

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ekologie lesa**



Bakalářská práce

**Zhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového
přírůstu vybraných dřevin v Arboretu FLD
v Kostelci nad Černými lesy**

Josef Chábera

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového přírůstu vybraných dřevin v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy vypracoval samostatně pod vedením Ing Václava Bažanta, Ph.D, a použil jen prameny, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

V Praze dne 20. 4. 2018

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Václavu Bažantovi, Ph.D., za odborné vedení, poskytnutá data a čas, který mi s vypracováním mé bakalářské práce věnoval. Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Danielu Zahradníkovi, Ph.D., za poskytnutí programu Letokruhy 2. 3. Nakonec bych rád poděkoval rodině a kamarádům za podporu během celého období mého studia.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Josef Chábera

Lesnictví

Název práce

Zhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového přírůstu vybraných dřevin v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy

Název anglicky

Annual progress of radial increment of selected species in Arboretum FFWS in Kostelec nad Černým

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového přírůstu vybraných dřevin na zkusných porostech v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy

Metodika

Literární rešerše

hodnocení a měření přírůstu dřevin

popis, rozšíření, ekologie, proměnlivost, upotřebení vybraných dřevin

Charakteristika řešeného území, přírodní podmínky

Osazení automatických dendrometrů

Vyhodnocení a porovnání sezonního přírůstu s klimatickými daty

Interpretace výsledků

Diskuze

Doporučený rozsah práce
40 normostran textu, přílohy

Klíčová slova
Arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy, tloušťkový přírůst

Doporučené zdroje informací

- BEDNÁŘOVÁ E., KUČERA J., 2002: Phenological observations of two spruce stands (*Picea abies*/L./ Karst.) of different age in the years 1991-2000. *Ekológia* 21/1, 98-106 s.
- DRÁPELA K., ZACH J., 1995: Dendrometrie. MZLU v Brně, 152 s.
- FRITTS H.C., 1976: Tree rings and climate. London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s.
- KAMLEROVÁ K., SCHEJBALOVÁ H., 2006: Vliv klimatických faktorů na sezónní dynamiku tloušťkového přírůstu smrku ztepilého. In: Rožnovský J., Litschmann T., Vyskot I. (ed): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, Brno, 6 s.
- KUČERA J., 2015: Denrometer Increment Sensor DRL 26A,B,C: User's Manual. Brno: Environmental Measuring Systems.
- MUSIL I., HAMERNÍK J., 2003: Jehličnaté dřeviny. (Lesnická dendrologie 1) Česká zemědělská univerzita, Praha FLE, 232 s.
- ROČEK I., MUSIL I., CHALUPA V., 1998: Arboretum Lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze Kostelec nad Černými lesy. Praha, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, 79 s.
- RYBNÍČEK M., ČERMÁK P., ŽID T., KOLÁŘ T., 2010: Radial growth and health condition of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in relation to climate (Silesian Beskids, Czech republic). *Geochronometria*.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1996: Tree rings and environment dendroecology. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf, Switzerland. 660 s.
-

Předběžný termín obhajoby
2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce
Ing. Václav Bažant, Ph.D.

Garantující pracoviště
Katedra ekologie lesa

Konzultant
Ing. Jan Vítámvás, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2018

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.
Děkan

V Praze dne 19. 04. 2018

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce bylo celkové zhodnocení tloušťkových přírůstů vybraných druhů dřevin v arboretu v Kostelci nad Černými lesy. Hodnocení se skládá z dynamiky a vývoje přírůstu, jejich změn a závislosti na vybraných klimatických faktorech, typických pro kostelecké arboretum a značně ovlivňující tloušťkový přírůst dřevin. Tloušťkový přírůst byl monitorován pomocí dendrometrů EMS DRL26A, měřící tloušťku s přesností na jeden mikrometr. Klimatické faktory byly monitorovány meteorologickou stanicí nacházející se na území arboreta.

Monitorované druhy dřevin byly: borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*), a borovice vejmutovka (*Pinus strobus*). Dále byly analyzovány výřezy několika dalších druhů borovic, mezi které patří výše zmíněná borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*), dále borovice rumelská (*Pinus peuce*) a borovice černá (*Pinus nigra*). V případě analýzy jednoho druhu oběma způsoby byly výsledky porovnány. Hodnocení přírůstu bylo prováděno zpětně za období od roku 2013-2017. Získané údaje byly zpracovány do spojnicových grafů, kde jsou více zřetelné jednotlivé závislosti námi hodnocených veličin.

Klíčová slova: Arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy, tloušťkový přírůst, dendrometr

Abstract

A topic of our bachelor dissertation was total evaluation of the thickness gains of selected tree species in an arboretum in Kostelec nad Černými lesy. The assessment consists of dynamics and development of growth, their changes and dependence on selected climatic factors, typical for the arboretum and considerably affecting the thickness growth of woody species. The thickness increment was monitored using the EMS DRL26A dendrometers, measuring the thickness, accurate to one micrometer. Climatic factors were monitored by a meteorological station located in the arboretum.

The monitoring tree species were: *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta*, *Pinus strobus*. In addition, the cuttings of several other pine trees, including *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus*, *Pinus contorta*, *Pinus peuce* and *Pinus nigra*, have been analyzed. In case of analyzing one species in both ways, the results were compared. The appraisal of the increase was made retrospectively for the period from 2013-2017. The obtained data were processed into line graphs, where the individual dependencies of the variables are more distinct.

Keywords: FLD Arboretum in Kostelec nad Černými lesy, thickness increase, dendrometer

Obsah

1	Úvod	14
2	Literární rešerše	16
2.1	Arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy	16
2.1.1	Historie	16
2.1.2	Přírodní poměry arboreta	17
2.1.3	Evidenční systém arboreta	19
2.1.4	Evidence přírůstků	20
2.1.5	Evidenční tabulky	20
2.2	Růst a přírůst	20
2.3	Struktura jehličnatého dřeva	21
2.4	Tloušťkový růst a přírůst stromů	21
2.4.1	Období růstu	22
2.5	Základní druhy přírůstů dendrometrických veličin	23
2.6	Monitorování přírůstu	24
2.6.1	Charakteristika dendrometrů	24
2.6.2	Pásové přírůstoměry s manuálním odečtem	24
2.6.3	Digitální přírůstoměry	24
2.7	Určování věku stromů	25
2.8	Borovice (<i>Pinus L.</i>)	26
2.8.1	Systematika	28
2.9	Podrod <i>Pinus (Diploxylon)</i>	28
2.9.1	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	29
2.9.2	Borovice černá (<i>Pinus nigra</i>)	35
2.9.3	Borovice pokroucená (<i>Pinus contorta</i>)	39
2.10	Podrod <i>Strobus (Haploxylon)</i>	44

2.10.1	Borovice vejmutovka (<i>Pinus strobus</i>)	44
2.10.2	Borovice rumelská (<i>Pinus peuce</i>)	49
3	Metodika	50
3.1.1	Dendrometr EMS DRL26A	50
3.1.2	Zpracování dat v MS Excel	51
3.1.3	Analýza letokruhů	51
3.1.4	Meteostanice	52
4	Výsledky	53
4.1	Borovice pokroucená (<i>Pinus contorta</i>)	53
4.1.1	Rok 2013	53
4.1.2	Rok 2014	55
4.1.3	Rok 2015	57
4.1.4	Rok 2016	59
4.1.5	Rok 2017	61
4.2	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	63
4.2.1	Rok 2013	63
4.2.2	Rok 2014	65
4.2.3	Rok 2015	67
4.2.4	Rok 2016	69
4.2.5	Rok 2017	71
4.3	Borovice vejmutovka (<i>Pinus strobus</i>)	73
4.3.1	Rok 2013	73
4.3.2	Rok 2014	75
4.3.3	Rok 2015	77
4.3.4	Rok 2016	79
4.3.5	Rok 2017	81

4.4	Srovnání přírůstů vybraných druhů borovic	83
4.4.1	Rok 2013	83
4.4.2	Rok 2014	84
4.4.3	Rok 2015	85
4.4.4	Rok 2016	86
4.4.5	Rok 2017	87
4.5	Analýza letokruhů	89
4.5.1	Borovice lesní	89
4.5.2	Borovice vejmutovka	90
4.5.3	Borovice černá	91
4.5.4	Borovice pokroucená	92
4.5.5	Borovice rumelská	93
5	Diskuze	94
5.1	Borovice vejmutovka	94
5.2	Borovice lesní	95
5.3	Borovice pokroucená	95
5.4	Borovice černá	96
5.5	Borovice rumelská	96
6	Závěr	97
7	Seznam literárních pramenů	98

Seznam obrázků

Obrázek 1 Klimatická regionalizace ČR se zakreslením arboreta v Kostelci nad Černými lesy.....	17
Obrázek 2 Geologická mapa kostelecké oblasti	18
Obrázek 3 Schéma rozdělení arboreta do jednotlivých oddělení	19
Obrázek 4 Areál výskytu <i>Pinus sylvestris</i> v Evropě.....	32
Obrázek 5 Areál výskytu <i>Pinus nigra</i> v Evropě.....	38
Obrázek 6 Areál výskytu <i>Pinus contorta</i> v Severní Americe	42

Seznam tabulek

Tabulka 1 Přírůstové veličiny <i>Pinus contorta</i> pro rok 2013	54
Tabulka 2 Přírůstové veličiny <i>Pinus contorta</i> pro rok 2014	56
Tabulka 3 Přírůstové veličiny <i>Pinus contorta</i> pro rok 2015	58
Tabulka 4 Přírůstové veličiny <i>Pinus contorta</i> pro rok 2016	60
Tabulka 5 Přírůstové veličiny <i>Pinus contorta</i> pro rok 2017	62
Tabulka 6 Přírůstové veličiny <i>Pinus sylvestris</i> pro rok 2013	64
Tabulka 7 Přírůstové veličiny <i>Pinus sylvestris</i> pro rok 2014	66
Tabulka 8 Přírůstové veličiny <i>Pinus sylvestris</i> pro rok 2015	68
Tabulka 9 Přírůstové veličiny <i>Pinus sylvestris</i> pro rok 2016	70
Tabulka 10 Přírůstové veličiny <i>Pinus sylvestris</i> pro rok 2017	72
Tabulka 11 Přírůstové veličiny <i>Pinus strobus</i> pro rok 2013	74
Tabulka 12 Přírůstové veličiny <i>Pinus strobus</i> pro rok 2014	76
Tabulka 13 Přírůstové veličiny <i>Pinus strobus</i> pro rok 2015	78
Tabulka 14 Přírůstové veličiny <i>Pinus strobus</i> pro rok 2016	80
Tabulka 15 Přírůstové veličiny <i>Pinus strobus</i> pro rok 2017	82
Tabulka 16 Srovnávací tabulka analyzovaných borovic	88

Seznam grafů

Graf 1 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v 1 m v roce 2013	53
Graf 2 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2013.....	54
Graf 3 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2013.....	54
Graf 4 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu	55
Graf 5 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2014.....	56
Graf 6 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2014.....	56
Graf 7 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2015 ..	57
Graf 8 Závislost přírůstu borovice pokroucené teplotě půdy v roce 2015	58
Graf 9 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2015.....	58
Graf 10 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2016	59
Graf 11 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2016.....	60
Graf 12 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2016....	60
Graf 13 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2017	61
Graf 14 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2017.....	62
Graf 15 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2017....	62
Graf 16 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2013	63
Graf 17 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2013.....	64
Graf 18 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2013.....	64
Graf 19 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2014	65
Graf 21 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2014.....	66
Graf 20 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2014.....	66
Graf 22 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2015	67
Graf 23 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2015.....	68
Graf 24 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2015.....	68
Graf 25 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2016	69
Graf 26 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2016.....	70
Graf 27 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2016.....	70
Graf 28 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2017	71
Graf 29 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2017.....	72

Graf 30 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2017.....	72
Graf 31 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2013	73
Graf 32 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2013	74
Graf 33 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2013 ...	74
Graf 34 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2014	75
Graf 35 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2014	76
Graf 36 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2014 ...	76
Graf 37 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2015	77
Graf 38 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2015	78
Graf 39 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2015 ...	78
Graf 40 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2016	79
Graf 41 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2016	80
Graf 42 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2016 ...	80
Graf 43 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2017	81
Graf 44 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2017	82
Graf 45 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2017 ...	82
Graf 46 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2013	83
Graf 47 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2014	84
Graf 48 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2015	85
Graf 49 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2016	86
Graf 50 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2017	87
Graf 51 Výsledek analýzy letokruhů první borovice lesní	89
Graf 52 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice lesní	89
Graf 53 Výsledek analýzy letokruhů borovice vejmutovky	90
Graf 54 Výsledek analýzy letokruhů první borovice černé	91
Graf 55 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice černé	91
Graf 56 Výsledek analýzy letokruhů první borovice pokroucené	92
Graf 57 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice pokroucené	92
Graf 58 Výsledek analýzy letokruhů borovice pokroucené	93

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je zhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového přírůstu vybraných dřevin v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy. Jako vybrané dřeviny byly zvoleny tři druhy borovic, na kterých byla sledována závislost tloušťkového přírůstu na vybraných klimatických vlivech. Z borovic byly vybrány druhy borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*) a borovice vejmutovka (*Pinus strobus*). V druhé části se práce zabývá analýzami letokruhů na výřezech borovic. Zde byly vybrány druhy borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), borovice černá (*Pinus nigra*) a borovice rumelská (*Pinus peuce*).

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První částí je část teoretická, kde je popsáno Arboretum FLD, růst a přírůst, struktura jehličnatého dřeva, druhy přírůstů, ale také rod *Pinus L.* a jednotlivé druhy tohoto rodu, které jsou důležité pro téma této bakalářské práce.

Druhá část je věnovaná výzkumu, vlastnímu hodnocení závislosti jednotlivých klimatických vlivů na tloušťkovém přírůstu a analýze letokruhů.

Téma závislosti tloušťkového přírůstu na klimatických podmínkách je čím dál více aktuálnější a diskutované téma. Zejména v posledních letech, kdy nedostatek srážek významně ovlivnil zdravotní stav mnoha porostů. Zhodnotit tedy, který klimatický vliv má na hodnotu přírůstu největší podíl je důležitým poznatkem z vědeckých a zejména hospodářských důvodů.

Mezi sledované klimatické vlivy byla zařazena teplota půdy, vlhkost půdy a teplota v jednom metru nad zemí. Výzkum byl prováděn v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy. Tento objekt je důležitým místem pro studium jak původních, tak introdukovaných druhů. Výsledky výzkumů jsou velmi cennými materiály nejen pro studentu FLD, ale také pro lesnické provozy, kterým v mnoha případech ulehčují práci a šetří finanční prostředky.

Tloušťkový přírůst byl monitorován pomocí automatických dendrometrů od českého výrobce EMS. Konkrétní označení přístroje je EMS DRL26A. Tento přístroj byl nastaven na snímání tloušťky a teploty každou hodinu, přičemž výsledek byl zapsán do paměti přístroje. Tomuto tématu je v této práci věnována

konkrétní kapitola. Přírůsty byly hodnoceny zpětně, konkrétně od osazení těchto druhů dendrometry a to od roku 2013 do roku 2017. Meteorologická data byla snímána meteostanicí, která se nachází na území arboreta.

Druhým způsobem hodnocení dynamiky tloušťkového přírůstu byla analýza vybroušených výřezů z kmenů borovic. Tyto výřezy byly analyzovány za pomoci programu Letokruhy 2. 3.

2 Literární rešerše

2.1 Arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy

Arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy se nachází nedaleko od Prahy (cca. 40 kilometrů) v katastrálním území obce Kostelec nad Černými lesy. Arboretum se rozprostírá tři kilometry severně od obce Kostelec nad Černými lesy, v těsné blízkosti dvora Hošť, na celkové ploše 12,38 ha. Mírný jižní svah a nadmořská výška, v rozmezí od 300 do 345 m. n. m., udává arboretu jeho ojedinělé klimatické podmínky, díky kterým se v arboretu daří druhům, které by za převládajících klimatických podmínek České republiky jistě nepřežily. Zeměpisné souřadnice v souřadnicovém systému WGS-84 jsou 50°00'39.1"N 14°51'06.9"E.

2.1.1 Historie

Arboretum bylo založeno v roce 1954 zejména pro pedagogické účely tehdejší lesnické fakulty ČVUT. Původně bylo zaměřeno na druhy mírného a boreálního pásma severní polokoule. Výsadbu a samotný vznik arboreta měl na svědomí tehdejší vedoucí katedry geobotaniky a dendrologie prof. Dr. Ing. Pravdomil Svoboda, DrSc. Nejprve byla osázena plocha zhruba čtyř hektarů na jižní straně Peklovského údolí. V další etapě se arboretum rozrostlo o stoletou habrovou doubravu, s celkovou výměrou 7,5 ha. K poslednímu zvětšení plochy arboreta došlo v roce 1989 na celkovou výměru 12,38 ha (Bažant & Prknová, 2014).

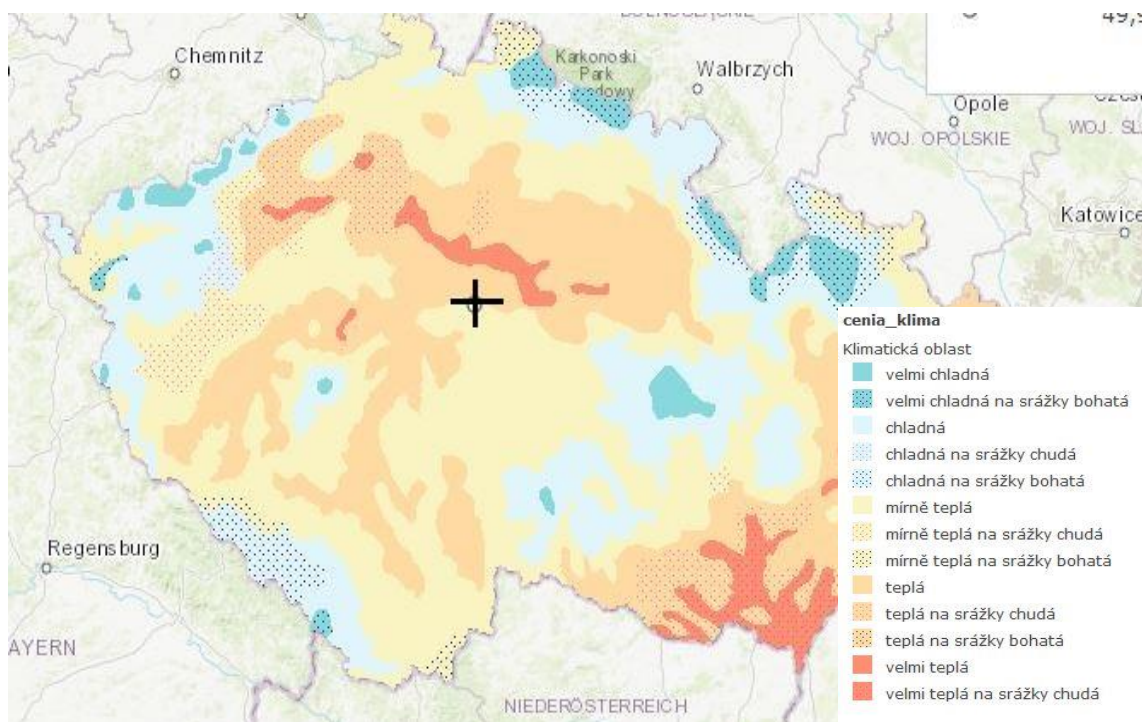
Exempláře dřevin, keřů, dřevitých lián a polokeřů, byly vypěstovány zejména ze semenného materiálu, který byl získán mezinárodní výměnou reprodukčního materiálu. Některé exempláře zejména staré části arboreta jsou výsledkem pěstování roubů a řízků. (Roček, Musil, Chalupa, & Pokorný, 1998).

Sbírky arboreta byly v průběhu jejich existence postupně doplňovány o nové exempláře. Některé pokusy výsadeb byly úspěšnější, jiné nikoli, ale díky veškerým těmto zdarům, i nezdarům, můžeme prohlásit právě kostelecké arboretum za jednu z největších a nejunikátnějších dendrologických sbírek České republiky.

V současné době je realizován projekt na další rozšíření arboreta o údolní nivu Peklovského údolí a s tím vybudování vodní plochy, která by umožnila rozšířit záběr druhů pěstovaných dřevin v arboretu o vlhkomilné dřeviny (Bažant & Prknová, 2014).

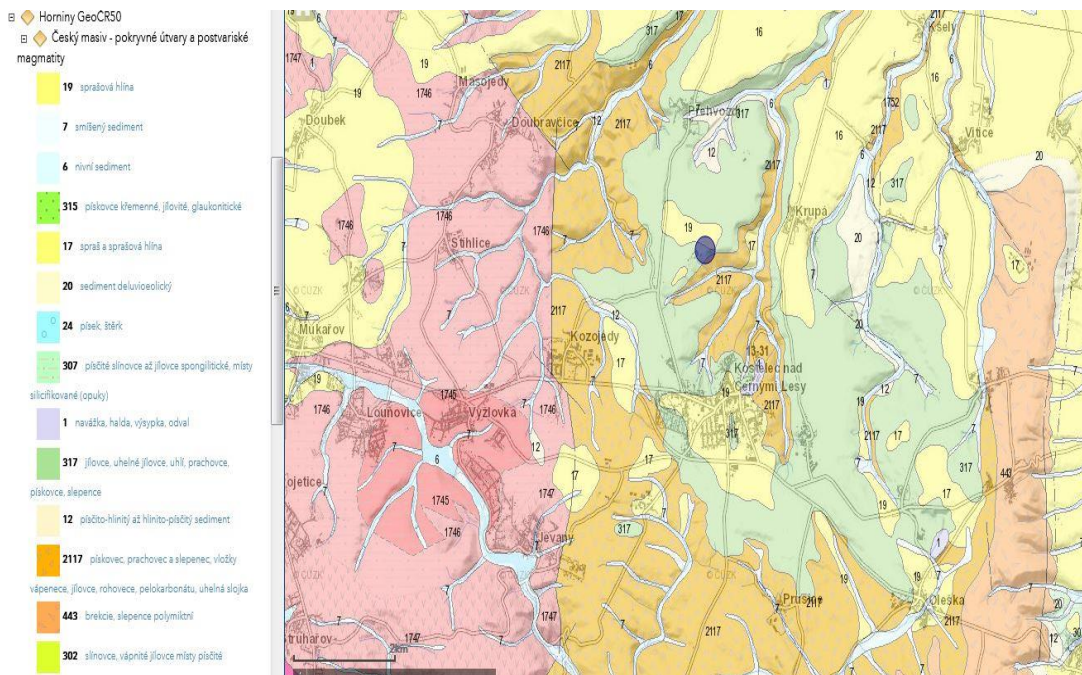
2.1.2 Přírodní poměry arboreta

Přírodní poměry arboreta jsou pro kvalitní zhodnocení přírůstků jedním z nejdůležitějších faktorů. Díky své poloze má arboretum opravdu ojedinělé přírodní i klimatické poměry. Podle klimatické regionalizace ČR se arboretum nachází na hranici teplé a mírně teplé klimatické oblasti.



Obrázek 1 Klimatická regionalizace ČR se zakreslením arboreta v Kostelci nad Černými lesy (<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=4a8650ca71524c1aaa57995c742578b7>)

Dalším důležitým přírodním faktorem je geologické podloží arboreta. Podle geologické mapy se arboretum nachází na území českého masivu. Převážný podklad arboreta tvoří pískovec. V celém komplexu se vyskytuje hned několik druhů pískovce, mezi nejvýznamnější patří permský a křídový pískovec. Dále se v podloží vyskytuje spraš. Tyto horniny značně ovlivňují klimatické, přírodní i vodní poměry stanoviště. Pískovce jsou obecně horniny, které dobře vsakují a vypařují vodu, což je pro některé druhy kladným faktorem, pro jiné faktorem limitujícím jejich růst.



Obrázek 2 Geologická mapa kostelecké oblasti (<https://mapy.geology.cz/geocr50/>)

Dalším důležitým přírodním poměrem, který výrazně ovlivňuje dynamiku přírůstu, jsou poměry klimatické. Klimatické poměry jsou monitorovány a vyhodnocovány od roku 2013 přímo na území arboreta. Do roku 2013 byly monitorovány z nedaleké stanice Truba. V následující tabulce jsou zachyceny průměrné klimatické milníky, spolu s některými rekordy pro stanoviště Truba, od roku 1960 do roku 1995.

Tabulka 1 Průměrné klimatické poměry spolu s nejvyššími hodnotami zachycenými ze stanice Truba od roku 1960 do roku 1995 (Roček, Musil, Chalupa, & Pokorný, 1998)

Průměrná roční teplota	8,14 °C
Průměrná teplota měsíce ledna	-1,96 °C
Průměrná teplota měsíce července	17,81 °C
Maximální dosažená teplota (12.7.1991)	40,80 °C
Minimální dosažená teplota (8.1.1985)	-28,50 °C
Průměrné roční srážky	662,60 mm
Nejvlhčí rok (1977)	890,00 mm
Nejsušší rok (1990)	426,80 mm

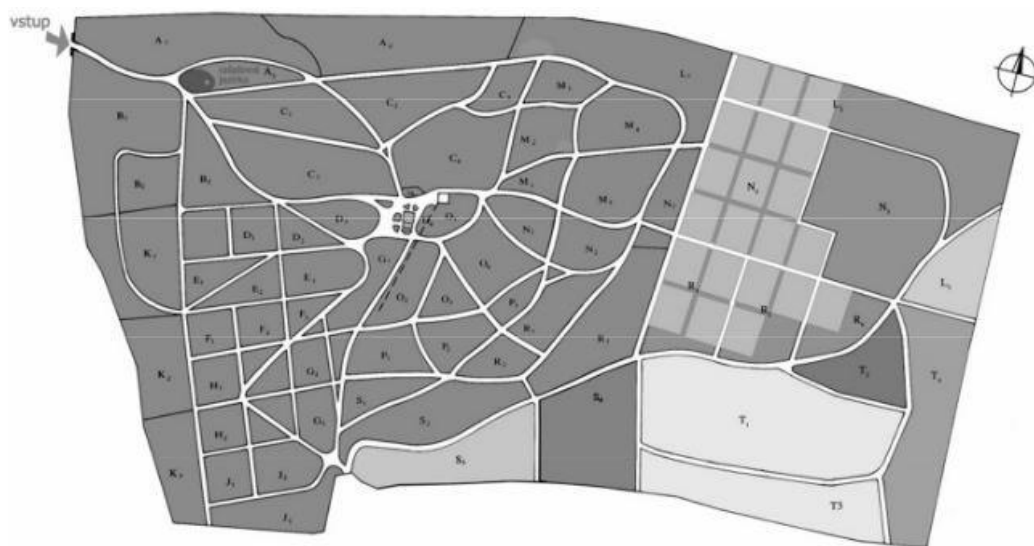
Z výše uvedených skutečností lze vyvodit závěr, že stanoviště, na kterém se arboretum nachází, je jedním ze sušších stanovišť České republiky. Tato skutečnost, spolu se stále častěji se opakujícími extrémně suchými obdobími, naznačuje, že pro mnoho exemplářů ze sbírek roste riziko přisušků, které pro některé druhy mohou mít devastační dopady.

2.1.3 Evidenční systém arboreta

Kostelecké arboretum je rozdělené cestami do jednotlivých oddělení. Každému oddělení jsou přidělována dvoumístná označení, skládající se z velkého písmene a číslice. V dnešní době se v arboretu vyskytují označení A1-T4. Každé nově vysazené dřevinné je v rámci oddělení přiděleno vždy číslo (Bažant & Prknová, 2014).

Soliterně rostoucí jedinci jsou označeni číslem. Skupinově rostoucí dřeviny jsou označeni formou zlomku, kde jmenovatel tvoří pořadové číslo. Skupinově rostoucí, špatně od sebe rozeznatelné keře stejného druhu, jsou označovány jedním evidenčním číslem spolu s počtem jedinců ve skupině.

Každý takto označený jedinec, či skupina jedinců, má na jižní straně plechový štítek právě s přiděleným evidenčním číslem.



Rozdělení arboreta na jednotlivá oddělení

Obrázek 3 Schéma rozdělení arboreta do jednotlivých oddělení (Bažant & Prknová, 2014)

2.1.4 Evidence přírůstků

System vedení přírůstků v arboretu funguje na principu označování nově rostoucích přírůstků pětímístnými kódy. První dvě čísla značí daný rok a zbylé tři čísla postupné evidenční čísla přidělované přírůstům. Pod tímto číslem je přírůst veden další 2-3 roky, po ujetí je mu přiděleno evidenční číslo v daném oddělení.

2.1.5 Evidenční tabulky

Pro studijní, vědecké i praktické účely jsou arboretní sbírky pečlivě evidovány formou evidenčních tabulek. Tento systém byl zaveden roku 1983, od té doby prošel mnoha změnami, ale funkce zpřehlednění a usnadnění evidence sbírek se nezměnila. Tabulky obsahují souhrnné informace o jedinci: evidenční číslo, úplný vědecký název, číslo původu, rok výsadby, rok vzniku, místo a způsob získání sazenice, počet kusů a přirozený areál (Bažant & Prknová, 2014).

V dnešní době existuje tato databáze, propojená pomocí programu ArcView, s mapovým podkladem. Jednoduchým vyhledáním jedince v databázi, nebo v interaktivní mapě, o něm zjistíte veškeré dostupné informace.

2.2 Růst a přírůst

Růst je zvětšování velikosti živého systému, který vzniká aktivní bilancí látkové přeměny, tzn. asimilací (Drápela, 1995). Dendrometricky se pojmem růst rozumí jako děj, který vede ke zvětšení určité dendrometrické veličiny stromu. Růst stromu jde zachytit i graficky, toto grafické znázornění se nazývá růstová křivka stromu a nejčastěji má podobu blížící se tvaru tzv. S-křivky.

Přírůstem se rozumí zvětšení určité dendrometrické veličiny za určitý časový úsek.

Nejčastějšími druhy přírůstků v závislosti na délce sledovaného období jsou: běžný přírůst, kde je časovým obdobím jedno vegetační období, periodický přírůst, kde je sledovaným obdobím několik po sobě následujících vegetačních období a průměrný přírůst, který je výsledkem podílu produkce a věku. I přírůst se dá graficky znázornit, nejčastěji se zobrazuje běžný přírůst, který nám celkově dá přírůstovou křivku stromu. Obecně je běžný přírůst více rozkolísaný a kulminuje dříve než přírůst průměrný (Šebík & Polák, 1990).

2.3 Struktura jehličnatého dřeva

Vzhledem k zaměření této bakalářské práce, budou v následující kapitole popsány pouze makroskopické znaky dřevin jehličnatých.

Jehličnaté dřevo je vývojově starším druhem dřeva a bylo na Zemi již před listnatým, vývojově mladším, typem dřeva. Struktura jehličnatého dřeva je jednodušší, než více specializovaná struktura listnatého dřeva (Čunderlík, 2009).

Struktura dřeva se rozděluje na dvě úrovně, první z nich je makroskopická stavba, která je pozorovatelná pouhým okem, nebo lupou. Na makroskopické úrovni jehličnanů rozeznáváme: jádro, běl, dřevňové paprsky, dřevňové skvrny, pryskyřičné kanálky a letokruhy. Podle těchto znaků se na řezech dá určit, o jaký druh dřeviny jde.

Nejdůležitějším z makroskopických znaků struktury dřeva jsou letokruhy. Letokruh je tloušťkovým přírůstem vytvořený, v našich zeměpisných podmínkách, za jedno vegetační období (Čunderlík, 2009). Skládají se z jarního a letního dřeva s rozlišeným typem buněk. Stavba letokruhů se mění dle druhu dřeviny.

Druhá úroveň se nazývá mikroskopická stavba dřeva, na této úrovni sledujeme cévy, cévice a parenchymatické buňky. Pochopení mikroskopické stavby je důležité pro pochopení fyzikálních vlastností dřeva.

2.4 Tloušťkový růst a přírůst stromů

Činností meristemických pletiv, kambia a felogenu, zvětšuje strom svou tloušťku na principu tvorby nového pláště, tvořeného dřevem a kůrou, při obvodu stromu. Věkové pořadí vrstev kůry je opačné, než věkové pořadí vrstev dřeva (Šebík & Polák, 1990). To znamená, že nejstarší vrstva dřeva je ve středu kmene, kdežto nejstarší vrstva kůry tvoří plášť celého stromu. Meristemická pletiva tvoří dva druhy dřevních buněk.

První typ je tvořen na začátku vegetačního období, buňky tvořené v tomto období jsou tenkostěnné a dlouhé. Tyto buňky jsou označovány jako jarní dřevo.

Druhým typem jsou buňky označované jako letní dřevo. Tyto buňky jsou na rozdíl od jarního dřeva tlustostěnné, užší a zploštělé. Vrstva jarního a letního dřeva vytvořená za jedno vegetační období tvoří běžný přírůst a v příčném řezu kmenem tvoří letokruh.

Známé jsou i rozdílné fyzikální vlastnosti těchto typů dřeva. Šířka letokruhů ovlivňuje také hmotnost čerstvého dřeva. Několikrát bylo potvrzeno, že dřevo smrku je těžší, čím jsou letokruhy užší. Hmotnost čerstvého dřeva s rostoucí šířkou letokruhů klesá (Šebík & Polák, 1990). I přes to, že hmotnost dřeva úzce souvisí s většinou fyzikálně-technických vlastností dřeva, významně je ovlivňuje i šířka letokruhů (Erteld & Hengst, 1968).

Výraznost letokruhů se liší mezi jednotlivými druhy dřevin. Dobře rozpoznatelné přechody mezi jarním a letním dřevem mají jehličnany a kruhovitě uspořádané listnaté dřeviny, kde jsou cévy pravidelně uspořádány podél hranice letokruhu. Naopak hůře, nebo vůbec nerozpoznatelné přechody jarního a letního dřeva mají roztroušeně pórovité, listnaté dřeviny (Drápela, 1995)

Rychlost tloušťkového přírůstu závisí v první řadě na druhu dřeviny. Každá dřevina má různé vlastnosti a schopnosti růstu. Rozdílné jsou zejména kulminace tloušťkových přírůstů mezi jednotlivými druhy dřevin. Dalšími faktory ovlivňující tloušťkový přírůst jsou počasí, stanoviště, věk dřeviny, kvalita ovzduší, poškození stromu, růstový prostor a s ním spojený zápoj spolu s hustotou koruny.

2.4.1 Období růstu

V klimatických podmínkách mírného pásu začíná tloušťkový přírůst u listnatých dřevin začátkem května a obvykle končí se zkracující se denní periodou a to koncem srpna. U jehličnatých dřevin je aktivita meristematických pletiv o něco posunutá. Začíná v půlce května a končí koncem září. Nejaktivnějšími jehličnatými dřevinami jsou borovice, douglaska a částečně i smrk.

Na růst stromu má vliv i denní doba. Podle výzkumů je největší intenzita tloušťkového růstu před východem slunce. S rostoucí transpirací v průběhu dne

klesá hodnota přírůstů. To znamená, že nejmenší aktivity dosahují pletiva za slunných dní, kolem poledne. Za oblačných a deštivých dní se růstová aktivita nesnížila. S poklesem intenzity slunečního záření během dne opět narůstá aktivita pletiv a s tím spojeného opětovného růstu. Dále bylo zjištěno, že v závislosti na klimatických podmínkách se mění i obvod kmene. Největšího obvodu dosahuje ráno, s klesající vzdušnou vlhkostí a rostoucí intenzitou slunečního záření se obvod kmene zmenšuje. Tento jev je způsoben ještě plně nezdřevnatělými buňkami, které s rostoucí transpirací ztrácí vodu a tím se zmenšují. V popoledních hodinách je tloušťka stromu nejnižší, večer po skončení výparu, opět vzrůstá. Ze začátku rychle, poté pomaleji (Šebík & Polák, 1990). Dalším faktorem ovlivňujícím tloušťku kmene je tuhý mráz. Dřevo se za vysokých mrazů smršťuje a tím snižuje i celkovou tloušťku kmene.

2.5 Základní druhy přírůstů dendrometrických veličin

Jak již bylo v předchozí kapitole řečeno, přírůst všeobecně představuje změnu určité dendrometrické veličiny za určitý čas. Pro pochopení tématu této bakalářské práce si musíme představit základní druhy přírůstků, které se poté dají aplikovat na sledování tloušťky.

Prvním z nich je přírůstek běžný, tento přírůstek popisuje okamžitou změnu veličiny v čase. Pro lesnické účely je nahrazován běžným ročním periodickým přírůstem. Ten je definován jako rozdíl konečné hodnoty dendrometrické veličiny (y_2) a počáteční hodnoty této veličiny (y_1), vydělený délkou sledovaného období (n) (Šmelko, 2003).

$$BPR = \frac{y_2 - y_1}{n}$$

Druhým používaným druhem přírůstků je průměrný přírůstek roční. Ten je definován jako hodnota veličiny (y_t) v určitém věku vydělená věkem.

$$PPR = \frac{y_t}{t}$$

Posledním druhem je relativní přírůstek, též nazvaný jako přírůstkové procento, charakterizuje intenzitu resp. relativní rychlost růstu dendrometrické

veličiny a získá se jako poměr přírůstků k veličině, na které se vytvořil (Šmelko, 2003) (Musil, 2007).

$$i_v \% = \frac{i_y}{y} \cdot 100$$

Veškeré tyto popsané veličiny se dají aplikovat na řadu dendrometrických veličin. Mezi nejdůležitější dendrometrické veličiny, na které se dá přírůstek aplikovat, patří: tloušťka, výška, výtvarnice, objem, kruhová základna, kůra. Monitorování a vyhodnocování přírůstků má nepopsatelný význam teoretický, ale také praktický.

2.6 Monitorování přírůstu

2.6.1 Charakteristika dendrometrů

Pro vědecké účely je ovšem měření tloušťky průměrkou v mnoha případech nedostatečné. V těchto případech se využívá dendrometrů. Dendrometry jsou přístroje sloužící ke zjišťování přírůstků tloušťky za vegetační období. V dnešní době existují přírůstoměry (dendrometry) pásové s manuálním odečtem, nebo přírůstoměry pásové s digitálním odečtem.

2.6.2 Pásové přírůstoměry s manuálním odečtem

Pásové přírůstoměry s manuálním odečtem jsou konstruktivně velmi jednoduchá zařízení. Skládají se z noniové stupnice, pružiny a kovového pásu. Kovovým pásem se obtočí celý kmen, přičemž na jeho konec se umístí noniová stupnice s pružinou. Růstem stromu se natahuje pružina, která ukazuje přírůstek na stupnici. Jejich přesnost se pohybuje v řádech 0,1 mm. Ve většině případů se odečet ze stupnice provádí jednou za měsíc.

2.6.3 Digitální přírůstoměry

Druhým typem jsou digitální přírůstoměry. Tyto dendrometry pracují na podobném principu jako dendrometry s mechanickým odečtem s tím rozdílem, že odečet je prováděn přístrojem a výsledek uložen do paměti přístroje. Odečty jsou prováděny častěji než u dendrometrů s mechanickým odečtem. Nejčastěji jednou za hodinu. Jejich výhodou oproti předchozím je vyšší početnost měření, s tím

přesnější stanovení dynamiky přírůstů a vyšší přesnost. Oba typy dendrometrů se instalují do prsní výšky 1,3m od paty stromu.

Pro realizaci této práce byl použit digitální dendrometr EMS DRL26A, který s přesností měření na 1 mikrometr zajišťuje dostatečnou přesnost zkoumání dynamiky tloušťkových přírůstů. Další funkcí používanou u tohoto dendrometru bylo měření teploty přímo v okolí zkoumaného stromu.

2.7 Určování věku stromů

Věk je jednou z nejdůležitějších dendrometrických veličin, úzce souvisí s mnoha jinými dendrometrickými veličinami. Jednou ze souvisejících veličin je právě přírůst. Na základě závislosti mezi věkem a přírůstem se dá určovat produkce dřevin na stanovištích, což nám dává praktický význam v posuzování produkčních vlastností stanovišť, ale také různých dřevin. Dalším praktickým využitím věku je bonitace porostů.

Definice věku porostu se ve světě liší, v oblasti střední Evropy je věk chápán jako doba od vyklíčení semene. Ve Velké Británii je věk chápán jako doba od založení porostu. Mezi těmito dvěma nejčastěji používanými definicemi věku dochází často k rozporu. Druhá definice nejednotně posuzuje věk stromů vzniklých umělou obnovou a přirozeným zmlazením.

Takto zjištěný věk se nazývá věk fyzický. Druhým používaným věkem je věk hospodářský. Ten vyjadřuje věk, který by strom potřeboval za určitých normálních podmínek, pro dosažení určité dimenze.

Určovat věk se dá mnoha způsoby. Jedním z nich je počítání přeslenů. Tento způsob je založen na předpokladu, že mnoho dřevin v našich zeměpisných šířkách vytváří každoročně spolu s přírůstem terminálního pupenu také rovnoměrně uspořádané postranní přesleny. Tento způsob lze použít jen v relativně mladém věku, protože poté stromy v zapojených, starších porostech odhazují spodní přesleny. Poté bývá odhad věku nereálný.

Dalším způsobem určení věku stromu je analýza letokruhů. Zde se využívá základní vlastnosti dřeva, kterou je střídání jarního a letního dřeva. Toto střídání

vytváří za jedno vegetační období letokruh, který je dobře rozlišitelný u mnoha druhů dřevin. Nejlépe u dřevin jehličnatých, nebo listnatých kruhovitě pórovitých. Analýza letokruhů se dá realizovat okulárně, nebo digitálně formou skenerů.

Posledním u nás využívaným způsobem určování věku je počítání letokruhů na vývrtnu odebraném ze stojícího stromu. Určování je založeno na odběru vývrtnu za pomoci Presslerova přírůstoměru (nebozez). Poté se na válečku dřeva odebraného přírůstoměrem spočítají letokruhy stejně jako v předchozím způsobu. Nejdůležitější podmínkou je, aby vývrt dosáhl samotného středu kmene a odebral tak všechny letokruhy stromu.

2.8 Borovice (*Pinus L.*)

Už jen latinský název nám může napovědět jednu z klíčových informací o tomto rodu. Slovo *Pinus* totiž, z latiny volně přeloženo, znamená pryskyřici poskytující. Celý tento druh je hospodářsky velmi důležitým druhem. Jedná se o vždyzelené, světlomilné stromy, ojediněle keře, které se vyznačují pravidelnými přesleny a jehlicemi vyrůstajícími na krátkých výhonech neboli brachyblastech. Na mnoha lokalitách České republiky se specifické druhy borovic chovají jako pionýrské dřeviny. Na téměř všech stanovištích borů a na některých stanovištích 1. a 2. lesního vegetačního stupně (LVS) je často jedinou dřevinou, která je schopna plnit i dřevoprodukční funkci.

Hlavním rozdílem mezi druhy je počet jehlic rostoucích na brachyblastu, nejčastěji se však vyskytují borovice dvou, tří a pětijehličnaté. Méně časté jsou borovice jedno, čtyř a šesti jehličnaté. Avšak v prvním roce života má semenáček nejprve přeslen 3-18 jehlicových děloh, na něž navazují jednotlivé, ve spirále umístěné pilovité, primární jehlice (Musil, 2007).

Šišťice vyrůstají na letorostech, podle umístění lze zjistit, zda se jedná o šišťici samčí, či samičí. Samčí se nejčastěji nacházejí při bázi letorostu, v místě brachyblastu. Nepotřebují velké množství světla, proto se nacházejí ve spodních částech koruny. Samičí šišťice se nejčastěji vyskytují v dostatečně osluněných místech koruny, čemuž odpovídá i jejich obvyklé postavení na stromu. Nejčastěji vyrůstají těsně pod vrcholovým pupenem. Barva šištic se v průběhu vývoje mění.

Rozdílné barvy mají i jednotlivé pohlaví šištice. Červené bývají v období květu samičí šištice, které postupně tmavnou do konečné barvy daného druhu. Samčí šištice jsou v období květu obvykle zelené. Převážně první rok po opylení dochází k oplodnění, od tohoto okamžiku začíná opětovný růst šišky, který ustává až po dosažení konečné velikosti šišky. Dozrávání šišek nejčastěji nastává po 16 měsících od opylení. Šiška je tvořena semennými šupinami se štítkem (apofýza), nesoucí na vrcholu pupek (umbo) spolu s hrotem (mucro) (Musil, 2007). Tyto znaky nám napomáhají k determinaci druhu.

Jako u mnoha dalších druhů, tak i u borovic dochází k otevírání šišek v závislosti na změnách vlhkosti. Šišky, které již semena neobsahují, mohou na stromě zůstat až několik let, výjimku tvoří skupina borovic, řadící se mezi limby, u kterých dochází k opadu celých šišek bez otevření.

Převážná většina borových semen se řadí mezi semena s křídlem, opravdu jen malé množství druhů má semena bez křídla. Tvar křídla kolem semene má nejčastěji tvar „kleštiček“. Tyto „kleštičky“ se od semene dají velmi často oddělit, což je v mnoha ohledech velkou výhodou pro pěstování a celkové zpracování semene borovice. V rodu *Pinus* se vyskytují též semena od křídla neoddělitelná.

V České republice jsou sice autochtonní jen tři druhy borovic (*Pinus sylvestris*, *Pinus rotundata*, *Pinus mugo*), ale ve světě je popsáno na více než 100 druhů, rostoucích prakticky jen na severní polokouli. Jedinou výjimkou překračující rovník je *Pinus merkusii*. Jejich rozšíření na severní polokouli je obdivuhodné. Vyskytují se téměř ve všech nadmořských výškách. Nejvyšších nadmořských výšek dosahují v Číně a Mexiku, kde vystupují do výšky až 4000 m n. m. Výskyt je opravdu obrovský, od severních polárních oblastí, přes lesy mírného pásu, subtropického pásu, až po tropy.

2.8.1 Systematika

Rod *Pinus* se dále dělí na dva podrody, podrod *Pinus* a podrod *Strobus*.

2.9 Podrod *Pinus* (*Diploxylon*)

Tento podrod je výrazně početnější než podrod *Strobus*, zahrnuje $\frac{2}{3}$ druhů z celého rodu *Pinus*. Podrod *Pinus*, též borovice „tvrdé“, se vyznačuje náhlým přechodem mezi jarním a letním dřevem. Nejčastěji se jedná o dvou až tří jehličnaté borovice na brachyblastu. Každá z těchto jehlic má, na mikroskopické úrovni, dva cévní svazky. Pochvy svazečků jehlic na brachyblastech, jsou nejčastěji vytrvalé. Apofýzy semenných šupin jsou o něco silnější, často se vyskytují spolu s hrotem. Semena druhů patřících do sekce *diploxylon* mají zpravidla křídlo tvaru „kleštiček“, které je lehce oddělitelné od semen.

2.9.1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

2.9.1.1 Charakteristika

Borovice lesní je hospodářsky nejvýznamnějším druhem borovic v České republice. Svou oblibu si získala zejména vysokou odolností a v některých případech až pionýrským charakterem. Jedná se na našem území o autochtonně se vyskytující dřevinu, s dvěma jehlicemi na brachyblastu.

2.9.1.2 Ekologie

Tento druh je charakteristický výraznou světlomilností. Je intolerantní k zastínění (Musil, 2007). Jedná se o velmi odolnou borovici, která se nám do dnešní doby přirozeně zachovala na extrémnějších stanovištích, kde jí více stín tolerující dřeviny nemohou konkurovat. V minulosti tomu tak nebylo, borovice se velmi rychle dokázala rozšířit v preboreálu do celé střední Evropy (doba borová). Postupně byla ale vytlačována stín tolerantními, nebo stín snášejícími druhy.

2.9.1.3 Popis

Borovice lesní se nejčastěji vyskytuje jako strom, dle charakteru lokality, kde roste, může dosahovat až 40 metrů výšky a tloušťky v prsní výšce 40 centimetrů. Málo kdy se setkáme s keřovou formou tohoto druhu. Věk, kterého borovice dosahují, závisí na lokalitě výskytu. Běžné jsou však výskyty 300 let starých borovic. Je však zřejmé, že se v tak obrovském areálu výskytu budou vyskytovat i borovice daleko starší.

Vzhled stromů je různý, ale pokusíme se zde popsat běžný vzhled borovice. Začněme korunou, ta se mění v závislosti na klimatu. Na severu jsou koruny štíhlé, směrem k jihu jsou širší, se silnými větvemi, které mohou dosahovat až deštníkovitého tvaru. Tyto změny v korunách sosen jsou adaptacemi na různé klimatické podmínky. V chladných oblastech s velkým množstvím sněhu by borovice z jihu přežila jen stěží. Jemné zavětvení a štíhlá koruna jen zabraňují poškození sněhem. Jehlice opadávají průběžně, nejčastěji po třech letech.

Kmen borovic bývá přímý, se silnou vrstvou kůry. Borka bývá hnědé až oranžové barvy. Často má charakter desek, či šupin. Jedná se o jádrovou dřevinu s relativně měkkým dřevem, které má na trhu dřeva nezastupitelnou roli.

Oproti smrkům má borovice mohutný kořenový systém. Zachován je kůlový kořen, který zasahuje do značné hloubky. Nejčastěji 2 až 3 metry, v suchých oblastech i hlouběji. Časté jsou i postranní kořeny. Díky těmto charakteristickým znakům kořenového systému se borovice považuje za zpevňující dřevinu, téměř vůbec netrpí vývraty, jako mnoho ostatních jehličnatých dřevin.

2.9.1.4 Fenologie

Pinus sylvestris je jednodomou dřevinou. Odkvět borovice nastává v květnu, až počátkem června. Jedná se o anemogamní druh, který produkuje velké množství pylu (Musil, 2007).

Samčí šištice jsou zakládány v těsné blízkosti báze letorostu, koncem léta předchozího roku. Obvyklý je růst ve spodních částech koruny. Samičí šištice nalezneme naopak ve vrchní, dostatečně osluněné, části koruny. Jsou zakládány též v pozdním létě předchozího roku a to těsně u vrcholového pupenu. Zpočátku jsou jen mikroskopické velikosti, to se však mění následující rok na jaře s rašením letorostů. Každý letorost nese obvykle 1-3 samičí šištice. Ty jsou připraveny k opylení zhruba po dvou týdnech od vyrašení letorostů. Tehdy dochází k prodlužovacímu růstu a k „dozrání“ šištic (Musil, 2007).

Krátce po opylení dochází k dalšímu růstu těchto šištic. Semenné šupiny tloustnou, pylové zrno klíčí a šištice obrací svůj růst ze směru růstu letorostu nazpět. V tzv. koneletách poté nastává útlum klíčení pylového zrna na dlouhých 12 měsíců. Konelety během této doby nadále zvětšují svou velikost. Po uplynutí 12 měsíců, během kterých bylo pylové zrno v klidu, nastává opětovné klíčení, během kterého je oploženo vajíčko. Tímto okamžikem (červen následujícího roku) počíná masivní růst. Na jehož konci máme 3-6 cm velkou šišku (Musil, 2007).

K dozrání šišek dochází v říjnu stejného roku. Semena jsou za příznivých klimatických podmínek schopna opustit šištice ještě tentýž rok. Nejobvyklejší je ale opuštění šištice semeny až v předjaří následujícího roku. Ve stejném roce opadávají i prázdné šišky ze stromů (Koblížek, 2006).

Semena tohoto druhu se řadí ke křídlatým semenům. Křídlo tvoří kolem semene „kleštičky“, které jsou dobře oddělitelné. Barva semen je tmavá, různé variace hnědé až černé. Semena sosny jsou velmi lehká. Průměrná hmotnost 1000 kusů semen je 6,3 g (Musil, 2007). Tato semena se řadí mezi ortodoxní semena, což ulehčuje semenářské zpracování a následný výsev tohoto druhu. Životaschopnost semen je dlouhá, ale optimální doba uskladnění, před větší ztrátou klíčivosti, je 15 let (Musil, 2007).

Semenné roky nastávají u borovic různě, dle charakteru lokality. Běžný interval semenných let je však 3-6 let. Produkce semen začíná v příznivých podmínkách již kolem pátého roku. S horšími podmínkami se posouvá začátek produkce semen, v normálních podmínkách začínají borovice plodit kolem patnáctého roku, v zápoji až kolem třicátého až čtyřicátého roku. Semena jsou borovice schopné produkovat až do věku 200 let (Koblížek, 2006).

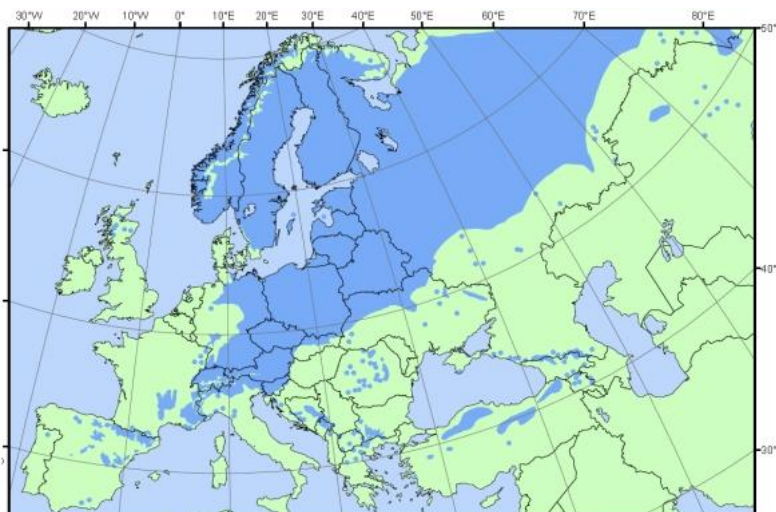
Borovice jako světlomilná dřevina nejlépe klíčí na osluněných plochách. Z počátku je pro ni charakteristický rychlý růst jak výškový, tak tloušťkový, který se s posunem od jižních proveniencí k severním zpomaluje. Prodlužovací růst výhonů brzy zjara je pro tento charakteristický, většinou končí už na přelomu května a června. Ojediněle může nastat ještě druhý prodlužovací růst trvající od druhé poloviny června do září. Přírůsty letorostů vytvořeny v tomto období jsou též nazývány jako Jánské výhony (Musil, 2007).

2.9.1.5 Proměnlivost

Diverzita uvnitř taxonu borovice je extrémně veliká (Musil, 2007). Z hospodářského hlediska je důležitý růstový potenciál daných jedinců. Ten roste od severu k jihu. Spolu s růstem tohoto potenciálu, naopak klesá odolnost vůči chladu, což je v podmínkách mírného pásu velký problém. Při výběru sadebního a semenného materiálu je důležité vybírat tento materiál ze stejných klimatických podmínek, do kterých budou následně vysazovány (Musil, 2007).

2.9.1.6 Rozšíření

Areál výskytu borovice lesní je největší z rodu borovic, prochází od Atlantiku Evropou, kde se vyskytuje od Pyrenejského poloostrova až za polární kruh ve Skandinávii, přes Sibiř, až k Pacifiku. Těžiště tak rozsáhlého areálu výskytu leží v severní Asii (Musil, 2007).



Obrázek 4 Areál výskytu *Pinus sylvestris* v Evropě (<http://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris/>)

Jak již bylo řečeno, na velkém území se borovice vyskytuje v nižších polohách, zvládá i chudší podklady, které ovšem musí být dostatečně zásobeny vodou, ať už srážkovou, nebo spodní. V evropské části zasahuje dále za polární kruh než smrk, ovšem na Sibiři je tomu opačně (*Picea obovata*). Borovice je hojně zastoupena i v tajze, kde je lépe adaptovaná na časté přírodní požáry, svou tloušťkou borky a strukturou kořenového systému. Další adaptací je fakt, že se borovice daleko ochotněji rozmnožuje na spálených, mineralizovaných podkladech, než ostatní dřeviny (Musil, 2007).

Vertikální výskyt této borovice je závislý na podnebí. Na severu se vyskytuje spíše v nižších polohách, na jihu je dřevinou pohoří. Nejvyšších nadmořských výšek dosahuje ve Španělsku (až 2200 m n. m.) a na Kavkazu (až 2600 m n. m.) (Musil, 2007).

2.9.1.7 Rozšíření v ČR

Na našem území se jedná o autochtonně se vyskytující borovici. V našich lesích je zastoupena 17,6%, přirozené zastoupení borovic na našem území je ovšem o dost nižší, předpokládá se, že byla zastoupena jen 5,4%. Doporučené zastoupení by mělo být kolem 16,8% (Musil, 2007).

Borovice lesní má své těžiště výskytu na našem území v mezofytiku. Ve vyšších polohách se v ČR vyskytuje jen ojediněle na chudších stanovištích Šumavy, kde také u Plešného jezera dosahuje jednoho z nejvyšších míst svého výskytu v ČR (1070 m n. m.). Výskyty v oreofytiku a mezofytiku bývají považovány za azonální (Musil, 2007). Autochtonní borovice lesní se u nás nyní vyskytuje jen ostrůvkovitě na extrémních reliktních stanovištích, např. ve světlých lesích na skalnatých ostrožnách, na balvanitých svazích, na sutích, štěrcích, písčích a na některých písčinných přesypech, na lokalitách často suchých a mělkých, ale i na mělkých lemech rašelinišť (Koblížek, 2006). Reliktní bory z vátých písků Polabí, hadcích Slavkovského lesa, pískovcových skal Českého ráje, kolem řek Labe, Dyje, Jihlavy, bažinatých půd kolem Třeboně, sutích a vápencích Moravy, jsou posledními autochtonními porosty na našem území (Musil, 2007).

2.9.1.8 Škodlivý činitelé

V našich podmínkách bývají největším problémem polomy způsobené mokrým sněhem, či námrazou. Jak již bylo v předchozích kapitolách řečeno, borovice má měkké dřevo, které jen stěží odolává tlaku způsobeným hmotností mokrého sněhu. Tlak zvěře není na borovici takový, jako například na jedli, ale škody způsobené okusem a ohryzem jsou nebezpečné zejména pro mladé jedince. Dalšími škodlivými činiteli jsou václavky, sypavky a přemnožení škůdců, například klikoroha. Je důležité poznamenat, že borovice při větším poškození produkuje velké množství pryskyřice (Musil, 2007).

2.9.1.9 Využití

Borovice lesní je hned po smrku druhou nejvýznamnější hospodářskou dřevinou. Je možné ji sázet na extrémních stanovištích, skalách, výsypkách i podél komunikací. Nesvědčí jí větší imisní zatížení, ale jinak zvládá široký záběr

stanovišť. Nejčastěji se zpracovává na pilařskou kulatinu a vlákninu. Tzv. smolaření je zvláštní způsob zpracování pryskyřice borovice na kalafunu a ostatní výrobky na bázi pryskyřice. Žádané jsou též borové vánoční stromky (Koblížek, 2006).

2.9.2 Borovice černá (*Pinus nigra*)

2.9.2.1 Charakteristika

Jedna z méně využívaných dvoujehličnatých borovic v našich lesích, která pochází z klimatických poměrů mediteránu. Jedná se o rychle rostoucí borovici s vysokou proměnlivostí, která byla na naše území introdukována v první polovině 19. století. Svou vysokou produkcí převyšuje mnoho ostatních druhů tohoto rodu, ale v lesnických sférách nebývá dostatečně doceněna.

2.9.2.2 Ekologie

Stejně jako borovice lesní, i borovice černá je velmi světlomilnou dřevinou. Charakteristické jsou pro ni velmi chudé, neprodukční lokality, s vysokým pH, kde i přes tyto faktory dokáže dosáhnout vysokých produkčních výnosů (Musil, 2007). Jediným limitujícím faktorem pro tuto dřevinu je délka vegetační doby. Příliš ji nesvědčí zkrácená vegetační doba, která se zkracuje s rostoucí zeměpisnou šířkou.

2.9.2.3 Popis

Stejně jako borovice lesní, i tento druh se vyznačuje vysokou proměnlivostí vzhledu. Proto charakteristika vzhledu tohoto druhu není vůbec jednoduchá. Standartní typ borovice černé dosahuje úctyhodných rozměrů. Výška od třiceti do padesáti metrů, tloušťka v prsní výšce může dosahovat více jak jednoho metru.

Koruna stromu, dle charakteru lokality, bývá kuželovitá, okrouhlá až plochá, v Turecku se však přirozeně vyskytuje typ této borovice, který má úzce sloupovitou korunu.

Z hospodářského hlediska je důležitý průběh kmene stromu. Přirozený průběh kmene je přímý, rovný, až náhle ukončený. Což je pro hospodářské účely výborným předpokladem. Stejně jako všechny borovice má silnější borku na povrchu kmene. Adaptace na podnebí jižní Evropy a mediteránu jsou silné větve s vysokým podílem jehlic na brachyblastech. Jehlice na brachyblastu vyrůstají po dvou.

Kořenový systém má kulovitý tvar, na vhodných stanovištích s velkým množstvím bočních kořenů. Dobře zpevňuje půdu, avšak na sypkých, vlhčích stanovištích dochází také často k vývratům. Důležitou vlastností kořenového systému je dobré ukotvení stromu i na mělkých půdách. Tato vlastnost se projevuje i velmi dobrou vlastností pronikat do skulin a prasklin v matečné hornině.

Dřevo této dřeviny je velmi měkké, na příčném průřezu bychom našli úzké a tmavší jádro než u *Pinus sylvestris*.

2.9.2.4 Fenologie

Stejně jako borovice lesní, i borovice černá je jednodomou, anemogamní dřevinou. Produkuje velké množství pylu. Kvetení začíná v květnu a končí koncem června.

Samčí šištice rostou ve spodních částech koruny. Po vypadání pylu zasychají a opadávají. Samičí konelety mají jasně červenou barvu a vyrůstají ve vrchních částech koruny. Schopnost oplodnění samičí šištice pylem je jen 3 dny, poté semenné šupiny uzavřou přístup k vajíčku. Po úspěšném oplodnění vajíčka, v následující vegetační sezóně, začnou šištice dozrávat, rychle růst a také měnit barvu z jasně červené na zelenou. V témže roce od září do listopadu mění opět barvu ze zelené na zeleno-žlutou, až světle hnědou.

Semena borovice černé se řadí ke křídlatým semenům. Jsou často kroupnatá, kde převládá červeno-hnědá barva. Velikost samotného semene bez křídla je pouhých 5 až 8 milimetrů, s křídlem kolem 20 milimetrů. Zajímavý je počet semen v jedné šištici. Z výzkumů na rakouské populaci borovice černé bylo zjištěno, že počet semen v jedné šištici kolísá mezi 30 až 40, přičemž klíčivých bývá zhruba 50%. Malé rozměry a nízká hmotnost odpovídá i počtu semen v jednom kilogramu čistého osiva, který se pohybuje kolem 57 000. Celkem vysokou klíčivost si semena uchovávají tři roky, před výsevem je nutná stratifikace.

Charakter lokality ovlivňuje i produkci semen. Na kvalitních stanovištích, s dobrými klimatickými podmínkami, dokáže plodit už v patnáctém roce života,

v opačném případě, nebo v zápoji až kolem 40 roku. Semenné roky se opakují v intervalu od dvou do pěti let.

Semenáčky, stejně jako u borovice lesní, nejlépe rostou na osluněných plochách. Rostou o něco pomaleji než borovice lesní, avšak svůj výškový přírůst si zachovávají do pozdějšího věku. V prvním roce se ještě neobjevují jehlice vyrůstající ve dvou na brachyblastu, ty se objevují až v roce druhém. V prvním roce vyrůstají jehlice po jedné.

2.9.2.5 Proměnlivost

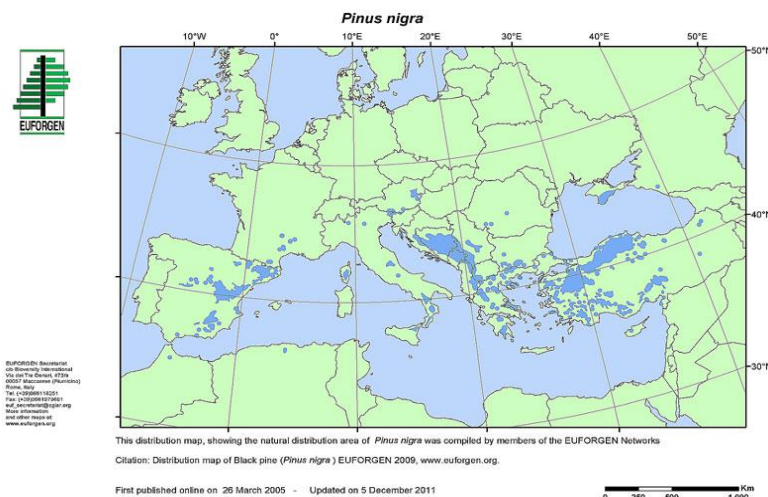
Borovice černá patří k nejvariabilnějším druhům dřevin. V mnoha publikacích můžeme nalézt členění borovice černé do jednotlivých poddruhů, avšak stále se jedná o borovici černou. Nejčastěji se dále člení na tři geografické skupiny: 1) Západní skupina, kde roste na indiferentních podkladech, nejčastější výskyt je Španělsko, Francie a sever Afriky. 2) Střední skupina, kde se nejčastěji vyskytuje na silikátových podkladech, nejčastější výskyt je Sicílie a Apeninský poloostrov. 3) Východní skupina, kde se nejčastěji vyskytuje na vápencových podkladech, nejčastěji na Balkánském poloostrově, Krym a západ Asie.

Z hospodářského hlediska je důležitý růstový potenciál tohoto druhu. Dle výzkumů prováděných na výše zmíněných geografických skupinách, se růstově nejlépe projevila skupina východní, konkrétně z oblasti bývalé Jugoslávie. Další rychle rostoucí skupinou byla střední, konkrétně z jihu Itálie a Korsiky, která je však málo odolná vůči mrazům.

2.9.2.6 Rozšíření

Přírozený areál výskytu je nesouvislý. Rozkládá se na jihu Evropy a kolem Středozevního moře. Nejdále na sever zasahuje do Rakouska po Dunaj. Opačným směrem se nejdále vyskytuje na severozápadě Afriky, konkrétně v Maroku a Alžírsku. Na východě najdeme porosty *Pinus nigra* až v západní části Asie a v západním Kavkazu.

Převážná část výskytu této borovice je koncentrována v horských oblastech, i když některé porosty můžeme najít už v nadmořské výšce mořské hladiny (Dalmácie). Nadmořské výšky výskytu se tedy pohybují od 0 m n. m. až do 2000 m n. m.



Obrázek 5 Areál výskytu *Pinus nigra* v Evropě (<http://www.euforgen.org/species/pinus-nigra/>)

2.9.2.7 Rozšíření v ČR

V ČR není původním druhem, ale je vysazována na chudých půdách, kde se nedařilo ani borovici lesní. Nejčastěji ji u nás nalezneme na vápencových podkladech, kam je velmi často introdukována. Můžeme ji nalézt i ve městech, nebo v blízkosti urbanizovaných oblastí, neboť velmi dobře zvládá imisní zatížení, ale i zasolení a sucho.

2.9.2.8 Škodlivý činitelé

V mládí je často poškozována zvěří. Oproti borovici lesní daleko snáze podléhá požárům. Jinak velmi dobře snáší imisní zatížení, zasolení, nedostatek živin a nedostatek vody. Dalším nepříznivým vlivem je zástin.

2.9.2.9 Upotřebení

V místech přirozeného výskytu se jedná o důležitou hospodářskou dřevinu. Poskytuje velké množství užitkového dříví. Dále je pěstována v oblastech aridních, až semiaridních. Zde je používána pro zpevňování pohyblivých písků či

dun. Poskytuje půdě velké množství organické hmoty svým opadem. Dalším důležitým zdrojem pro těžbu pryskyřice.

2.9.3 Borovice pokroucená (*Pinus contorta*)

2.9.3.1 Charakteristika

Borovice dosahující největší ekologické amplitudy na území severní Ameriky. Jedná se o dvoujehličnatou borovici, která se na našem území nevyskytuje přirozeně, ale v 19. století k nám byla úspěšně introdukována. Další z vysoce světlomilných borovic, která je řazena k pionýrským dřevinám.

2.9.3.2 Ekologie

Vysoce světlomilný druh borovice, která nesnáší sebemenší zástin. Roste na svazích, horských hřebenech, ale i holých štěrcích. Od předešlých dvou druhů je poněkud náročnější na příjem vody. Nemá ráda příliš suché podklady, a spíše ji nalezneme na vlhkých, poněkud nepropustných půdách. Z matečných hornin jí svědčí žuly, sopečné horniny a hlinité břidlice. Naopak vápencové podloží ji na rozdíl od *Pinus nigra* příliš nesvědčí.

Za zmínku jistě stojí velká schopnost regenerace. V severní Americe velmi početné lesní požáry jsou důležitým prvkem v životě borovice pokroucené. Na půdách mineralizovaných a obnažených požáry, vytváří, i přes výraznou světlomilnost, velmi husté porosty s vysokým zápojem. Pro takové chování jsou důležité i šišky. Borovice pokroucená produkuje dva druhy šišek, šišky neserotinní, normální šišky, které se po dozrání otevrou a semena vypadají. Ale také šišky serotinní, což znamená, že šišky s dozralými semeny zůstávají na stromě po mnoho let a otevírají se až za vysokých teplot způsobených požáry.

2.9.3.3 Popis

Jedná se o menší borovici, která nedosahuje takových rozměrů jako předchozí dvě zmíněné borovice. Výška této dřeviny se pohybuje mezi 10 až 30 metry. Tloušťky v prsní výšce také nejsou enormní a nejčastěji dosahují hodnot mezi 0,18 až 0,5 metry. Obvykle dosahuje 200 až 500 let věku.

Koruna stromu se s měnicími se poměry stanoviště mění, nejčastěji se však jedná o štíhlou korunu s velkým počtem tenkých větví. Jedním z problémů pěstování této borovice je právě vysoké zavětvení v porostech.

Jeden z hlavních rozdílů od ostatních borovic můžeme sledovat na kmeni. Ten je rozdílný mocností borky, která je velmi tenká. Kmen je plnodřevný, válcovitý (Musil, 2007).

Dalším rozdílným znakem, od ostatních druhů tohoto rodu, je tvar kořenového systému. Předchozí dva druhy disponovaly hlubokým kořenovým systémem a vývraty trpěly jen na vlhkých půdách. Tento druh trpí v porostech vývraty naprosto běžně. Kořenový systém je jen povrchový a velmi mělký.

Obecně je dřevo borovic měkké, dřevo této borovice není výjimkou. Dle tlakových zkoušek je o něco málo měkčí než dřevo borovice lesní.

2.9.3.4 Fenologie

Základním fenologickým znakem je kvetení. Probíhá od poloviny května do poloviny července, a závisí zejména na kvalitě lokality a okolních vlivech prostředí.

Samčí šištice bychom opět hledali ve spodních částech koruny. Většinou při bázi bočních letorostů. Bývají kolem jednoho centimetru velké a mají žlutou až oranžovou barvu. Vyšší patra koruny patří červeným, jeden centimetr dlouhým samičím šištícím. V jednom přeslenu bychom jich mohli najít od dvou do pěti. U této borovice se často vyskytují jedinci s pouze samčími, nebo pouze samičými šišticemi. Jedná se pouze o vzdálenou jednodomost, neboť převažují jedinci s oběma pohlavími šištic současně.

Dva druhy šištic jsou pro tuto dřevinu charakteristické. Serotinní, zůstávající na stromě i několik let a čekající na vhodné podmínky k vypadání semen. Těmito vhodnými podmínkami se rozumí v severní Americe velmi hojně se vyskytující lesní požáry. Které připraví ony vhodné podmínky pro rozmnožení borovice. Druhý typ jsou šišky nesorotinní, tento typ šišek je běžnější. Šišky se otevírají normálně po jejich dozrání. K dozrání obou typů šišek dochází ve

druhém vegetačním období po oplodnění od srpna do října. Jejich otevírání pak na jaře třetího vegetačního období v případě šišek neserotinných.

Semena dosahují velmi malých rozměrů. V jednom kilogramu čistého osiva můžeme nalézt až 207 tisíc semen. Semeno dobře klíčí i bez předchozí stratifikace. Semenné roky se opakují v intervalu 1-3 roky.

Počátek produkce semen je velmi brzký. Tato borovice začíná plodit již mezi pátým až desátým rokem života. Vzhledem k množství semen, počátkem jejich produkce a úspěšností klíčení se celkem pochopitelně v areálu původního výskytu řadí k pionýrským dřevinám.

Nejlepší je pro klíčení semen půda požářišť. Zde semena nacházejí tolik potřebné světlo, minerální, obnaženou půdu a hlavně žádnou konkurenci. Klíčivost semen je neskutečná a v dokonalých podmínkách se blíží k 100 %. Nejdůležitějšími faktory jsou zejména světlo a vlaha.

2.9.3.5 Proměnlivost

Druh disponující vysokou proměnlivostí. Nejčastěji se v její domovině dělí na čtyři variety. První varietou je *latifolia*. Též se můžeme setkat s označením Rocky Mountain lodgepole pine, která se nejčastěji vyskytuje ve vnitrozemských oblastech. Pro nás nejdůležitější varieta, neboť je na našem území nejčastěji vysazována. Jedná se o dobře plodící varietu s tenkou borkou, která dosahuje solidních výšek. Často produkuje serotinní šišky, v nichž si semena zachovávají po dlouhou dobu vysokou klíčivost.

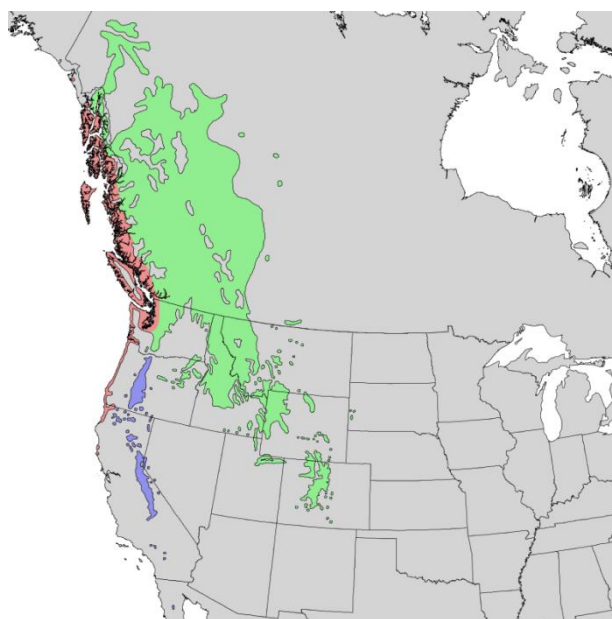
Druhou varietou je *murrayana*. Označení dle místa výskytu je Sierra lodgepole pine. Jak již název napovídá, tuto borovici bychom našli ve známém pohoří Sierra Nevada a v okolních kalifornských pohořích. Od předchozí variety se tato liší tím, že netvoří serotinní šištice. Z tohoto faktu můžeme vyvodit, že tato varieta není příliš adaptována na lesní požáry.

Poslední dvě variety zaujímají jen velmi malá území severní Ameriky. První z nich je varieta *contorta*, též shore pine, která obývá pobřeží Tichého

oceánu. A poslední *bolanderi*, zakrslý typ podzolizovaných kalifornských půd (Musil, 2007).

2.9.3.6 Rozšíření

Pinus contorta je severoamerickou borovicí, největší koncentrace výskytu je na západním pobřeží, zejména Kalifornie. Hranice areálu výskytu tvoří Tichý oceán, na severu Kanadské teritorium Yukon a jihovýchodní Aljaška, na východě pohoří Black Hills a na jihu mexická část Kalifornie.



Obrázek 6 Areál výskytu *Pinus contorta* v Severní Americe (https://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_contorta)

2.9.3.7 Rozšíření v ČR

V ČR se tato borovice vysazuje jako přípravná dřevina v oblasti Krušných hor. Dalšími lokalitami jsou rekultivované výsypky, kde často jako jediná dokáže plnit produkční funkce.

2.9.3.8 Škodlivý činitelé

V přirozeném areálu výskytu je tato borovice terčem mnoha ostatních organismů. Nejzávažnějším škodlivým organismem je kůrovec *Dendroctonus ponderosae* (Musil, 2007). Druhým vážným činitelem škodící této borovici zejména snižováním jejího růstu a snižováním kvality dřeva je poloparazit ze skupiny ochmetovitých s názvem *Arceuthobium americanum* (Musil, 2007).

V našich výsadbách jsou nejčastější škody způsobené zvěří, zejména pak okus a ohryz.

2.9.3.9 Upotřebení

V její domovině se jedná o nejvyužívanější užitkové dřevo. Používá se jako stavební dřevo, již od dob Indiánů. Dalšími výrobky jsou pražce a sloupy. Jedná se o důležitou dřevinu s půdoochrannou, vodohospodářskou a krajino tvornou funkcí.

2.10 Podrod *Strobus* (*Haploxyton*)

Podrod *Strobus* se od druhého podrodu liší přechodem mezi jarním a letním dřevem. U tohoto podrodu přechází jarní dřevo pozvolně v dřevo letní. Dalším rozdílem je nejčastější počet jehlic na brachyblastu, tento podrod je tvořen nejčastěji pěti jehličnatými borovicemi na brachyblastu. Oproti jehlicím prvního podrodu, které na mikroskopické úrovni mají dva cévní svazky, jehlice podrodu *Strobus* má cévní svazek pouze jeden. Pochvy svazečků jehlic jsou oproti prvnímu podrodu opadavé. Apofýzy semenných šupin jsou nezesílené, s častou absencí hrotu. Ze semenářského hlediska se jedná o druhy, jejichž semena jsou těžší na zpracování, semena jsou buď s křídlem pevně přirostlým, nebo těžko oddělitelným (pokud křídlo mají - bezkřídle limby).

2.10.1 Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*)

2.10.1.1 Charakteristika

V této práci se jedná o první pětijehličnatou borovici. Do našich podmínek introdukovaná dřevina, jejíž původní domovinou je severní Amerika. Vyniká svým rychlým růstem a velikostí. Ne nadarmo je ve své domovině nazýván tento druh „králem borovic“. Problémem s touto borovicí v místech, kde neroste přirozeně, je ten, že schopností růstu a konkurenceschopností vytlačuje přirozené druhy daných lokalit. U nás se takto chová ve Skalních pískovcových městech, v okolí Máchova jezera a v Polabí.

2.10.1.2 Ekologie

Vysoká konkurenceschopnost a schopnost vytlačovat naše původní dřeviny, je z velké části zapříčiněna tolerancí k zastínění. Podrosty v porostech tvořeny touto borovicí, jsou schopné snést zastínění až 80%. Zastínění ovšem radikálně snižuje schopnost růstu, která je též snížena v mládí. Mladé semenáčky rostou velmi pomalu, a proto bývají nejohroženějším stádiem vývoje dřeviny. Na rozdíl od ostatních borovic, má tento druh raději humidnější klima. Extrémní podmínky pro tuto dřevinu nastávají s ročním úhrnem srážek kolem 500 milimetrů. Tento druh nedosahuje vysokých nadmořských výšek. Najdeme ji od hladiny moře do cca 1000 m n. m. Nejvyšší nadmořská výška jejího výskytu je 1510 m n. m.

V rámci svého areálu výskytu se vyskytuje na mnoha půdních typech. Nejlépe se jí však daří na propustných půdách. Zejména písčité, chudé podklady jí svědčí. Zde nachází skvělé podmínky k růstu a zejména minimální konkurenci od ostatních druhů. Několik výzkumů ukázalo, že *Pinus strobus* se vyskytuje minimálně na jílovitých a špatně propustných půdách. Dalšími půdami, které jí příliš nesvědčí, jsou půdy vzniklé na fylitech, vápencové půdy a půdy trvale zamokřené.

2.10.1.3 Popis

Dřevina dosahující velkých rozměrů. Výška se nejčastěji pohybuje kolem 30 metrů v její domovině, v našich podmínkách mezi 25 až 30 metry. Tloušťka je velmi závislá na poměrech dané lokality. Ve špatných podmínkách bychom naměřili hodnotu kolem 0,5-1 metr. V optimálních podmínkách 1-1,8 metru. Tak velkých rozměrů dosahují ostatní druhy či některé rody stěží.

Tvar korun vejmutovek je velmi variabilní. V mládí má nejčastěji tvar kužele. S rostoucím věkem se rozšiřuje a často má dosti nepravidelný tvar. Větve v korunách bývají dosti silné, kolmo ostávají od kmene, což bývá problémem v porostech na našem území při větší sněhové pokrývce.

Kmen této dřeviny bývá přímý, hlavním rozdílem od borovice lesní je mocnost borky. U této dřeviny je borka tenká, hladká. Postupně se na ní tvoří podélné rýhy, další charakteristický rys vejmutovek.

Kulový kořen chybí, je zakrnělý. Nahrazen je však obvykle třemi až pěti kořeny, které při správném vývoji dostatečně ukotvují dřevinu v zemi. Důležitá je správná výchova porostů. Ve velmi hustých porostech s nízkou tloušťkou, roste zranitelnost větrem, který způsobuje vysoké počty vývrátů. Zajímavostí je časté srůstání kořenů vejmutovek v porostech. Ty se poté chovají více jak jeden jedinec, konkurence mezi nimi víceméně nevzniká.

Dřevo vejmutovek je stejně měkké jako dřevo ostatních borovic. Vyniká však svou pevností.

2.10.1.4 Fenologie

Kvetení probíhá od května do června. Během něj je produkováno velké množství sypkého pylu, který se větrem rozšíří do okolí. Samčí šištice, v kterých je pyl produkován, jsou oválné. Zpočátku jsou zelené, ale postupem času zhnědnou. Stejně jako ostatní samčí šištice celého rodu, našli bychom je ve spodních částech koruny, na bázích letorostů.

Druhé pohlaví šištic dozrává o něco později než pohlaví samčí. Opylení sice probíhá v období května až června, ale oplodnění vajíčka se dostavuje až 13 měsíců po opylení. Umístění samičích šištic je v horních částech koruny, jsou zeleně zbarvené a jen asi 5-40 milimetrů dlouhé.

Samčí šištice jsou produkovány až ve starším věku, než šištice samičí. Ty můžeme nalézt na jedincích už kolem 6. roku života. Je jich ale opravdu jen malé množství. Větší produkce dosahují stromy až s větší výškou.

Dozrávání samičích šišek je doprovázeno změnou barvy. Ze zelených se stávají nažloutlé až světle hnědé šištice. K tomuto procesu dochází v období srpna až září v druhém vegetačním období po nasazení šištic. Dozrálé šištice obsahují semena s dlouhými křídly.

K dobrým úrodám křídlatých semen dochází jednou za tři až pět let. Ve špatných podmínkách se semenné roky nemusí dostavit vůbec, nebo v intervalech desetiletých či delších. Křídlatá semena mohou být unášena větrem na vzdálenosti kolem padesáti metrů, v zapojených porostech. Na holinách, či pláních je semeno schopno dolétnout až na vzdálenost 200 metrů od mateřského stromu, což zvyšuje úspěšnost šíření tohoto druhu. Dalším výborným pomocníkem, v šíření tohoto druhu, jsou veverka. Semena bývají často jejich zásobami na zimní období, která jsou ukrývána v zemi.

Semena z šištic vypadávají již na podzim. Ve stejném roce, ve kterém šištice dozrají. Ke klíčení dochází na různých typech hrabanky. Špatně klíčí na minerálních půdách. Výbornou vlastností je tolerance ke stínu mladých rostlin. K růstu jim stačí velmi malá hodnota ozáření, pod matečným porostem. Zpočátku

je růst vejmutovek pomalý. V pěti letech dosahuje výšky jen kolem 30 centimetrů. Od 10 roku se však přírůst zvyšuje.

2.10.1.5 Proměnlivost

Mezi jedinci vyskytující se na různých lokalitách existují rozdíly. Nejsou však tak rapidní jako u ostatních druhů. Nejdůležitější rozdíly jsou mezi severskými a jižními proveniencemi. Severské sice rostou pomaleji, ale jsou odolnější proti škodám způsobenými sněhem a emisnímu znečištění. V dnešní době existuje několik výzkumů, které zkoumají genotypy jednotlivých proveniencí, které jsou odolnější ke rzi vejmutovkové (*Cronartium ribicola*) (Musil, 2007). Tyto výzkumy by mohly pomoci v boji s touto chorobou, která nejvíce ohrožuje tento druh.

Výzkumy bylo zjištěno, že *Pinus strobus* se dokáže křížit s některými druhy. Mezi jeden z nich patří evropská borovice *Pinus peuce*. Tyto hybridy jsou rezistentnější ke rzi vejmutovkové, což může znamenat významný pokrok v boji s touto houbovou chorobou.

2.10.1.6 Rozšíření

Domovinou a centrem rozšíření borovice vejmutovky je Apalačské pohoří a oblast Velkých jezer. Nalezli bychom ji na celém východním pobřeží severní Ameriky, odkud se šíří směrem na západ. Hranice areálu rozšíření tvoří trojúhelník tvořící Newfoundland, severozápadní Minnesota a jihovýchodní Manitoba.

2.10.1.7 Rozšíření v ČR

Nejlépe se vejmutovce na našem území daří v oblasti Skalních pískovcových měst, kde sama spontánně zmlazuje. Ohrožuje zde však naše původní, autochtonní porosty borovice lesní a ostatních dřevin. Z tohoto důvodu bývá v těchto oblastech nežádoucí dřevinou. Dále se jí daří i v rovinách a nížinách. Kvalitní porosty bychom našli v okolí Hradce Králové a Plzně. Na našem území je schopna plodit od patnáctého roku života.

2.10.1.8 Škodlivý činitelé

Z abiotických škodlivých činitelů, které dosti ničí vejmutovkové porosty zejména v její domovině, je nutné jmenovat zejména požáry. Mráz a sníh je dalším z nich, který spíše škodí v našich polohách, a ničí porosty všech borovic.

Z biotických škodlivých činitelů je nejvážnějším houbové onemocnění s názvem rez vejmutovková (*Cronartium ribicola*) (Musil, 2007). Je zajímavé, že tato choroba byla introdukována do Ameriky z Evropy v 19. století. Introdukce proběhla na sadebním materiálu, kterého byl v Americe vzhledem k vysoké poptávce pilařské kulatiny této ceněné dřeviny a velkému zalesňování nedostatek. Tato choroba způsobila v 19. století obrovské odumírání porostů. V dnešní době se hledají rezistentní genotypy, které by této chorobě dokázaly odolávat (Kučera, 2015). Mnoho států Evropy upustilo, kvůli velkým škodám způsobenými rzí vejmutovkovou, od pěstování tohoto druhu. Dalšími houbovými onemocněními jsou václavky a hnědák Schweinitzův.

Jedním z dalších škodlivých činitelů je zvěř. Ta škodí zejména na mladých, pomalu rostoucích rostlinách okusem.

2.10.1.9 Upotřebení

Jedná se o velmi ceněnou hospodářskou dřevinu. Dřevo vypadá velmi esteticky a je zpracováváno k výrobě nábytku, překližek a dřevo modelářství.

Vejmutovka je výbornou dřevinou k zalesňování holin. Nemá však ráda holé pláně po požárech. Pro kvalitní růst potřebuje hrabanku. Dalšími funkcemi této dřeviny je funkce krajinytvorná a oblíbená dřevina na vánoční stromky.

2.10.2 Borovice rumelská (*Pinus peuce*)

2.10.2.1 Charakteristika

Druhá pětijehličnatá borovice. Její domovinou je Balkánský poloostrov, nejčastěji makedonské hory. Jedná se o velmi vzácnou, po třetihorách reliktní borovici, která se přirozeně vyskytuje ve dvou oddělených areálech na Balkánském poloostrově.

Strom dosahující výšky kolem 35-40 metrů. Tloušťka v prsní výšce dosahuje jednoho metru, na skvělých stanovištích až metrů dvou (Musil, 2007).

Při jejím hledání v balkánských horách, bychom ji nejčastěji našli na silikátových podkladech. Tato borovice velmi dobře snáší stín, díky tomu vytváří jak smíšené, tak i čistě borové porosty. Ve směsi se jí skvěle daří se smrkem a jedlí.

Strukturou, posazením koruny, zavětvením a mnoha dalšími znaky dosti připomíná borovici vejmutovku. Často s ní bývá zaměňována, ale není tomu tak. Na rozdíl od borovice vejmutovky je velmi odolná proti napadení rzí vejmutovkou. Tento fakt by mohl napomoci borovici rumelské k její introdukci do zemí mimo areál jejího výskytu, či ke genetickému křížení, jejímž výsledkem by mohl být strom vynikající svým růstem, kvalitou dřeva, ale také odolností vůči této chorobě.

Do naší republiky je úspěšně introdukována do zámeckých zahrad, arboret, ale také lesoparků (Koblížek, 2006). V lesním hospodářství příliš velké využití nemá. Vysazována je jen ojediněle. Nejčastějším výskytem byly umělé výsadby na imisních holinách.

3 Metodika

3.1.1 Dendrometr EMS DRL26A

Dendrometr EMS DRL26A je výrobkem brněnské firmy EMS Brno. Jedná se o přírůstoměr s digitálním odečtem, který svou konstrukcí zajišťuje dlouhodobý sběr dat. Celé zařízení je ke kmeni přichyceno pouze nerezovým páskem. Tento způsob uchycení zajišťuje dostatečnou stabilitu přístroje, ale i šetrnost pro strom, který tak není nijak poškozován. Další částí tohoto přístroje je senzor rotační polohy. Změny tloušťky jsou tímto senzorem zaznamenávány a ukládány do paměti dendrometru v určitých intervalech. Další funkcí tohoto dendrometru je měření teploty. Teplota je měřena ve vnitřní části přístroje (Kučera, 2015)

Všechny části přístroje jsou konstruovány do extrémních podmínek. Snímač je vyroben z plastu odolného proti nepříznivým zářením, ale také proti nepříznivým vlivům počasí. Pásek je vyroben z nerezové oceli, zajišťuje tak vysokou pevnost proti přetržení a odolnost proti korozi.

Vhodnost přístroje pro dlouhodobé sledování přírůstu potvrzuje také životnost baterie (až 5let), jednoduché získávání dat z přístroje za pomoci infraportu bez nutnosti sundávání přístroje z kmene, konstrukce zařízení, bez nutnosti větší údržby a také již zmiňované šetrné přichycení senzoru ke stromu. Přístroj je určen ke snímání přírůstů u stromů s průměrem větším než 8 cm a výškou 1,3 m. Získáváme z něj informace o růstu, o vodním režimu, mrznutí, toku mízy a další (Kučera, 2015).

Množství dat, které se dokáže zapsat do paměti, se dá vypočítat pomocí jednoduchého vzorce $N = \frac{50000}{(n*k)}$, kde n je průměrný počet dat za jeden den, a k je počet používaných kanálů (Kučera, 2015).

3.1.1.1 Komunikace mezi senzorem a programem pro zpracování dat

Komunikace mezi snímačem a zařízením, která sbíraná data dokáže zpracovat, je založena na principu infračerveného přenosu (IR). Tento přenos je uskutečňován pomocí IrDA-USB kabelu. Tento kabel je složen ze silného magnetu a infračerveného vysílače na jedné straně a z USB portu na druhé straně. Strana s vysílačem je osazena dvěma LED diodami, které indikují aktivitu

spojení. Zelená dioda indikuje vysílání vycházející z vysílače, červená zase vysílání z počítače. Pro úsporu energie je vysílání ze senzoru připevněného ke stromu v režimu spánku a je potřeba aktivovat pomocí magnetu na jedné ze stran přenosového kabelu. V následujících 30 vteřinách je senzor připraven k navázání spojení s počítačem (Kučera, 2015). Je důležité dávat pozor, aby s dendrometrem nebylo při přenosu signálu jakkoliv posunuto, mohlo by dojít ke znehodnocení dat v budoucím měření.

3.1.1.2 Zpracování dat

Po přenosu dat ze senzoru do počítače je nutné s nimi pracovat. Pro tento účel nám slouží program EMS Mini32, který disponuje dvěma základními funkcemi. První z nich je nastavení dendrometru a druhou manipulace a následné zpracovávání dat. Tento program disponuje mnoha datovými operacemi, které usnadňují manipulaci a zpracování dat. Mezi nejdůležitější patří: výpočet průměrné hodnoty v různých časových intervalech, spojení dat z různých časových období, export dat do textu, nebo do Excelu, vykreslení grafu vybrané proměnné, tisk grafů, základní statistická a regresní analýza.

3.1.2 Zpracování dat v MS Excel

V programu MS Excel byla data vyexportovaná z dendrometrů analyzována. Meteorologická data byla průměrována a dávana do souvislosti s přírůsty vyexportovaných pomocí programu Mini32 z dendrometrů. Výsledky byly graficky znázorněny grafy pro lepší vyhodnocení zkoumaných veličin. Pro každý analyzovaný druh borovice byl určován počátek přírůstu, kulminace a konec přírůstu. Počátek byl stanoven jako den, od kterého se začala zvyšovat hodnota přírůstu. Kulminace přírůstu, byla stanovena jako den maximálně dosaženého přírůstu, od kterého začala hodnota přírůstu pozvolně klesat. Konec přírůstu byl stanoven jako den, od kterého se už výrazně hodnota přírůstu neměnila.

3.1.3 Analýza letokruhů

Druhou částí výzkumu byla analýza letokruhů. Ta byla prováděna speciálním programem Letokruhy 2. 3. Do tohoto programu byly nahrány oskenované kotouče, které byly digitalizovány v rozlišení 450 DPI na skeneru na

stanici Truba. Následně byly v programu vizuálně označeny letokruhy na celém kotouči. Programem byl následně automaticky vypočítán počet letokruhů, tloušťka letokruhu a kruhová plocha. Předpokladem u této analýzy je tvorba jednoho letokruhu za jedno vegetační období. Analyzovanými druhy byla borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice černá (*Pinus peuce*), borovice rumelská (*Pinus peuce*) a borovice pokroucená (*Pinus contorta*).

Výsledky z programu letokruhy byly následně zpracovány programem MS Excel do grafů pro větší přehlednost.

3.1.4 Meteostanice

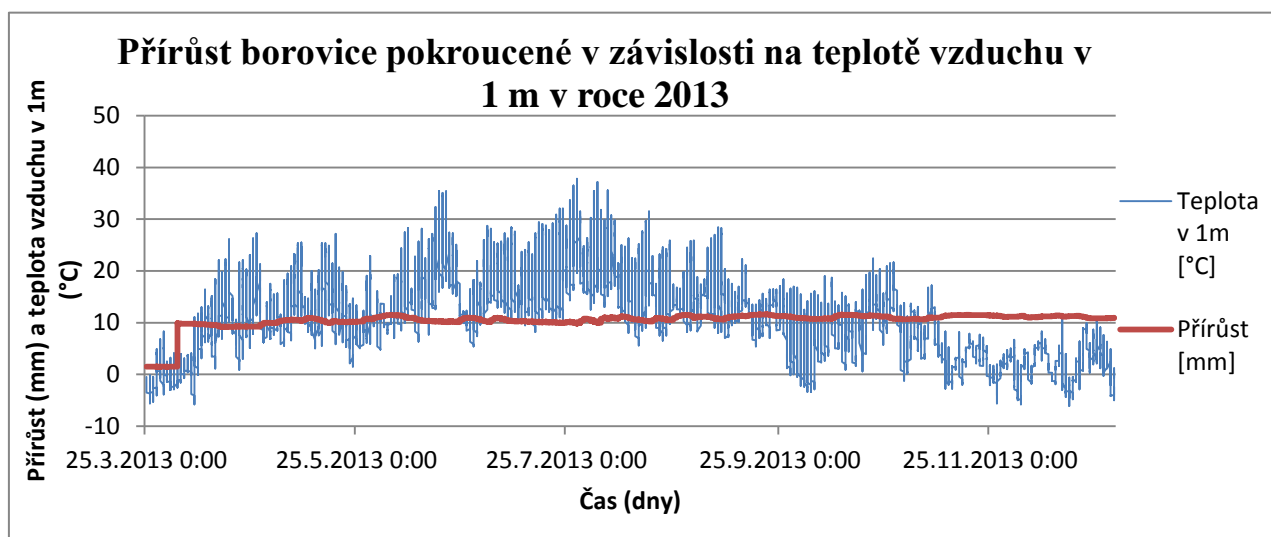
Data o klimatických datech byla pro zpracování této bakalářské práce velmi důležitá. Jak bylo již výše napsáno, do roku 2013 byly klimatické podmínky monitorovány z nedalekého střediska ŠLP Truby. Od roku 2013 se meteostanice nachází přímo na území arboreta. Tato meteostanice sbírá důležitá data o klimatických poměrech na území arboreta. Mezi nejdůležitější patří teplota vzduchu ve výšce 1 a 2 metry nad zemí, teplotu půdy, vlhkost vzduchu a velikost srážek. Všechny tyto data, krom teploty, která byla použita přímo z dendrometrů, byla zpracována v této bakalářské práci.

4 Výsledky

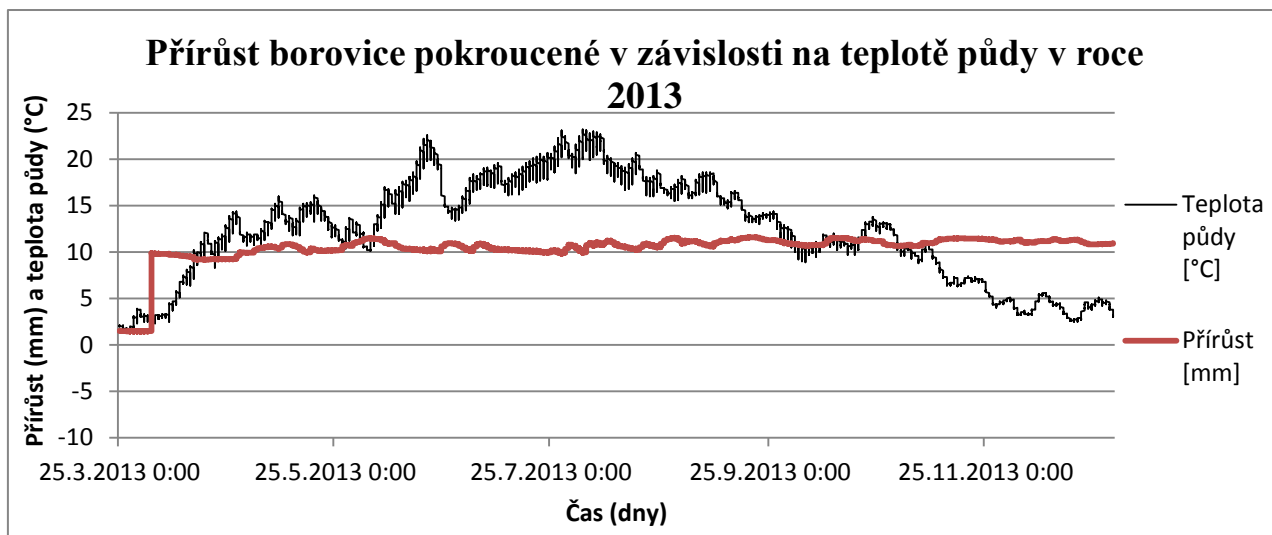
Jak je v metodice uvedeno, výsledky byly zpracovány programem Mini 32, odkud byla data o přírůstu vyexportována do programu MS Excel. Pro každé vegetační období byl pro každou dřevinu vytvořen jeden graf, z kterého byla hodnocena závislost tloušťkového přírůstu na jednotlivých klimatických vlivech. Zjištěná data jsou v poslední části této kapitoly shrnuta do přehledné tabulky.

4.1 Borovice pokroucená (*Pinus contorta*)

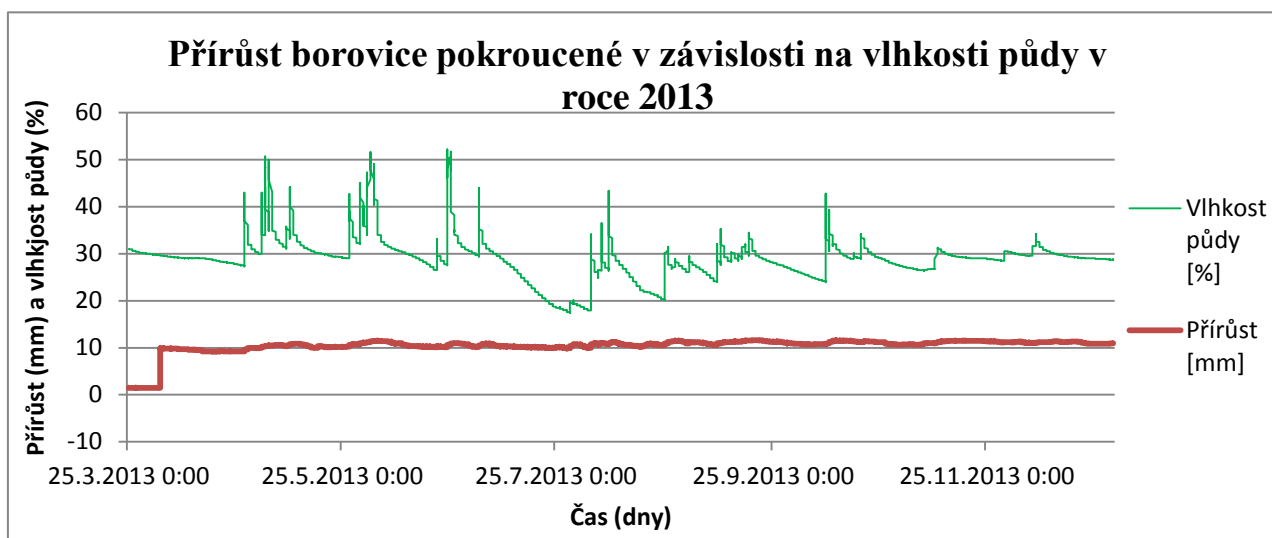
4.1.1 Rok 2013



Graf 1 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v 1 m v roce 2013



Graf 2 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2013



Graf 3 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2013

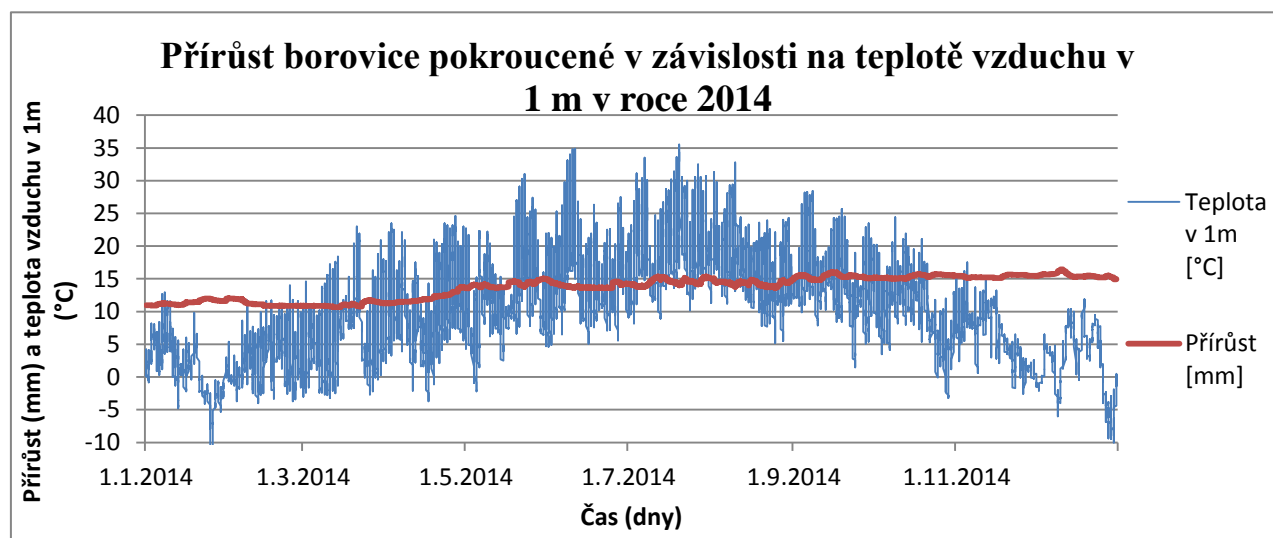
Tabulka 1 Přírůstové veličiny *Pinus contorta* pro rok 2013

2013	borovice pokroucená
Počátek přírůstu	28. 4. 2013
Kulminace přírůstu	5. 6. 2013
Konec přírůstu	14. 11. 2013
Celkový přírůst (mm)	1,8

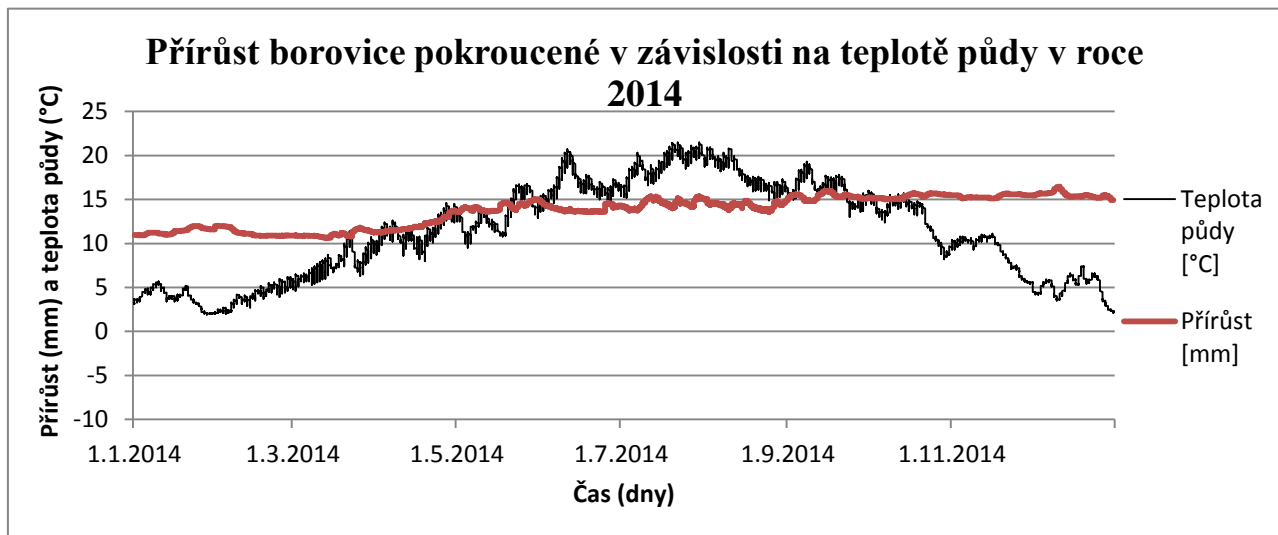
Z grafů 1, 2 a 3 je zřejmé, že největší vliv na přírůst měla vlhkost půdy. Borovice pokroucená v roce 2013 příliš nepřiřostla, konkrétně o necelé 2 milimetry. Jedním z důvodů může být nevyhovující klima arboreta pro tento druh, ale také výkyvy teplot, na které borovice také reaguje. Největší pokles tloušťkového přírůstu nastal v období od 3. 7. do 29. 7. V tomto období došlo k relativně vysokému zvýšení teploty půdy a s tím způsobeným poklesem vlhkosti půdy. Borovice na tuto změnu zareagovala náhlým snížením přírůstu.

Zajímavé je, že přírůst kulminoval brzy zjara. V tomto období je vysoká vlhkost půdy a mírné teploty s již vysokou intenzitou slunečního záření. Toto období je pro takto světlomilnou borovici ideální.

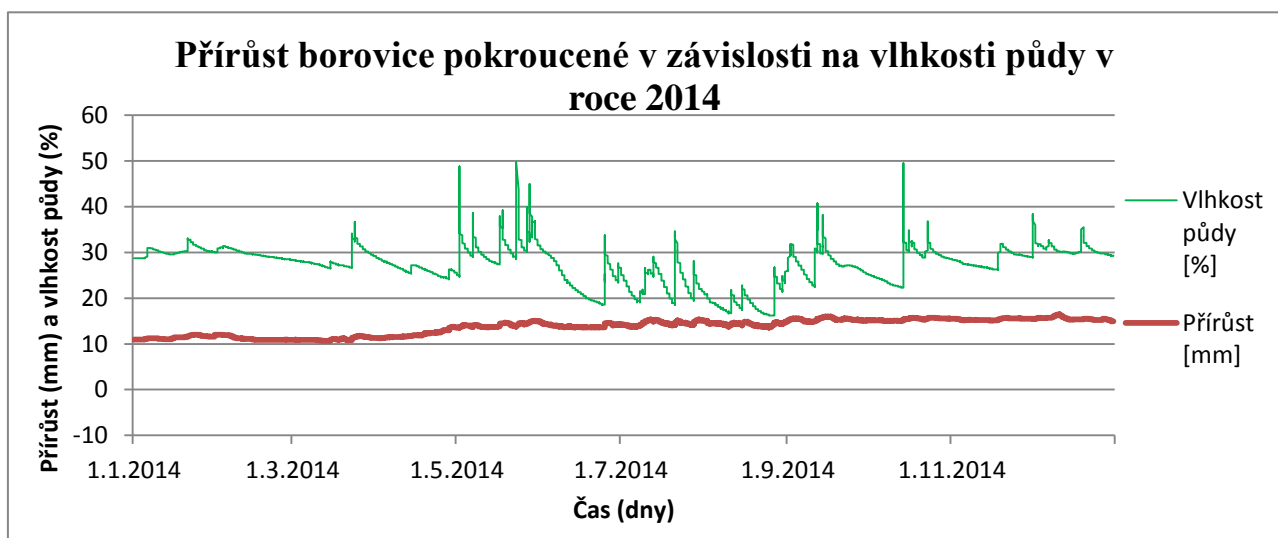
4.1.2 Rok 2014



Graf 4 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu



Graf 5 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2014



Graf 6 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2014

Tabulka 2 Přírůstové veličiny *Pinus contorta* pro rok 2014

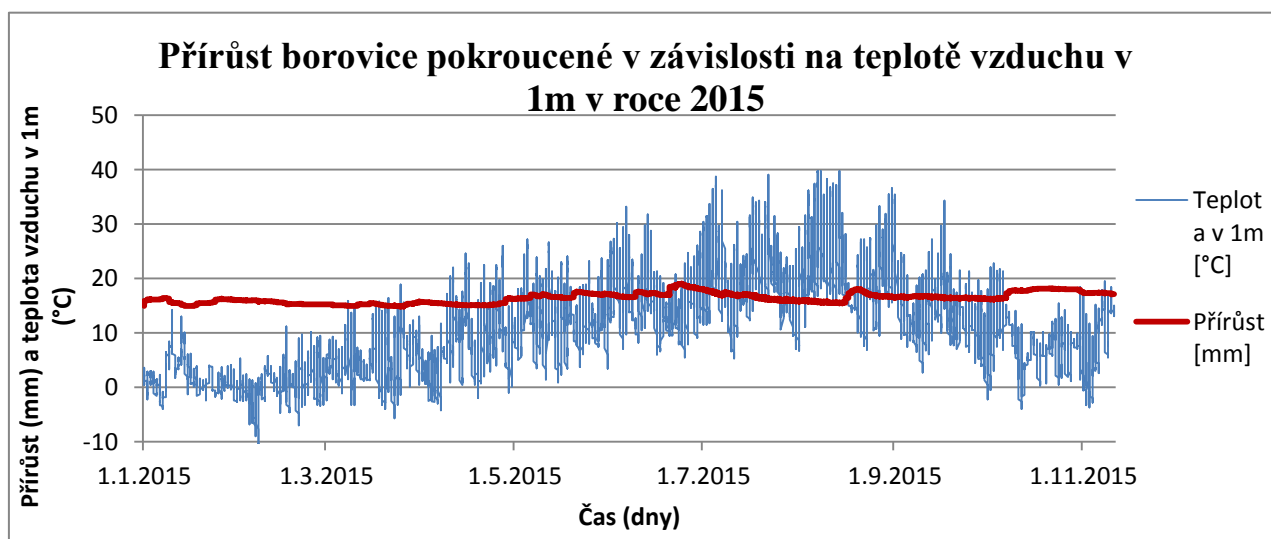
2014	borovice pokroucená
Počátek přírůstu	23. 3. 2014
Kulminace přírůstu	15. 9. 2014
Konec přírůstu	25. 10. 2014
Celkový přírůst (mm)	4,89

V následujícím roce se přírůst této borovice o něco zvýšil. Dosahoval už téměř 5 milimetrů. Počátek přírůstu jsme stanovili na 23. 3, což je téměř o měsíc dříve než v roce předchozím. Teploty v tomto toce dosahovaly opět extrémních hodnot. S tímto faktem je spojena i vyšší teplota půdy a snížení vlhkosti půdy.

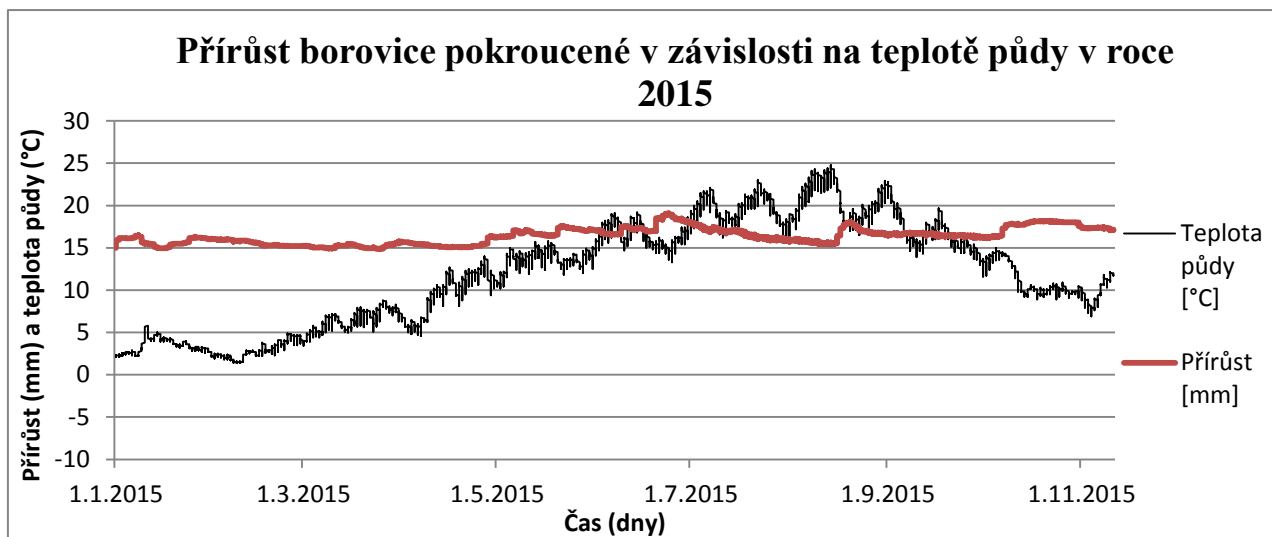
Přírůst kulminoval téměř o 3 měsíce později než v roce 2013. I přes extrémní klimatické poměry si tento druh dokázal udržet určitý přírůst až do takto pozdní doby.

Konec růstu je datován na 25. 10. V roce 2014 panovaly na podzim dobré podmínky, které zapříčinily prodloužení doby růstu až do tohoto data.

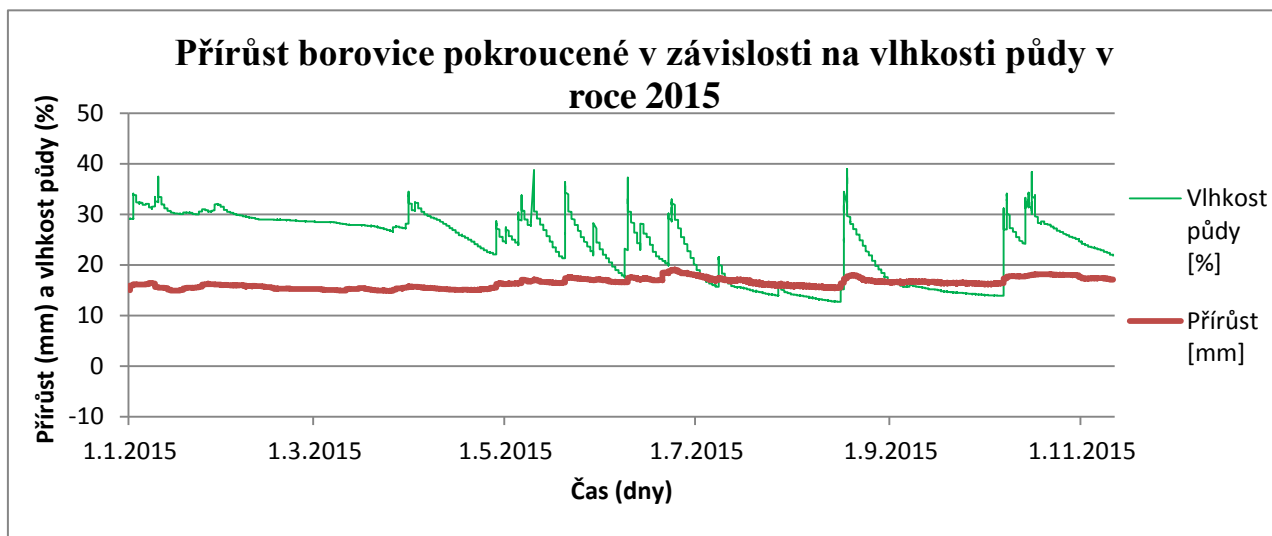
4.1.3 Rok 2015



Graf 7 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2015



Graf 8 Závislost přírůstu borovice pokroucené teplotě půdy v roce 2015



Graf 9 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2015

Tabulka 3 Přírůstové veličiny *Pinus contorta* pro rok 2015

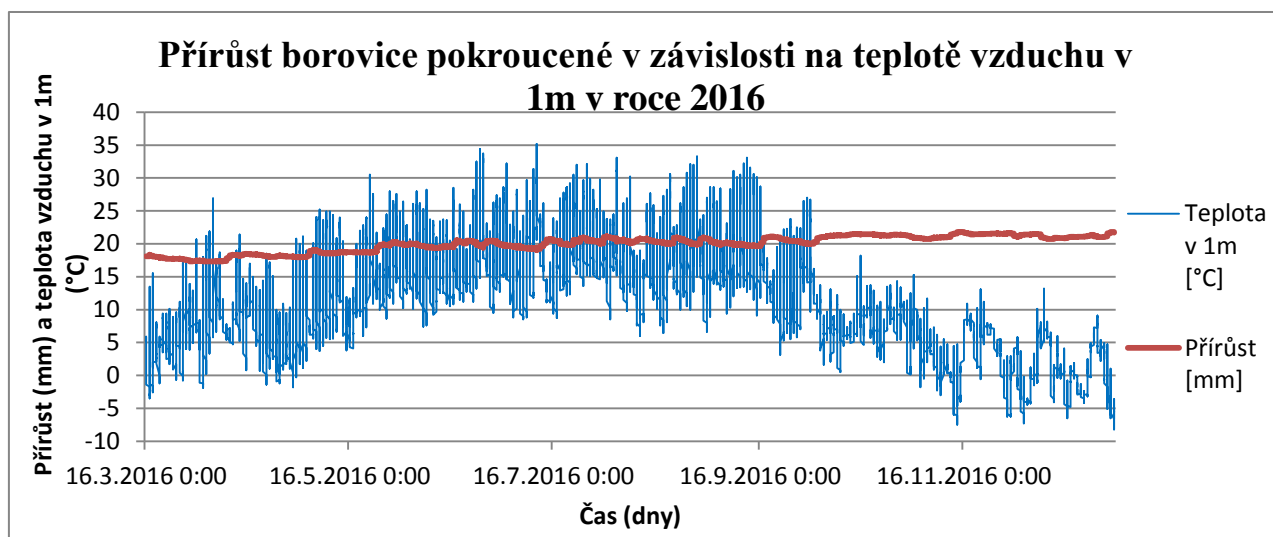
2015	borovice pokroucená
Počátek přírůstu	25. 3. 2015
Kulminace přírůstu	23. 6. 2015
Konec přírůstu	29. 10. 2015
Celkový přírůst (mm)	3,12

V roce 2015 nastal počátek přírůstu ve stejném období jako v roce předchozím. Ve výše uvedených grafech můžeme sledovat, že průběh přírůstu se dostal i do záporných čísel. I přes tuto skutečnost jsme se dočkali o něco vyšší hodnoty přírůstu než v roce předchozím.

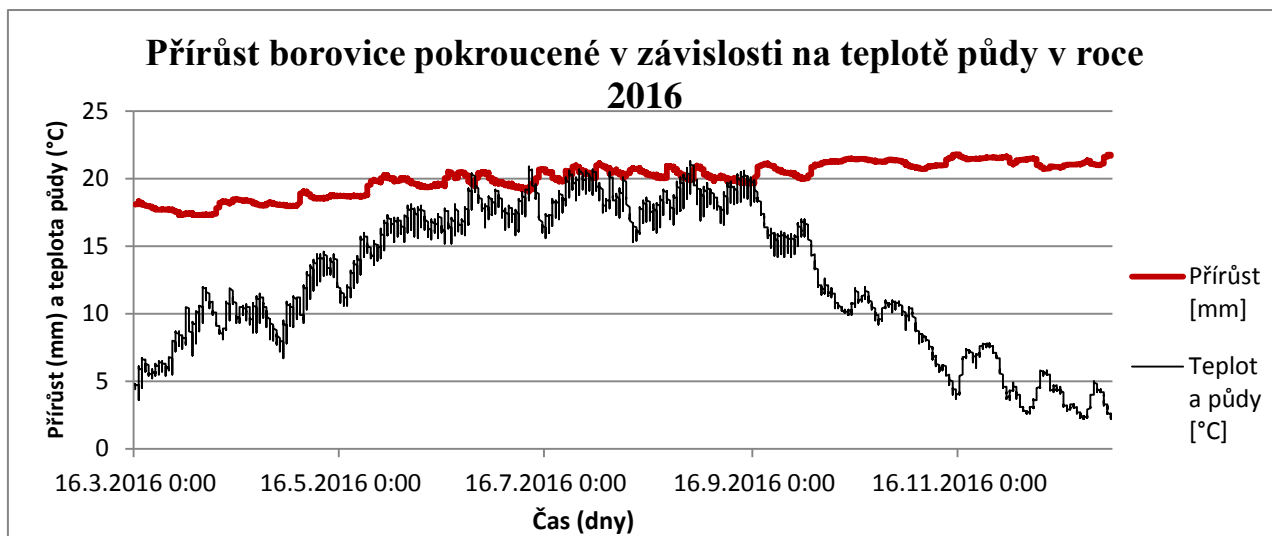
Růst kulminoval v červnu, kdy borovici svědčila hodnota vlhkosti v půdě. Vlhkost v tomto roce velmi kolísala

Stejně jako v předchozím roce, nastal konec přírůstu koncem října.

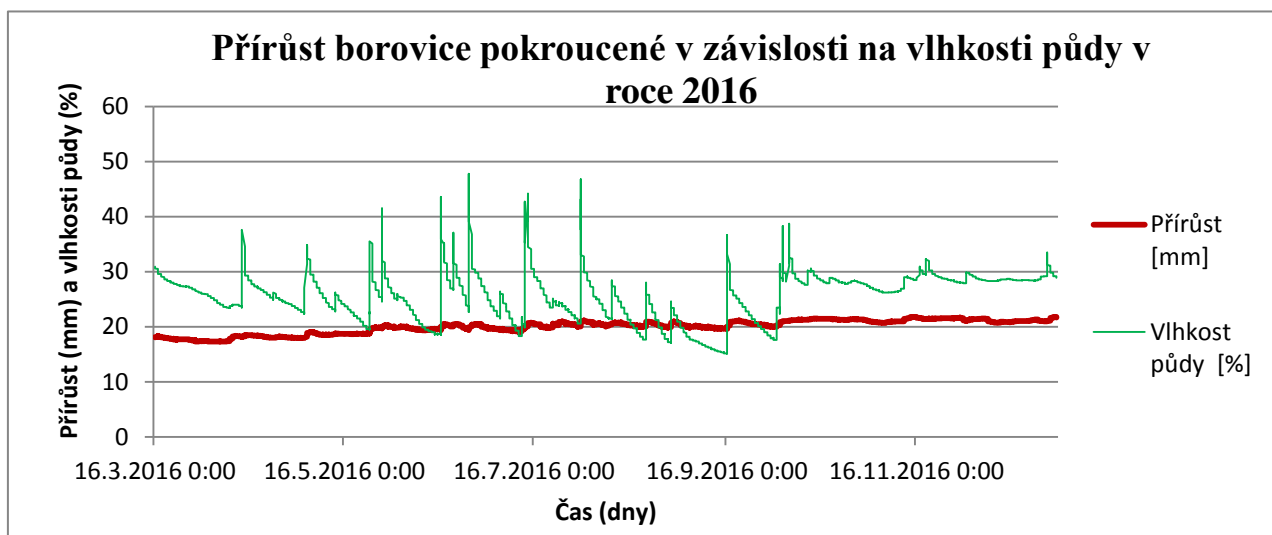
4.1.4 Rok 2016



Graf 10 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2016



Graf 11 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2016



Graf 12 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2016

Tabulka 4 Přírůstové veličiny *Pinus contorta* pro rok 2016

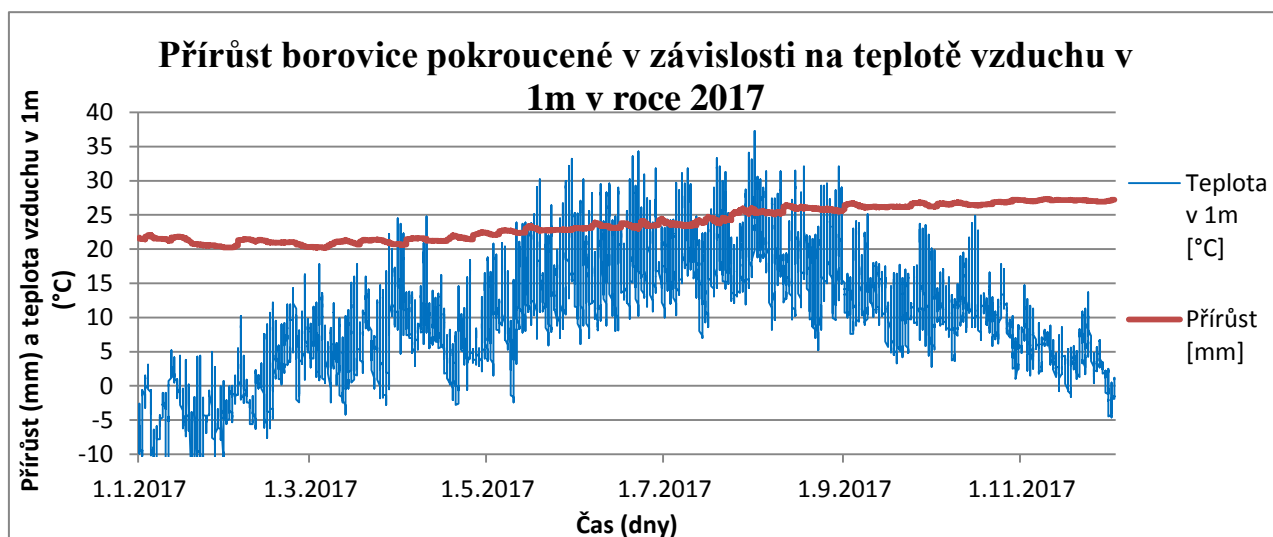
2016	borovice pokroucená
Počátek přírůstu	8. 4. 2016
Kulminace přírůstu	1. 8. 2016
Konec přírůstu	8. 12. 2016
Celkový přírůst (mm)	4,17

V roce 2016 nastal počátek přírůstu až počátkem dubna, oproti předešlým rokům je tento termín mírně posunutý. Tato mírná změna může být způsobena i kratším sledovaným obdobím, které nebylo od počátku roku, ale až od 16. 3. Počátek přírůstu se mohl projevit ještě před tímto datem, ale nebyl zaznamenán. Opět se zvýšila hodnota celkového přírůstu na 4,17 milimetrů.

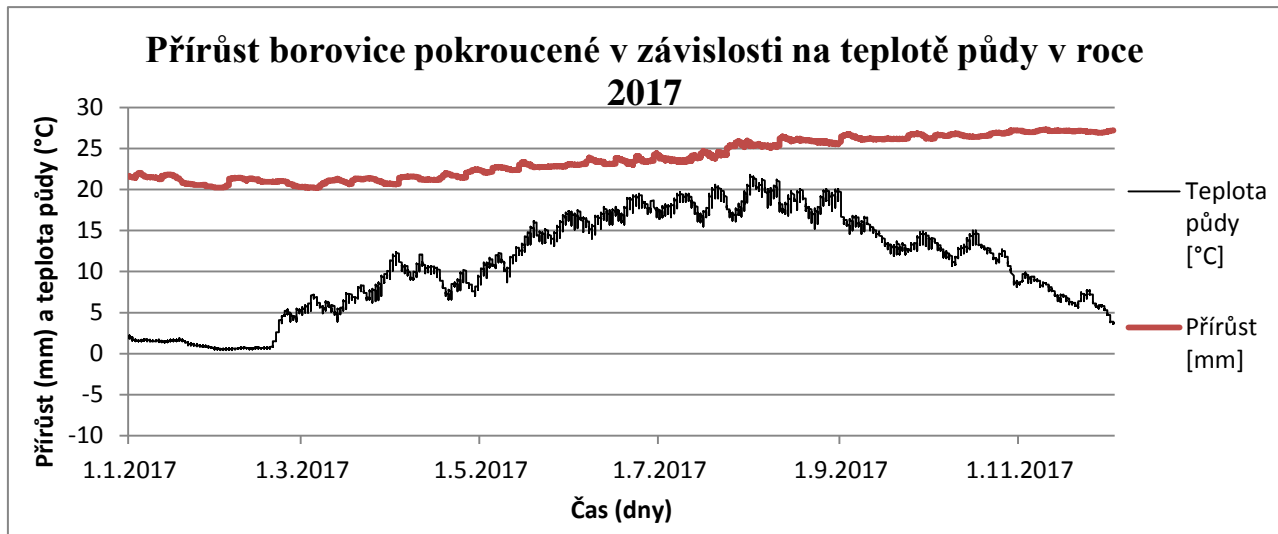
Růst kulminoval počátkem srpna. Opět z grafu č. 9 můžeme sledovat zvýšenou souvislost mezi vlhkostí půdy a přírůstem.

Konec růstu nastal až 8. 12. 2016. Jedním z důvodů může být právě dostatečná vlhkost půdy, která dle výzkumu přírůst borovice pokroucené ovlivňuje ze všeho nejvíc.

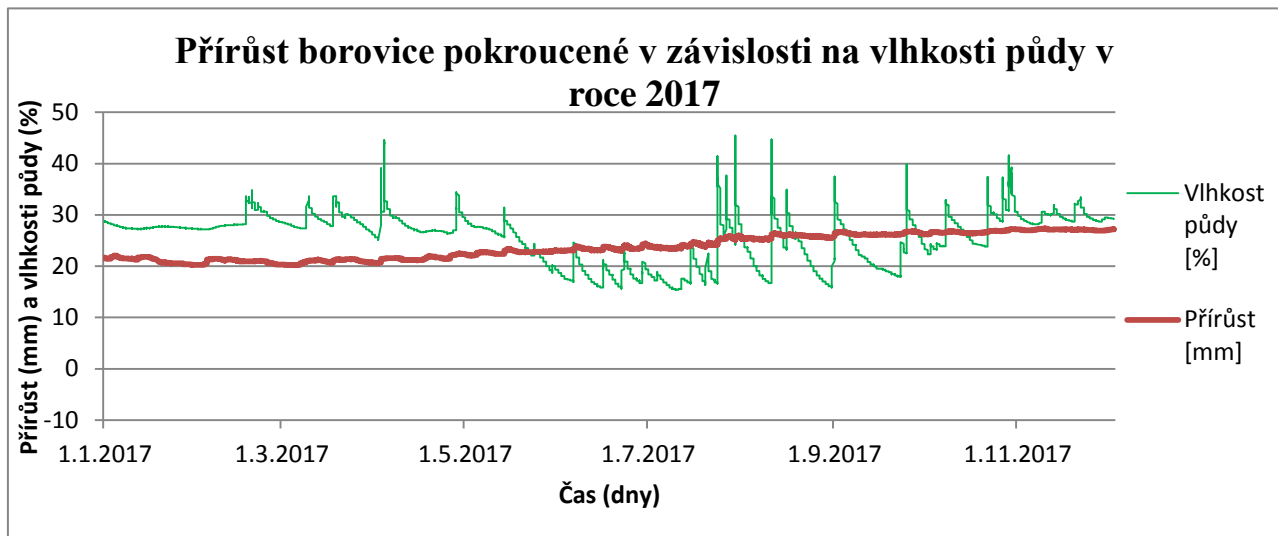
4.1.5 Rok 2017



Graf 13 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě vzduchu v roce 2017



Graf 14 Závislost přírůstu borovice pokroucené na teplotě půdy v roce 2017



Graf 15 Závislost přírůstu borovice pokroucené na vlhkosti půdy v roce 2017

Tabulka 5 Přírůstové veličiny *Pinus contorta* pro rok 2017

2017	borovice pokroucená
Počátek přírůstu	7. 3. 2017
Kulminace přírůstu	4. 9. 2017
Konec přírůstu	10. 10. 2017
Celkový přírůst (mm)	6,49

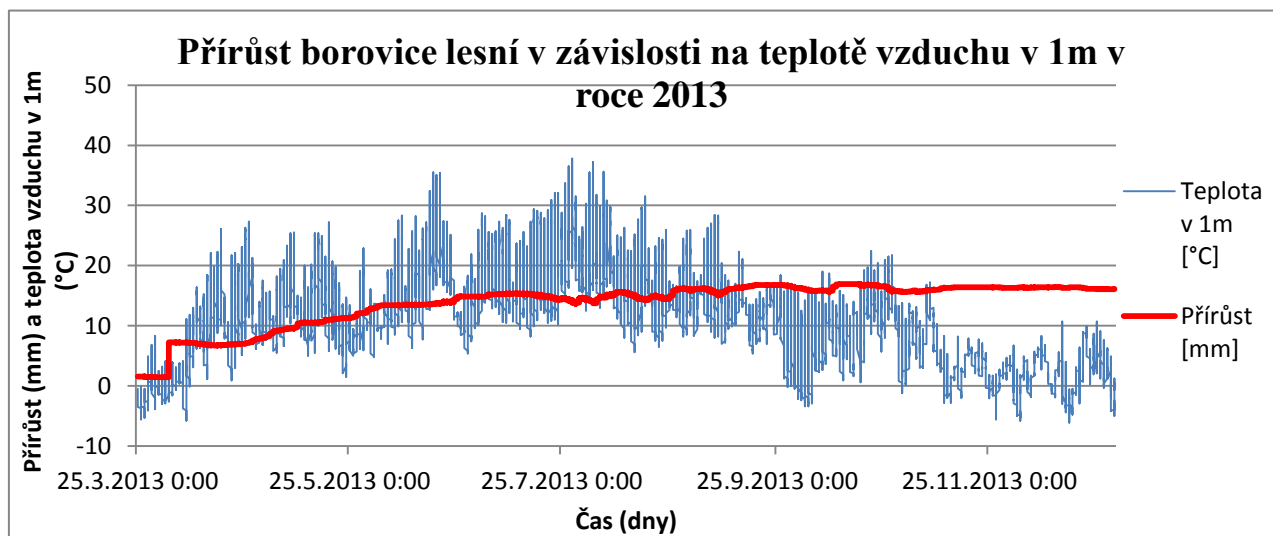
Rok 2017 byl prozatím z hlediska přírůstu u borovice pokroucené nejproduktivnější. Borovice začala přirůstat již kolem 7. 3. 2017. Během období růstu zvětšila svou tloušťku o 6, 49 milimetrů, nejvyšší vypočítaný přírůst za sledovaná období.

Růst kulminoval počátkem září. Opět se projevila zvýšená reakce přírůstu v závislosti na vlhkost půdy. Tato reakce je patrná z grafu č. 12. Dalším faktorem ovlivňující růst je teplota půdy, ta úzce souvisí s vlhkostí, což je patrné na grafu č. 11 a 12.

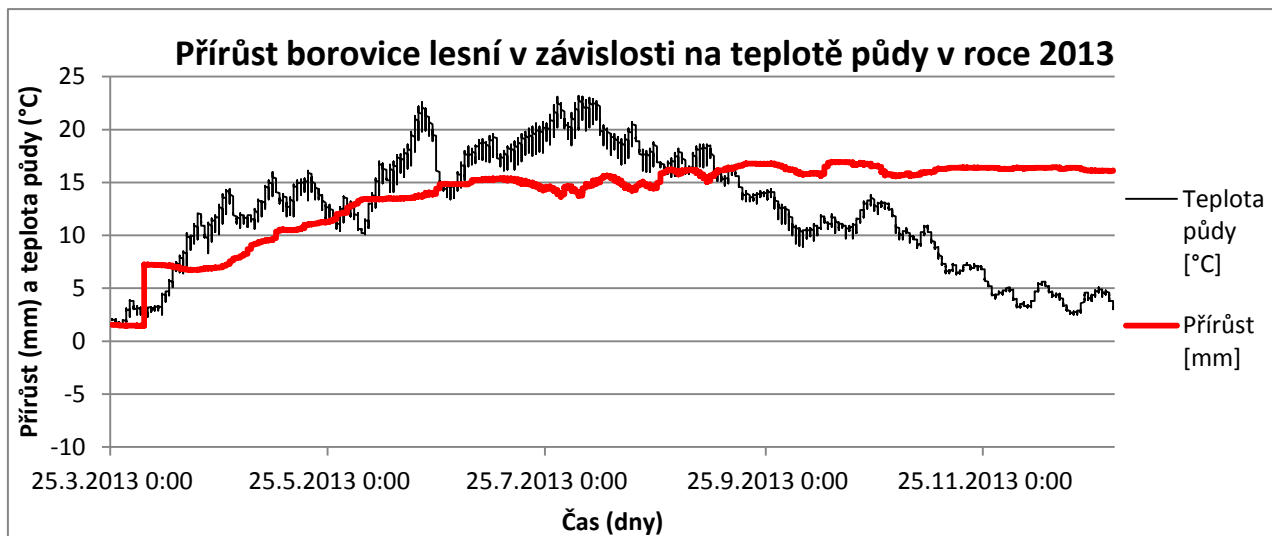
Počátkem října tento druh ukončil svůj přírůst. Borovice pokroucená je vysoce světlomilná dřevina, která právě na podzim se snižující se fotoperiodou snižuje činnost kambia a felogenu.

4.2 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

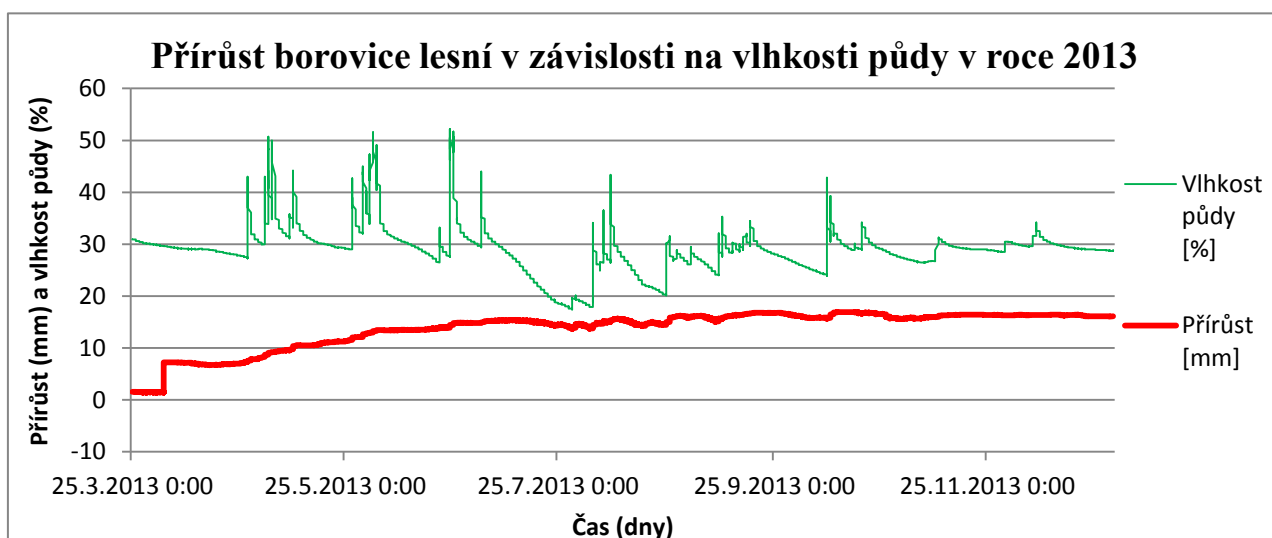
4.2.1 Rok 2013



Graf 16 Závislost přirůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2013



Graf 17 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2013



Graf 18 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2013

Tabulka 6 Přírůstové veličiny *Pinus sylvestris* pro rok 2013

2013	borovice lesní
Počátek přírůstu	24. 4. 2013
Kulminace přírůstu	16. 10. 2013
Konec přírůstu	25. 11. 2013
Celkový přírůst (mm)	9,43

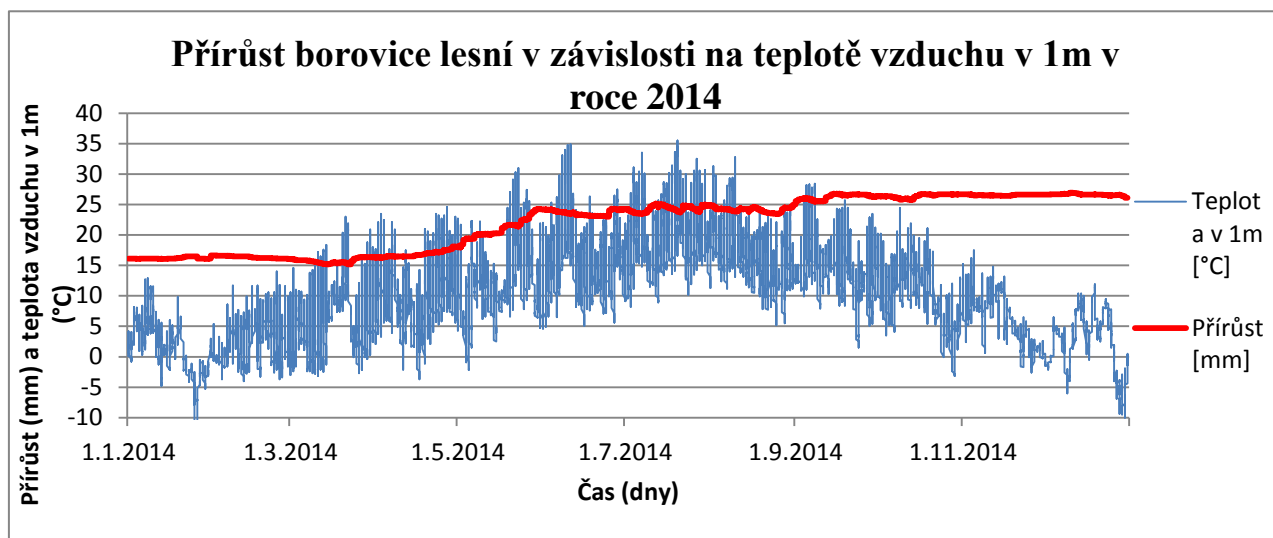
Výsledky z dendrometrů naší domácí borovice lesní ukazují, že tato borovice započala svůj tloušťkový přírůst až na konci dubna. Důvodem tak pozdního počátku je zřejmě velmi nízká vlhkost půdy. S rostoucí vlhkostí a dostatečnou teplotou půdy nastartovala borovice svůj přírůst.

Přírůst kulminoval 16. 10. 2013. Do tohoto data si půda držela s určitými výkyvy vysokou vlhkost, což podle grafu č. 15 borovici lesní svědčí.

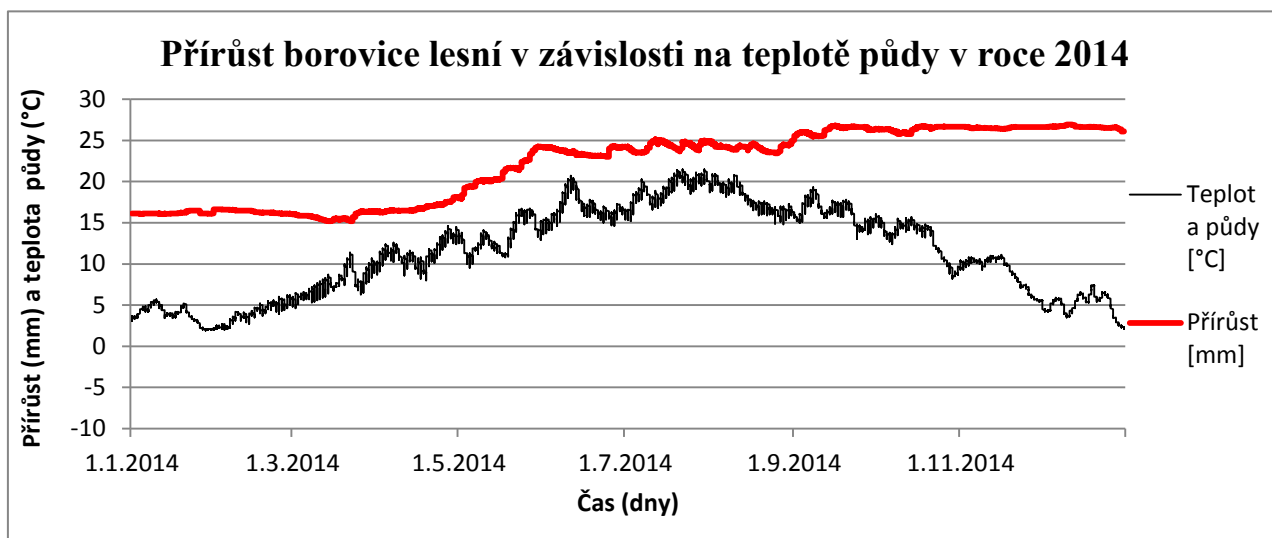
Konec přírůstu byl stanoven na 25. 11. Po tomto termínu klesla půdní vlhkost. Také zkracující se fotoperioda snižuje hodnotu přírůstu.

Za rok 2013 se tloušťka kmene u borovice lesní zvýšila o 9,43 milimetrů. Z grafů můžeme pozorovat, že stejně jako u borovice pokroucené, tak i u borovice lesní má největší vliv na hodnotu přírůstu vlhkost půdy.

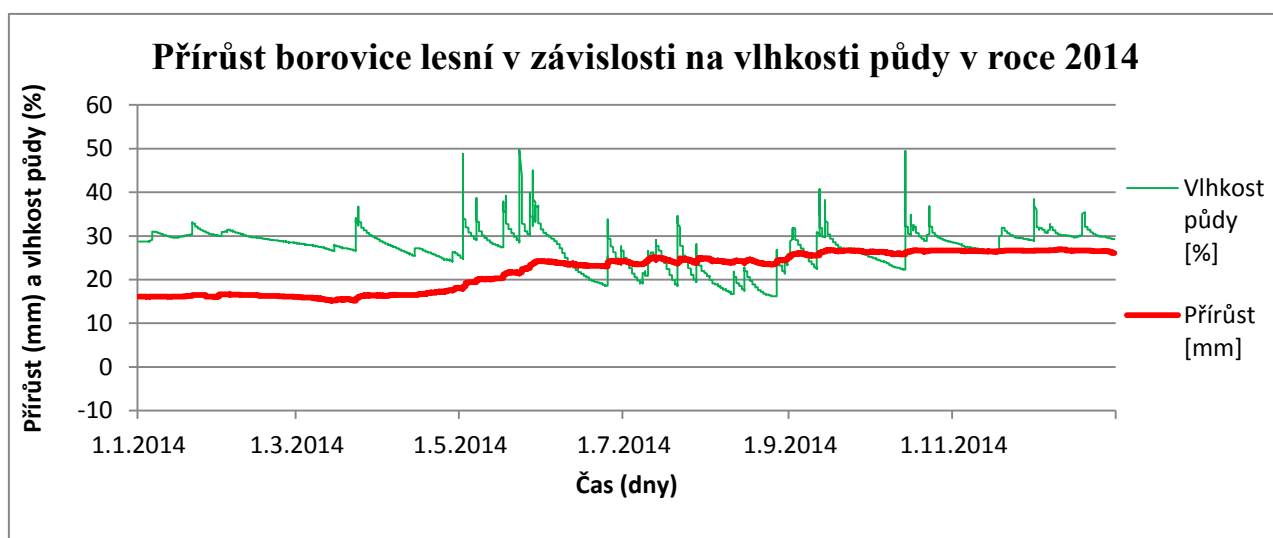
4.2.2 Rok 2014



Graf 19 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2014



Graf 20 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2014



Graf 21 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2014

Tabulka 7 Přírůstové veličiny *Pinus sylvestris* pro rok 2014

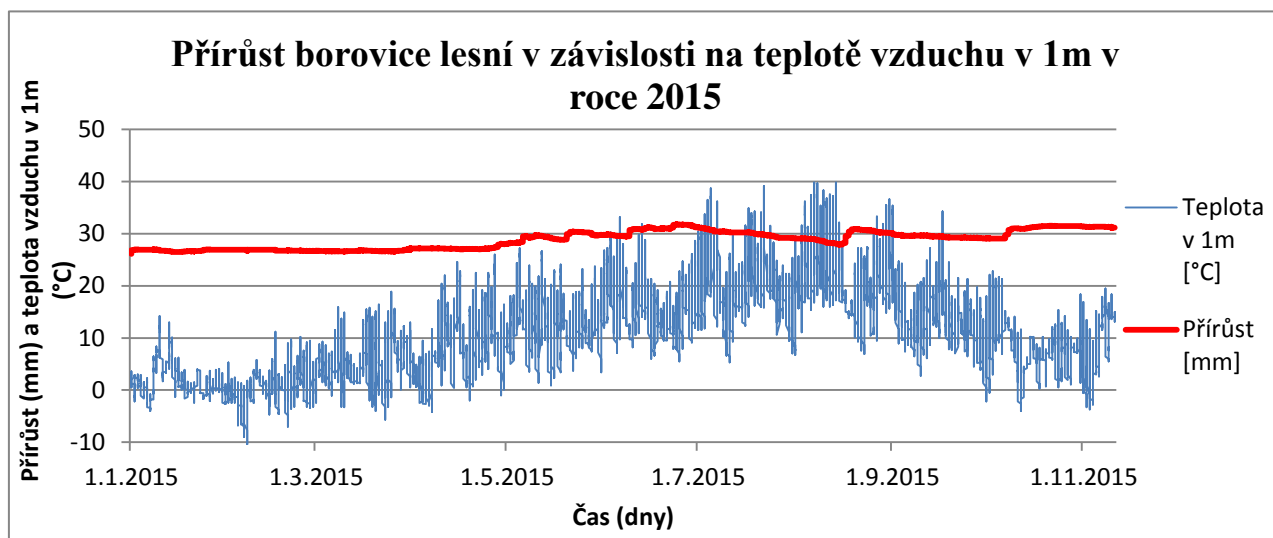
2014	borovice lesní
Počátek přírůstu	25. 3. 2014
Kulminace přírůstu	16. 9. 2014
Konec přírůstu	19. 10. 2014
Celkový přírůst (mm)	10,54

Jak vidíme v tabulce č. 7, počátek přírůstu byl stanoven na 25. 3. Téměř přesně o měsíc dříve, než předchozí rok. Opět můžeme v grafu č. 18 sledovat, jak borovice reaguje na změnu vlhkosti v půdě. Další důležitou veličinou, pro začátek přirůstání, je teplota půdy. Borovice pro iniciaci růstu vyžaduje optimální hladinu vlhkosti půdy a také teploty půdy.

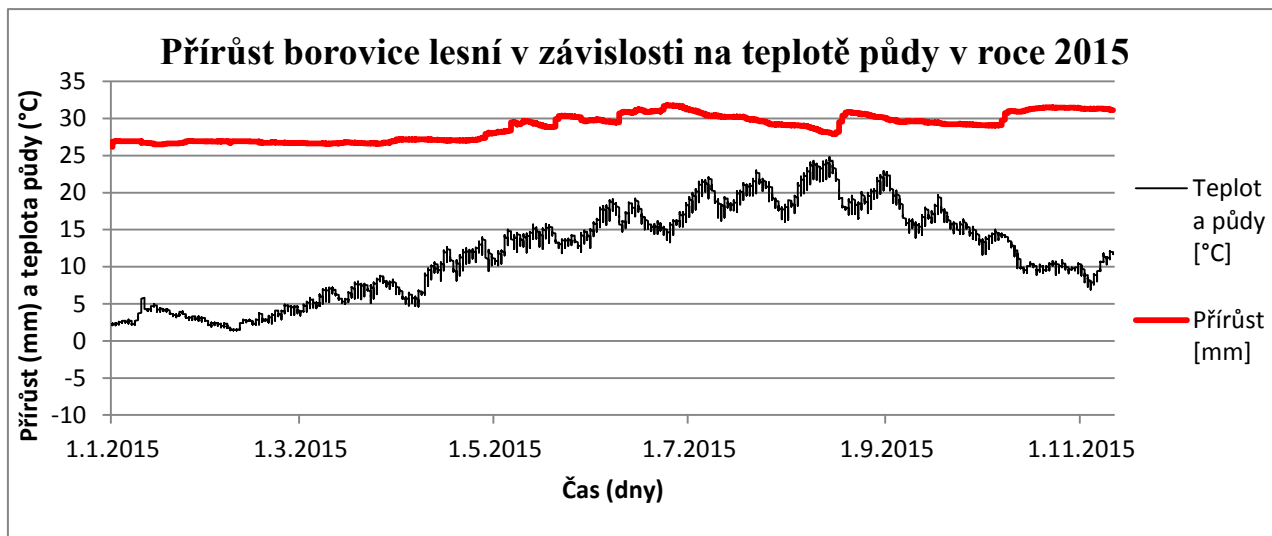
V tomto roce růst kulminoval 16. 9. 2014. Vzhledem k suchému letnímu období nedocházelo právě v letních měsících k vysokým přírůstům. Koncem tohoto období, při opětovném zvýšení vlhkosti půdy, reagovala borovice dalším přírůstem.

Celkový přírůst činil v tomto období 10, 54 milimetrů, což je vzhledem k nízkým půdním vlhkostem a vysokým teplotám jak půdy, tak i vzduchu, výborný výsledek.

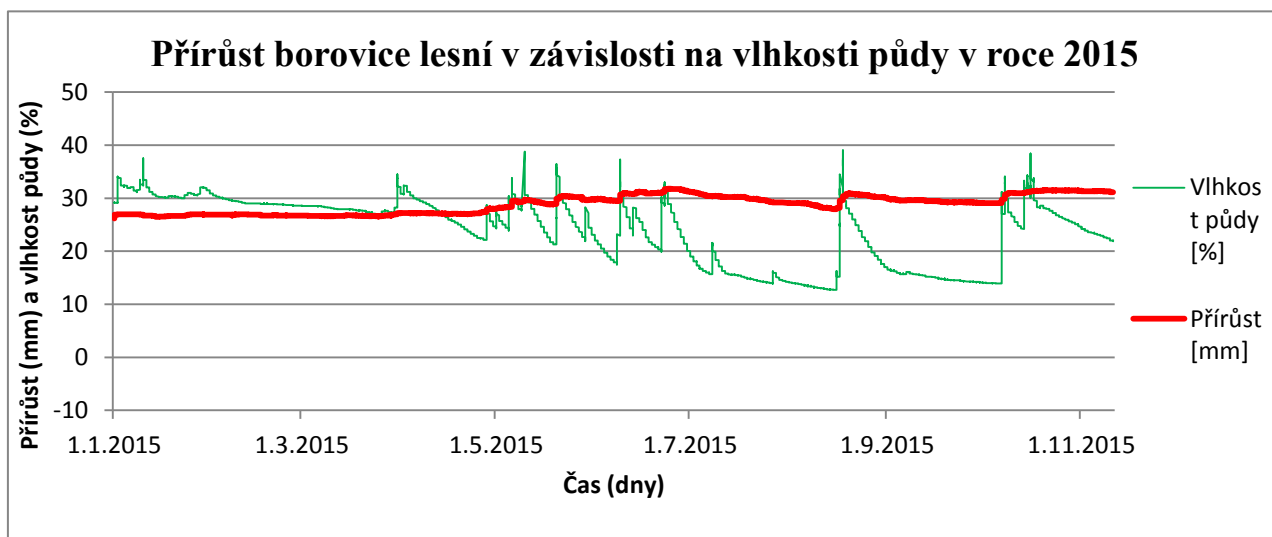
4.2.3 Rok 2015



Graf 22 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2015



Graf 23 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2015



Graf 24 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2015

Tabulka 8 Přírůstové veličiny *Pinus sylvestris* pro rok 2015

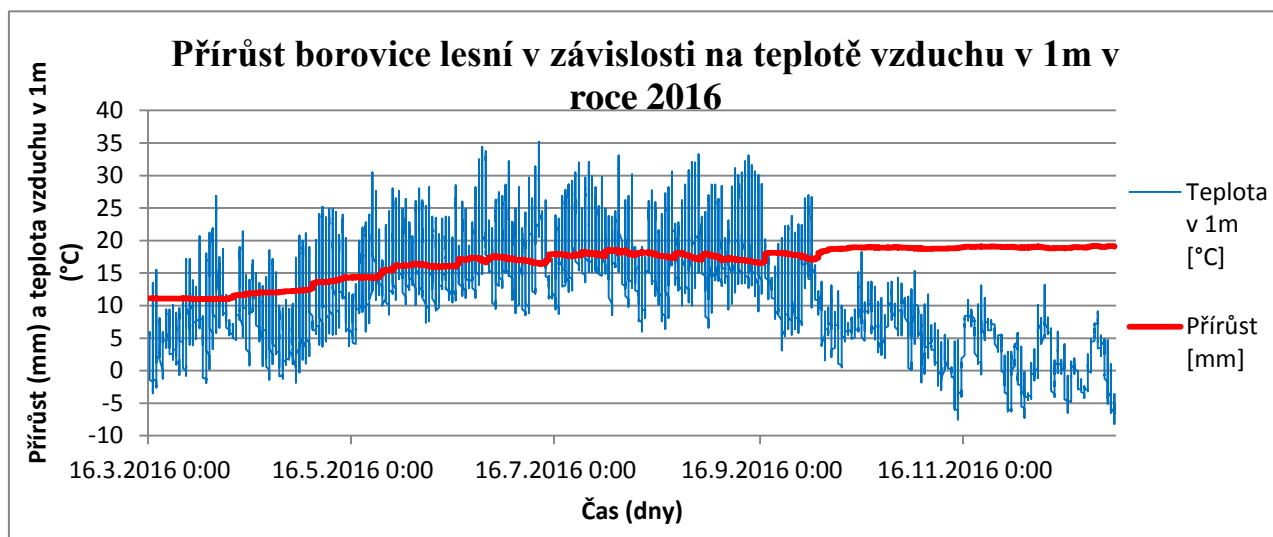
2015	borovice lesní
Počátek přírůstu	31. 3. 2015
Kulminace přírůstu	26. 6. 2015
Konec přírůstu	11. 10. 2015
Celkový přírůst (mm)	4,06

Počátek přírůstu byl stanoven na 31. 3. 2015. Zejména zpočátku vegetační sezóny slibovaly teploty a vlhkost půdy vysokou hodnotu přírůstu. To se však změnilo v letním období, kdy nedostatek srážek a s tím i spojená nízká hodnota půdní vlhkosti způsobily pokles přírůstu téměř do záporných hodnot.

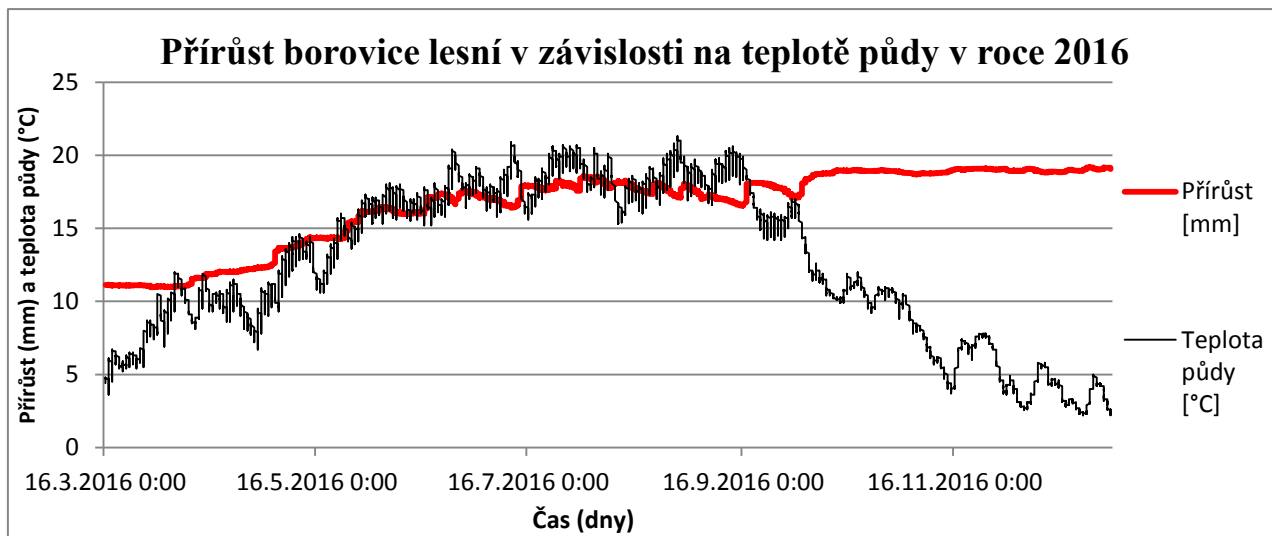
Kulminace byla tedy stanovena na 26. 6, kdy ještě půda disponovala určitou hladinou půdní vlhkosti.

Konec přírůstu nastal až 11. 10. a dosáhl celkové hodnoty 4, 06 milimetrů. Opět v grafu č. 21 můžeme pozorovat závislost hodnoty přírůstu na hodnotě půdní vlhkosti.

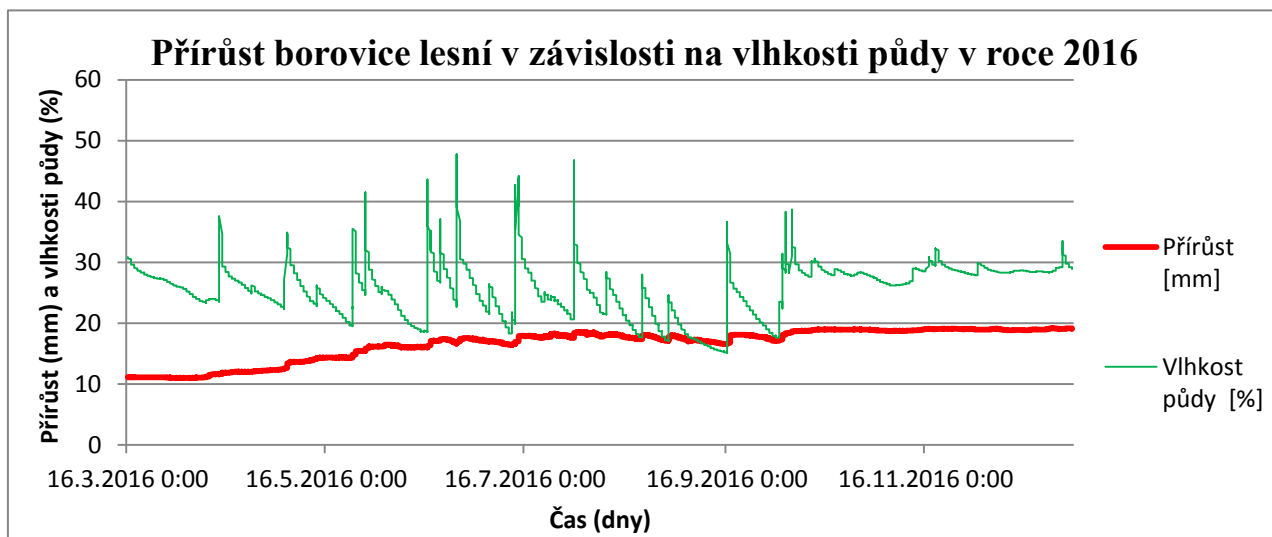
4.2.4 Rok 2016



Graf 25 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2016



Graf 26 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2016



Graf 27 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2016

Tabulka 9 Přírůstové veličiny *Pinus sylvestris* pro rok 2016

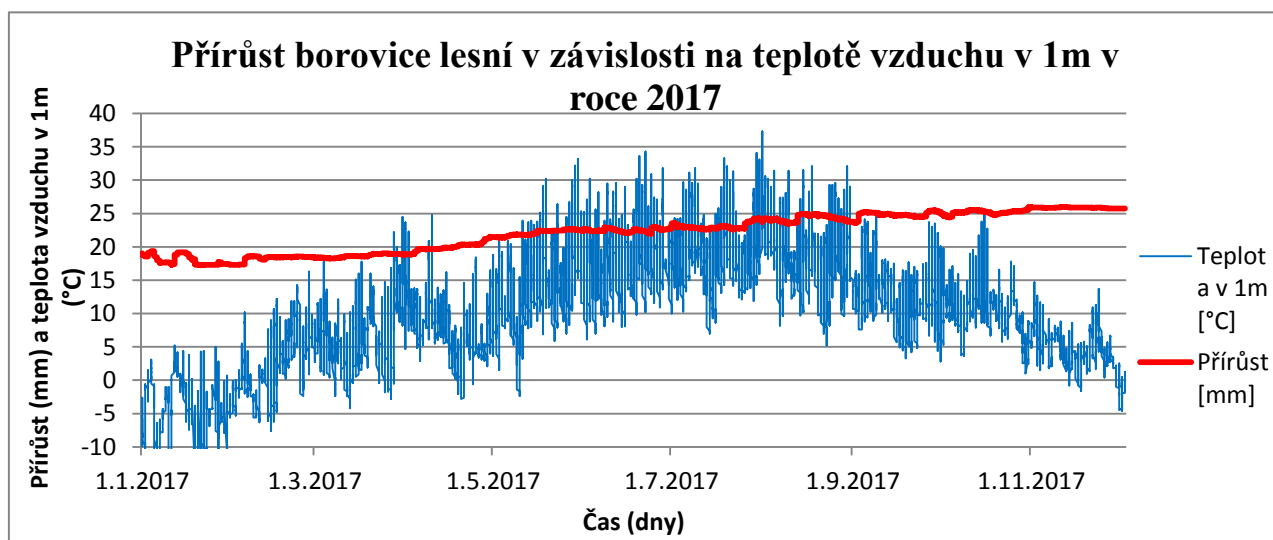
2016	borovice lesní
Počátek přírůstu	8. 4. 2016
Kulminace přírůstu	14. 10. 2016
Konec přírůstu	30. 11. 2016
Celkový přírůst (mm)	7,99

Rok 2016 byl o něco příznivější než rok 2015. Počátek přírůstové aktivity byl stanoven na datum 8. 4. 2016. Opět můžeme sledovat zvýšenou reakci borovice lesní na zvýšenou hodnotu vlhkosti.

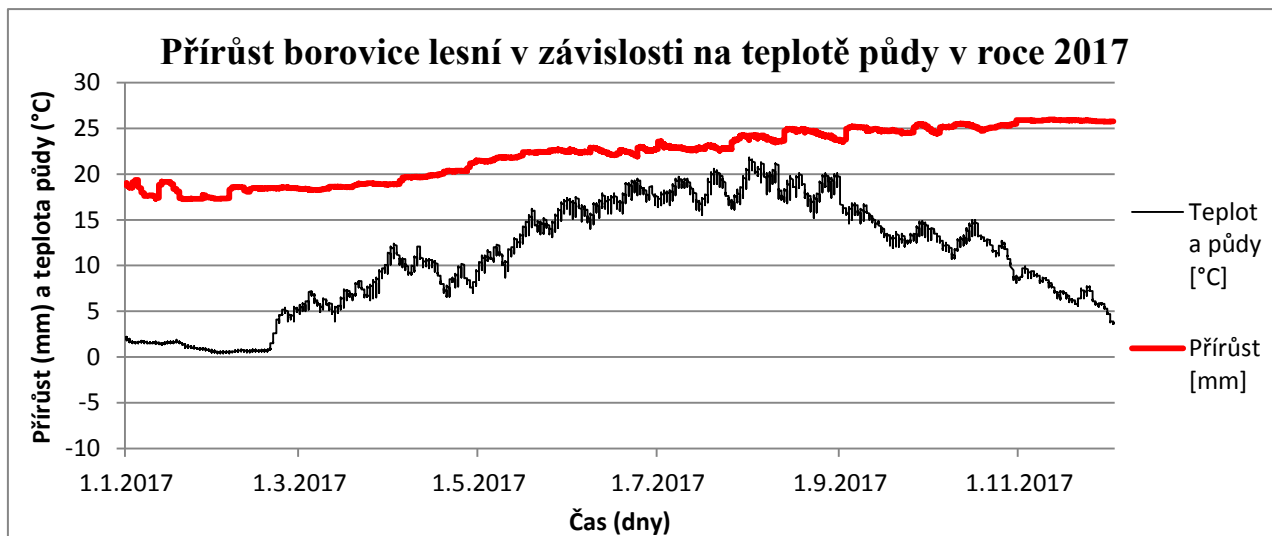
Kulminace nastala až kolem 14. 10. 2016, v tomto období panovaly příznivé půdní podmínky, již výše zmíněná vysoká citlivost na zvýšenou hladinu vlhkosti půdy je zřetelná z grafu č. 24. Můžeme v tomto roce pozorovat také vliv teploty půdy na hodnotu přírůstu, zejména počátkem září.

Za den konce přírůstu můžeme považovat 30. 11. 2016. Po tomto datu se hodnota již neměnila. Za toto vegetační období dokázala borovice lesní přírůst 8 milimetrů.

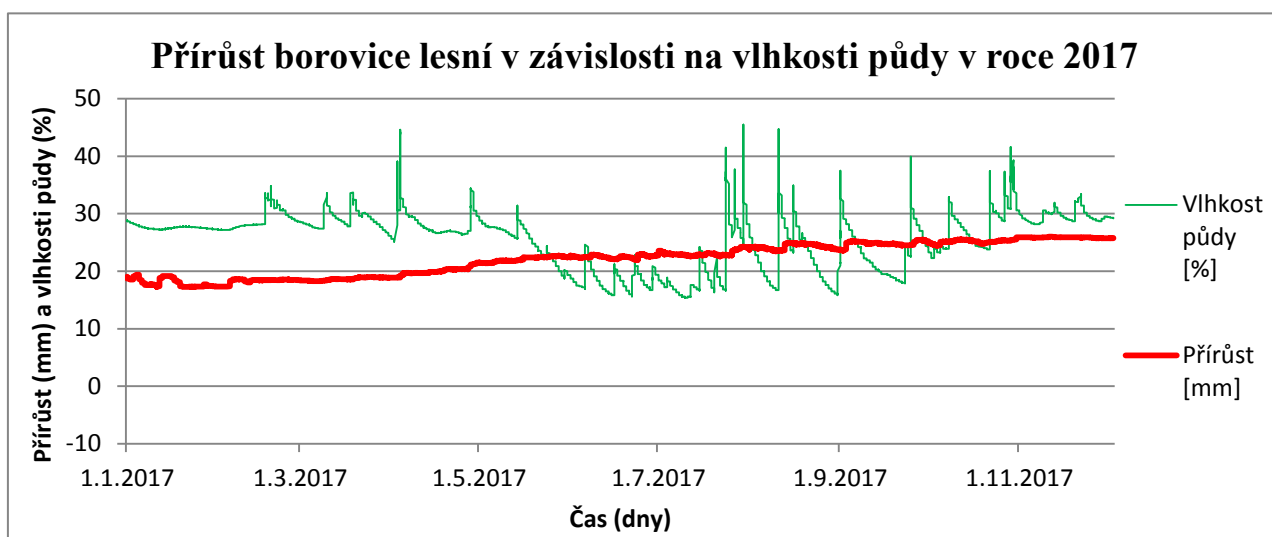
4.2.5 Rok 2017



Graf 28 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě vzduchu v roce 2017



Graf 29 Závislost přírůstu borovice lesní na teplotě půdy v roce 2017



Graf 30 Závislost přírůstu borovice lesní na vlhkosti půdy v roce 2017

Tabulka 10 Přírůstové veličiny *Pinus sylvestris* pro rok 2017

2017	borovice lesní
Počátek přírůstu	3. 2. 2017
Kulminace přírůstu	29. 9. 2017
Konec přírůstu	2. 11. 2017
Celkový přírůst (mm)	8,59

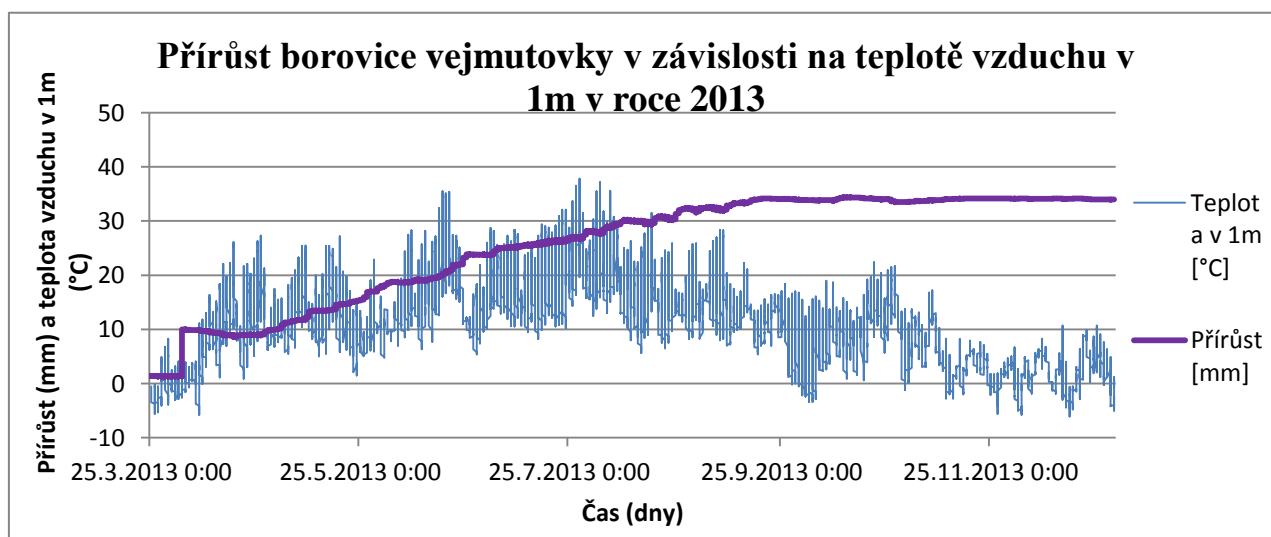
Graf č. 27 nám napovídá, že počátek přírůstu byl opět iniciován vlhkostí půdy. Nebude to jediný z faktorů ovlivňující počátek růstu, ale bude mít jednu z nejdůležitějších rolí.

Růst kulminoval koncem září, konkrétně 29. 9., kulminace byla způsobena zejména dostatkem půdní vlhkosti a poklesu půdní teploty na optimum pro růst.

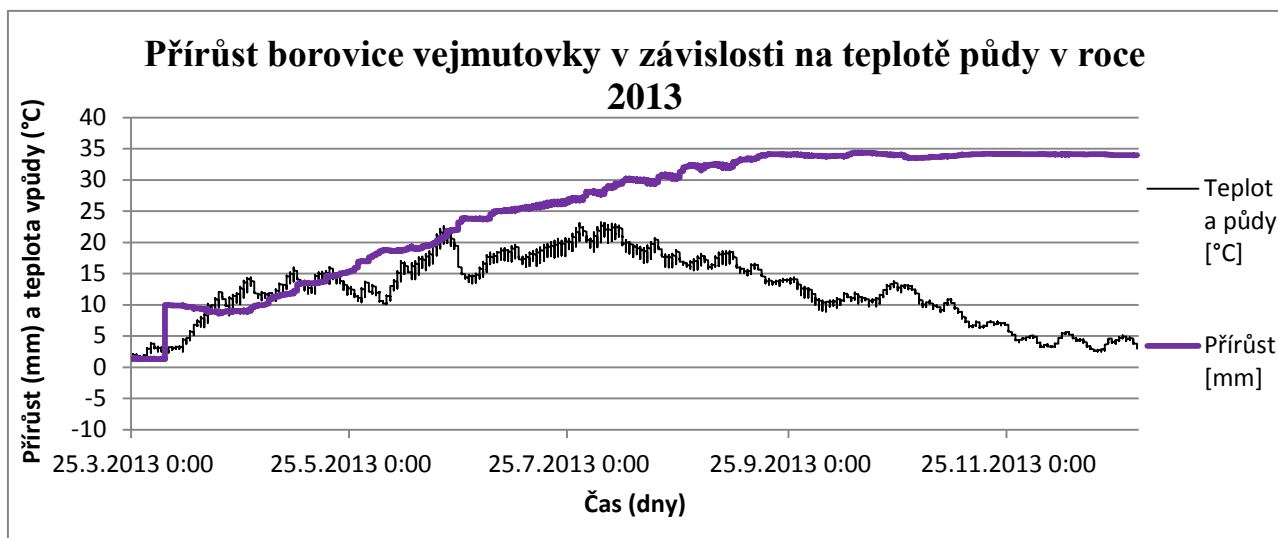
Konec přírůstu nastal kolem 2. 11., byl způsoben zejména poklesem půdní teploty a zkrácením fotoperiody.

4.3 Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*)

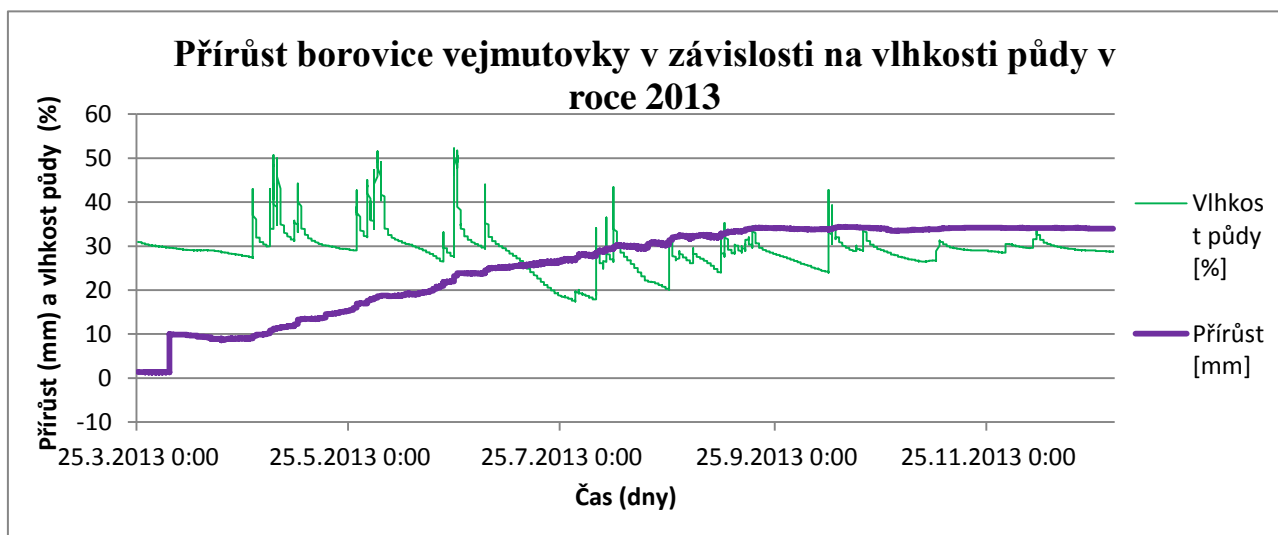
4.3.1 Rok 2013



Graf 31 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2013



Graf 32 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2013



Graf 33 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2013

Tabulka 11 Přírůstové veličiny *Pinus strobus* pro rok 2013

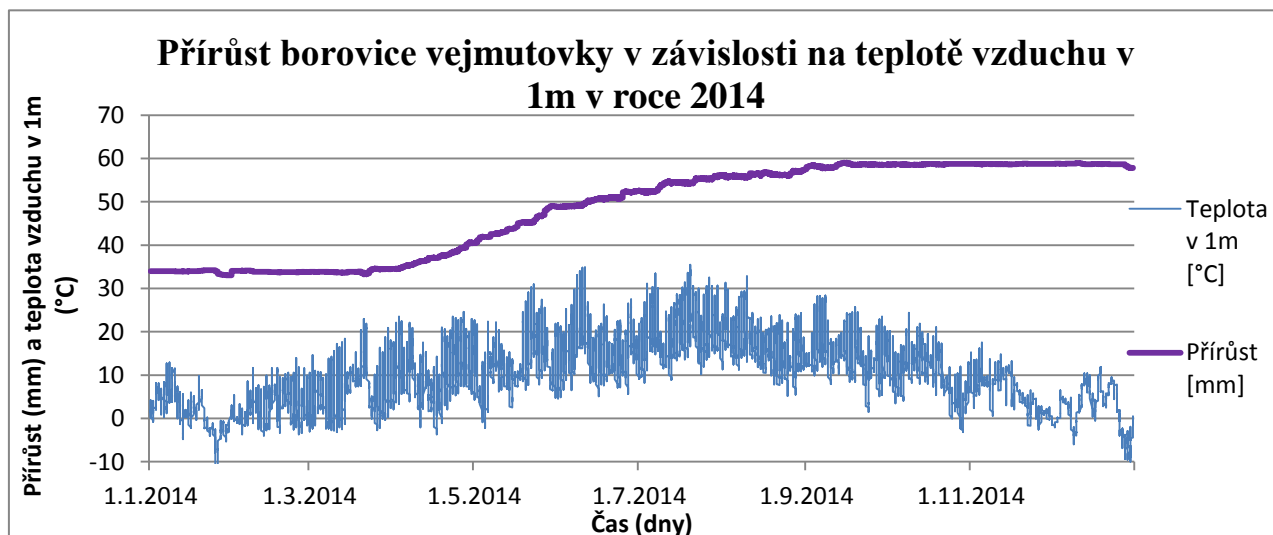
2013	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	26. 4. 2013
Kulminace přírůstu	20. 9. 2013
Konec přírůstu	27. 10. 2013
Celkový přírůst (mm)	24,98

Pinus strobus se vyznačovala největší hodnotou přírůstu za celé sledované období. Za datum počátku přírůstu se dá považovat 26. 4. 2013. Jako předchozí borovice, i tato reagovala na změnu teploty a vlhkosti půdy.

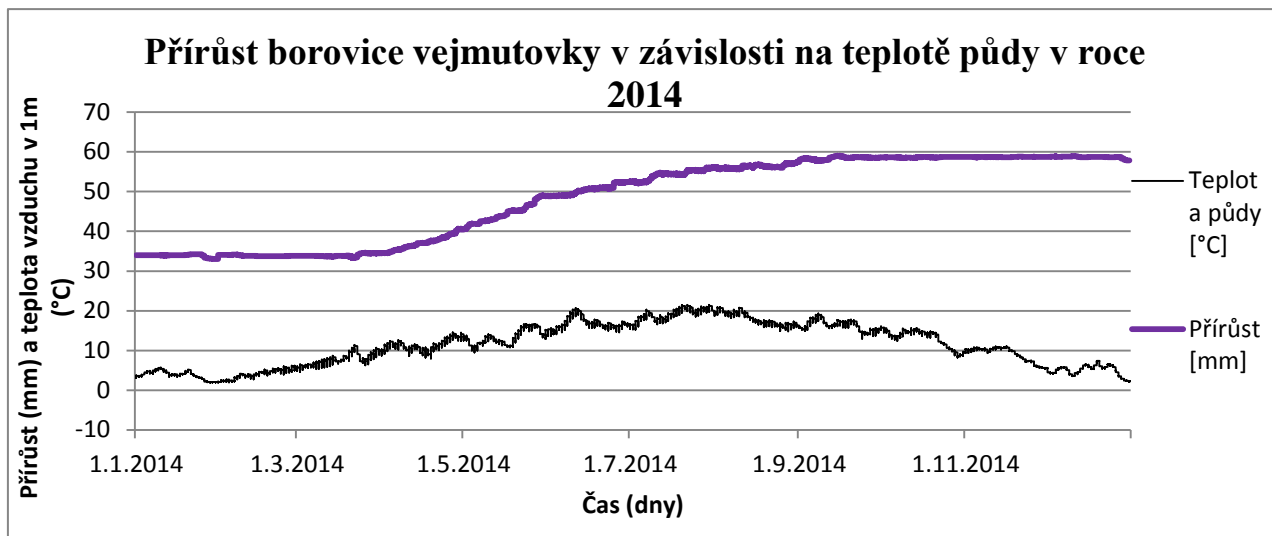
Růst kulminoval 20. 9. 2013. Z grafu 32 a 33 je viditelná reakce přírůstu na změnu teploty a vlhkosti půdy. Se snižující se vlhkostí půdy, reaguje borovice snížením hodnoty přírůstu. Podobně je tomu s reakcí na změnu teploty půdy.

Konec přírůstu byl stanoven na 27. 10. Během celého období růstu přirostla tato borovice o téměř 25 milimetrů.

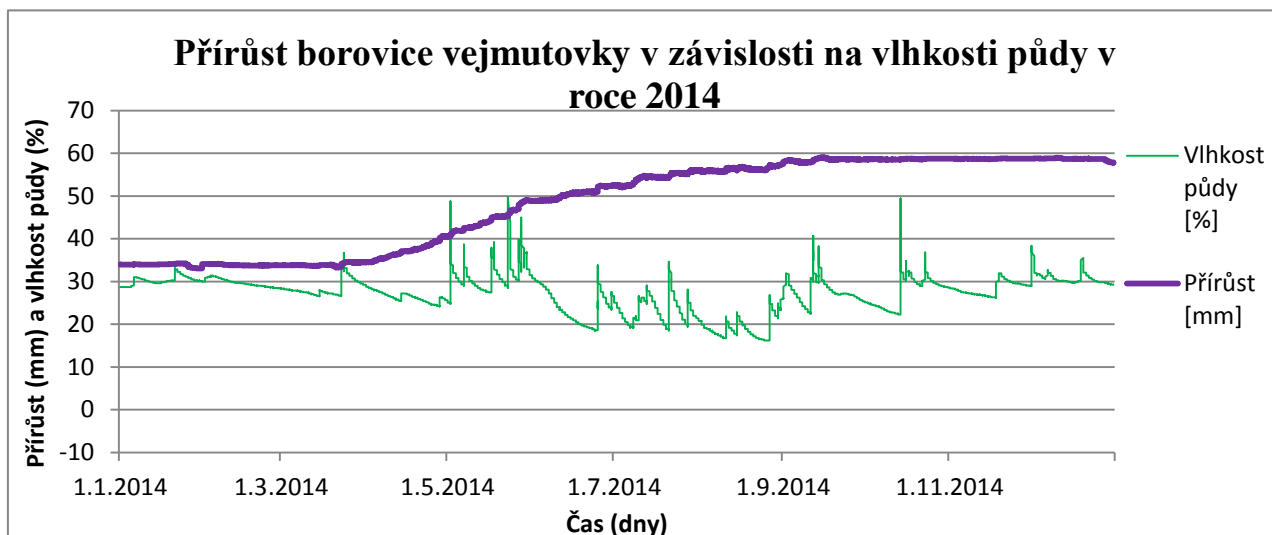
4.3.2 Rok 2014



Graf 34 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2014



Graf 35 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2014



Graf 36 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2014

Tabulka 12 Přírůstové veličiny *Pinus strobus* pro rok 2014

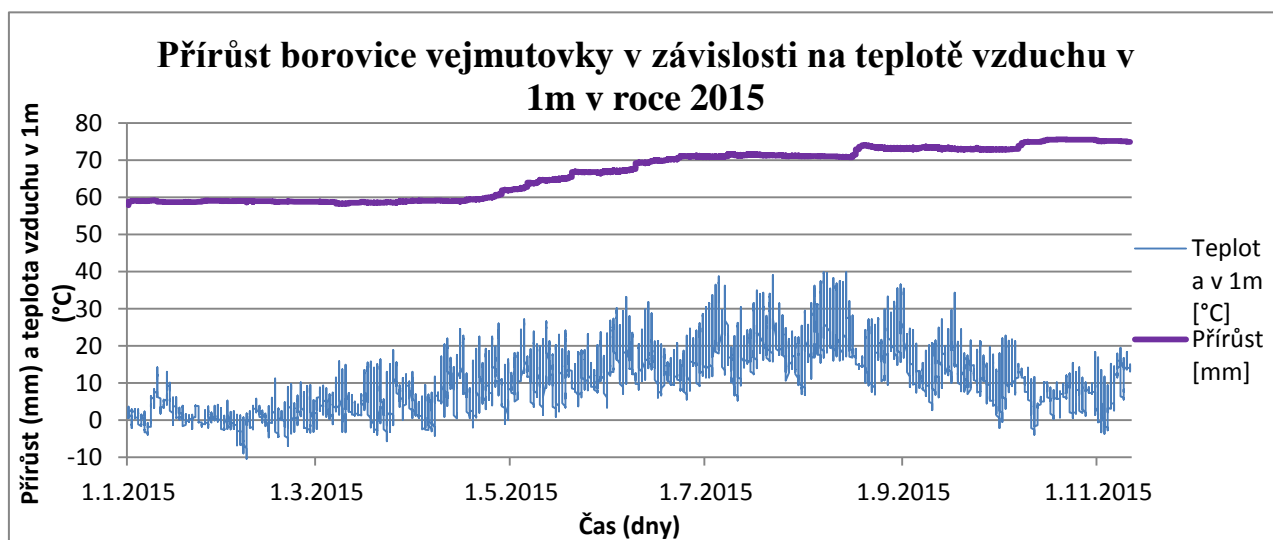
2014	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	30. 3. 2014
Kulminace přírůstu	16. 9. 2014
Konec přírůstu	19. 9. 2014
Celkový přírůst (mm)	24,05

V roce 2014 panovaly v areálu arboreta na jaře optimální podmínky. Počátek přírůstu nastal 30. 3. 2014. Opět nastal se zvýšením vlhkosti a teploty půdy. Tuto změnu můžeme pozorovat v grafu 35 a 36.

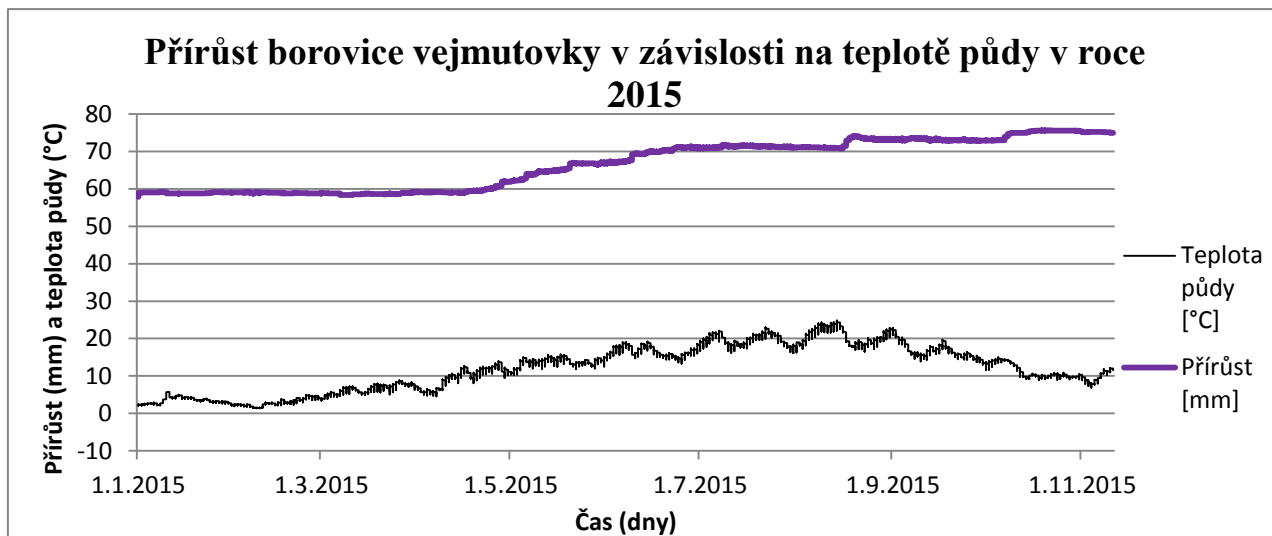
Kulminace nastala 16. 9. 2014. Do tohoto data nastalo mnoho změn ve vlhkosti i teplotě půdy a vzduchu. Neoptimálnější podmínky pro přírůst panovaly na jaře roku 2014, dostatek vlhkosti a optimální teplota půdy značně zvýšily hodnotu přírůstu.

Koncem období přírůstu můžeme považovat 19. 9. 2014. Značný pokles vlhkosti, teploty půdy a fotoperiody zastavily přírůst borovice vejmutovky v tomto období. Celkový přírůst činil 2, 4 centimetrů.

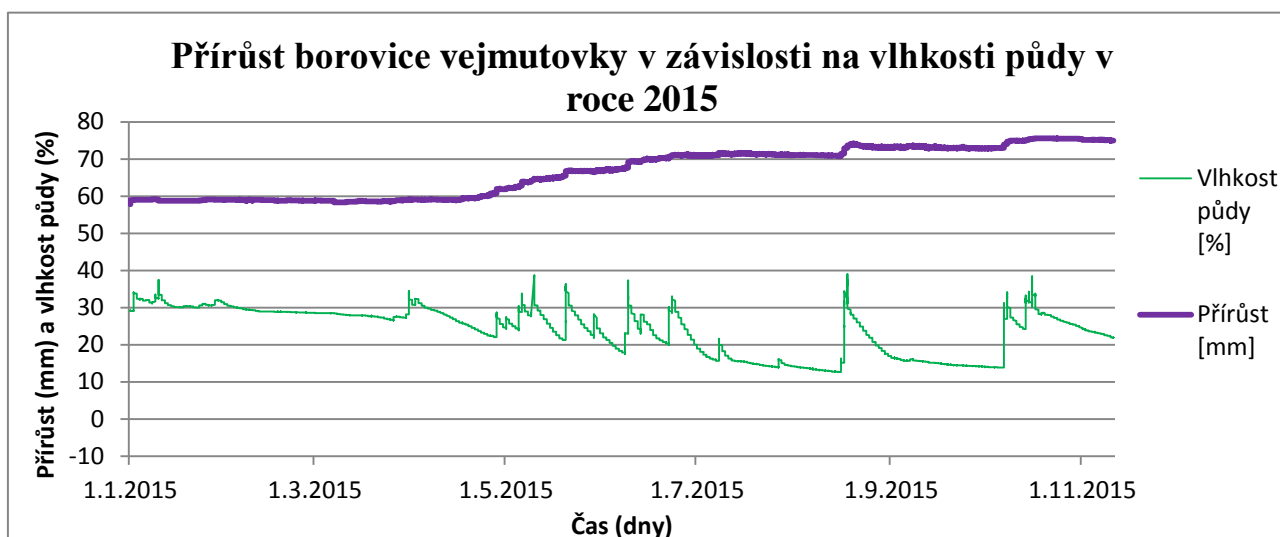
4.3.3 Rok 2015



Graf 37 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2015



Graf 38 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2015



Graf 39 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2015

Tabulka 13 Přírůstové veličiny *Pinus strobus* pro rok 2015

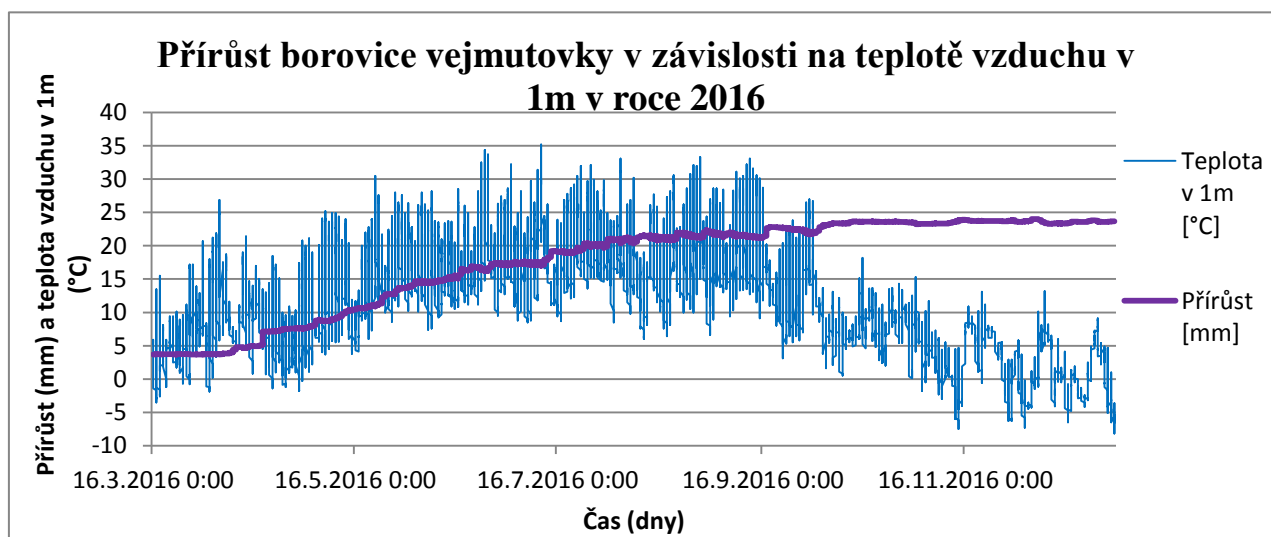
2015	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	25. 3. 2015
Kulminace přírůstu	23. 6. 2015
Konec přírůstu	29. 10. 2015
Celkový přírůst (mm)	16,90

Ve výše uvedených grafech můžeme pozorovat jarní počátek přírůstu v závislosti na změně teploty půdy a vlhkosti. Teplota vzduchu přímo průběh přírůstu neovlivňuje. Ovlivňuje ho nepřímo změnou zbylých dvou klimatických faktorů.

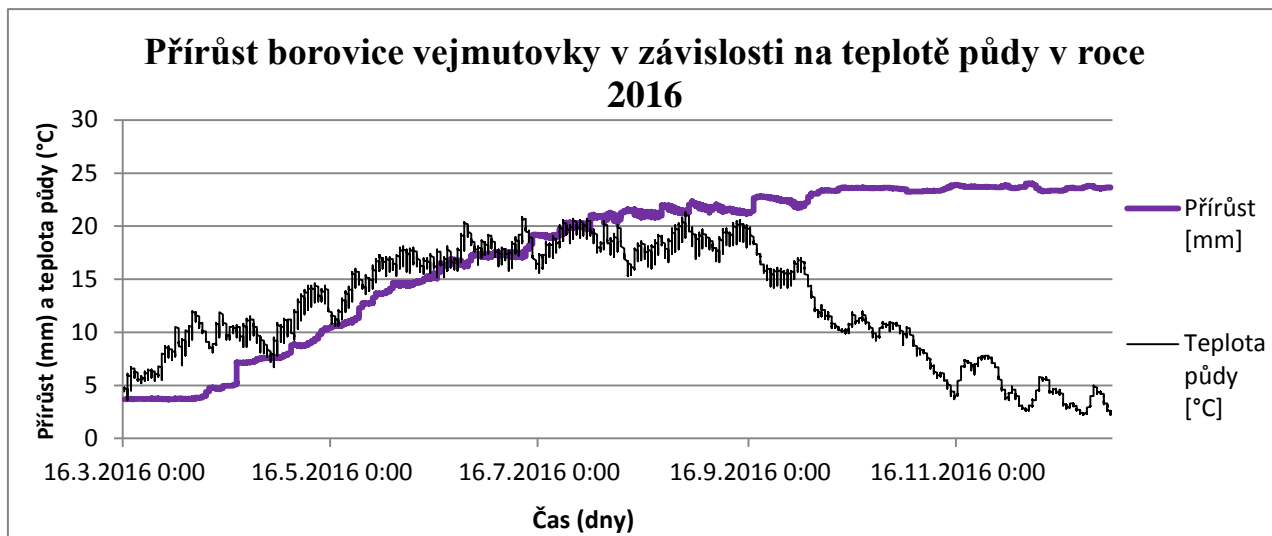
Přírůst kulminoval kolem 23. 6. 2015. Takto brzká kulminace nastala zejména kvůli vysoké teplotě půdy, která pro průběh přírůstu není ideální a kvůli nízké hodnotě vlhkosti půdy.

Konec přírůstu byl stanoven na 29. 10. 2015. Borovice vejmutovka se, i přes velmi nepříznivé klimatické podmínky, projevila svou vysokou hodnotou přírůstu. Konkrétně přirostla o téměř 17 milimetrů.

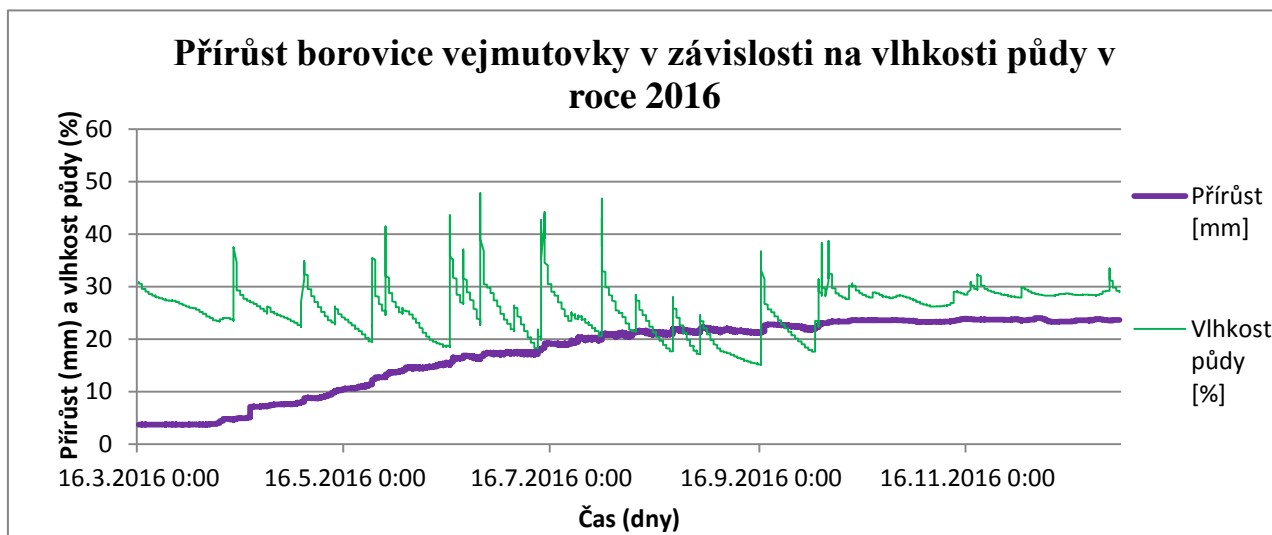
4.3.4 Rok 2016



Graf 40 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2016



Graf 41 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě půdy v roce 2016



Graf 42 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2016

Tabulka 14 Přírůstové veličiny *Pinus strobus* pro rok 2016

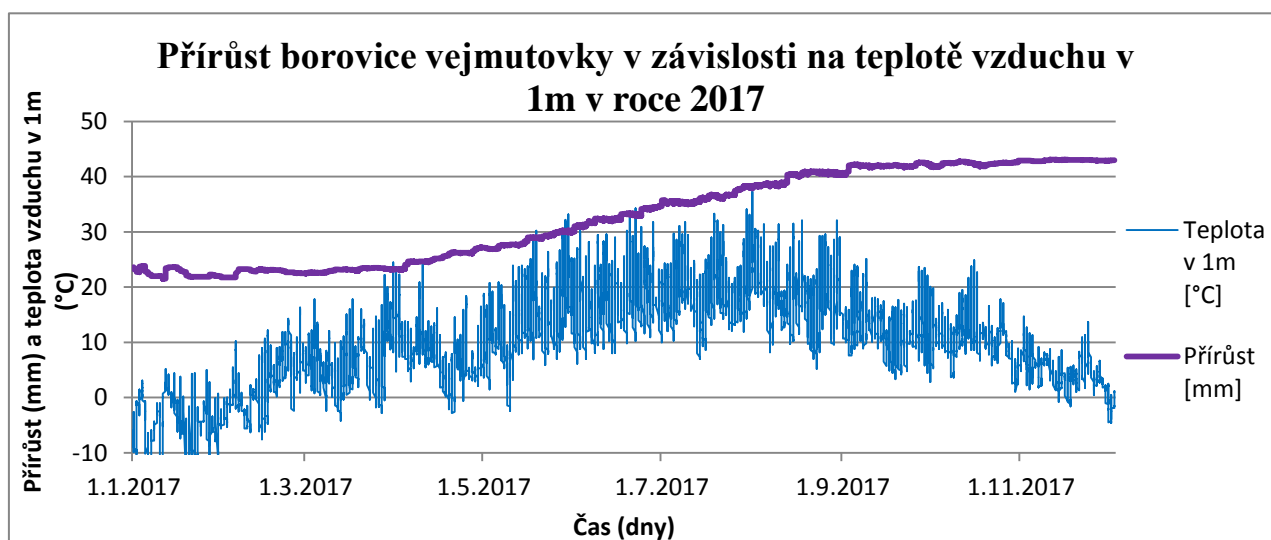
2016	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	9. 4. 2016
Kulminace přírůstu	11. 10. 2016
Konec přírůstu	9. 12. 2016
Celkový přírůst (mm)	19,88

Z grafů můžeme pozorovat, že počátek přírůstové aktivity nastal počátkem dubna. Opět můžeme sledovat reakci na zvyšující se teplotu půdy a zvýšenou půdní vlhkost.

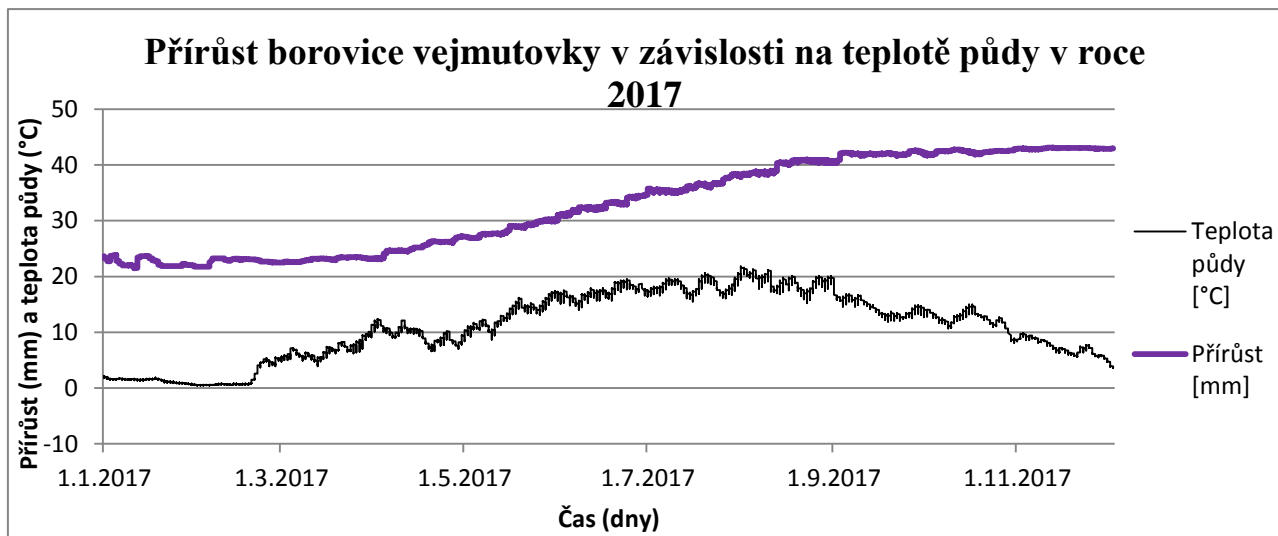
Růst kulminoval v první polovině října. V roce 2016 jsme mohli opět pozorovat vysokou intenzitu přírůstu.

Konec přírůstu jsme stanovili na počátek prosince. Do této doby se stále, i když jen velmi málo, měnily hodnoty přírůstu. Celkový přírůst za toto vegetační období činil 19,88 milimetrů.

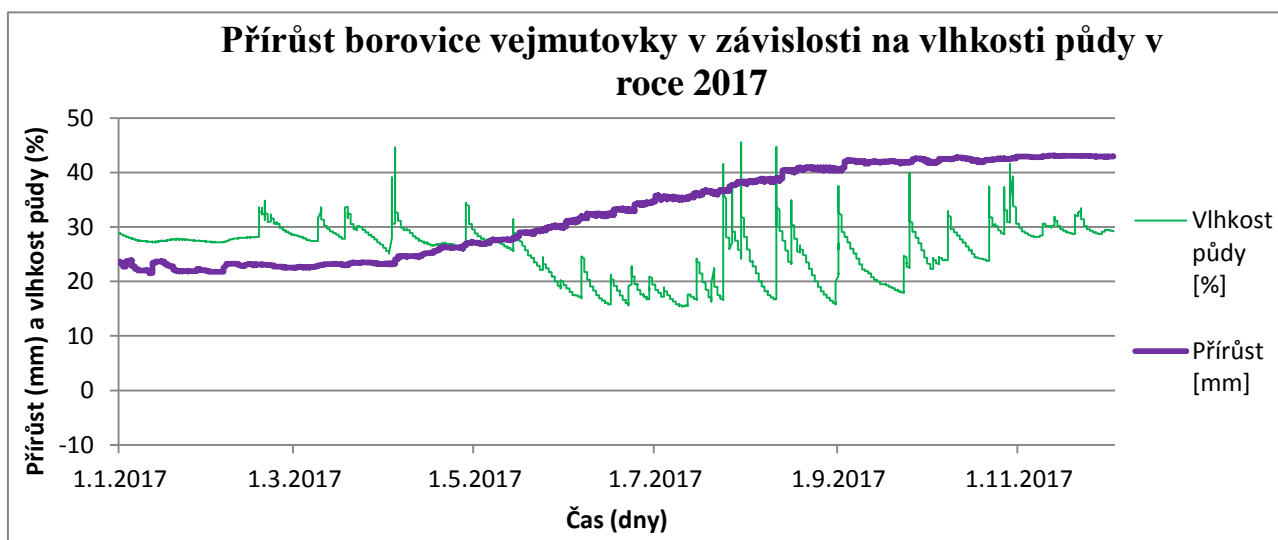
4.3.5 Rok 2017



Graf 43 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2017



Graf 44 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na teplotě vzduchu v roce 2017



Graf 45 Závislost přírůstu borovice vejmutovky na vlhkosti půdy v roce 2017

Tabulka 15 Přírůstové veličiny *Pinus strobus* pro rok 2017

2017	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	1. 2. 2017
Kulminace přírůstu	7. 9. 2017
Konec přírůstu	12. 11. 2017
Celkový přírůst (mm)	21, 37

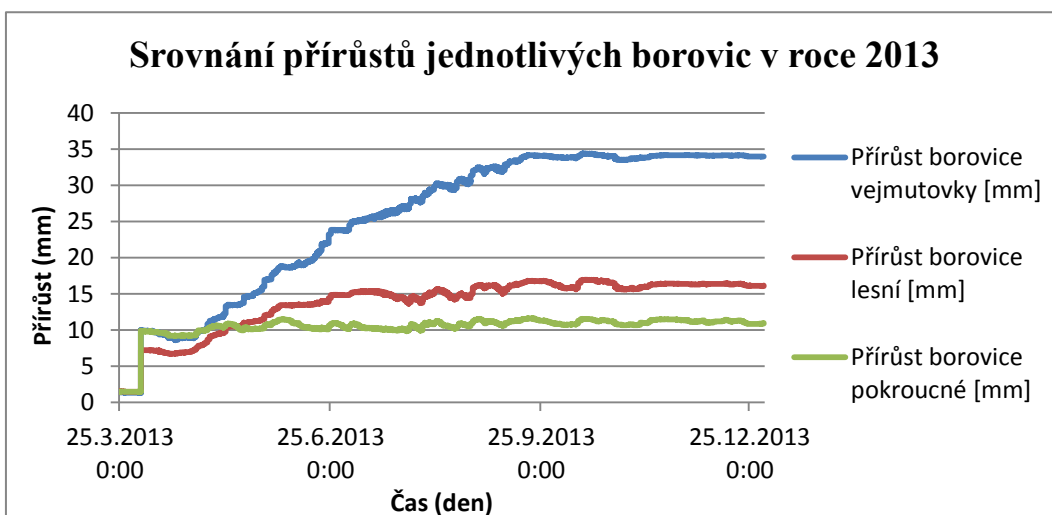
Změny v přírůstech byly pozorovány již počátkem února. V grafu č. 45 můžeme sledovat již několikrát zmiňovanou reakci přírůstu na změnu vlhkosti půdy.

Růst kulminoval počátkem září. Jako v minulých letech se i v roce 2017 borovice vejmutovka ukázala nejintenzivnějším přírůstem ze všech sledovaných druhů borovic.

Konec byl stanoven na 12. 11. 2017, po tomto datu se již změny přírůstu neprokázaly. Za toto vegetační období dokázala *Pinus strobus* přirůst 21,37 milimetrů.

4.4 Srovnání přírůstů vybraných druhů borovic

4.4.1 Rok 2013



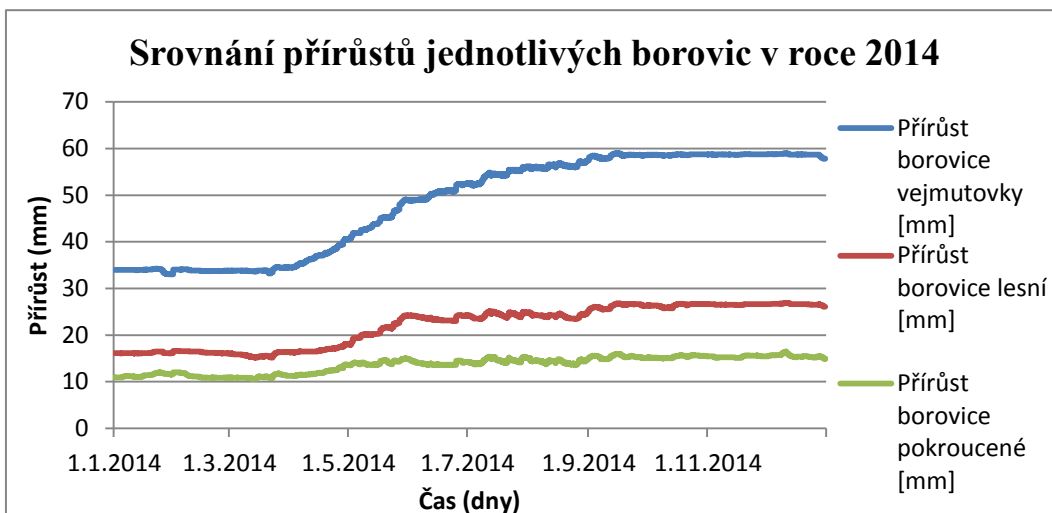
Graf 46 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2013

V grafu č. 46 můžeme sledovat, že nejintenzivnější přírůst v roce 2013 měla borovice vejmutovka. Několikanásobně přerostla zbylé dvě borovice. V roce 2013 činil její přírůst téměř 25 milimetrů.

Oproti tomu borovice pokroucená svou tloušťku téměř nezměnila. Přirostla o pouhé 2 milimetry.

Naše domácí borovice lesní se prezentovala v roce 2013 mírně klesajícím přírůstem. Z grafu č. 46 je zřejmé, že klimatické podmínky nebyly ideální pro přírůst této borovice.

4.4.2 Rok 2014



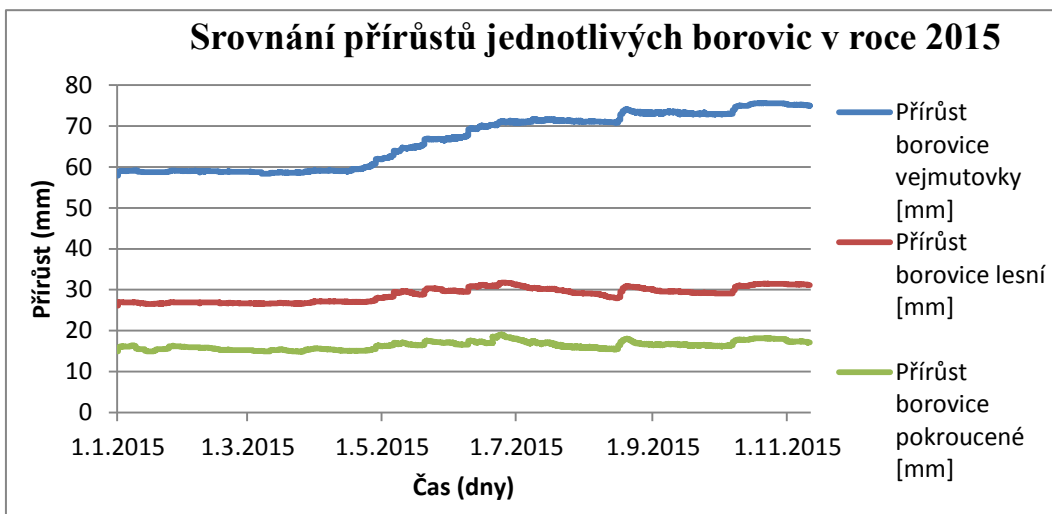
Graf 47 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2014

Rok 2014 byl podobného charakteru, jako byl rok 2013. Nejintenzivněji přirůstala borovice vejmutovka, které se na území arboreta velmi daří. V roce 2014 přirostla o 24 milimetrů.

Borovice pokroucená v roce 2014 o něco svou tloušťku zvýšila, konkrétně o necelých 5 milimetrů.

Naše domácí borovice lesní zvýšila svou tloušťku o 10, 5 milimetrů. Oproti roku předchozímu se jedná o mírný nárůst.

4.4.3 Rok 2015



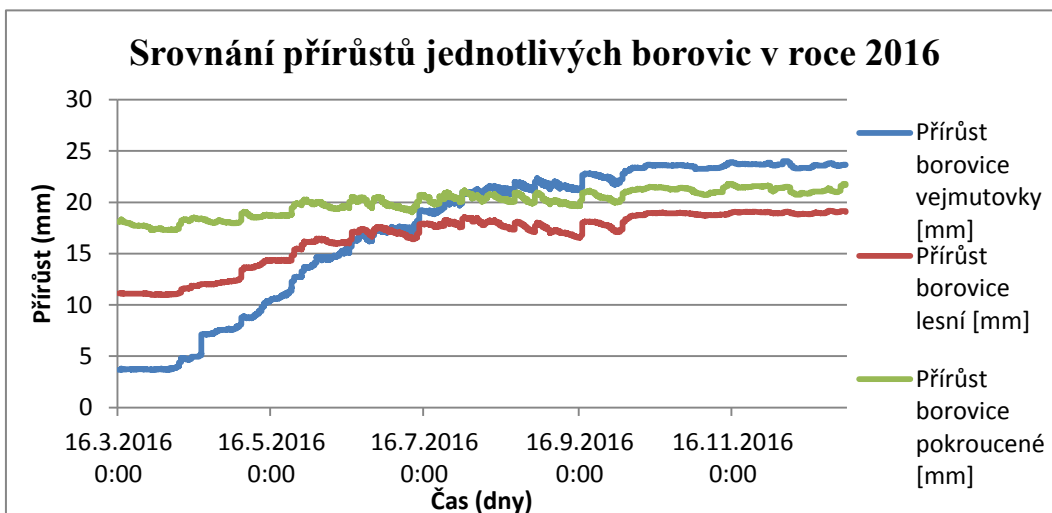
Graf 48 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2015

Rok 2015 přinesl snížení přírůstu borovice vejmutovky, konkrétně zvětšila svou tloušťku o 16 milimetrů.

Borovice pokroucená si držela mírný nárůst přírůstu. Svou tloušťku změnila v roce 2015 o více než 3 milimetry.

Borovice lesní za rok 2015 téměř nepřiřostla. Pokles byl způsoben zejména velkými změnami klimatických podmínek na území arboreta. Její přírůst v tomto roce činil pouhé 4 milimetry.

4.4.4 Rok 2016



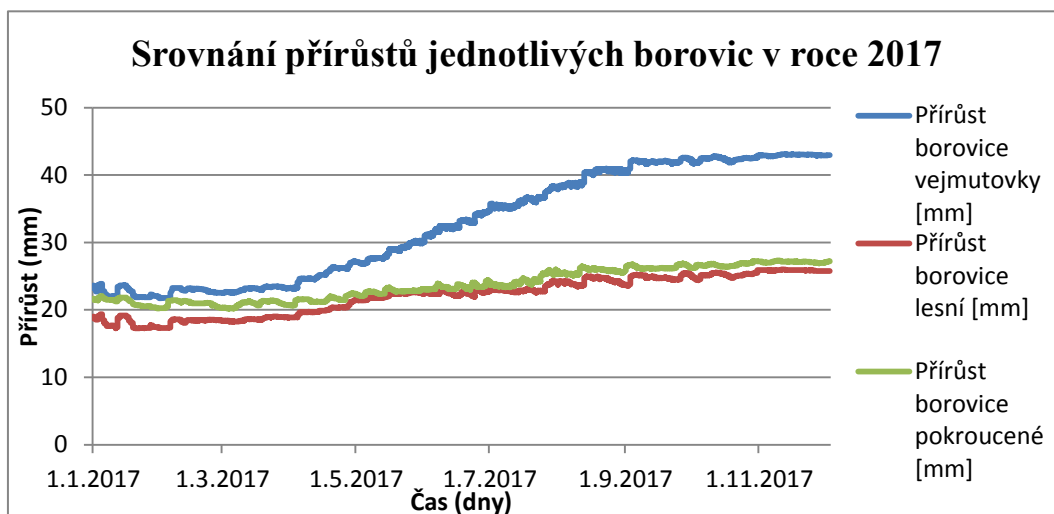
Graf 49 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2016

Přírůst borovice vejmutovky v roce 2016 byl opět nejintenzivnější. Její přírůst nebyl opět tolik intenzivní jako v roce 2013 a 2014. Dosáhl hodnoty téměř 20 milimetrů.

Borovice pokroucená zvýšila v tomto roce svou tloušťku o 4 milimetry. Přírůst této borovice si tedy stále zachoval mírně stoupající tendenci.

Borovici lesní se druhým rokem na území arboreta nedařilo. Její přírůst velmi kolísal zejména v závislosti na změnách vlhkosti.

4.4.5 Rok 2017



Graf 50 Srovnání přírůstů jednotlivých borovic v roce 2017

V posledním sledovaném období, stejně jako v předchozích, dominoval přírůst borovice vejmutovky. Ten dosáhl celkové hodnoty 21, 37 milimetrů. I přes pokles přírůstu oproti roku 2013 a 2014, si tato borovice udržela vysokou aktivitu tloušťkového přírůstu oproti ostatním sledovaným druhům.

Borovice pokroucená dosáhla v tomto roce nejvyšší hodnoty přírůstu za celé analyzované období a téměř se rovnala přírůst naší domácí borovice lesní.

Borovice lesní si udržela svůj průměrný přírůst. Dosáhla konkrétně hodnoty 8, 59 milimetrů.

Tabulka 16 Srovnávací tabulka analyzovaných borovic

2013			
	borovice lesní	borovice pokroucená	borovice vejmutovka
Počátek přírůstu	24. 4. 2013	28. 4. 2013	26. 4. 2013
Kulminace přírůstu	16. 10. 2013	5. 6. 2013	20. 9. 2013
Konec přírůstu	25. 11. 2013	14. 11. 2013	27. 10. 2013
Celkový přírůst (mm)	9,43	1,8	24,98
2014			
Počátek přírůstu	25. 3. 2014	23. 3. 2014	30. 3. 2014
Kulminace přírůstu	16. 9. 2014	15. 9. 2014	16. 9. 2014
Konec přírůstu	19. 10. 2014	25. 10. 2014	19. 9. 2014
Celkový přírůst (mm)	10,54	4,89	24,05
2015			
Počátek přírůstu	31. 3. 2015	25. 3. 2015	25. 3. 2015
Kulminace přírůstu	26. 6. 2015	23. 6. 2015	23. 6. 2015
Konec přírůstu	11. 10. 2015	29. 10. 2015	29. 10. 2015
Celkový přírůst (mm)	4,06	3,12	16,9
2016			
Počátek přírůstu	8. 4. 2016	8. 4. 2016	9. 4. 2016
Kulminace přírůstu	14. 10. 2016	1. 8. 2016	11. 10. 2016
Konec přírůstu	30. 11. 2016	8. 12. 2016	9. 12. 2016
Celkový přírůst (mm)	7,99	4,17	19,88
2017			
Počátek přírůstu	3. 2. 2017	7. 3. 2017	1. 2. 2017
Kulminace přírůstu	29. 9. 2017	4. 9. 2017	7. 9. 2017
Konec přírůstu	2. 11. 2017	10. 10. 2017	12. 11. 2017
Celkový přírůst (mm)	8,59	6,49	21,37

Ve výše uvedené tabulce můžeme sledovat, jednotlivé rozdíly v počátcích, kulminacích a koncích přírůstu. I přes mnohé rozdíly se zdá, že všechny tři druhy reagují na stejné klimatické změny, které ovlivňují průběh přírůstu. Nejvíce reagují všechny tři druhy na změnu vlhkosti, ta velmi ovlivňuje průběh, kolísavost, ale také celkovou hodnotu přírůstu.

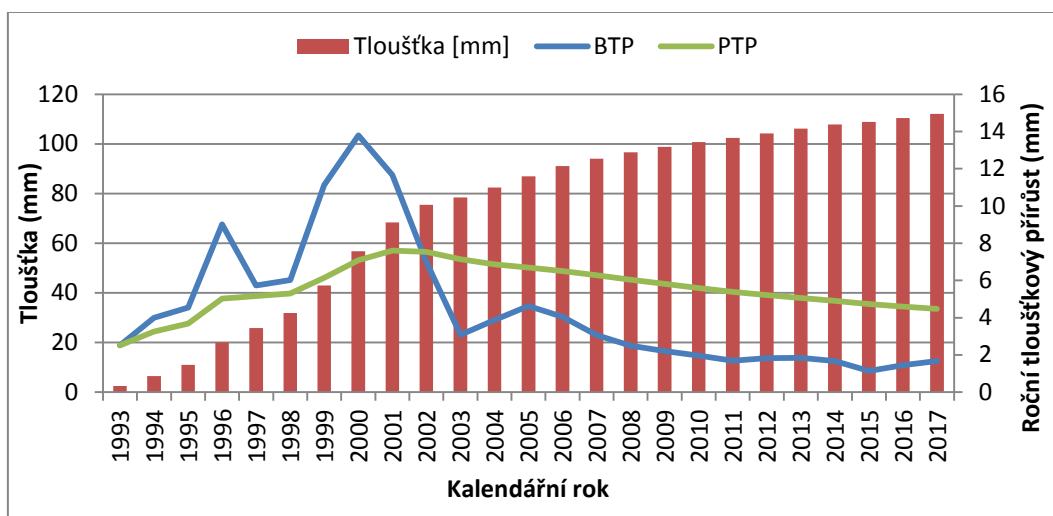
Druhou největší závislost lze sledovat mezi teplotou půdy a přírůstem. Teplota půdy po dosažení určité hodnoty, spolu s ideální hodnotou vlhkosti, iniciuje počátek přírůstu.

Teplota vzduchu dle grafů ovlivňovala přírůst nejméně. Důležitým faktorem je zejména z důvodů ovlivňování teploty a vlhkosti půdy.

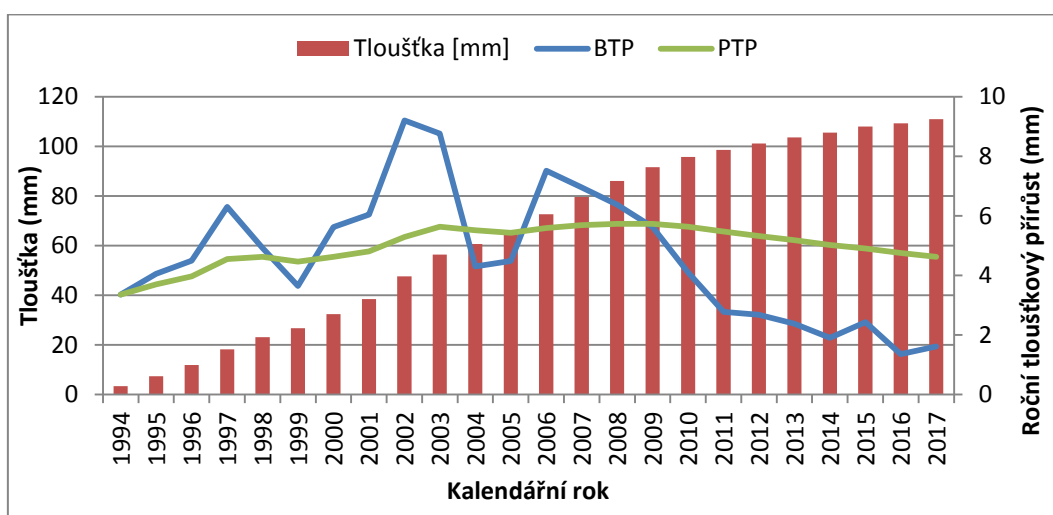
4.5 Analýza letokruhů

Analýza letokruhů byla prováděna na vybroušených a následně naskenovaných výřezech borovic, které pochází z výchovného zásahu na území arboreta.

4.5.1 Borovice lesní



Graf 51 Výsledek analýzy letokruhů první borovice lesní

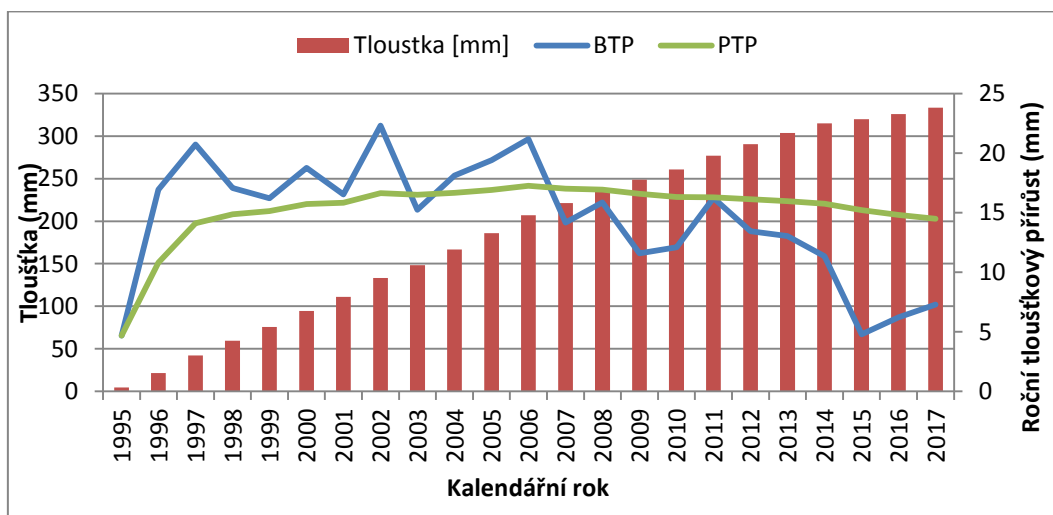


Graf 52 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice lesní

Z grafů můžeme pozorovat, že největších přírůstu dosahuje borovice první roky života. S rostoucím věkem klesá hodnota tloušťkového přírůstu. První borovice dosáhla největšího tloušťkového přírůstu v 8. roce, hodnota přírůstu byla 13,79 milimetrů. Nejméně přirostla ve 23. roku života, svou tloušťku zvětšila o pouhých 1,13 milimetrů.

Druhá borovice dosahoval mírně vyšších přírůstů, ale průběh přírůstů má také klesající tendenci. Nejvyššího přírůstu dosáhla tato borovice v 9. roce života, svou tloušťku zvětšila o 9,2 milimetrů. Naopak nejméně přirostla ve 23. roku života, kdy přirostla jen o 1,36 milimetrů.

4.5.2 Borovice vejmutovka

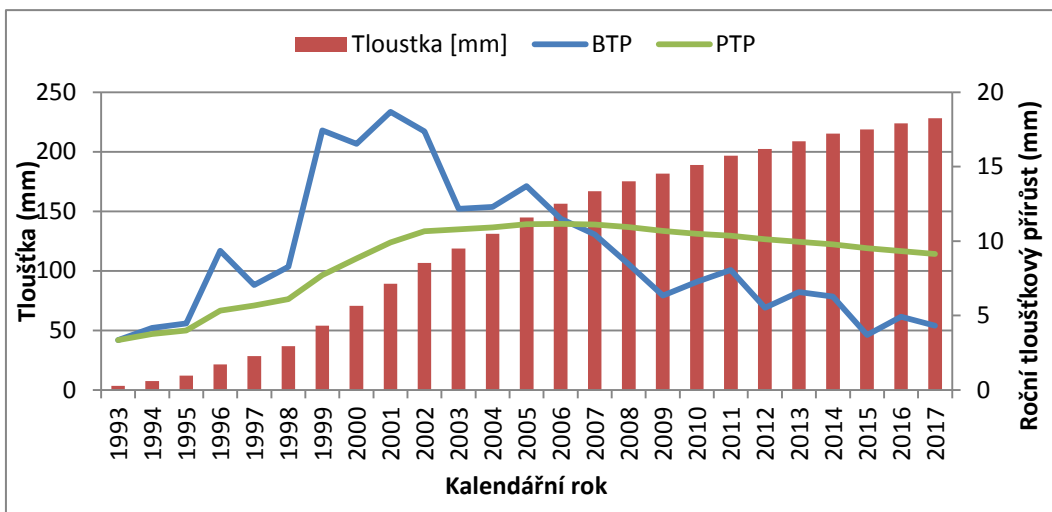


Graf 53 Výsledek analýzy letokruhů borovice vejmutovky

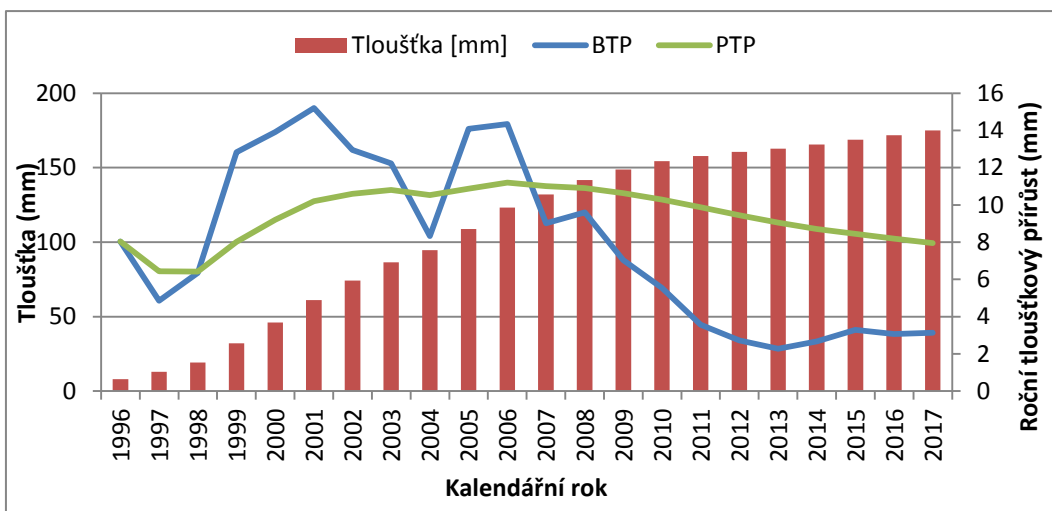
Z druhu *Pinus strobus* byl analyzován pouze jeden výřez. Z analýzy vyplývá stejný růstový pokles, jako u borovice lesní. Avšak u této borovice není tak rapidní, jako je tomu tak u borovice předchozí.

Maximálního přírůstu dosáhla tato borovice v 8. roce života, přirostla o 22,3 milimetrů. Minimální přírůst byl stanoven na první rok života. Pomalý růst v mládí je pro borovici vejmutovku charakteristický.

4.5.3 Borovice černá



Graf 54 Výsledek analýzy letokruhů první borovice černé



Graf 55 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice černé

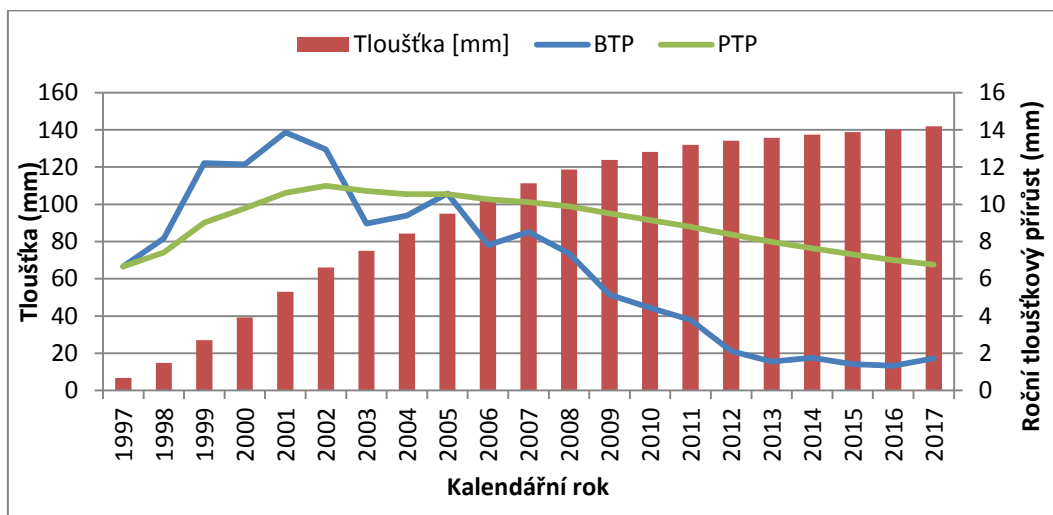
Přírůst borovice černé prošel podobným poklesem, jako přírůst předchozích dvou druhů. Pokles nastal u jedné borovice v roce 2005 a u druhé v roce 2006.

Maximálního přírůstu dosáhla první analyzovaná borovice v roce 2001, celková hodnota přírůstu byla 18, 68 milimetrů. Minima v roce 1993, tedy v prvním roce života, což je pro tuto borovici stejně charakteristické, jako pro borovici vejmutovku.

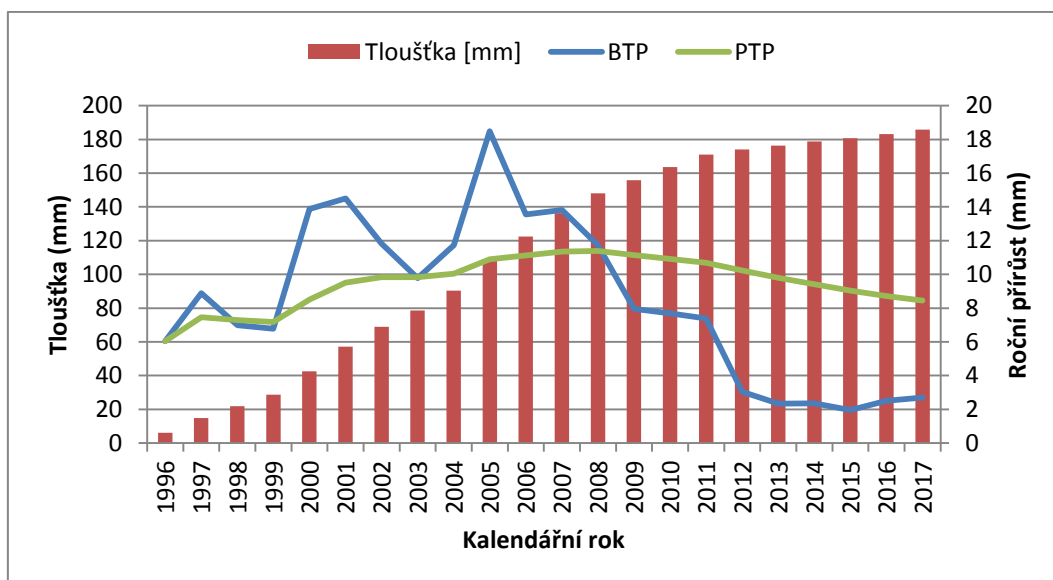
Druhá borovice dosáhla svého maxima také v roce 2001, hodnota maximálního přírůstu 15, 21 milimetrů. Naopak minima dosáhla v roce 2013, kdy

přirostla o pouhé 2 milimetry. U druhé analyzované borovice je překvapující počáteční přírůst. Dosáhl hodnoty 8 milimetrů, což je oproti první borovici černé opravdu vysoká hodnota.

4.5.4 Borovice pokroucená



Graf 56 Výsledek analýzy letokruhů první borovice pokroucené



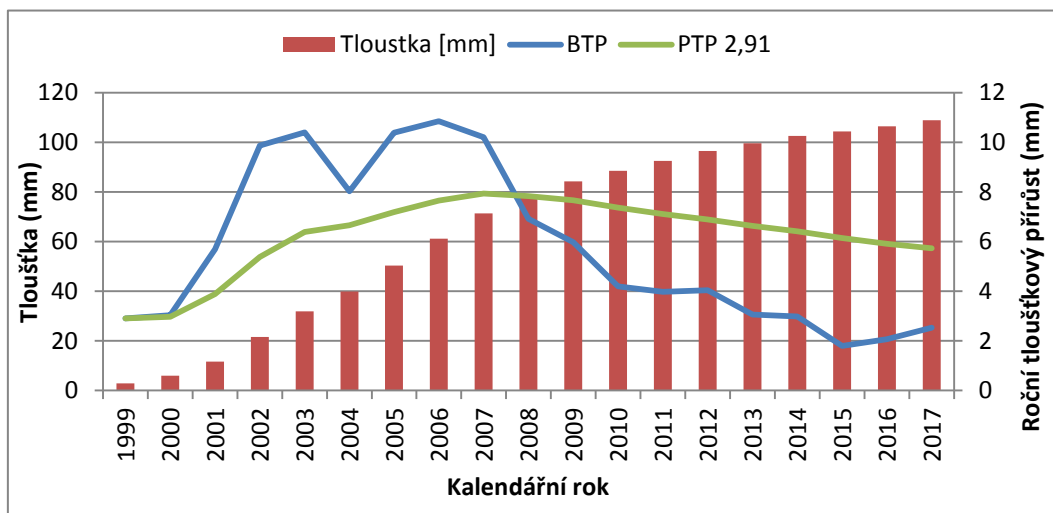
Graf 57 Výsledek analýzy letokruhů druhé borovice pokroucené

V analýze se objevily také dvě borovice pokroucené. Stejně jako u všech analyzovaných borovic, i zde nastal pokles přírůstů. Přelomovými roky jsou rok 2001 a 2005. V obou případech se jednalo o velký pokles po maximálním

přírůstu. U první borovice nastal maximální přírůst v roce 2001 a činil 13,87 milimetrů. Naopak nejmenšího přírůstu dosáhla borovice v roce 2016.

Druhá borovice dosáhla maximálního přírůstu v roce 2005, kdy dosáhl přírůst hodnoty 18,48 milimetrů. Nejméně změnila svou tloušťku v roce 2015.

4.5.5 Borovice rumelská



Graf 58 Výsledek analýzy letokruhů borovice pokroucené

Další analyzovanou zahraniční borovicí je borovice rumelská. Tato borovice zaznamenala asi nejmírnější pokles přírůstů ze všech sledovaných druhů. Pokles přírůstů můžeme sledovat v roce 2007.

Maximální přírůst nastal v roce 2006, borovice při něm změnila svou tloušťku o 10,85 milimetrů. Opačný rok byl rok 2015, v tomto roce borovice přirostla o pouhých 1,8 milimetrů.

5 Diskuze

V této bakalářské práci jsme se zabývali dynamikou tloušťkových přírůstu u vybraných druhů borovic. Výzkum probíhal zpětně za období od roku 2013 do roku 2017. V První části byly zkoumány výsledky z dendrometrů. Byla zkoumána závislost tloušťkového přírůstu na klimatických faktorech. Data o klimatických faktorech byla měřena meteostanicí na území arboreta. Mezi sledované klimatické faktory patří teplota půdy, vzduchu a vlhkost půdy. Další částí byla analýza letokruhů na borových výřezech.

5.1 Borovice vejmutovka

V této části bylo zjištěno, že nejvíce vyhovují poměry v arboretu borovici vejmutovce. Tato dřevina v jednotlivých letech velmi dobře snášela klimatické změny, i přes pokles přírůstu v období 2015 až 2016 má její růstový potenciál zvyšující se tendenci. Nejvyššího přírůstu dosáhla v roce 2013, kdy přirostla 24,98 milimetrů. Zvláštností je, že v tomto roce, oproti ostatním rokům sledovaného období, začala přirůstat opravdu velmi pozdě. Počátek jejího přírůstu byl stanoven až na 26. 4. 2013.

Výzkumem byla zjištěna vysoká reakceschopnost této dřeviny na změnu vlhkosti půdy. Dalším faktorem ovlivňující přírůst byla teplota půdy. Z grafů vyplývá, že po ohřátí půdy na teplotu okolo 10°C byl iniciován počátek tloušťkového přírůstu, naopak při ochlazení půdy pod tuto hranici byl růst zcela zastaven. Teplota vzduchu má na změnu hodnoty přírůstu nejmenší vliv. Spíše ji ovlivňuje nepřímo a to ovlivňováním ostatních dvou klimatických faktorů.

Z analýzy letokruhů bylo zjištěno, že tato borovice se i přes vysoké změny přírůstu, zachovává vysoký průměrný tloušťkový přírůst, konkrétně kolem 15 milimetrů. Její produkční schopnost je tedy nezpochybnitelná.

Borovice vejmutovka se ze všech analyzovaných borovic jeví jako nejlepší hospodářská dřevina s vysokou produkční schopností. I přes drsné klima posledních let si zachovává vysokou hodnotu průměrného přírůstu. Jediným rizikem pro její výsadby je již zmiňovaná rez vejmutovková (*Cronartium*

ribicola), která na území Ameriky, v rozsáhlých vejmutovkových porostech, vytváří obrovské škody.

5.2 Borovice lesní

Po analýze dat z dendrometrů bylo zjištěno, že tato borovice v letech srážkově chudých velmi trpí. V nejsušším roce 2015 došlo k téměř úplnému zastavení růstu. V letech ostatních si udržela průměrný přírůst kolem 7 milimetrů. Maximálního přírůstu dosáhl tento druh v roce 2014, kdy dokázal zvětšit svou tloušťku o 10, 54 milimetrů. Nejméně produkčním rokem pro ni byl rok 2015. Tento rok byl nejsušším ze sledovaného období, proto došlo k vysokému propadu přírůstu u této, ale i u ostatních dvou sledovaných borovic.

Stejně jako u borovice vejmutovky byla zjištěna vysoká reakceschopnost dřeviny na změnu vlhkosti v půdě. Tato reakceschopnost byla opravdu velmi vysoká a je adaptací na klima našeho území. Počátek růstu by mohl být iniciován, stejně jako u borovice vejmutovky, ohřátím půdy na určitou hladinu v kombinaci s optimální vlhkostí půdy. Teplota vzduchu přírůst této borovice téměř neovlivnila.

Analýza letokruhů zjistila, že tomuto druhu nesvědčí poslední chudé srážkové roky na území arboreta. Její průměrný roční přírůst klesl na hodnotu kolem 4 milimetrů za rok.

Produkční schopnost borovice lesní se v letech chudých na srážky velmi snižuje. Poslední roky jsou důkazem, že i přes vysokou odolnost borovice lesní na chudých stanovištích, jí nedostatek srážkové vody a půdní vlhkosti dostávají na pokraj existenčních problémů.

5.3 Borovice pokroucená

Borovice pokroucená byla nejméně přirůstající borovicí za celé období. V roce 2015 jsme sledovali propad přírůstu do záporných hodnot. Tento propad byl způsoben vysokými teplotami a nedostatkem srážek po celý rok. Maximálního přírůstu dosáhla tato borovice v roce 2017, hodnota přírůstu byla 6, 49 milimetrů. Naopak nejméně přirostla v roce 2013, tedy v prvním sledovaném roce.

Analýzou byla zjištěna závislost přírůstu na vlhkost půdy, avšak nebyla tak silná jako u předchozích dvou borovic.

Výsledkem analýzy borových výřezu byla zjištěna o něco vyšší hodnota průměrných přírůstů než u borovice sledované dendrometrem. U analyzovaných výřezů byl stanoven na 6-8 milimetrů za rok. U dendrometricky sledované borovice hodnota průměrného přírůstu byla pouhé 4 milimetry.

I přes tyto skutečnosti není produkční schopnost borovice pokroucené vysoká. V lesním hospodářství České republiky nehraje velkou roli a spíše se jedná o vzácněji vysazovanou dřevinu na výsypkových stanovištích, v parcích a arboretních sbírkách.

5.4 Borovice černá

U borovice černé byla analýza prováděna pouze formou výřezů. Tato analýza zjistila vyšší průměrný přírůst než má borovice pokroucená. Průměrný přírůst byl stanoven na 8-9 milimetrů ročně, přičemž maximální hodnotu přírůstu měl u jednoho z výřezů 18 milimetrů, u druhého 13 milimetrů. V letech minima tedy 1993 a 2013 dosáhla přírůstu pouze kolem 2 milimetrů.

Produkční schopnost této borovice je na vysoké úrovni a dle našeho výzkumu převyšuje produkci borovice lesní. I svými maximálními přírůsty převyšuje borovici lesní. Tento druh by se mohl podrobit daleko podrobnějšímu výzkumu, který by určil, zda se jedná opravdu o druh s vyšší produkční schopností než má naše borovice lesní na ji přirozených stanovištích.

5.5 Borovice rumelská

Dle mého názoru nejvzácnější borovice ze všech zkoumaných druhů. Výzkum na této borovici byl také prováděn analýzou výřezů, při které bylo zjištěno, že její průměrný přírůst činí 5, 5 milimetrů ročně. Nejvyšší hodnotu přírůstu zaznamenala v roce 2006. Tehdy přirostla o 10, 85 milimetrů za rok. Opakem byl suchý rok 2015, kdy svou tloušťku změnila pouze o 1,8 milimetru.

Z hospodářského hlediska se v dnešní době nejedná o příliš významný druh na našem území. Spíše druh parků a dendrologických sbírek, který dle námi

provedeného výzkumu disponuje produkční schopností srovnatelnou s naší domácí borovicí lesní.

6 Závěr

Výzkum na téma zhodnocení sezonní dynamiky tloušťkového přírůstu vybraných dřevin v Arboretu FLD v Kostelci nad Černými lesy probíhal na pěti borovicích, konkrétně na *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta*, *Pinus nigra*, *Pinus strobus* a *Pinus peuce*. Tři druhy byly podrobeny podrobné analýze dat z dendrometrů, která probíhala za roky 2013 až 2017. Data z dendrometrů byla zpracovávána v souvislosti s klimatickými podmínkami na území arboreta. Byl zkoumán vliv jednotlivých klimatických faktorů na průběh přírůstů, jejichž výsledkem jsou grafy této práce. Výzkumem bylo zjištěno, že obecně největší vliv na průběh tloušťkového přírůstu má vlhkost půdy. Dřeviny velmi dobře reagovaly na její změnu změnou přírůstů. Nejlépe ze dřevin reagovala na změnu vlhkosti půdy borovice lesní a borovice vejmutovka. Dalším klimatickým faktorem částečně ovlivňujícím zejména počátek přírůstu je teplota půdy. V kombinaci s optimální vlhkostí by u některých dřevin mohla iniciovat počátek růstu.

Poslední částí výzkumu byla analýza letokruhů na borových výřezech. Konkrétně bylo zkoumáno všech pět výše uvedených druhů. Analýzou byly zjišťovány běžné tloušťkové přírůsty, průměrné tloušťkové přírůsty, věk a celková tloušťka. Výsledkem jsou grafy závislosti zjišťovaných veličin.

Tato práce byla velmi zajímavá, dala by se dále rozšířit o další dřeviny či data z dendrometrů pro všechny analyzované druhy. Velmi zajímavá by mohla být analýza dat borovice černé, která mě velmi překvapila zjištěnou produkční schopností.

7 Seznam literárních pramenů

- Bažant, V., & Prknová, H. (2014). *Index plantarum 2014: arboretum FLD v Kostelci nad Černými lesy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Čunderlík, I. (2009). *Štruktúra dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- Drápela, K. (1995). *Dendrometrie : (dendrochronologie)*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- Erteld, & Hengst. (1968). *Waldertragslehre*. Berlin: Radebeul, Neumann Verlag.
- Koblížek, J. (2006). *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. Tišnov: Sursum.
- Kučera, J. (2015). *Environmental Measuring Systems*. Brno: EMS Brno.
- Musil, I. (2007). *Jehličnaté dřeviny : přehled nahosemenných i výtrusných dřevin : lesnická dendrologie 1*. Praha : Academica 2007.
- Roček, I., Musil, I., Chalupa, V., & Pokorný, J. (1998). *Arboretum Lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze Kostelec nad Černými lesy*. Kostelec nad Černými lesy: Česká zemědělská univerzita.
- Šebík, L., & Polák, L. (1990). *Náuka o produkci dreva*. Bratislava: Príroda.
- Šmelko, Š. a. (2003). *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR Zvolen.
- Šmelko, Štefan. *Dendrometria: [vysokoškolská učebnica]*. Vyd. 2. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-228-1828-5.
- Bednářová E., Kučera J., 2002: Phenological observations of two spruce stands (*Picea abies/L./ Karst.*) of different age in the years 1991-2000. *Ekológia*.
- Kamlerová K., Schejbalová H., 2006: Vliv klimatických faktorů na sezónní dynamiku tloušťkového přírůstu smrku ztepilého. In: Rožnovský J., Litschmann T.,

Fritts H.C., 1976: Tree rings and climate. London, New York, San Francisco, Academic Press.

Oliver, Ch.D.; Larson, B.C.. Forest stand dynamics. New York: Wiley, 2009.

Businský, R., Velebil J. 2011. *Borovice v České republice: výsledky dlouhodobého hodnocení rodu Pinus L. v kultuře v České republice = Pines in the Czech Republic : results from the long-term evaluation of the genus Pinus L. cultivated in the Czech Republic*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. ISBN 9788085116908.

Šmelko, Š.. *Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov*. Bratislava, 1982.

Sheppard P. R.. *Dendrochronology: extracting climate from trees*. Wiley interdisciplinary reviews: Climate change, 2010.