokruhů za čtyři předcházející roky a silná redukce přírůstu se projevila minimálně na 20 % stromů z dané lokality (Schweingruber et al. 1990).

## 5 MATERIÁL

### 5.1 Původ vzorků

Vzorky pocházely z okresu Frýdek – Místek ze tří různých oblastí, největší počet vzorků pocházel z vesnice Vojkovice, Dolní Domaslavice a oblasti Žermanické přehrady.

### 5.2 Charakteristika Těšínské pahorkatiny

Geomorfologický podcelek Těšínská pahorkatina je členitá pahorkatina o rozloze 158 km<sup>2</sup>, střední výšce 322 m a středním sklonu 3°18'. Těšínská pahorkatina je z jihu omezena Třineckou brázdou a ze severu Ostravskou pánví. Je to mírně zvlněná krajina, táhnoucí se od Frýdku-Místku k Havířovu, Albrechticím a Českému Těšínu. Její délka je přibližně 23 km a její nejširší místo má téměř 14 km. Za svou členitost vděčí hlouběji zařezanými údolními řek Lučiny, která se v centru Ostravy vlévá do Ostravice a Stonávky, která se vlévá v Karviné do Olše. Na Lučině je vybudována Žermanická přehrada (Obr. 10), na Stonávce Těrlická přehrada.

#### Žermanická přehrada

Přehradní jezero (Obr. 10) leží na ploše 248 hektarů, zaplavuje údolí v délce 5 km a max. šířce 2,2 km. Její největší hloubka je 25 m.



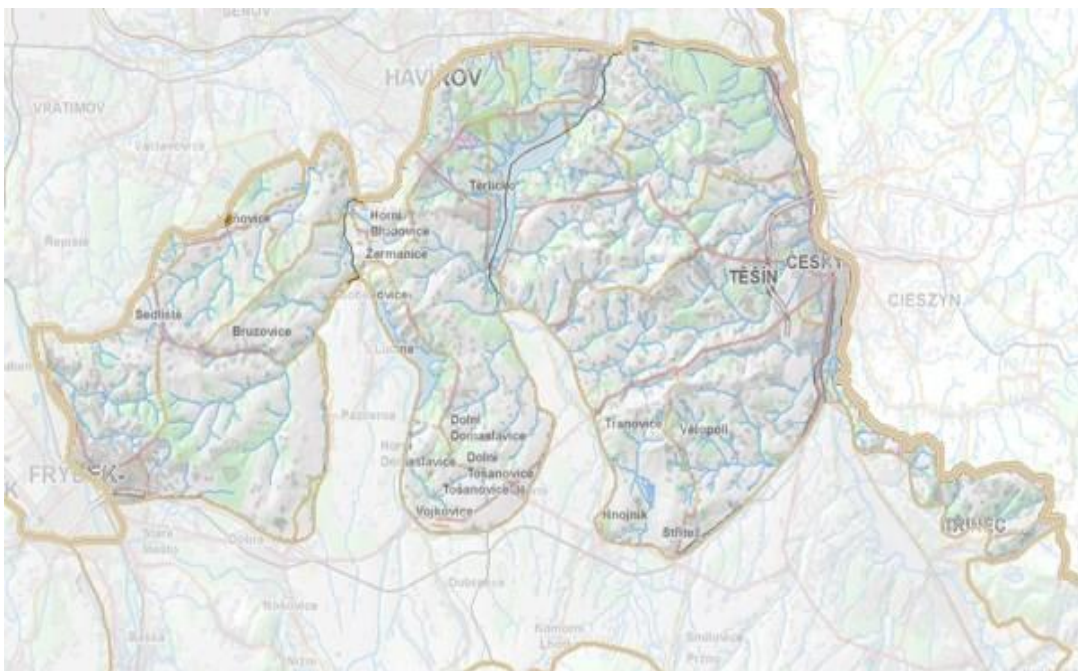
Obr. 11: Mapa s umístěním jednotlivých oblastí

Krajině Těšínské pahorkatiny dominuje erozně-denudační reliéf s rozsáhlými zbytky zarovnaných povrchů, průlomovými údolními, říčními terasami, sesuvy a tvary způsobenými periglaciálními procesy. Nadmořská výška nejvyšších bodů se pohybuje v rozmezí od 300 m do 428 m. Nejvyšším bodem jsou Šachty (427 m) v Hornožukovské pahorkatině.

Těšínská pahorkatina leží ve 3. - 4. vegetačním stupni. Krajina je intenzivně zemědělsky a průmyslově využívána. Těšínská pahorkatina leží v severovýchodní části Podbeskydské pahorkatiny. V rámci geomorfologického podcelku ([www.moravske-karpaty.cz](http://www.moravske-karpaty.cz)).

Těšínské pahorkatiny jsou vymezeny třemi geomorfologickými okrsky (Obr. 11):

- Bruzovická pahorkatina,
- Hornotěrlická pahorkatina a
- Hornožukovská pahorkatina.



Obr. 11: Geomorfologická mapa-Těšínská pahorkatina

### **5.2.1 Hornotěřlická pahorkatina**

Jedna z geomorfologické částí Těšínské pahorkatiny je Hornotěřlická pahorkatina, která je plochá pahorkatina budovaná flyšovými sedimenty slezské jednotky vnější skupiny příkrovů s výchozy hornin vulkanické těšínitové asociace (těšínit, pikrit, diabas). V podloží se střídají svrchní těšínské vrstvy a hradišťské vrstvy těšínsko-hradišťského souvrství s výchozy těšínských vápenců.

Tyto platformní horniny jsou z velké části překryty kvartérními sedimenty. Četné jsou překryvy sprašových hlín, hlinitých až jílovitohlinitých eluvií a deluviálních sedimentů. V pleistocénu bylo území zasaženo sálským zaledněním zaledněním, zachovány jsou písčité a štěrkovité glacigenní a jílovité glacialakustrinní sedimenty a ojediněle i souvkové hlíny (tilly) bazální morény elsterského zalednění. Hornotěřlická pahorkatina leží ve střední části Těšínské pahorkatiny.

Hornotěřlická pahorkatina je charakteristická vyšší členitostí georeliéfu způsobenou hlouběji zaříznutými údolními řek Lučiny a Stonávky a jejich přítoků. Převažuje erozně-denudační reliéf se strukturálně podmíněným uspořádáním hřbetů a údolí se zbytky zarovnaných povrchů. V krajině jsou přítomny stopy po kontinentálním zalednění. Místy dominují akumulace sprašových hlín. Významným bodem je Pitrov (340 m).

Hornotěřlická pahorkatina leží ve 3. vegetačním stupni. Ve vyšších polohách je středně zalesněná smrkovými porosty, místy s bukem. V nižších polohách se vyskytují lužní porosty s dubem a jasanem. Předmětem ochrany přírody je zachování slepého ramene řeky Lučiny s výskytem ohrožených druhů živočichů, zejména obojživelníků a plazů v PP Stará řeka a zatopený lom a okolní mokřady se vzácnou flórou v PP Žermanický lom ([www.moravske-karpaty.cz](http://www.moravske-karpaty.cz)). Součástí Hornotěřlické pahorkatiny jsou obce Dolní Domaslavice a Vojkovice.

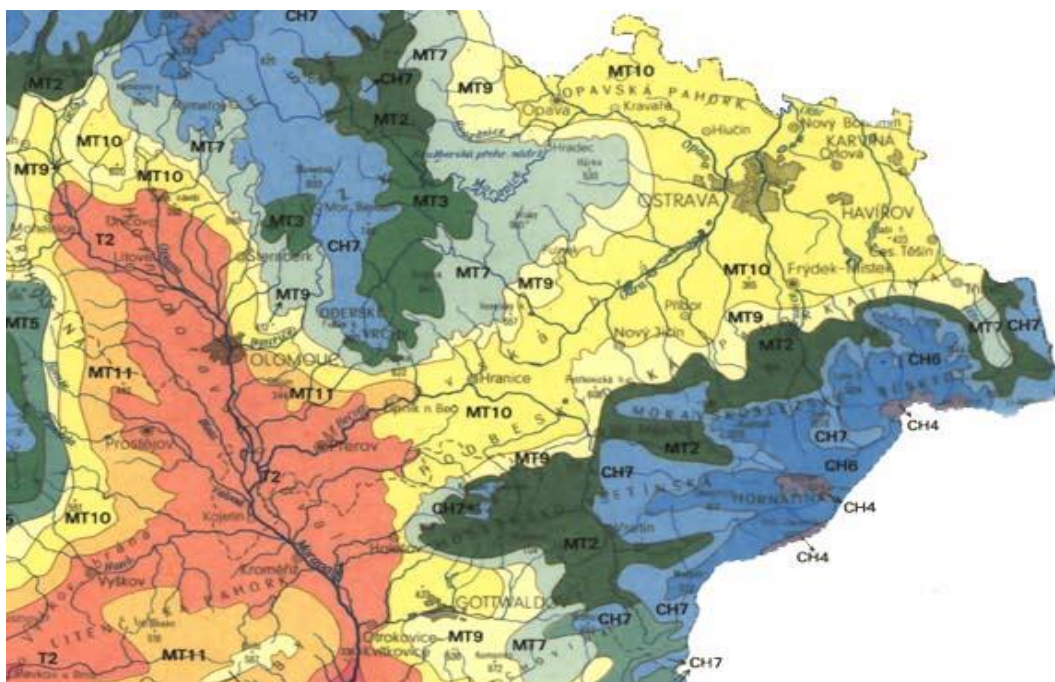
#### **Obec Dolní Domaslavice a Vojkovice**

Obec Dolní Domaslavice (Obr. 10) se nachází v české části Slezska, v oblasti Těšínské pahorkatiny a rozprostírá se na ploše 738 ha. Tuto obec najdeme na levém břehu Žermanické přehrady v trojúhelníku mezi městy Havířov, Český Těšín a Frýdek-Místek. Nejvyšším vrcholem je Babí hora měřící 426 m. Obec Vojkovice je položena v 315 m. n. m. Katastrální výměra obce Vojkovice (Obr. 10) činí 4,86 km<sup>2</sup>.

## 5.2.2 Klimatické zařazení oblasti

Těšínská pahorkatina se řadí do teplé klimatické oblasti (Obr. 12). Je charakteristická dlouhým létem, které je teplé, suché až mírně suché, krátkým přechodným obdobím s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a krátkou mírnou až mírně teplou zimou, která je obvykle suchá až velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. V pahorkatinách má tato klimatická oblast kratší chladnější a vlhčí léto a delší chladnější zimu. Jako celek je mírně teplá klimatická oblast charakterizovaná v moravskoslezském kraji průměrnou teplotou vzduchu v červenci 17 až 18°C a lednu – 2 až – 3°C, průměrným počtem letních dní 40 až 50, průměrným počtem mrazových dní 110 až 130 a průměrným ročním úhrnem atmosférických srážek 600 až 800 mm. Roční úhrny globálního záření se pohybují kolem 3700 MJ.m<sup>-2</sup>. Průměrná doba slunečního svitu dosahuje 1470 až 1600 hodin za rok (Weissmannová, 2004).

### Makroklimatická charakteristika dle Quitta (1971):



Obr. 12: Charakteristiky klimatických oblastí ČR dle Quitta (Quitt, 1971)

### Číselná charakteristika klimatické oblasti MT 10 (Quitt, 1971)

	<b>MT 10</b>
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10° C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu v °C	-3 - -4
Průměrná teplota v červenci v °C	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu v °C	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu v °C	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet dnů zamračených	120 - 150
Počet dnů jasných	40 - 50

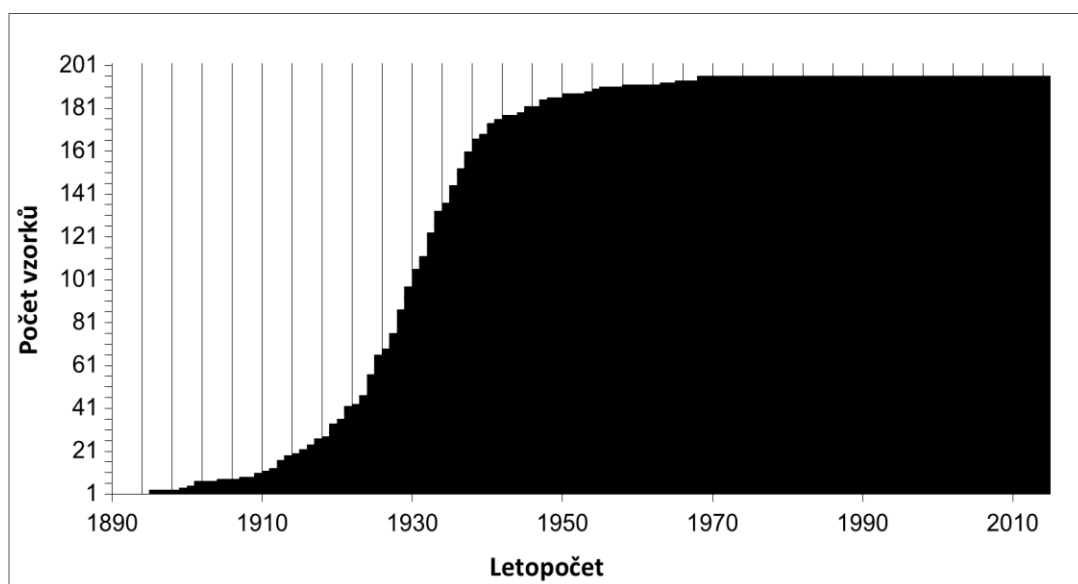
Tab. 4: Číselný výpis klimatické oblasti MT 10 (Quitt, 1971)



## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Standardní chronologie

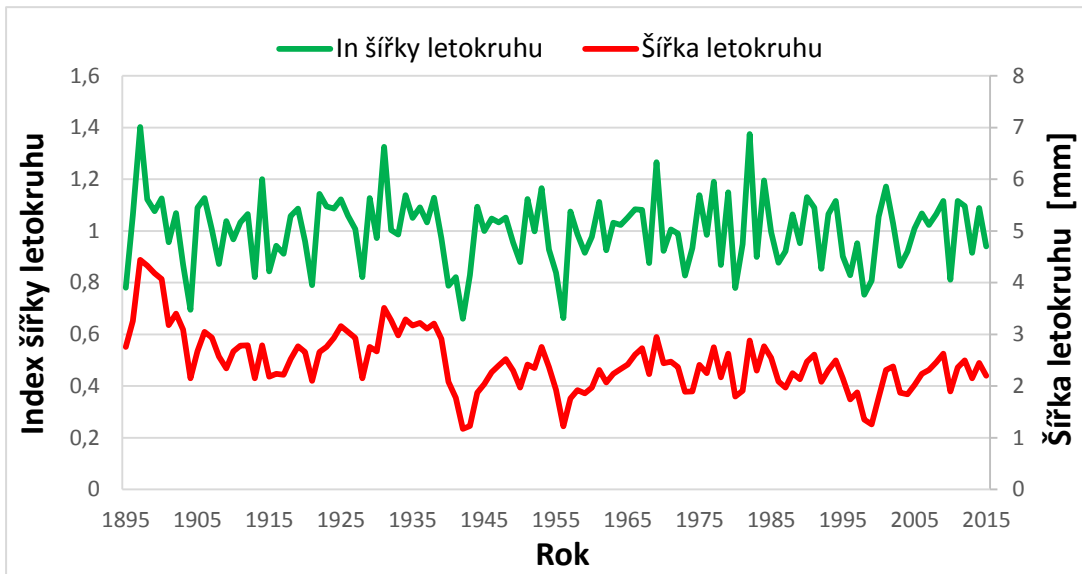
Spojením 195 letokruhových křivek ze 195 recentních dubů Severní Moravy, byla získána standardní letokruhová chronologie pro danou oblast. Tato chronologie má rozsah od roku 1895–2015. Od roku 1920 je tato standardní letokruhová chronologie proložena minimálně 60 letokruhovými křivkami.



Obr. 12: Rozsah jednotlivých letokruhových řad použitých pro sestavení standardní dubové chronologie pro oblast Severní Moravy

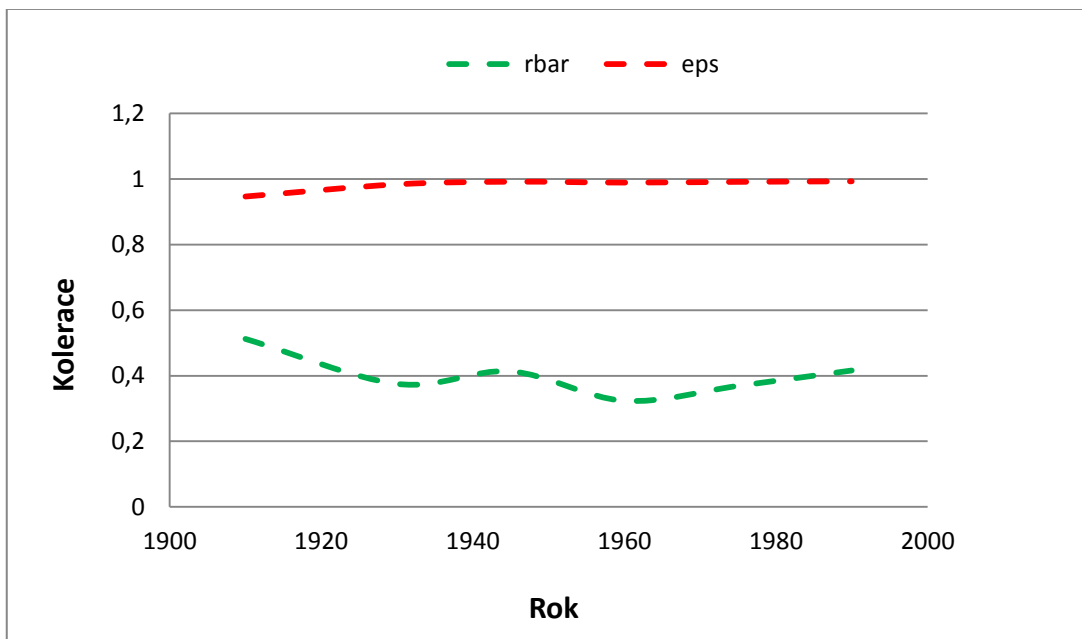
Na (Obr. 13) lze pozorovat, že maximální radiální přírůst byl v roce 1898 poté v roce 1926 a 1932. V roce 1937 začne klesat až do minimálního radiálního přírůstu, který je zaznamenán v roce 1943, dále pak v roce 1957 a 1999. Minimální tloušťkové přírůsty se následně projeví v analýze významně negativních let (Tab. 5)





Obr. 13: Recentní standardní a residuální indexová letokruhová chronologie pro oblast severní Moravy

Pro ověření kvality sestavené lokální recentní dubové standardní chronologie byla použita hodnota EPS (Expressed Population Signal). Hodnota EPS (Obr. 14) se v celé délce chronologie pohybuje nad kritickou hodnotou 0,85. Hodnoty  $R_{bar}$ , neboli mezisériové korelace, vykazují určitou nestabilitu v průběhu celé délky chronologie. Od roku 1940 mají rostoucí trend nad 0,4 a poté klesají a stabilizují se kolem hodnoty 0,3, po roce 1985 mají opět rostoucí trend.



Obr. 14: Hodnoty EPS a  $R_{bar}$  Hodnoty EPS a  $R_{bar}$  pro dubovou severomoravskou letokruhovou chronologii

## 6.2 Analýza významných negativních let

Roky s nízkým přírůstem patrné z (Obr. 13), byly potvrzeny také analýzou významných negativních let. Roky jsou rozděleny do čtyř skupin. Světle šedou barvou jsou zvýrazněny negativní reakce zaznamenané u 20–40% stromů tmavě šedou barvou jsou zvýrazněny negativní reakce zaznamenané u 40–60% stromů, černou barvou jsou zaznamenány negativní reakce u 60–80% stromů a poslední skupina označena červenou barvou je zaznamenána negativní reakce u 80–100%.

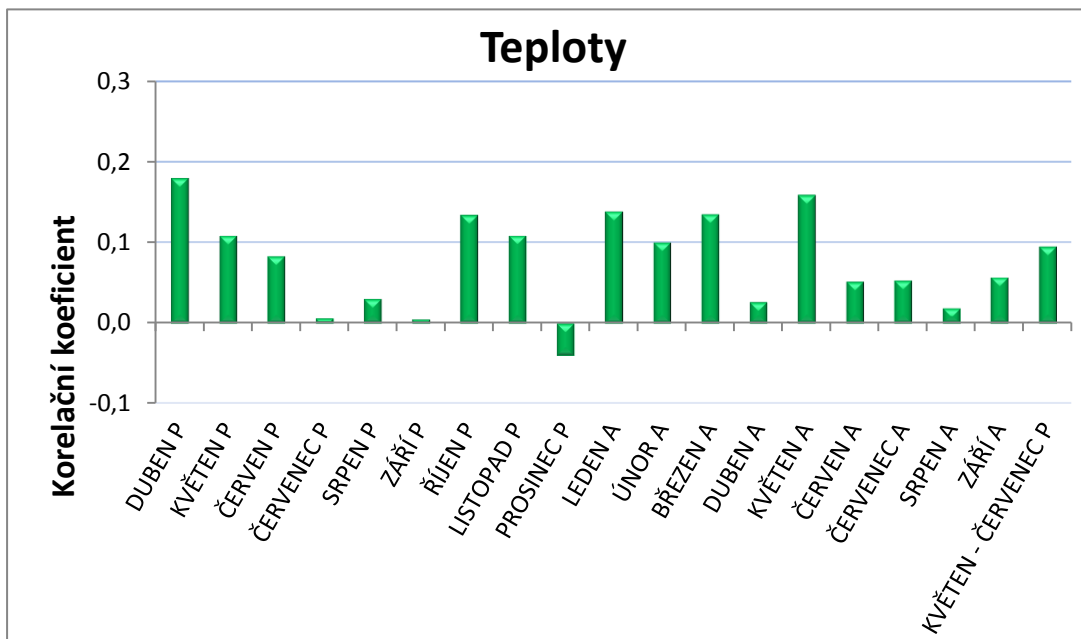
Tab. 5: Přehled negativních významných let a vysvětlení jejich možné příčiny

Negativní významné roky	Abnormální klimatické podmínky
1904	nízké množství srážek leden až duben měsíci a v červnu
1905	nízké množství srážek leden až květen
1908	nízké teploty pro období březen až květen
1913	nízké množství srážek únor až duben
1928	vysoké teploty pro období květen až srpen
1940	podprůměrně nízké teploty po celé vegetační období
1941	nízké teploty pro celé vegetační období, nízké srážky v březnu
1942	velmi malé množství srážek 1 až 5 měsíci
1943	velmi malé množství srážek 1 až 5 měsíci
1950	malé množství srážek mezi měsícem únor až červen
1955	nízké teploty v březnu až květnu
1956	malé množství srážek v březnu a květnu
1957	nízké množství srážek v březnu, nízké teploty v březnu a květnu
1973	malé množství srážek v březnu a květnu
1974	velmi malé množství srážek v dubnu
1980	malé množství srážek v březnu a květnu
1981	nízké teploty v březnu a dubnu, minimální množství srážek v březnu
1986	v únoru-dubnu bylo zaznamenáno malé množství srážek
1987	malé množství srážek v lednu až duben, nízké teploty v březnu
1996	malé množství srážek v únoru až dubnu, v červnu a červenci
1997	nízké množství srážek za celé vegetační období, nízké teploty v březnu
1998	nízké teploty v březnu a květnu, malé množství srážek v březnu-červnu
1999	malé množství srážek v únoru až květnu, a srpnu
2004	minimální množství srážek za celé vegetační období
2010	malé množství srážek v únoru až dubnu a nízké teploty březen-květen

### 6.3 Modelování klimatických vlivů

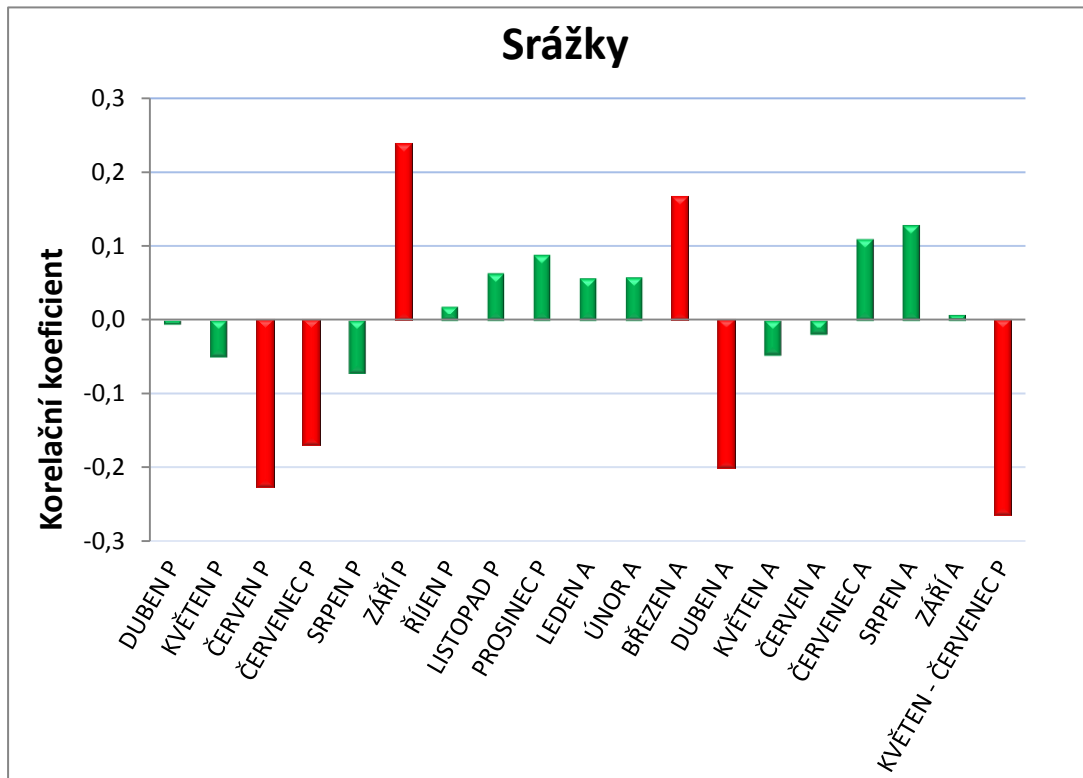
Pro modelování vlivu klimatu na radiální přírůst jsme použili korelace s průměrnými měsíčními hodnotami teplot, měsíčním množstvím srážek a Palmerova indexu intenzity sucha (PDSI).

Korelace tloušťkového přírůstu s průměrnými měsíčními teplotami nevykazovala statisticky významné korelace a to v žádném měsíci předchozího roku, ani aktuálního roku (Obr. 15)



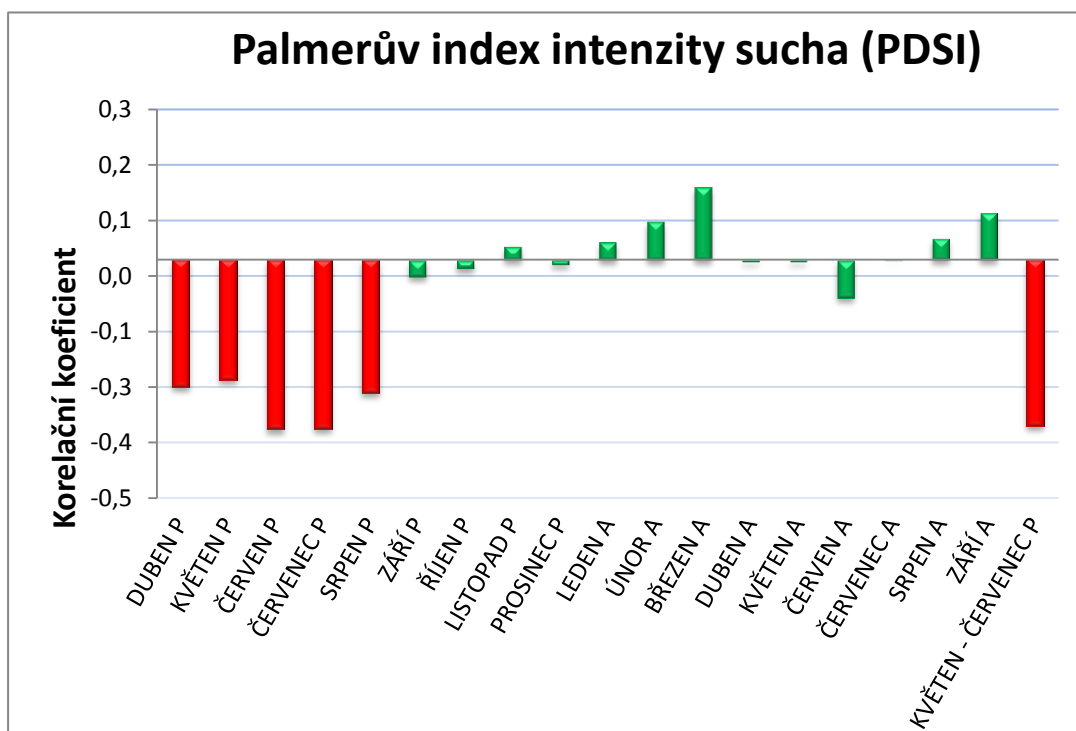
Obr. 15: Hodnoty korelačních koeficientů residuální indexové chronologie s průměrnými měsíčními srážkami od dubna předchozího roku (P) až do září roku aktuálního a období květen-červenec předchozího roku za období 1901–2014.

Korelace tloušťkového přírůstu s průměrnými měsíčními srážkami (Obr. 16), vykazovala kladnou ale také negativní statisticky významnou korelaci. Tloušťkový přírůst statisticky významně kladně koreloval, se srážkami v měsíci září předchozího roku a březnu aktuálního roku. Tloušťkový přírůst statisticky významně negativně koreloval, se srážkami v měsíci červnu, červenci a v období květen–červenec předchozího roku a dubnu aktuálního roku.



Obr. 16: Hodnoty korelačních koeficientů residuální indexové chronologie s průměrnými měsíčními srážkami od dubna předchozího roku (P) až do září roku aktuálního a období květen až červenec předchozího roku za období od roku 1901–2014. Hodnoty vyznačeny červeně jsou statisticky významné ( $\alpha=0,05$ ).

Tloušťkový přírůst statisticky negativně koreluje s Palmerovým indexem sucha (PDSI) za měsíce duben, květen, červen, červenec, srpen, předchozího roku a měsíce květen-červenec předchozího roku (Obr. 17).



Obr. 17: Hodnoty korelačních koeficientů residuální indexové chronologie s průměrnými měsíčními hodnotami pro intenzitu sucha od dubna předchozího roku (P) až do září roku aktuálního a období od května-července aktuálního roku za období 1901 až 2014. Hodnoty červeně zvýrazněny jsou statisticky významné ( $\alpha=0,05$ ).

## 7 DISKUZE

Ke zhotovení standardní dubové chronologie pro oblast Severní Moravy byly pomoci Presslerova přírůstového nebozezu odebrány vzorky ze tří oblastí (obec Dolní Domaslavice, Vojkovice a Žermanice), které jsou součástí jednoho celku a to Hornotěřlické pahorkatiny. Odebrané vzorky byly následně změřeny v programu PAST 32. Letokruhové křivky z jednotlivých stromů jsou ovlivněny tzv. růstovým trendem. Tento trend je do jisté míry pro každý strom individuální, a proto zeslabuje hledaný společný signál. Z tohoto důvodu byla provedena detrendace dílčích letokruhových křivek. Jednotlivé letokruhové řady pro vytvoření standardní chronologie byly z programu PAST 32 exportovány do programu ARSTAN, kde byla provedena standardizace dat. K odstranění věkového trendu byla použita jednostupňová detrendace a to: negativní exponenciální křivka.

Spojením 195 letokruhových křivek dubů z oblasti Severní Moravy, byla získána standardní letokruhová chronologie pro danou oblast. Tato chronologie má rozsah od roku 1895–2015. Od roku 1920 je tato standardní letokruhová chronologie proložena minimálně 60 křivkami. Pro ověření kvality sestavené lokální recentní dubové standardní chronologie byla použita hodnota EPS (Expressed Population Signal). Hodnota EPS (Obr. 14) se v celé délce chronologie pohybuje nad kritickou hodnotou 0,85. Z letokruhové analýzy je patrný trend vývoje radiálního přírůstu s věkem. Na začátku růstu stromu (cca 20-30 let) se vytváří tzv. juvenilní dřevo, to má za následek širší letokruhy. Se stoupajícím věkem kdy kambium stárne, dochází k pozvolnému snižování šířky letokruhu (Gandelová et al. 2008). Na (Obr. 13) lze vidět, že v prvních 5-10 letech se tato teorie potvrzuje, v dalších letech však nikoliv. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že se nejednalo o stejnověký porost. To má za následek, že vyskytující se starší stromy v porostu, zprůměrovaly šířku letokruhu tzv. juvenilního dřeva a došlo k potlačení tohoto jevu. Podobný výsledek byl zaznamenán ve slovenské dubové standardní chronologii, kdy recentní vzorky dubu mají oproti historickým vzorkům vyšší průměrnou šířku letokruhu. Je vidět jak v místě kde vstupují do tvorby letokruhové chronologie recentní vzorky, dochází k náhlému zvýšení šířky letokruhu (Prokop et al. 2016). Pokles tloušťkového přírůstu začíná již na přelomu 19. a 20. století. Od roku 1905 až 1937 je radiální přírůst konstantní a pohybuje se mezi hranicí 2–3,5 mm za rok. Od roku 1937 dochází k poklesu až do minimálního tloušťkového

přírůstu, který se projevil v roce 1943. Tento propad se projevil také v analýze významně negativních let, kdy negativně reagovalo 68 % stromů. Důvodem byly velmi nízké srážky na jaře v roce 1941 a v lednu až květnu v roce 1942. Od roku 1942 do roku 1954 dochází k nárůstu šířky letokruhu. V roce 1954 začne opět klesat a projeví se další minimální radiální přírůst, který je zaznamenán v roce 1957. Analýza významně negativních let nám tento pokles potvrzuje. V roce 1956 negativně reaguje 82 % stromů. V roce 1956 a 1957 je zaznamenán nízký srážkový úhrn a nízké teploty na začátku vegetačního období. Od roku 1957 do roku 1970 dochází k nárůstu radiálního přírůstu, od tohoto roku až do roku 1995 nepřesáhne tloušťkový přírůst 3 mm za rok. V roce 1995 má křivka opět klesající trend až do roku 1999, kdy byl zaznamenán další minimální přírůst za sledované období. Rok 1999 se projevil v analýze významných negativních let, kdy negativně reagovalo 53 % stromů. V roce 1998 a 1999 je zaznamenáno velmi malé množství srážek za celé vegetační období. Podobné poklesy a naopak nárůsty radiálního přírůstu dubu letního, byly také zaznamenány například v oboře Liteň (Rybníček et al. 2015).

Klima je jedním z nejvýznamnějších faktorů, který ovlivňuje šířku letokruhu (Fritts 1976; Schweingruber 1996). Z analýzy vlivu klimatu na radiální přírůst v programu DendroClim 2002, vyplynulo, že průměrné měsíční teploty (Obr. 15) nemají statisticky významný vliv. V nadmořských výškách, ve kterých se dub letní a dub zimní na území České republiky přirozeně vyskytují, jsou srážky respektive sucho hlavním limitujícím klimatickým parametrem, což potvrzují i studie z minulých let (Šmelko a Scheer 2000; Horáček et al. 2003; Petráš et al. 2007). Vliv teplot na radiální přírůst dubu na našem území není tedy tak zásadní (Rybníček et al. 2015; Rybníček et al. 2016; Dobrovolný et al. 2016; Prokop et al. 2016). Korelace radiálního přírůstu s průměrnými měsíčními srážkami (Obr. 16), vykazovala kladnou ale také negativní statisticky významnou korelaci. Tloušťkový přírůst statisticky významně kladně koreloval, se srážkami v měsíci září předchozího roku a březnu aktuálního roku. Stejně výsledky byly zjištěny v oblasti Karlického údolí a Chrustenice kde radiální přírůst dubu statisticky významně kladně koreloval se srážkami v měsíci březnu aktuálního roku a říjnu předchozího roku (Rybníček et al. 2015). Srážky na podzim předchozího roku a na začátku následujícího roku mají zásadní vliv na šířku letokruhu v roce následujícím, tedy strom na jaře bude mít dostatečné množství dostupné vody pro svůj růst (Prokop et al. 2016). Radiální přírůst statisticky významně negativně koreloval, se

srážkami v měsíci červnu a červenci předchozího roku a dubnu aktuálního roku. Tloušťkový přírůst současně statisticky významně negativně koreluje s Palmerovým indexem sucha (PDSI) za měsíce duben až srpen předchozího roku. Tyto výsledky jsou v rozporu s jinými studii z jiných oblastí České a Slovenské republiky (Prokop et al. 2016; Rybníček et al. 2015; Rybníček et al. 2016). Možným vysvětlením je, že v oblasti Vojkovic, odkud pocházela většina vzorků, se vyskytuje řeka Lučina, a ta způsobuje vysokou hladinu spodní vody. Vysoká hladina spodní vody a podmáčení půdy může způsobit tzv. hypoxii kořenového systému, což způsobuje redukcii růstu stromu (Gebauer et al. 2010). Pokud bude v druhé polovině jara a v průběhu léta vysoké množství srážek, může mít výsledek negativní vliv na šířku letokruhu. Celkově lze konstatovat, že naše dosažené hodnoty statisticky významných korelací jsou celkově nižší než v jiných výše citovaných studiích. Tento fakt potvrzuje teorii o dostatečně vodou zásobené lokalitě, tedy že sucho nemá v této lokalitě až tak zásadní vliv na růst dubu.

Obecně lze předpokládat, že teplejší a sušší podmínky v blízké budoucnosti nemusí nutně vést k potlačení růstu dubu, jako je předpovídáno například pro smrk a buk (Bolte a Villanueva 2006; Rybníček et al. 2012, Kolář et al. 2016) díky jeho hlubšímu kořenovému systému (Kuster et al. 2013).



## 8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit standardní chronologii z recentních dubů pro oblast Severní Moravy a provést dendroklimatologickou analýzu. Po odebrání vzorků ze tří různých lokalit, jejich změření a synchronizaci se podařilo tento úkol splnit. Výsledkem je standardní dubová letokruhová chronologie pro danou oblast. Vytvořená chronologie má rozsah od roku 1895–2015. Od roku 1920 je tato standardní letokruhová chronologie proložena minimálně 60 křivkami. Tato chronologie byla korelována s měsíčními úhrny srážek, průměrnou měsíční teplotou a Palmerovým indexem sucha (PDSI) za období od roku 1901 do roku 2014 v programu DendroClim 2002 a to od dubna předchozího roku do září aktuálního roku. Z výsledků dendroklimatologické analýzy vyplynulo, že srážky respektive sucho (PDSI) jsou hlavními faktory ovlivňující radiální přírůst dubu.

Práce byla doplněna analýzou významných negativních let. Od roku 1901 do roku 2014, bylo zjištěno celkem 25 negativně významných let. Jako nejvýznamnější negativní roky pro radiální přírůst, kdy reagovalo více jak 60 % všech stromů, byly roky 1941, 1942, 1943, 1956 a rok 1998. Většina negativních významných let byla způsobena nízkými měsíčními úhrny srážek a nízkými teplotami na počátku a v průběhu vegetačního období. Pěstování dubu v této oblasti může být i přes globální změny klimatu nadále perspektivní, hlavně díky jeho hlubokému kořenovému systému, který může zajistit spojení se spodní vodou. Sušší a teplejší klimatické podmínky nemusí být pro růst dubu až tak limitující.

## 9 SUMMARY

Aim of this thesis was to establish a standard chronology from recent oaks for the North-Moravian region and to perform dendroclimatological analysis. After samplings from three various locations, consequent measuring and synchronisation of the samples, this task was successfully completed with the standard oak tree-ring chronology for the region concerned. Created chronology covers the period of 1895 to 2015. Since 1920, this standard tree-ring chronology consists of at least 60 curves. The chronology was correlated with monthly rainfall totals, average monthly temperatures and Palmer Drought Severity Index (PDSI) for the period of 1901 to 2014 in DendroClim 2002 programme, from April to August last year. Results from dendroclimatological analysis indicate that rainfall and/or drought (PDSI) are the key factors affecting the dynamics of radial increment of oak.

This thesis was complemented with an analysis of significant negative years. 25 negatively significant years were identified in the period of 1901 to 2014. The most significant negative years for radial increment, when more than 60% of all trees responded, were the following years: 1941, 1942, 1943, 1956, and 1998. Most negatively significant years have been due to low monthly rainfall and low temperatures in the beginning and during growing period. Despite global climate changes, cultivation of oak might continue be quite promising in this region, mainly due to its deep root system which can provide connection with underground water. Drier and warmer climate needn't be too limiting conditions for the growth of oak.

## 10 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

### 10.1 Literatura knižní

AMBROS, Z. & ŠTYKAR, J. (1999): Geobiocenologie I. 1. vyd., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. 63 s. ISBN 8071573973

BAILLIE M.G.L. (1995): A slice through time: dendrochronology and precision dating. London, Routledge, 176 s.

BOLTE A., Villanueva I. (2006): Interspecific competition impacts on the morphology and distribution of fine roots in European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). European Journal of Forest Research 125(1): 15–26.

BRIFF K.R., JONES P.D. (1990): Basic chronology statistics and assessment. In: Cook E.R., Kairiukstis L.A. (eds) Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 137–152.

BROWN, D.M., Munro, M.A.R., Baillie, M.G.L., Pilcher, J.R., 1986. Dendrochronology – the absolute Irish standard. Radiocarbon 28 (2A), 279–283.

Büntgen, U., T. Kyncl, Ch. Ginzler, D. S. Jaks, J. Esper, W. Tegel, K. U. Heussner, and J. Kyncl, 2013. Filling the Eastern European gap in millennium-long temperature reconstructions. Proceedings of the National Academy of Science 110:1773–1778.

BUREŠ, J., RYBNÍČEK, M., 2005. Dendrochronologická analýza dřevěných konstrukcí kostela sv. Bartoloměje v Kočí, 94 s.

COOK E. R. (1985): A time series analysis approach to tree-ring standardization. Ph.D. Dissertation, The University of Arizona, Tucson, 171 s.

COOK E. R., KAIRIUKSTIS L. A., 1990: Methods of Dendrochronology. International Institute for Applied System Analysis, 303 s.

COOPER R.J., MELVIN T.M., TYERS I., WILSON R.J.S., BRIFFA K.R. (2013): A tree-ring reconstruction of East Anglian (UK) hydroclimate variability over the last millennium. *Climate Dynamics* 40(3–4): 1019–1039.

DOBROVOLNÝ P., Rybníček M., Kolář T., Brázdil R., Trnka M., Büntgen U. (2015): A tree-ring perspective on temporal changes in the frequency and intensity of hydroclimatic extremes in the territory of the Czech Republic since 761 AD. *Climate of the Past* 11: 1453–1466.

DOBROVOLNÝ P., Rybníček M., Büntgen U., Trnka M., Brázdil R., Stachoň Z., Prokop O., Kolář T. (2016) Recent growth coherence in long-term oak (*Quercus* spp.) ring width

DUCOUSSO, A., Bordacs, S., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for: Pedunculate and Sessile Oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, p. 6.

DOUGLASS A. E., 1937. Dating Pueblo Bonito and Other Ruin sof the Southwest. Contributed Technical Pápera. Pueblo Bonito Series I., 248-249 s.

DRÁPELA K., ZACH J. (1995): Dendrometrie (Dendrochronologie). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 152 s.

ECKSTEIN D., SCHIETZEL K. (1977): Zur dendrochronologischen Gliederung und Datierung

FEUILLAT F, Dupouey JL, Sciama D & Keller R (1997) A new attempt at discrimination between *Quercus petraea* and *Quercus robur* based on wood anatomy. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 343–351.

FRIEDRICH D., Büntgen U., Esper J., Frank D., Neuwirth B., Löffler J. (2009): Complex climate controls on 20th century oak growth in Central-West Germany. *Tree Physiology* 29: 39–51.

FRITTS H.C. (1976): Tree ring and climate. Academic Press. London, New York, San Francisco, 567 s.

FRITTS H.C., MOSIMANN J.E., BOTTORFF C.P. (1969): A Revised Computer Program for Standardizing Tree – Ring Series. – Tree Ring Bulletin, 29, s. 15–20.

GEBAUER R., Milena Martinková, Luboš Úradníček, Soňa Tichá (2010) Kořenový systém vrb podél vodních nádrží a toků.

GANDELOVÁ, Libuše, Jarmila ŠLEZINGEROVÁ a Petr HORÁČEK. Nauka o dřevě. 2. vyd. / . Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 176 s.

GRISSINO – MAYER, H., Holmes, R., Fritts, H.C. 1992. International Tree-Ring Data Bank Libraryver. 1.1. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.

HANECA, K., Cufar, K., Beeckman, H., 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. J. Archaeolog. Sci. 36, 1–11.

HORÁČEK P., Šlezingerová J., Gandělová L. (2003): Analysis of cambial activity and formation of wood in *Quercus robur* L. under conditions of a floodplain forest. Journal of Forest Science 49(9): 412–418

HUBER B. (1967): Seeberg, Burgäschisee–Süd – Dendrochronologie. Acta Bernensia 2.

JONES, E.W., 1959. Biological flora of the British Isles. *Quercus* L. Journal of Ecology 47, 169–222.

KOLÁŘ T., Kyncl T., Rybníček M. (2012a): Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale. Dendrochronologia 30(3): 243–248.

KOLÁŘ T., Giagli K., Trnka M., Bednářová E., Rybníček M. (2016): Response of European Beech to climate variability in the leaf phenology and the tree-ring growth. Silva Fennica 50(2): article id 1520.

KROUPOVÁ M. (2002): Dendroecological study of spruce growth in regions under long-term air pollution load. *Journal of Forest Science*. Sv. 48, č. 12, s. 536–548.

KUSTER T.M., Arend M., Günthardt-Goerg M.S., Schulin R. (2013): Root growth of different oak provenances in two soils under drought stress and air warming conditions. *Plant Soil* 369: 61–71.

KYNCL J., 2017. Letokruhy jako kalendář i záznamník

MAYER, H., 1980. *Waldbau auf soziologisch-okologischer Grundlage*. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart.

PAST 32 2000. Personál Analysis System for Treering Research Build 700, User manual. by SCIEM, Vienna, 90 s.

PETREÁŠ R., Brezina L., Mecko J. (2007): Dynamics of radial increments of oak due to climatic factors effect. *Ekologia Bratislava* 26(3): 295–304.

POLÁČEK L. (2002): Dendrochronologické fórum 2002 – dendrochronologie v české archeologii dnes a zítra. Archeologický ústav AV ČR Brno, Brno, 7 s.

PROKOP, O., KOLÁŘ, T., BÜNTGEN, U., KYNCL, J., KYNCL, T., BOŠEĽA, M., CHOMA, M., BARTA, P., RYBNÍČEK, M. (2016): On the paleoclimatic potential of a millennium-long oak ring width chronology from Slovakia. *Dendrochronologia* 40: 93–101.

PROKOP, O., KOLÁŘ, T., KYNCL, T., RYBNÍČEK, M. (2017): UPDATING THE CZECH MILLENNIA-LONG OAK TREE-RING WIDTH CHRONOLOGY. *Tree-ring research* 73 (1): 47–52.

PROKOP O., Kolář T., Büntgen U., Kyncl J., Kyncl T., BošeĽa M., Choma M., Barta P., Rybníček M. (2016): On the paleoclimatic potential of a millennium-long oak ring width chronology from Slovakia. *Dendrochronologia* (in revision).

RYBNÍČEK, M., 2003. Sestavení dendrochronologických standardů pro město Brno, Diplomová práce, MZLU v Brně, 88 s, .2004, LII, No. 5, pp. 155-168

RYBNÍČEK, M., 2004. Dendrochronologická analýza krovu kostela Nebevzetí Panny Marie a Sv. Ondřeje ve Starém Hobzí. Sborník MZLU v Brně, Ročník LII, Číslo 4.

RYBNÍČEK, M., 2007. Dendrochronologické datování dřevěných částí historických staveb, archeologických vzorků a výrobků ze dřeva – sestavení národní dubové standardní chronologie, Disertační práce, MZLU Brna, 107 s

RYBNÍČEK M., Čermák P., Žid T., Kolář T., Trnka M., Büntgen U. (2015): Exploring Growth Variability and Crown Vitality of Sessile Oak (*Quercus petraea*) in the Czech Republic. *Geochronometria* 42(1): 17–27

RYBNÍČEK M., Čermák P., Prokop O., Žid T., Trnka M., Kolář T. (2016): Oak (*Quercus* spp.) response to climate differs more among sites than among species in central Czech Republic. *Dendrobiology* 75: 55–65

SCHWEINGRUBER FH, Eckstein D, Serre-Bachet F and Bräker OU, 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8: 9–38.

SCHWEINGRUBER F.H. (1993): *Trees and Wood in Dendrochronology*, Springer—Verlag Berlin Heidelberg, 402 s.

SCHWEINGRUBER F.H. (1996): *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf, Weiss Federal Institute for Forest, Snow and Landcape Research, Bern, Stuttgart, Vinna, 609 s.

SCHWEINGRUBER F.H.. (1983): *Der Jahrring, Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*. Bern, Paul Haupt, 234 s.

SCHADELIN, W., 1905. Von eine grossen Eiche. *Schweizerische Zeitschrift fu r Forstwesen* 56, 286–287.

SPEER, 2010. *Fundamentals of Tree-ring Research*. University of Arizona Press; Reprint edition

STALLINGS W. S. 1937. Some early papers on tree-rings. *Tree-Ring Bull.* 3

STUDHALTER R. A. 1955. Tree growth. Some historical chapters. Botanical Review 21 (1/3)

ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L., (2005): Stavba dřeva cvičení, MZLU v Brně, Brno, 187 s.

ŠMELKO Š., WOLF J. 1977. Štatistické metódy v lesníctve. Príroda, 330 s.

ŠMELKO Š., Scheer L. (2000): Dendrochronological analysis of diameter growth and increment of Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Danube floodplain forests. Ekológia (Bratislava) 19(2): 125–140

TUTIN, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., 2001. Flora Europaea. Cambridge University Press, Cambridge.

ÚRADNÍČEK, L. & MADĚRA, P. a kol. (2001): Dřeviny České republiky. Matice lesnická, Písek. 334 str. ISBN 8086271099

VINŠ, B., 1961. Struktura a vývoj přirozených porostů s jedlí. Práce výzkumných ústavů lesnických.

VINŠ, B., 1962. Vynášecí adaptér k Eklundovu stroji na měření letokruhů. Lesnictví.

VINŠ, B., 1974. Přírůstové ztráty ve smrkových a bukových porostech v okolí továrny na draslo. In: E. Sobocký (ed.): Les a priemyselné imisie. Bratislava, ŠVTL.

VINŠ, B., 1967. Beitrag zur technischen Durchführung der Jahrringanalysen (die Verifikationsmethode). Mitt. d. Forstlichen Bundesforschungsanstalt Wien.

VINŠ, B., 1973. Registration measuring microscope. Communicationes Inst. Forest. Čechosloveniae 8.

VINŠ, B., 1981. Geographical variability of diameter increment of Norway spruce and Scots pine in the ČSR. Communicationes Inst. Forest. Čechosloveniae 12.

VINŠ, B. 1981. Proměnlivost tloušťkového přírůstu vybraných jehličnatých dřevin. Lesnictví 27.



WIGLEY T.M.L., BRIFFA K.R., JONES P.D. (1984): On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Applied Meteorology* 23: 201–213.

WEISSMANNOVÁ, H. a kol. Ostravsko In. Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR svazek X. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno 2004

## **10.2 Internetové zdroje**

<http://www.dendrochronologie.cz>

<http://www.euforgen.org>

<http://www.frýdek-místek.cz>

<http://quick.florabase.cz/>

<http://www.is.muni.cz>

<http://www.moravske-karpaty.cz>

<https://maps.google.cz>

<http://wood.mendelu.cz/cz>

<http://www.roofs.cz>

<http://www.wikipedia.cz>

<http://climexp.knmi.nl>