

School of Doctoral Studies in Biological Sciences  
University of South Bohemia in České Budějovice  
Faculty of Science



**Dendrochronology of representative autochthonous  
tree species on environmental and temporal  
gradients**

Ph.D. Thesis

**Mgr. Alžběta Čejková**

Supervisor: Prof. RNDr. Karel Prach, CSc.

Department of Botany, Faculty of Science, University of South  
Bohemia in  
České Budějovice

České Budějovice 2012



This thesis should be cited as:

Čejková A., 2012: Dendrochronology of representative autochthonous tree species on environmental and temporal gradients. Ph.D. Thesis Series, No. 4. University of South Bohemia, Faculty of Science, School of Doctoral Studies in Biological Sciences, České Budějovice, Czech Republic, 126 pp.

#### Annotation

This thesis is focused on application methods of dendrochronology on various ecological and historical aspects of forest communities, human management practices, and historical utilization of wood. Studies revealed growth responses of trees in various type of forest vegetation represented by spruce forest, alder carr and alluvial forests and involved autochthonous tree species with all morphological types of wood. These works demonstrated necessity of dynamic evolvement of the regional chronologies for the Czech Republic.

#### Declaration [in Czech]

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 24<sup>th</sup> February 2012

Alžběta Čejková

**Financial support**

This research was supported by Ministry of Education of the Czech Republic grants FRVŠ 1849/2003, FRVŠ 40/2006 and MSM6007665801.

**Acknowledgements**

*Many thanks to everybody who has helped me along the way.*

## List of papers and author's contribution

The thesis is based on the following papers (listed thematically):

### I

Čejková A. et Kolář T., 2009. Extreme radial growth reaction of Norway spruce along an altitudinal gradient in The Šumava Mountains. *Geochronometria* 33: 41-47. (IF=0,656)

*Alžběta Čejková collected the majority of samples, performed data assembly and analysis, wrote the manuscript.*

### II

Čejková A. et Kolář T., 2006. Analýza významných roků u smrku z oblasti Šumavy [Analysis of pointer years of Norway spruce from the Šumava Mountains]. Sborník referátů konference Historie a vývoj lesů v českých zemích 2006. ČZU FLE katedra pěstování lesů a správa NP a CHKO Šumava: 169-176. (in Czech)

*Alžběta Čejková collected the majority of samples, performed data assembly and analysis, wrote the manuscript.*

### III

Douda J., Čejková A., Douda K. et Kochánková J., 2009. Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years. *Annals of Forest Science* 66 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/forest/2009065> (IF=1,441)

*Alžběta Čejková collected the majority of samples, performed dendrochronological data analyses, wrote the dendrochronological part of manuscript and contributed to writing of discussion part of the manuscript.*

### IV

Čejková A. et Poláková S., 2011. Growth responses of sessile oak to climate and hydrological regime in the Zbytka nature reserve, the Czech Republic. (manuscript, submitted to *Geochronometria*)

*Alžběta Čejková collected the samples, performed dendrochronological data assembly and part of statistical analysis, wrote the manuscript.*

## **V**

Sedláček R., Beneš J., Čejková A., Kolář T., Komárková., Kyncl T., Novák J., Nováková K. et Světlík I. 2008. Studna z Dražkovic u Pardubic: komplexní archeologická a archeobotanická analýza [Wooden well from Dražkovice near Pardubice: complex archaeological and archaeobotanical analysis]. In: Beneš J. et Pokorný P. (eds.). Bioarcheologie v České Republice. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta - Praha: Archeologický ústav Akademie věd České republiky, Praha. (dendrochronological part: 299-305, in Czech)

*Alžběta Čejková participated in samples collecting for dendrochronological analyses, contributed to data measurment and analysing and wrote the draft of the dendrochronological part of the manuscript and edited comments of the co-authors.*

## **VI**

Kolář T. et Čejková A., 2006. Dendrochronologická analýza dřevěných konstrukcí tvrže v zaniklé obci Býšov [Dendrochronological analyses of timber construction of the fort in abandoned village Býšov / Dendrochronologische Analyse der Holzkonstruktionen in der Feste beim untergegangenen Dorf Býšov]. Archeologické výzkumy v jižních Čechách 19: 219-223. (in Czech)

*Alžběta Čejková participated in samples collecting, contributed to data measurment and analysing and the draft of the manuscript writting.*

## **VII**

Kolář T., Kyncl T. et Čejková A., 2005. Využití jedlového dřeva v dřevěných konstrukcích historických staveb [Utilization of fir wood in historical timber constructions]. sborník referátů konference Jedle bělokorá 2005 (European Silver fir - 2005), ČZU FLE katedra pěstování lesů a správa NP a CHKO Šumava: 207-211. (in Czech)

*Alžběta Čejková participated in sample collection, contributed to data measurment and analysing and revision of the manuscript.*

## **VIII**

Beneš J., Kolář T. et Čejková A., 2006. Xylotomic and dendrochronological analyses in archeology: Changes in the composition type of wood in Prague an in Southern Bohemia. Ve službách archeologie VII: 159-169.

*Alžběta Čejková participated in samples collecting, contributed to data measurment and analysing and revision of the manuscript.*

## **Contents**

<b>Chapter I</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Chapter II</b>		<b>15</b>
	<b>Paper I</b>	<b>16</b>
	<b>Paper II</b>	<b>29</b>
	<b>Paper III</b>	<b>40</b>
	<b>Paper IV</b>	<b>63</b>
<b>Chapter III</b>		<b>81</b>
	<b>Paper V</b>	<b>82</b>
	<b>Paper VI</b>	<b>91</b>
	<b>Paper VII</b>	<b>98</b>
	<b>Paper VIII</b>	<b>106</b>
<b>Chapter IV</b>	<b>Conclusions</b>	<b>123</b>





# Chapter I



## Introduction

## Field of dendrochronology

Direct observations of long-term environmental changes are rare and therefore it is necessary to concern with indirect records of natural archives such as glacial ice layers, seasonally deposited layers of sediments, annual layers of living organisms, e.g. corals, fish scales and plants with secondary xylem (Bradley 1999). Every individual plant, through its structure of cells, tissues, and organs, with their spatial relations and physiological states, brings a great store of information about its past life and environment (Wimmer 2002). The real natural archive are annual growth rings of plant and notably tree rings provide precise information on past growth reaction to environmental changes (e.g. Fritts 1976; Cook et Kairiuskis 1990; Schweingruber 1996; Spiecker 2002). Research of the tree rings, called dendrochronology, is available source of cumulated information about past environment (Vaganov et al. 2006).

Fundamental principles of modern dendrochronology was based on research of an astronomer A.E. Douglass on the oldest trees Rocky Mountain bristlecone pine (*Pinus aristata*) and Great Basin bristlecone pine (*Pinus longaeva*) during the first half of 20<sup>th</sup> century (Cook et Kairiuskis 1990). The principles declared:

- Trees growing in one area and under the identical climatic conditions have similar growth reaction expressed as amount of wood of a tree ring increment. Similarities are mainly manifested by maximal or minimal value of tree-ring increments.
- These tree rings served as marks, which allow connection overlapping of woody samples with different age. The tree-ring sequences create distinctive time line during centuries.

In the original narrow sense, the scientific discipline of dendrochronology is a method of dating events (Bitvinskas 1974; Fritts 1976). Simply tree-ring dating is only one part of wide possibilities of dendrochronology. Dendrochronology or, more precisely dendroecology, is interdisciplinary method including all branches of science involved in drawing some type of environmental information from tree-ring sequences (Schweingruber 1996). For example: past climate reconstruction and climate change studied by dendroclimatology (e.g. Martinelli 2004; Wilson et Elling 2003; Frank et Esper 2005; Wilson et al. 2005). Dendroecology is used in forestry (e.g. Becker et al. 1996; Mäkinen et al. 2001; Spiecker 2002; Misson et al. 2003), vegetation ecology and population dynamics (e.g. Piovesan et al. 2005; Sass-Klaassen et Hanraets 2006; Rodríguez-González et al. 2010) or for analyzing the effects of air pollution on tree (e.g. Ferretti et al. 2002; Wilczyński 2006; Šimatonyté et Vencloviene 2009). Dendrohydrology covers floodplain ecology and management, changes in river flow etc. (e.g. Davidson et al. 2006; Zielonka et al.

2008). Landslide events, erosion or volcano tectonic processes influence growth patterns of tree rings is a topic of dendrogeomorphology and dendrotectonics (e.g. Biondi et al. 2003; Guida et al. 2008).

### **Tree-ring formation and growth factors**

Regular radial increment via separately dated rings is prerequisite of dendrochronology. A thin layer of generative tissue cambium produces tree rings and this process is regulated by genetic factors and the environment (Telewski et Lynch 1991). The cambium produces new layers of phloem (bark) on the outside and xylem (wood) on the inside. Only woody plants with secondary growth form well defined increments encircling the entire stem in seasonal climate, i.e. all woody plants belonging to dicotyledons (the cambium of herbaceous plants is almost inactive); some monocotyledonous plants from *Liliaceae* family (*Yucca*, *Agave*, *Dracaena*; Schweingruber 1996). The important requirement for tree ring formation is a regular seasonality with period of unfavorable conditions for growth, when the cambium stops production of cells (e.g. low temperature during winter, drought or rainfall periods, regular inundation etc.; Schweingruber 1992).

The differentiation process of the xylem mother cells varies during vegetation period (Schweingruber 1996). Coniferous trees have well distinguishable tree rings so that earlywood with relatively wide thin walled cells and latewood with relatively narrow thick walled cells zones develop. Large tracheids form at the beginning of the growing period and small tracheids at the end. Angiosperms form different cell types aperiodically in various groupings. Ring porous trees (e.g. *Quercus*, *Fraxinus*, *Ulmus*) produce generally larger vessels early in the season and vessels are concentrated in the outermost layer of sapwood (Drápela et Zach 1995; Schweingruber 1996). Diffuse porous trees (e.g. *Betula*, *Salix*, *Alnus*, *Acer*, *Tilia*, *Fagus*) have poorly distinguishable tree rings, because vessels are spread evenly throughout the sapwood and produced regularly during the growing season (DeBell et al. 1978; Drápela et Zach 1995). Diffuse porous trees has small differences between earlywood/latewood and adjacent tree rings; terminal part of tree ring consists of only few layers of fibrous cells (Elling 1966).

The process of differentiation cells and formation of tree rings is influenced by complex of abiotic and biotic factors. It involves permanent impact of climate, location and soil; variable factors as soil moisture, amount of light, soil permeability, mineral nutrition accessibility, competition etc. and entirely random occurrences as landslides, windstorm, fungal diseases and insect infestation (Schweingruber 1996; Fritts 1976). Thus the tree-ring series contain an aggregation of a finite number of signals that represent the sum of the environmental influences on a tree growth. Dendrochronology studies this information preserved at tree rings and for

solution specific questions exerts the actual signal from interference and reveals causality and fluctuations of these signals (Cook et Kairiuskis 1990).

Cook (in Cook et Kairiuskis 1990) proposed a linear model describing five most common signals included in every tree-ring series:

- Average values of radial increment are significantly modified by tree age.
- Aggregate influence of all climate-related environmental variables on tree growth causes that all the trees in a stand are affected similarly by the same set of climate variables.
- Every tree has characteristic pulse response to endogenous local factors in the gap phase of stand dynamics in the forest. The endogenous disturbance pulses in the tree-ring widths of a given tree will be largely uncorrelated with endogenous disturbance pulse in other trees from the same stand.

The above-mentioned three signals are always contained in every tree ring.

- Exogenous factor present characteristic reaction of a tree to specific standwide factors and growth response is synchronous in time of the event in all sampled trees from a stand. The exogenous disturbance pulses are caused by fire, diseases, logging, pollution, episodic climatic agents (severe frost, storms etc.). Theoretically, the exogenous disturbance pulses need not be presented at each tree-ring series.
- Unexplained year-to-year variability in the tree-ring widths is not related to another signal and usually is serially uncorrelated within and spatially uncorrelated between trees in the stand.

Irregularity inside the tree-ring series increases with extreme environmental conditions and occurrences of unexpected events (Fritts 1976). The large differences between adjacent tree-ring widths can cause partially absent or no tree ring formation in a given year (Schweingruber 1996). Also all tree species has different predisposition to tree-ring widths fluctuations, e.g. fluctuations are typically for diffuse porous woody species *Fagus* (Biondi 1993). Ring porous woody species (*Quercus*, *Fraxinus* etc.) fluctuate more in latewood while earlywood change insignificantly. A proportion of latewood decreases with increasing age, which leads to decreasing fluctuation of tree-ring widths (Weitland 1960). On the contrary, diffuse porous woody species (e.g. *Alnus*) exhibit more fluctuations with growing old (Elling 1966). Irregularities in tree ring formation appear typically as multiple resin ducts or density fluctuation for conifers, when growth stimulating factors changed to inhibiting factors during vegetation season (Schweingruber 1996). Completely interrupted growing period induces a formation of false rings, which are morphologically indistinguishable from actual tree rings (e.g. Schweingruber 1986, Schweingruber et al. 1990). Ring porous broadleaf woody species form also false rings, when earlywood larger pores appear

at the end of the tree ring formation. Furthermore, varicolored zones inside trees of *Alnus glutinosa* will be able markedly distinct than the tree rings and complicated recognition of the tree ring (Elling 1966).

## **Dendroecological and dendroclimatological studies in Europe**

Climate signal is considered as one of the main controlling factors for the tree growth, and the tree response is modified by tree species, provenience, competition, site conditions etc. (Fritts 1976; Spiecker 2002; Vitas 2004). The interpretation of dendroecological analyses is quite complicated; relationships among tree-ring increment, climatic conditions and stand characteristics are complex and interconnected. Moreover, in temperate climates, it is quite difficult to separate the different climatic parameters, because the correlation between tree-ring growth and these parameters is relatively weak (Glaser 2001). Dendroecological and dendroclimatological studies concern with the growth response of trees along various ecological gradients. Many of them are traditionally targeted to analyses of increments on site with extremely conditions, because radial tree growth has more closed and homogeneous relationship to climate here (Fritts 1976, Shiyatov et al. 1996, Schweingruber 1996). The trees growing under average environmental conditions respond less strongly to climatic variation (Mäkinen et al. 2003). In Europe, traditionally used tree species for the purpose of dendrochronological studies are conifers (e.g. Wilson et Hopfmueller 2001, Andreassen 2006 et al.; Koprowski et Zielski 2006; Carrer et al. 2007), ring porous tree species especially *Quercus* (e.g. Lebourgeois et al. 2004; Cedro 2007; Leal et al. 2008) and only exceptionally diffuse porous tree species excluding *Fagus* (e.g. Lebourgeois et al. 2005; Drobyshev et al. 2010). In frame of this dissertation, dendrochronological analyses are applied on all mentioned types of trees.

Numerous European dendrochronological studies deal with different growth responses of trees on latitudinal and altitudinal gradients. This approach allows define climate-growth relationships and distinguish regions with similar increment patterns of tree rings. The studies about regional and temporal growth patterns of *Picea abies* and its dependence on temperature and precipitation along altitudinal and latitudinal gradient for Northern and Central Europe revealed that the medium-frequency component of chronologies was rather different between regions. But the medium-frequency growth variation within each region was relatively similar and part of the high-frequency variation was common for the entire study area, which suggests that some factors synchronize tree growth (Mäkinen et al. 2002). The limiting effect of low temperatures was more significant at northern as well as high-altitude sites, while the importance of precipitation increased in the south and at low altitudes. Generally, the radial growth was less correlated with precipitation than with temperature (Mäkinen et al. 2000, 2002, 2003; Andreassen et al. 2006). In regions

with more temperate climate, water availability was a growth-limiting factor, however this effect related to temperature-induced water stress (Mäkinen et al. 2003; Koprowski et Zielski 2006). Analogous studies about spatial growth response to climate exist also for the broadleaf trees namely for ring porous oak (e.g. Bréda et Badeau 2008; Drobyshev et al. 2008; García-González 2008; Friedrichs et al. 2008) and diffuse porous beech (e.g. Dittmar et al. 2003; Lebourgeois et al. 2005; Piovesan et al. 2008).

Radial growth anomalies (pointer years = an extremely small/wide ring width) have also specific spatial patterns within these gradients (Schweingruber et al. 1990; Desplanque et al. 1999; Rolland et al. 2000). Climatological interpretation of the extreme growth patterns for Central Europe revealed mutual temperature and precipitation forcing, that moderately cold and wet conditions during the growing season cause wide rings at upper and lower sites. Warm and wet (warm and dry) springs result in positive (negative) anomalies in the Central European lowlands and warm (cold) summers result in positive (negative) anomalies in the Central European highlands, respectively. Similar climatological conditions yield to divergent growth response patterns along altitudinal gradients (Neuwirth et al. 2004, 2007).

The genus *Quercus* is sensitive to drought and warming climate (Rosaz 2005; Ruseckas 2006; Cedro 2007; Weber et al. 2007; Friedrichs et al. 2008). Oak (*Quercus robur*) grows on normally irrigated stands and also temporarily overmoistured sites and thus moreover radial increment substantially depends on changes in site hydrology and type of soils (Ruseckas 2006; Sass-Klaassen et Hanraets 2006). Therefore, ring-width series of oak can be used to reconstruct water table fluctuation, to evaluate the human impact to hydrology regime, e.g. consequence of hydro-electric power plant on flood-plain forests or solution mining (Antonić et al. 2001; Lagueard et Drew 2008).

The genus *Alnus*, the tree with diffuse porous wood, has been a subject of relatively marginal interest of dendrochronologists so far. In dendrohydrological and dendrogeomorphological studies, alder is usually a modeling tree that is used together with other tree species growing along rivers and lakes. These studies namely analyze age of trees and quantify anatomical reactions to wounding and suppression of radial increment in diffuse-porous species caused by disturbances such as flash floods (Ballesteros et al. 2010), lateral migration of a river channel and erosion of river banks (Bayard et Schweingruber 1991; Malík 2005, Treml et al. 2008) or landslides (Schmid et Schweingruber 1995). Nowadays, studies on alder are targeted on ecosystem function and dynamics to predict future changes of vulnerable forest wetlands for conservation and sustainable management (Laganis et al. 2008; Rodríguez-González et al. 2010). Changes of groundwater levels/soil saturation were identified as

the most important environmental attributes affecting annual radial increments of *Alnus*.

### **Dendrochronological studies in Europe**

The most common utilization of dendrochronology in historical and archaeological disciplines is dating of wood samples (wooden tools, wood for heating, constructional timber, objects of art and musical instruments; e.g. Baillie 1982, 1995; Čufar 2007). The method of cross dating allows the identification of the calendar years of the tree ring formation and the felling dates of the trees. It helps to determine the age of wooden objects with a precision that has not been matched by any other method (Haneca et al. 2009). Cross dating is the procedure of matching variations in a ring width or other ring characteristics among several tree-ring series, allowing identification of the exact year in which each tree ring was formed (Baillie 1982, 1995; Kaennel et Schweingruber 1995). A precondition for successful determination the exact year in which the tree was felled is the presence of the last ring below the bark or even bark preserved; if the last ring is not preserved, the year of tree felling can be only approximated (Eckstein 2007; Haneca et al. 2009).

Primarily, the long tree-ring series cover hundreds or thousands of years has developed for the utilization of dendrochronology as a standard dating tool (e.g. Huber et Giertz-Siebenlist 1969; Becker et Giertz-Siebenlist 1970; Pilcher et al. 1984; Becker 1993; Grudd et al. 2002; Čufar et al. 2008). The longest chronology in the world is the South German Hohenheim oak chronology covering the Holocene after the last ice age since 8480 BC (Friedrich et al. 2004). The master or standard chronologies are a combination of many ring-width series of given tree species with very similar ring width patterns for each growth season for a specific region (Fritts 1976; Baillie 1982, 1995; Schweingruber 1996). Development of master chronologies depends on the amount of fine wooden material with adequate length of the tree-ring series (e.g. Billamboz 2003; Haneca et al. 2006). Nevertheless, the origin, quality and replication of tree-ring series used in master chronology vary from site to site depend on the context of archeological and historical sources and are not uniform over their entire time span (Haneca et al. 2009).

Dendrochronological dating is only possible if adequate reference tree ring chronologies are available for the region, tree species and period of interest (Čufar et al. 2010). Absolute chronometric dating of the wood can be supported by the radiocarbon analyses, especially using wiggle-matching methodology (e.g. Čufar 2007; Kromer 2009), if the regional master chronology has insufficient length or a teleconnection with the remote reference chronology does not exist. Chronologies are therefore considered as dynamic entities that need to be constantly improved (Haneca et al. 2009).

A recent advance in dendrochronology is the attempt to locate the source area of the timber i.e. dendro-provenancing (e.g. Škabrada et Kyncl 2004; Haneca et al. 2005, 2009; Čufar et al. 2007, 2010; Sass-Klaassen et al. 2008). This type of research is enabled by discrepancies among growth ring patterns of trees from distant geographical areas driven by differences in the local climate and site conditions. Provenance identification of the wood of historical objects revealed more detailed information about historical timber trade and where the timber was gained. The timber generally originated from local forests until the beginning of the 20<sup>th</sup> century, but great amounts of timber were needed for large construction (e.g. churches and castles). Thus, the timber was often collected over a period of time and shifted from distant sites, which prolonged time between tree felling and building erection (Eckstein, 2007). Consequently of dendro-provenancing is the observation of changes in timber species composition through the time and presumptions about the past forest vegetation structures and human exploitation and silviculture.

## **Scope and outline**

This dissertation consists of two interconnected parts, which demonstrate the field of dendrochronology applications. The first part (**Chapter II**) involves four papers (**I-IV**) and deals with relationships of coniferous and deciduous tree species to environment and varying site conditions. The second part (**Chapter III**) includes four papers (**V-VIII**) and presents dendrochronology as tool of dating historical and archeological objects and its application in historical context and past environment.

**Papers I and II** concern different growth responses of the Norway spruce (*Picea abies*) to extreme climatic conditions along an altitudinal gradient in the Šumava Mountains and its foothills. The main purpose of this study was to investigate (a) the difference and change of frequency and strength of extreme tree rings of spruce with increasing altitude, (b) which extremes in the course of climate condition caused pointer years, (c) whether such influences differ in various altitudinal zones.

**Paper III** is focused on dendrochronology of the diffuse porous species black alder (*Alnus glutinosa*). The last 70-year development of alder carr has been studied after the abandonment of wet grasslands that was previously intensively managed for agriculture. The principle aims of the study were (a) to investigate climate-growth relationships and (b) to find out the role of specific site conditions, notably the groundwater table fluctuations reflected by temporal instability of the climate-growth relationship.

**Paper IV** reveals growth responses of the ring porous species pedunculate oak (*Quercus robur*) to fluctuations of the groundwater table



in the Zbytka nature reserve. It represents an important spring area, which provides high quality potable water for the Hradec Králové region. The objective of the study was analyzed the response of sessile oak to hydrological and climatic variations; specifically (a) to find out the influence of fluctuations of the groundwater table, caused by pumping, on the tree growth and (b) to investigate relationship between tree growth and climate conditions modified by specific site conditions.

**Papers V and VI** present methods of dendrochronological dating of historical and archeological oak wood in our territory. **Paper V** is focused on a unique archeological excavation of a wooden well in Dražkovice. Wooden construction of the well and its infilling sediments has been subjected to archeobotanical, paleoecological and chronological analyses aimed to obtain a complex of paleoenvironmental information. Dendrochronological dating of the woody case of the well illustrates (a) processing of archeological samples for dendrochronological analyses and (c) problems with quality and replication of tree-ring series used in oak chronology in the Czech Republic, namely before the 5th century (Rybníček et al. 2008). On the contrary, **Paper VI** describes dendrochronological dating of a fort in an abandoned village Býšov, made of common historical construction timber.

**Papers VII and VIII** use dendrochronology to study changes in the range of wood used for constructional purposes and derive information about the composition of the surrounding tree vegetation. Paper VII refers on (a) utilization of silver fir (*Abies alba*) for constructional purposes during the history in different regions and b) potential information about the forest vegetation development based on species composition and source area of timber. Paper VIII compares methods of xylotomy and dendrochronology to study (a) species composition and source area of the constructional wood in an archaeological assemblage in Prague and in Southern Bohemia, (b) its implications for studying forest vegetation of the source region and (c) potential transport of timber from Southern Bohemia to the capital city.

## References:

- Andreassen K., Solberg S., Tveito O. E. et Lystad S. L., 2006. Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 222: 211–221.
- Antonić O., Hatic D., Krian J. et Bukovec D., 2001. Modelling groundwater regime acceptable for the forest survival after the building of the hydro-electric power plant. *Ecological Modelling* 138: 277–288.
- Baillie M.G.L., 1982. *Tree-Ring Dating and Archaeology*. Croom Helm Ltd., London.
- Baillie M.G.L., 1995. *A Slice through Time*. B. T. Batsford Ltd., London.
- Ballesteros J.A., Stoffel M., Bollschweiler M., Bodoque J.M. et Díez-Herrero A., 2010. Flash-flood impacts cause changes in wood anatomy of *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* and *Quercus pyrenaica*. *Tree Physiology* 30: 773–781.

- Bayard M. et Schweingruber F.H., 1991. Ein Baumgrenzstandort: Das Wildwasserbett der Maggia im Tessin, Schweiz. Eine dendroökologische Studie. *Botanica Helvetica* 101(1): 9–28.
- Becker B. et Giertz-Siebenlist V., 1970. Eine über 1100-jährige mitteleuropäische Tannenchronologie. *Flora* 159: 310–346.
- Becker B., 1993. An 11,000-year german oak and pine dendrochronology for radiocarbon calibration. *Radiocarbon* 35(1): 201–213.
- Becker M., Lévy G. et Lefevre Y., 1996. Radial growth of mature pedunculate and sessile oaks in response to drainage, fertilization and weeding on acid pseudogley soils. In: Dreyer E. et Aussenac G., eds, *Ecology and Physiology of Oaks in a Changing Environment*. *Annales des Sciences forestières* 53(2–3): 585–594.
- Billamboz A., 2003. Tree rings and wetland occupation in southwest Germany between 2000 and 500 BC: dendroarchaeology beyond dating in tribute to F.H. Schweingruber. *Tree-Ring Research* 59(1): 37–49.
- Bitvinskas T. T., 1974. *Dendroclimatological Investigations*. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Biondi F., 1993. Climatic signals in tree rings of *Fagus sylvatica* L. from the central Apennines, Italy. *Acta Oecologica* 14(1): 57–71.
- Biondi F., Estrada I.G., Ruiz J.C.G et Torres A.E., 2003. Tree growth response to the 1913 eruption of Volcán de Fuego de Colima, Mexico. *Quaternary Research* 59: 293–299.
- Bradley R.S., 1999. *Paleoclimatology: reconstructing climates of the quaternary*. 2nd edition. San Diego, Academic Press.
- Bréda N. et Badeau V., 2008. Forest tree responses to extreme drought and some biotic events: Towards a selection according to hazard tolerance?. *Comptes Rendus Geoscience* 340: 651–662.
- Carrer M., Nola P., Eduard J. L., Motta R. et Urbinati C., 2007. Regional variability of climate–growth relationships in *Pinus cembra* high elevation forests in the Alps. *Journal of Ecology* 95: 1072–1083.
- Cedro A., 2007. Tree-ring chronologies of downy oak (*Quercus pubescens*), pedunculate oak (*Q-robur*) and sessile oak (*Q-petraea*) in the Bielinek Nature Reserve: Comparison of the climatic determinants of tree-ring width. *Geochronometria* 26: 39–45.
- Cook E.R. et Kairiukstis, L. A. 1990. *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London.
- Čufar K., 2007. Dendrochronology and past human activity – a review of advances since 2000. *Tree-Ring Research* 63(1): 47–60.
- Čufar K., De Luis M., Zupančič M. et Eckstein D., 2008. A 548-Year Tree-Ring Chronology of Oak (*Quercus* spp.) for Southeast Slovenia and its Significance as a Dating Tool and Climate Archiv. *Tree-Ring Research* 64(1):3–15.
- Čufar K., Kromer B., Tolar T. et Velušček A. 2010. Dating of 4th millennium BC pile-dwellings on Ljubljansko barje, Slovenia. *Journal of Archaeological Science* 37: 2031–2039.
- Davidson G.R, Laine B.C, Galicki S.J. et Threlkeld S.T., 2006. Root-Zone Hydrology: Why Bald Cypress in Flooded Wetlands Grow More When it Rains. *Tree-Ring Research* 62(1): 3–12.
- DeBell D.S., Wilson B.C. et Bormann B.T., 1978. The reliability of determining age of red alder by ring counts. *USDA Forest Service Research Note PNW 318*: 1–7.
- Desplanque C., Rolland C. et Schweingruber F.H., 1999. Influence of species and abiotic factors on extreme tree ring modulation: *Picea abies* and *Abies alba* in Tarantaise and Maurienne (French Alps). *Trees* 13: 218–227.
- Dittmar C., Zech W. et Elling W., 2003. Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management* 173(1–3): 63–78.

- Drápela K. et Zach J., 1995. Dendrometrie (Dendrochronologie). MZLU, Brno.
- Drobyshev I., Niklasson M., Eggertsson O., Linderson H. et Sonesson K., 2008. Influence of annual weather on growth of pedunculate oak in southern Sweden. *Annals of Forest Science* 65: 512–525.
- Drobyshev I., Övergaard R., Saygin I., Niklasson M., Hickler T., Karlsson M. et Sykes M.T., 2010. Masting behaviour and dendrochronology of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 259: 2160–2171.
- Eckstein D., 2007. Human time in tree rings. *Dendrochronologia* 24: 53–60.
- Elling W., 1966. Untersuchungen über das Jahrringverhalten der Schwarzerle. *Flora* 156: 155–201.
- Ferretti M., Innes J.L., Jalkanen R., Saurer M., Schäffer J., Spiecker H. et Wilpert K., 2002. Air pollution and environmental chemistry - what role for tree-ring studies? *Dendrochronologia* 20(1–2): 159–174.
- Frank D. et Esper J., 2005. Temperature reconstructions and comparisons with instrumental data from a tree-ring network for the European Alps. *International Journal of Climatology* 25(11): 1437–1454.
- Friedrich, M., Remmele, S., Kromer, B., Hofmann, J., Spurk, M., Felix, K.K., Orcel, C., Kuipers, M., 2004. The 12.460 year Hohenheim oak and pine tree-ring chronology from Central Europe – a unique annual record for radiocarbon calibration and palaeoenvironment reconstruction. *Radiocarbon* 46(3): 1111–1122.
- Friedrichs D.A, Büntgen U., Frank D.C., Esper J., Neuwirth B. et Löffler J., 2008. Complex climate controls on 20th century oak growth in Central-West Germany. *Tree Physiology* 29(1): 39–51.
- Fritts H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. London, Academic Press.
- García-González I., 2008. Comparison of different distance measures for cluster analysis of Tree-Ring Series. *Tree-Ring Research* 64(1):27–37.
- Glaser R., 2001. *Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Guida D., Pelfini M. et Santilli M., 2008. Geomorphological and dendrochronological analyses of a complex landslide in the Southern Apennins. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 90: 211–226.
- Grudd H., Briffa K.R., Karlén W., Bartholin T.S., Jones P.D. et Kromer B., 2002. A 7400-year tree-ring chronology in northern Swedish Lapland: natural climatic variability expressed on annual to millennial timescales. *The Holocene* 12(6): 657–665.
- Haneca K., Wazny T., Van Acker J., et Beeckman H., 2005. Provenancing Baltic timber from art historical objects: success and limitations. *Journal of Archaeological Science* 32: 261–271.
- Haneca K., Boeren I., Van Acker J. et Beeckman H., 2006. Dendrochronology in suboptimal conditions: tree rings from medieval oak from Flanders (Belgium) as dating tools and archives of past forest management. *Vegetation History and Archaeobotany* 15(2): 137–144.
- Haneca K., Čufar K. et Beeckman H., 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science* 36: 1–11.
- Huber B. et Giertz-Siebenlist V., 1969. Unsere tausendjährige Eichenchronologie durchschnittlich 57 (10-150)-fach belegt. *Oesterreichischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch Naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung I* 178(1-4): 37–42.
- Kaennel M. et Schweingruber F.H., 1995. *Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese, and Russian*, Paul Haupt, Birmensdorf.

- Koprowski M. et Zielski A., 2006: Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from two range centres in lowland Poland. *Trees - Structure and Function* 20(3): 383–390.
- Kromer B., 2009. Radiocarbon and dendrochronology. *Dendrochronologia* 27: 15–19.
- Laganis J., Pečkov A. et Debeljak M., 2008. Modelling radial growth increment of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) tree. *Ecological Modelling* 215: 180–189.
- Leal S., Nunes E. et Pereira H., 2008. Cork oak (*Quercus suber* L.) wood growth and vessel characteristics variations in relation to climate and cork harvesting. *European Journal of Forest Research* 127: 33–41
- Lebourgeois F., Cousseau G. et Ducos Y., 2004. Climate-tree-growth relationships of *Quercus petraea* Mill. stand in the Forest of Bercé ("Futaie des Clos", Sarthe, France). *Annals of Forest Science* 61: 361–372.
- Lebourgeois F., Bréda N., Ulrich E. et Granier A. 2005. Climate-tree-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees - Structure and Function* 19: 385–401.
- Lageard J.G.A. et Drew I.B., 2008. Hydrogeomorphic control on tree growth responses in the Elton area of the Cheshire Saltfield, UK. *Geomorphology* 95: 158–171.
- Malík I., 2005. Rates of lateral channel migration along the Mala Panew River (southern Poland) based on dating riparian trees and Coarse Woody Debris. *Dendrochronologia* 23: 29–38.
- Martinelli N., 2004. Climate from dendrochronology: latest developments and results. *Global and Planetary Change* 40(1–2): 129–139.
- Mäkinen H., Nöjd P. et Mielikäinen K., 2000. Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research* 30(5): 769–777.
- Mäkinen H., Nöjd P. et Mielikäinen K., 2001. Climatic signal in annual growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in southern Finland. *Trees* 15: 177–185.
- Mäkinen H., Nöjd P., Kahle H. P., Neumann U., Tveite B., Mielikäinen K., Röhle H. et Spiecker H., 2002. Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *Forest Ecology and Management* 171(3): 243–259.
- Mäkinen H., Nöjd P., Kahle H.P., Neumann U., Tveite B., Mielikäinen K., Röhle H. et Spiecker H., 2003. Large-scale climatic variability and radial increment variation *Picea abies* (L.) Karst.) in central and northern Europe. *Trees* 17: 173–184.
- Misson L., Nicault A. et Guiot J., 2003. Effects of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management* 183(1–3): 47–60.
- Neuwirth B., Esper J., Schweingruber F.H. et Winiger M., 2004. Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. *Dendrochronologia* 21(2): 69–78.
- Neuwirth B., Schweingruber F.H. et Winiger M., 2007. Spatial patterns of central European pointer years from 1901 to 1971. *Dendrochronologia* 24(1–3): 79–89.
- Pilcher J.R., Baillie M.G.L., Schmidt B. et Becker B., 1984. A 7.272-year tree-ring chronology for western Europe. *Nature* 312(8): 150–152.
- Piovesan G., Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F. et Schirone B., 2005. Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines. *Journal of Vegetation* 16(1): 13–28.
- Piovesan G., Biondi F., Filippo A. D., Alessandrini, A. et Maugeri M., 2008. Drought-driven growth reduction in old beech (*Fagus sylvatica* L.) forests of the central Apennines, Italy. *Global Change Biology* 14: 1265–1281.

- Rolland C., Desplanque C., Michalet R., Schweingruber F.H., 2000. Extreme tree rings in spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and space in the southern French and Italian Alps. *Artic, Antarctic, and Alpine Research* 32: 1–13.
- Rodríguez-González M.G., Stella J.C., Campelo F., Ferreira M.T. et Albuquerque A., 2010. Subsidy or stress? Tree structure and growth in wetland forests along a hydrological gradient in Southern Europe. *Forest Ecology and Management* 259: 2015–2025.
- Rosaz V., 2005. Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science* 62: 209–218.
- Ruseckas J., 2006. Impact of climatic fluctuations on radial increment of English oak (*Quercus robur* L.). *Ekologija* 1: 16–24.
- Rybniček M., Kyncl T., Gryč V., Premyslovská E. et Vavřík H., 2008: Building of the oak standard chronology for the Czech Republic. In Elferts, D., Brumelis, G., Gärtner, H., Helle, G., Schleser, G. TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. Volume 6. Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2007 May 3rd - 6th 2007, Riga, Latvia. Potsdam: GeoForschungZentrum Potsdam, pp. 128–134.
- Sass-Klaassen U. et Hanraets E., 2006. Woodlands of the past – The excavation of wetland woods at Zwotte-Stadshagen (the Netherlands): Growth pattern and population dynamics of oak and ash. *Netherlands Journal of Geosciences-Geologie en Mijnbouw* 85: 61–71.
- Sass-Klaassen U., Vernimmen T., et Baittinger C., 2008. Dendrochronological dating and provenancing of timber used as foundation piles under historic buildings in The Netherlands. *International Biodeterioration & Biodegradation* 61: 96–105.
- Shiyatov S.G, Hantermirov R.M., Schweingruber F.H., Briffa K.R. et Moell M., 1996. Potential long-chronology development on the northwest siberian plain: early results. *Dendrochronologia* 14: 13–29.
- Schmid D. et Schweingruber F.H., 1995. Datierung und Nachweis von Rutschungen mit Hilfe von Jahrringen. Eine dendrogeomorphologische Studie im Rutschgebiet Brunjini, Oberwallis. – *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 146(8): 641–659.
- Schweingruber F.H., 1986. Abrupt growth changes in conifers. *IAWA Bulletin* 7(4): 277–283.
- Schweingruber F.H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker et O.U., 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8: 9–38.
- Schweingruber F. H., 1992. Annual growth rings and growth zones in woody plants in southern Australia. *IAWA, bull.* 13(4): 359–379.
- Schweingruber F.H., 1996. *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- Spiecker H., 2002. Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia* 20(1–2): 191–202.
- Šimatonytė, A. et Vencloviėnė J., 2009. Impact of sulphur and nitrogen dioxide concentration on radial increment dynamics of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) Growing in Cities. *Environmental Research, Engineering and Management* 2(48): 25–34.
- Škabrada J. et Kyncl T., 2004. Datování gotických krovů na Starém Městě v Praze. Sborník referátů z konference Dějiny staveb 2003, Plzeň: 198–223.
- Telewski F.W. et Lynch A.M., 1991. Measuring growth and development of stems. – In: Lassoie, J.P. et Hinchley, T.M. [eds.]: *Tree-rings and People*. International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos, 22 – 26 September 2001: 41.
- Tremli V., Křížek M., Engel Z. et Čermák P., 2008. Dynamika údolní nivy na příkladu Cikánského potoka (povodí Blanice) a Jeleního potoka (povodí Opavy), In: J.

Langhammer (ed.), Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. Příklad, Praha, pp. 229-243.

Vaganov E.A., Hughes M.K. et Shaskin A.V., 2006. Growth dynamics of conifer tree rings: images of past and future environments. 1st edition. Berlin. Springer.

Weber P., Bugmann H. et Rigling A., 2007. Radial growth responses to drought of *Pinus sylvestris* and *Quercus pubescens* in an inner-Alpine dry valley. *Journal of Vegetation Science* 18: 777-792.

Vitas A., 2004. Tree rings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) in Lithuania as drought indicators: dendroecological approach. *Polish Journal of Ecology* 52(2): 201-210

Wilczyński S., 2006. The variation of tree-ring widths of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. *Annals of Forest Science* 125: 213-219.

Wilson R.J.S. et Hopfmueller M., 2001. Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevation transect in the Bavarian Forest, Germany. *Dendrochronologia* 19(1): 67-79.

Wilson R.J.S. et Elling W. 2003. Temporal instability in tree-growth / climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction. *Trees* 18(1): 19-28.

Wilson R.J.S., Luckman B.H. and Esper J., 2005. A 500 year dendroclimatic reconstruction of spring-summer precipitation from the lower Bavarian Forest region, Germany. *International Journal of Climatology* 25: 611-630.

Wimmer, R. 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia* 20(1-2): 21-36.

Zielonka T., Holeksa J. et Ciapała S., 2008. A reconstruction of flood events using scarred trees in the Tatra Mountains, Poland. *Dendrochronologia* 26: 173-183.

## Chapter II



Paper I - VI

**EXTREME RADIAL GROWTH REACTION OF NORWAY SPRUCE  
ALONG AN ALTITUDINAL GRADIENT IN THE ŠUMAVA  
MOUNTAINS**

ALŽBĚTA ČEJKOVÁ<sup>1,2\*</sup> and TOMÁŠ KOLÁŘ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of South Bohemia, České Budějovice, Faculty of Science, Branišovská 31, CZ-370 05, České Budějovice, Czech Republic

<sup>2</sup>Administration of Orlické hory PLA, Dobrovského 332, CZ-516 01, Rychnov nad Kněžnou, Czech Republic

\* Corresponding author (e-mail: [cejkova@gmail.com](mailto:cejkova@gmail.com))

**Abstract:**

Extreme radial growth reactions were analyzed over a 79-year period (1922-2000) to compare response of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) along an altitudinal gradient (376-1221 m a.s.l.) in the Šumava Mountains, the Czech Republic. Extreme growth events were defined as pointer years, when an average percentage of the site pointer years reached at least 50% strength observed at the relevant altitudinal zone (low < ca. 700 m; middle ca. 700-950 m, high > ca. 950 m). The comparison of the pointer years showed a specific pattern for altitudinal zones (Low: negative pointer years 2000, 1992, 1984, 1976, 1971 and positive 1997, 1975, 1960, 1949, 1932, 1926; middle: negative 2000, 1992, 1976 and positive 1997, 1989, 1978; high: negative 1996, 1980, 1974, 1965 and positive 1989, 1963, 1927). Negative pointer years were usually induced by summer drought at low elevations and by wet-cold summer at high altitudinal zone. These two main limiting factors were probably combined at the middle altitudinal zone. Detailed understanding of the extreme tree ring pattern along the altitudinal and geographical scale may be used as one of the additional indicators of dendrochronological dating and provenance identification of spruce sample among altitudinal zones in the Šumava Mountains.

**Keywords:** dendrochronology, *Picea abies*, pointer years, altitudinal gradient.

This paper was published in Geochronometria 33: 41-47, 2009.

The original publication is available online at [www.geochronometria.pl](http://www.geochronometria.pl)

[http://www.geochronometria.pl/pdf/geo\\_33/Geo33\\_07.pdf](http://www.geochronometria.pl/pdf/geo_33/Geo33_07.pdf).

The full version of this part of chapter II is archived by the Faculty of Science, University of South Bohemia in the printed version of the Ph.D. Thesis.



### **ANALÝZA VÝZNAMNÝCH ROKŮ U SMRKU Z OBLASTI ŠUMAVY / ANALYSIS OF POINTER YEARS OF NORWAY SPRUCE FROM THE ŠUMAVA MOUNTAINS**

Alžběta Čejková – Tomáš Kolář

University of South Bohemia, České Budějovice, Faculty of Science, Branišovská 31, CZ-370 05, České Budějovice, Czech Republic

#### **Abstrakt**

Ze sedmi populací *Picea abies* na gradientu nadmořské výšky v oblasti Šumavy bylo odebráno 20 nadúrovňových stromů pro dendrochronologickou analýzu významných let. Analýza významných let byla provedena za společné období pro všechny lokality 1890 – 2000. Významným rokem byl stanoven takový rok, kdy se v populaci vyskytoval synchronně extrémně široký či úzký letokruh nejméně u 50% stromů na dané lokalitě. Bylo zjištěno deset pozitivních významných let pro nadpoloviční většinu lokalit. Jedná se o tyto roky s extrémně velkým přírůstkem: 1907, 1916, 1931, 1935, 1955, 1963, 1969, 1973, 1979. Některé významné roky můžeme zdůvodnit na základě klimatických podmínek v daném období. Pozitivní významný rok je zřejmě zapříčiněn příznivými teplotními podmínkami ve vegetační sezóně daný i předchozí rok. Negativních významných let s extrémně nízkým přírůstkem bylo zjištěno téměř o polovinu méně: 1913, 1924, 1948, 1965, 1981 a 1996. Negativní významné roky jsou pravděpodobně často způsobeny chladným létem (hl. červen a červenec).

#### **Abstract**

For analysis of pointer years were chosen 20 dominant trees of Norway spruce from seven populations along altitudinal gradient in the Šumava Mountains. Analysis of pointer years was calculated for common time span 1890 – 2000 for all localities. The pointer year was determined, when event year (extremely wide or narrow tree ring) was detected at least for 50% of tree. Ten positive pointer years were detected for absolute majority of localities. It was these years with extremely wide tree-ring increment: 1907, 1916, 1931, 1935, 1955, 1963, 1969, 1973 and 1979. Some of pointer years could be explain based on climatic condition in the year. Positive pointer years were probably caused favorable climatic conditions during vegetation season of current and previous year. Negative pointer years were detected almost about half fewer: 1913, 1924, 1948, 1965, 1981 and 1996. Negative pointer years were probably often caused by cold summer (above all June and July).

## Úvod

Jedním z důležitých a praktických využití dendrochronologie je datování rozličných událostí. Může se jednat například o datování historických či archeologických objektů (např. Baillie 1982, Baillie 1995), geomorfologických procesů jako jsou svahové posuny (např. Carrara et O'Neill 2003, Weiss et Wils 2004), cyklického žíru hmyzu (např. Weber et Schweingruber 1995), výbuchů sopek (např. Kyncl et al. 1990, Yamaguchi et Hoblitt 1995), a především klimatických událostí – dendroklimatologie (Fritts 1976).

Stromy dokáží přesně zaznamenat měnící se podmínky prostředí ve svém okolí, které se bezprostředně odráží v tvorbě a šířce letokruhů (Pelfini 1993, Schweingruber 1996). Přední místo mezi přírodními faktory ovlivňujícími růst stromů zaujímají klimatické podmínky (Fritts 1976, Brázdil et al. 1997). Růstová odpověď stromů na klima je ovlivněna druhem stromu, jeho proveniencí, kompetičním postavením a stanovištními podmínkami (Spiecker 2002). Změny klimatických podmínek, jako je například teplota vzduchu, která určuje délku vegetační sezóny, ovlivňují roční přírůsty stromů na daném stanovišti (Fabian et Menzel 1999).

Ke studiu vlivu klimatických podmínek na růst stromů existuje několik přístupů. Obecně je používána nejčastěji metoda „response function“ (Fritts 1976, Cook et Kairiukstis 1990), která využívá statistických metod např. korelací ke srovnávání průměrných ročních tloušťkových přírůstů s časovými řadami klimatických hodnot, což umožňuje zjistit, jaký je průměrný vliv sledovaných klimatických parametrů na přírůst stromů z dlouhodobého hlediska (Seere-Bachet et Tessier 1989). Na druhou stranu analýza významných let (Schweingruber et al. 1990) nám umožňuje určit jevy mající podstatný vliv na růst stromů, ale vyskytují spíše výjimečně a nepravidelně, takže se v korelační analýze nemusí statisticky významně projevit (Kienast et al. 1987).

Pro výzkum variability extrémních reakcí smrku na výškovém gradientu (979 – 1313 m n. m.) bylo v oblasti Šumavy vybráno sedm lokalit v okolí Černé Hory, Pramenů Vltavy, Kvild, Antýglu, Příkladky a Babůrky.

## Materiály a metodika

### a) Odběr vzorků

Na každé lokalitě bylo vybráno 20 nadúrovňových stromů *Picea abies* vhodných k odběru dendrochronologických vzorků. Jednalo se o dominantní jedince bez vrcholových zlomů, patrného poškození kmene nebo houbového napadení. Odběr byl proveden standardním postupem přírůstovým vrtákem (délky 40 a 30 cm, průměr vnější 1 cm / vnitřní 0,5 cm). Tato metoda byla zvolena pro svou jednoduchost a šetrnost k odebíraným stromům (Bräker 2002). Z každého stromu byly ve výčetní

výšce (DBH = 130 cm nad zemí) odebrány dva proti sobě jdoucí vrty kolmo ke kmeni. Vzorky byly vrtány z jednotlivých kmenů se shodnou orientací ke světovým stranám (sever a jih). Vzorky odebírané z jižní (též z jihozápadu a západu) strany kmene obsahují většinou nejsilnější signál – nejzřetelněji se zde odráží faktory ovlivňující růst stromů (Mäkinen et Vanninen 1999). Ve svahu byly vrty odebírány rovnoběžně s vrstevnicí tak, aby byl minimalizován vliv reakčního dřeva (Schweingruber 1996).

Tab. 1.: Seznam lokalit a charakteristik jednotlivých chronologií. / List of localities and chronology characteristics.

name of study site	location	altitude (m)	chronology time span	mean radii length (years)	number of radii (trees)
<b>010p</b> Černá hora	N 48°58' 45,2" E 13°33'02,7"	1 313	1857 – 2002	118	26 (14)
<b>011p</b> U pramene Vltavy	N 48°58' 38,2" E 13°33'29,0"	1 255	1865 – 2002	111	23 (15)
<b>012p</b> Pod Hůrkou	N 49°02' 16,4" E 13°34'54,3"	1 118	1839 – 2002	110	28 (17)
<b>013p</b> Přílba	N 49°02' 22,7" E 13°37'08,1"	1 218	1837 – 2002	136	27 (15)
<b>014p</b> Františkov	N 49°00' 10,8" E 13°37'51,2"	1 047	1858 – 2002	124	28 (16)
<b>015p</b> Antýgl	N 49°00' 10,8" E 13°37'51,2"	1 221	1729 – 2002	177	32 (19)
<b>016p</b> Babůrka	N 49°03' 12,8" E 13°39'54,7"	979	1736 – 2002	190	30 (17)

## b) Zpracování a měření vzorků

Vrty byly nalepeny vodou rozpustným lepidlem do dva milimetry hlubokých drážek v dřevěných lištách a zajištěny lepicí páskou. Všechny vzorky byly seříznuty strojovou žiletkou pod přibližným úhlem 35° vzhledem k podélné ose buněk ve směru od borky do středu kmene (Drápela et Zach 1995). Pro zvýraznění hranice mezi jednotlivými letokruhy byla do vzorků vetřena bílá křída (metodika dle Stockes et Smiley 1968).

K měření šířek letokruhů byl použit stereomikroskop Olympus SZ51 se záměrným křížem v okuláru a měřicí lavice TimeTable s odčítacím zařízením ParSer v1.3 (Scienc) připojeným na počítač, který zaznamenává šířky letokruhů s přesností na 0,01 milimetru. Data byla zaznamenávána v programu Past32 (Knibbe 2003) ve formátu fh (odvozený dekadický formát; Knibbe 2003).

### c) Významný rok

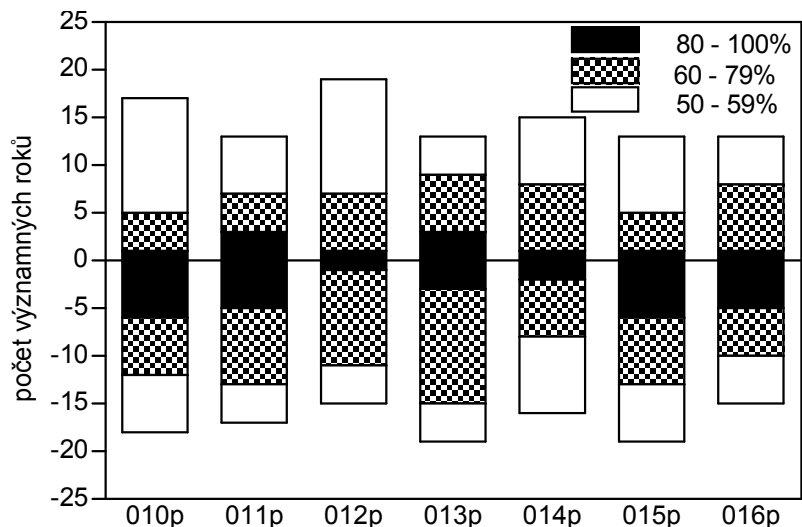
Termínem významný rok je definován rok, ve kterém se v dané populaci stromů synchronně vyskytuje extrémně úzký nebo naopak široký letokruh (Schweingruber et al. 1990). Analýza významných let byla provedena podle metodiky Croppera (Cropper 1979, dále např. Schweingruber et al. 1990, Meyer 1999). Tato metoda spočívá v postupu, kdy od naměřené hodnoty šířky letokruhu je odečten klouzavý průměr pro pět sousedních členů letokruhové řady dělený směrodatnou odchylkou těchto pěti členů. Dosažené hodnoty jsou převedeny na výskyt významných let v případě, jestliže jsou větší než + 1 (pozitivní významný rok), respektive menší než - 1 (negativní významný rok). Projevem významného roku pro jednotlivé stanovištní či lokální chronologie byla stanovena hranice nejméně 50% výskytu významného roku z celkového počtu letokruhových řad. Pro interpretaci výskytu silných významných roků byla zvolena forma klimadiagramů (např. Kienast et al. 1987, Schweingruber 1996).

## Výsledky a diskuze

### a) Srovnání jednotlivých lokalit

Stromy ze studované oblasti jeví za společné období 1890 – 2000 relativně obdobný počet významných roků s různou intenzitou projevu u stromů z rozdílných lokalit a let (Obr.1). Výjimku tvoří lokalita Černá hora **010p**, která má celkově nejvyšší počet významných let – 35. Nejmenší celkový počet významných let (28) za společné období má lokalita Babůrka **016p**, což je zřejmě způsobeno značným stářím stromů na lokalitě (v průměru 190 let). Stromy ve vyšším věku mají nižší schopnost reagovat na výkyvy prostředí (Schweingruber 1986).

Všechny lokality mají společný vyšší počet negativních významných let a také vyšší intenzitu projevu negativního významného roku v dané populaci. Výjimkou je pouze lokalita Pod Hůrkou **012p**, která má naopak nejvyšší počet pozitivních významných let (19), což může být ovlivněno její relativně chráněnou polohou.



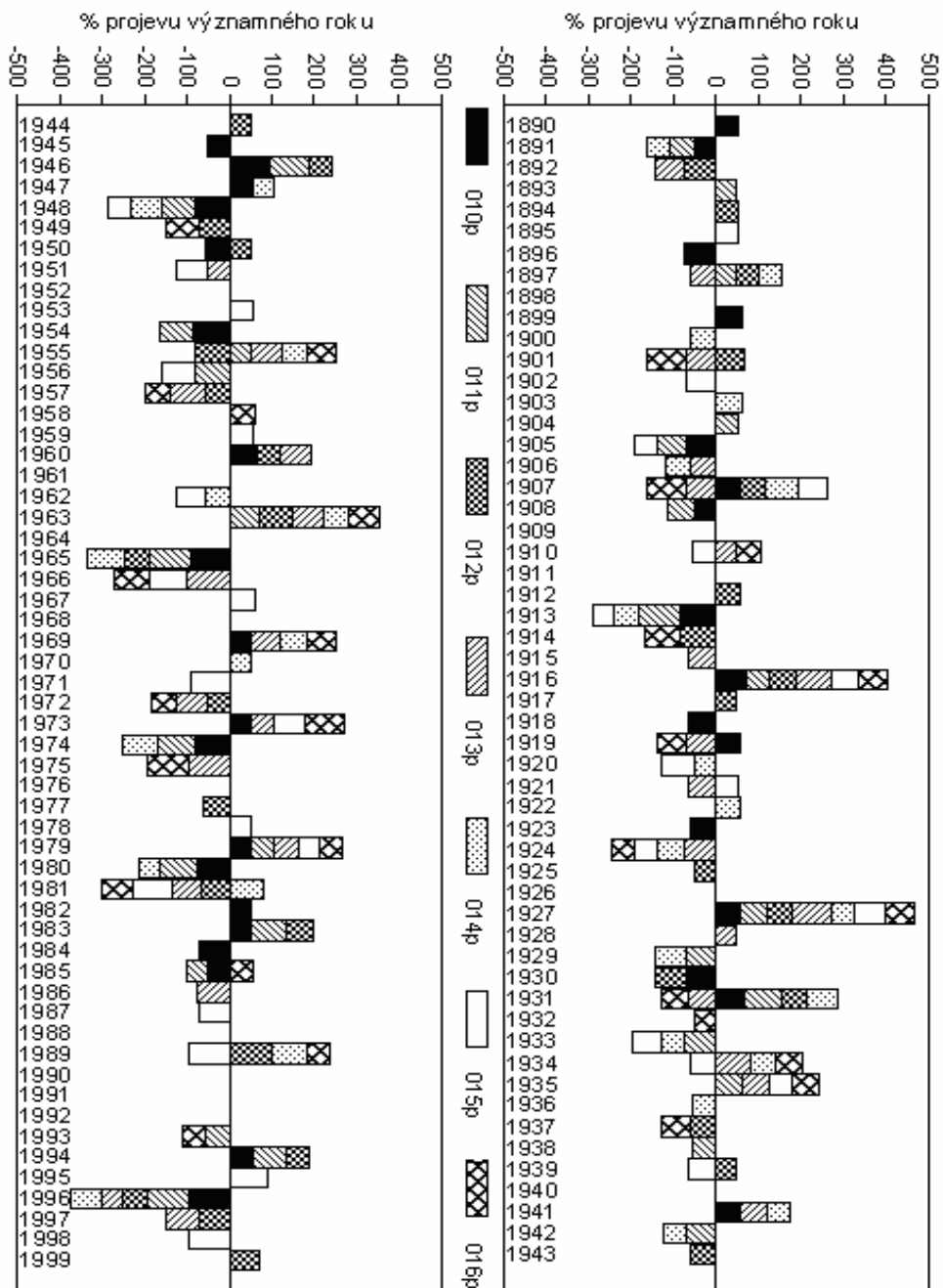
Obr.1.: Počet negativních a pozitivních významných let s třemi stupni intenzity projevu pro jednotlivé lokality za společné období 1890 - 2000. / Number of positive and negative pointer years at three thresholds for the localities for common time span 1890 - 2000.

Výrazný růstový jev (extrémně úzký nebo široký letokruh, který je možno detekovat na jednom stanovišti, se již nemusí projevit stejným způsobem a intenzitou na druhém, případně stromy z druhého stanoviště reagují na stejný signál prostředí rozdílně (Schweingruber 1996). Z těchto důvodů je věnována pozornost především významným rokům, které se projeví na více jak polovině lokalit nejméně u 50 % stromů (Obr. 2.).

Poměrně hojný je výskyt pozitivních významných let, která jsou společná pro více než polovinu lokalit. Jsou to roky 1907 (4 lokality), 1916 (6), 1931 (4), 1935 (5), 1955 (4), 1963 (5), 1969 (4), 1973 (4), 1979 (5). Pouze jeden pozitivní významný rok 1927 se projevil na všech lokalitách. Negativních významných let bylo zjištěno téměř o polovinu méně - 1913 (4), 1924 (4), 1948 (4), 1965 (4), 1981 (4) a 1996 (5). To může být způsobeno jednak metodou kalkulace nebo i tím, že značná část pozitivních významných let je způsobena stanovištní kombinací příhodných klimatických podmínek více než jednou extrémní klimatickou událostí jako je tomu často u negativních významných let (Rolland et al. 2000). Z těchto důvodů jsou také pozitivní významné roky méně použitelné např. pro datování (Schweingruber et al. 1990).

U negativních významných let je také relativně častá opožděná reakce na části lokalit. Příkladem jsou dva negativní významné roky 1913 a 1948, kdy nadpoloviční většina stromů na lokalitách (010p, 011p, 014p, 015p) reagovala společně v jednom roce a lokality 012p a 016p až s ročním zpožděním. V roce 1965 reagovaly čtyři lokality a v následujícím roce zbylé tři - 013p, 014p, 016p. Obdobná situace nastala v roce 1980, kdy

reagovaly pouze tři lokality (010p, 011p, 14p), ale v následujícím roce reagovaly s vysokou intenzitou zbylé čtyři.



Obr.2.: Procento projevu negativních a pozitivních významných roků (nejméně u 50% stromů v populaci) pro jednotlivé lokality v daném roce. / Percentage of negative and positive pointer years (at least 50% trees per population) for each locality in the year.

## **b) klimatická interpretace významných let**

Obecně je předpokládáno, že v horských oblastech je hlavním kontrolním vlivem pro růst stromů teplota (Tranquillini 1979; Rochefort et al. 1994, Desplanque et al. 1999). Na základě těchto poznatků byla zvolena k interpretaci některých výrazných významných roků teplota a to pomocí řady průměrných měsíčních teplot z Českých Budějovic za období 1890 – 2000 (Obr. 3).

Negativní významné roky jsou ve studované oblasti Šumavy způsobovány především dvěma faktory. V prvním případě jsou zřejmě vyvolány nízkou teplotou v průběhu zimních měsíců, pravděpodobně ještě v souhře s nízkými srážkami, respektive nízkou sněhovou pokrývkou v tomto období. Tenká sněhová pokrývka nedostatečně ochraňuje jehlice a kořenový systém stromů před poškozením mrazem (Desplanque et al. 1999). Příkladem je negativní významný rok 1924, který byl zřejmě způsoben extrémně nízkými prosincovými až lednovými teplotami, přičemž chladné období trvalo až do dubna.

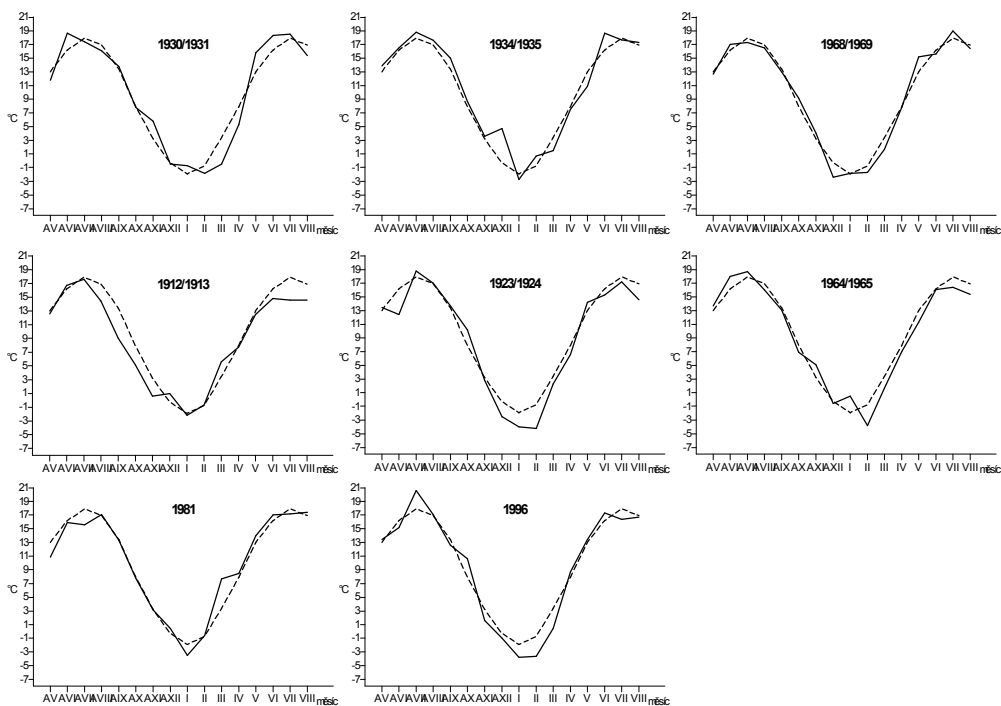
V druhém častějším případě jsou zřejmě negativní významné roky ve vysokých polohách vyvolány nízkou teplotou v průběhu vegetační sezóny (především v červenci). Intenzivní růst smrku je na horách spojen především s letními měsíci červnem a červencem (Kroupová 2002). Příkladem může být rok 1913 či 1965, které byly celkově chladnější. Negativní významný rok 1965 byl detekován i u dalších dříve studovaných částí Šumavy (Trojmezná; Tichý et Svoboda 2003, Svoboda et Tichý 2004), v Evropě např. ve Francouzských Alpách (Desplanque et al. 1999).

Obdobně se projevilo na ročním přírůstku studené léto v roce 1980, a to jak ve vysokých polohách Šumavy včetně Trojmezné (Tichý et Svoboda 2003, Svoboda et Tichý 2004), a také v severozápadních a severních sudetských pohořích pro lokality nad 1 000 m n. m. (Kroupová 2002). Kroupová tento rok spojuje i s vysokou koncentrací znečištění ovzduší v průběhu zimních měsíců ve vysokých polohách. Tento rok byl také zjištěn na severním úpatí švýcarských Alp (Schweingruber 1986, Schweingruber et al. 1991), či na vlhkých stanovištích Litvy (Vitas 2004).

Růstová redukce negativního významného roku 1996 byla pravděpodobně indukována nízkými teplotami v průběhu zimy v součinnosti se studenou vegetační sezónou. Mimo jiné zmrzlá půda může zabránit stromům v absorpci půdní vody především v březnu a tím oddálit začátek růstu (Roland et al. 1999). Stejný pokles byl zaznamenán pouze v Krušných Horách (Kroupová 2002), kde je spojován především se zimními mrazy v kombinaci s vysokými koncentracemi SO<sub>2</sub> v ovzduší. Dlouhodobě vysoké koncentrace SO<sub>2</sub> během zimních měsíců snižují mrazuvzdornost smrku (např. Spálený 1980). Podobná souhra faktorů mohla nastat v tomto případě i na Šumavě, jelikož pro prachatický okres je v roce 1996 uváděna nejvyšší koncentrace SO<sub>2</sub> v ovzduší v tomto desetiletí (Hruška et Cienciala 2003).

Naopak pozitivní významné roky jsou často způsobeny nadprůměrnými letními teplotami ve vegetační sezóně, případně i teplým předchozím létem. Příkladem mohou být pozitivní významné roky 1931, 1935 a 1969 (Obr.3).

Projev významného roku může být samozřejmě i důsledkem neklimatických jevů jako je žír hmyzu, semenné roky apod. (Schweingruber 1996). V jižním Finsku nízké smrkové přírůstky jsou často spojeny s bohatou úrodou semen, na kterou je vynaloženo velké množství asimilátů (Mäkinen et al. 2002). Například negativní významné roky 1974 a jsou také dávány do souvislosti s probíhajícími semennými roky v příslušné vegetační sezóně (Selås et al. 2002). Toto je jedno z pravděpodobných vysvětlení i negativního roku 1980, který byl semenným rokem smrku pro celou Českou republiku stejně jako již uvedený rok 1974.



Obr. 3.: Průběh teplot pro vybrané významné roky. V jednotlivých grafech je pro srovnání vynesena průběh měsíčních hodnot od května předchozího roku (AV) do srpna (VIII) stávajícího roku (—) s průměrem měsíčních řad za období 1890 – 2000 (- - -). / Temperature data for examples of pointer years. Graphs represent monthly temperature data from May (AV) of previous year to August(VIII) current year (—) with mean montly temperature data for period 1890 – 2000 (- - -).



## Závěr

Porovnání extrémních přírůstků smrku na sedmi lokalitách ze Šumavy odhalilo deset silných synchronních pozitivních významných let (1907, 1916, 1931, 1935, 1955, 1963, 1969, 1973 a 1979) a šest negativních významných let (1913, 1924, 1948, 1965, 1981 a 1996). Část významných roků byla zdůvodněna pomocí měsíčních teplotních řad, které měli nadprůměrné respektive podprůměrné hodnoty v období, které má největší vliv na přírůst stromů v daném roce. Největší vliv má teplota v letních měsících (hl. červen a červenec). Nízké přírůsty v některých letech např. 1974 a 1980 se dají interpretovat mimo jiné jako vliv semenných let. Tato studie také potvrdila nutnost většího množství lokalit pro odběr vzorků, který je nezbytný pro stanovení společných významných let extrémně nízkého či naopak značného tloušťkového přírůstu pro určitý region.

## Poděkování:

Studie vznikla za podpory grantů FRVŠ 40/2006, FRVŠ1849/2003 a MSM6007665801.

## Literatura:

- Baillie, M.G.L. 1982. Tree-Ring Dating and Archaeology. – Croom Helm Ltd., London.
- Baillie, M.G.L. 1995. A Slice through Time. – B. T. Batsford Ltd., London.
- Bräker, O.U. 2002. Measuring and data processing in tree-ring research – methodological introduction. – *Dendrochronologia* 20 (1– 2): 203–216.
- Carrara, P.E., O'Neill, J.M. 2003. Tree-ring dated landslide movements and their relationship to seismic events in southwestern Montana. *Quaternary Research* 59: 25–35.
- Cook, E.R. et Kairiukstis, L.A. 1990. Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Cropper, J.P. 1979. Tree-ring skeleton plotting by computer. *Tree-Ring Bulletin* 39: 47–60.
- Desplanque, C.; Rolland, C. et Schweingruber, F.H. 1999. Influence of species and abiotic factors on extreme tree ring modulation: *Picea abies* and *Abies alba* in Tarantaise and Maurienne (French Alps). *Trees* 13: 218–227.
- Drápela, K. et Zach, J. 1995. Dendrometrie (Dendrochronologie). – MZLU, Brno.
- Fabian, P. et Menzel, A. 1999. Change in phenology of trees in Europe. – In: Karjalainen, T.; Spiecker, T.; Laroussinie, O. [eds.], *European Forest Institute Proceedings* 27: 239–247.
- Hruška, J. et Cienciala, E. [eds.] 2003. Long-term acidification and nutrient degradation of forest soils – limiting factors of forestry today. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Knibbe, B. 2003. Past32 Build 700 User Manual. – Scienc, Wien.
- Kroupová, M. 2002. Dendroecological study of spruce growth in regions under long-term air pollution load. – *Journal of Forest Science* 48: 536–548.
- Kyncl J., Dobrý J., Munzar J. et Sarajishvili K. G. 1990. Tree-ring structure response of conifers in Europe to weather conditions in 1912 (with regard to the Katmai volcano eruption). – In: Brázdil, R. [ed.]: *Climatic change in the historical and the instrumental periods, Proceedings of the international conference, Brno, June 12–16*, 159–163.

- Mäkinen, H. et Vanninen, P. 1999. Effect of sample selection on the environmental signal derived from Tree-ring series. – *Forest Ecology and management* 113: 83–89.
- Mäkinen, H.; Nöjd, P.; Kahle, H – P.; Neumann, U.; Tveite, B.; Mielikäinen, K.; Röhle, H. et Spiecker, H. 2002. Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *Forest Ecology and Management* 171: 243–259.
- Meyer, F.D. 1999. Pointer year analysis in dendroecology: A comparison of methods. *Dendrochronologia*, 16–17: 193–204.
- Rocheftort R.M.; Little R.L.; Woodward A.; Peterson D.L. 1994. Changes in subalpine tree distribution in western North America: Effects of climate and other environmental factors. *The Holocene*, 4: 89–100.
- Rolland, C.; Michalet, R.; Desplanque, C.; Petetin, A.; Aimé, S. 1999. Ecological requirements of *Abies alba* in the French Alps derived from dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 10: 297–306.
- Rolland, C.; Desplanque, C.; Michalet, R.; Schweingruber, F.H. 2000. Extreme tree rings in spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and space in the southern French and Italian Alps. *Artic, Antaectic, and Alpine Research*, 32: 1–13.
- Selås, V.; Piovesan, G.; Adams, J.M. et Bernabei, M. 2002. Climatic factors controlling reproduction and growth of Norway spruce in southern Norway. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(2): 217–225.
- Seere-Bachet, F. et Tessier, L. 1989. Response function analysis for ecological studies. In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, 247–258.
- Schweingruber, F.H. 1986. Abrupt growth changes in conifers. *IAWA Bulletin n. s.* 7(4): 277–283.
- Schweingruber, F.H. 1996. *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- Schweingruber, F.H., Eckstein, D., Serre-Bachet, F., Bräker, O.U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia*, 8: 9–38.
- Spálený, J. 1980. Vliv kouřových imisí na mrazuvzdornost smrku ztepilého. – *Lesnická práce* 59: 411–414.
- Spiecker, H. 2002. Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia* 20(1–2): 191–202.
- Stockes, M.A. et Smiley, T.L. 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*. – University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- Svoboda, M. et Tichý, T. 2004. Struktura a dynamika lesních porostů a kvantitativní a kvalitativní charakter odumřelé dřevní biomasy v oblasti Trojmezenského pralesa. – *Příroda, AOPK, Praha*.
- Tichý, T. et Svoboda, M. 2003. Závěrečná zpráva dílčího projektu "Struktura a dynamika Trojmezenského pralesa" za roky 2001 – 2003. Součást VaV MŽP pro AOPK "Vliv hospodářských zásahů na změnu biologické rozmanitosti ve zvláště chráněných územích". Ms. [Depon. in: AOPK, Praha].
- Vitas, A. 2004. Tree rings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) in Lithuania as drought indicators: dendroecological approach. *Polish Journal of Ecology* 52(2): 201–210.
- Weber, U., Schweingruber, F.H. 1995. A dendroecological reconstruction of western spruce budworm outbreaks (*Choristoneura occidentalis*) in the Front Range, Colorado, from 1720 to 1986. *Trees* 9(4): 204–213.

Weiss, E., Wils, T. 2004. Tree rings and geomorphological processes in a mountainous region (French Alps). In: E. Jansma, A. Bräuning, H. Gärtner, and G. Schleser, eds., *Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Volume 2. Proceedings of the Dendrosymposium 2003. Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44: 36–43.

Yamaguchi, D.K., Hoblitt, R.P. 1995. Tree-ring dating of pre-1980 volcanic flowage deposits at Mount St. Helens, Washington. *Geological Society of America Bulletin* 107(9): 1077–1093.

Annals of Forest Science 66: 712, 2009  
The original publication is available online at [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)  
<http://www.springerlink.com/content/a461541584443410/>

## DEVELOPMENT OF ALDER CARR AFTER THE ABANDONMENT OF WET GRASSLANDS DURING THE LAST 70 YEARS

Jan Douda<sup>1\*</sup>, Alžběta Čejková<sup>2</sup>, Karel Douda<sup>3</sup>, Jana Kochánková<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences, Kamýcká 1176, CZ-165 21, Praha 6 – Suchbát, Czech Republic

<sup>2</sup> University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Science, Branišovská 31, CZ-370 05, České Budějovice, Czech Republic

<sup>3</sup> T.G. Masaryk Water Research Institute, Podbabská 30, CZ-160 62, Praha 6 – Suchbát, Czech Republic

<sup>4</sup> Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening, Květnové náměstí 391, CZ-252 43 Průhonice, Czech Republic

\* Corresponding author (e-mail: [douda@fzp.czu.cz](mailto:douda@fzp.czu.cz))

### Abstract

- The secondary succession of wet grasslands to communities of alder carr dominated by *Alnus glutinosa* was recorded in different parts of Europe during the 20th century. However, knowledge of such development of alder carr remains insufficient.
- The development of alder carr was reconstructed at five sites in the Czech Republic, using historical aerial photographs and methods of dendrochronology. The aims were to investigate the succession from wet grasslands to alder carr at sites previously intensively managed for agriculture and to find out the role of fluctuations in the groundwater table, caused by artificial drainage channels, in the observed stand dynamics and tree growth.
- The spread of forest (i.e., an increase in forest cover) predominated until the 1970s at all sites. This trend was disrupted by a large-scale dieback of forest stands in four of the five sites after the 1970s, followed by an increase in patch heterogeneity, as indicated by landscape metrics. The radial growth increment in *Alnus glutinosa* has been affected predominately by local environmental factors, probably including the changing degree of waterlogging. Forest dieback was presumably connected with a lesser extent of drainage channels.
- Our results indicate that observed successional pathways at sites of alder carr were probably caused by local changes in the groundwater table.

Keywords: aerial photograph / *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. / dendrochronology / land abandonment / secondary succession / wetland

This paper was published in Annals of Forest Science 66: 712, 2009.

The original publication is available online at [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)

<http://www.springerlink.com/content/a461541584443410/>

The full version of this part of chapter II is archived by the Faculty of Science, University of South Bohemia in the printed version of the Ph.D. Thesis.

### **GROWTH RESPONSES OF PEDUNCULATE OAK TO CLIMATE AND HYDROLOGICAL REGIME IN THE ZBYTKA NATURE RESERVE, THE CZECH REPUBLIC**

ALŽBĚTA ČEJKOVÁ<sup>1</sup> and SIMONA POLÁKOVÁ<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> University of South Bohemia, České Budějovice, Faculty of Science, Branišovská 31, CZ-370 05, České Budějovice, Czech Republic

<sup>2</sup> Administration of Orlické hory PLA, Dobrovského 332, CZ-516 01, Rychnov nad Kněžnou, Czech Republic

<sup>3</sup> DAPHNE CR – Institute of applied ecology, Emy Destinnové 395, České Budějovice, Czech Republic

#### **Abstract:**

Zbytka nature reserve is a rest of a complex area of various fen vegetation in the northeast part of the Czech Republic. It represents an important spring area, which provides high quality potable water for more than 150 000 inhabitants. Waterworks utilization was started at the 1960s and modification in land-use practices has had a strong effect on ecosystem. Oak chronology has been showing different tree growth trends since the start of the waterworks utilization. Also the occurrences of negative pointer years differ markedly before and after initiation of pumping underground water. Dendroclimatological analyses primarily revealed close relationship between temperature and tree growth - positive influence of spring and summer temperature. The growths of trees decreased with low temperature during the growing season together with average underground water level. Period 1983 - 1992 of maximum artesian water pumping expressed as higher tree-ring increments. Although, it is no direct relationship between tree growth and fluctuation of underground water level, suggesting that dendrochronological data may be useful in historical ground water modeling studies. Results are also crucial for conflict of interests between nature preservation and potable water supply.

**Keywords:** dendrochronology; oak tree; water pumping; hydrology

*The full version of this paper is archived by the Faculty of Science, University of South Bohemia only in the original printed version of the Ph.D. Thesis. The manuscript was submitted to Geochronometria.*

## Chapter III



Paper V - VIII

Bioarcheologie v České republice. Bioarchaeology in the Czech Republic 2008, 518 s

Beneš J. et Pokorný P. (eds.)

ISBN: 978-80-7394-026-3 (JČU)

ISBN: 978-80-86124-72-8 (ARÚP)

**dendrochronological part of the chapter: 299-305**

### **STUDNA Z DOBY ŘÍMSKÉ Z DRAŽKOVIC U PARDUBIC: KOMPLEXNÍ ARCHEOLOGICKÁ A ARCHEOBOTANICKÁ ANALÝZA / WOODEN WELL FROM DRAŽKOVICE NEAR PARDUBICE: COMPLEX ARCHEOLOGICAL AND ARCHEOBOTANICAL ANALYSES**

*Radko Sedláček<sup>1</sup> – Jaromír Beneš<sup>2</sup> – Alžběta Čejková<sup>\*,2</sup> – Tomáš Kolář<sup>\*,2</sup> – Veronika Komárková<sup>2</sup> – Tomáš Kyncl<sup>\*,3</sup> – Jan Novák<sup>2</sup> – Kateřina Nováková<sup>2</sup> – Ivo Světlík<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Museum of eastern Bohemia in Pardubice, Zámek 2, CZ-530 02, Pardubice, Czech Republic

<sup>2</sup> University of South Bohemia, České Budějovice, Faculty of Science, Branišovská 31, CZ-370 05, České Budějovice, Czech Republic

<sup>3</sup> Laboratory of dendrochronology Ing. Tomáš Kyncl, Eliášova 37, CZ-616 00 Brno, Czech Republic

<sup>4</sup> Nuclear Physics Institute AS CR, v.v.i., CRL Radiocarbon Laboratory, Na Truhlářce 39/64, CZ-180 86 Prague, Czech Republic

\* *autor writing dendrochronological part*

#### **Abstract**

Chapter deals with an extraordinary evidence of a wooden well (feature 368) from rescue excavation in Dražkovice (Eastern Bohemia). Wooden construction of well and its infilling sediments have been subjected to archaeobotanical, palaeoecological and chronological analysis aimed to complex palaeoenvironmental information. Case of the well was made from oak wood. Every synchronized sample originated from two individual trees. Radiocarbon dating of six samples indicate average age 4 BC–130 AD. According archaeological finds and contexts of feature 368 can be concluded that well was used still some time after 190 AD. Homogeneous infilling of well has been taken for macro-remain analysis. Plant macro-remains enables comparison between frequency in the bottom of well and in the infilling. Results of pollen analysis documents changes in pollen spectra at the bottom of the well and in its infilling.

#### **dendrochronological part:**

Dendrochronological dating of the wooden well from Dražkovice has demonstrated necessity of dynamic evolving of the master chronologies of oak for the Czech Republic. The first attempt on cross dating determined a probable age of the wooden well to 831–838 AD using the South German Hohenheim oak chronology, but this was not verified by the Czech master oak chronology covering 462–1998. Besides this, archaeological findings also indicated an older time period. Other master oak chronologies from Europe were used for the second attempt on dating of additional samples from the well. The cross dating of the well using the Bavarian oak chronology suggested a probable position to the year 190 AD and a less probable position to year 834 AD. These dates were not confirmed by further comparisons with the West German chronology „Württemberg“, „Westdeutschland“, „Lohringen“ and oak chronology from Lower Austria. As a consequence of failed dendrochronological dating, wooden parts of the well from Dražkovice were sent to radiocarbon dating.

## 1. Úvod - výběr

Zájmový prostor jižně od Pardubic představuje archeologicky mimořádně exponovaný mikroregion, pro nějž jsou doloženy a publikovány četné starší archeologické nálezy pro k. ú. Dražkovice. Východočeské muzeum v Pardubicích zde provedlo rozsáhlý záchranný archeologický výzkum, který probíhal od září 2004 do června 2005, a to na území katastru Medlešice, Mikulovice, Blato a Dražkovice. Akce byla vyvolána stavbou rychlostní komunikace I/37 v úseku Jesničánky–Medlešice. Jedním z mimořádných zjištění archeologického výzkumu byl odkryv studniční jámy s výdřevou (objekt 368). Dřevní konstrukce studny, její výplň i vnitřní prostředí studny byly podrobeny bioarcheologickým analýzám s cílem poskytnout maximální komplexní environmentální informace v omezených podmínkách záchranného výzkumu.



**Obr. 1.** Obec Dražkovice na mapě východních Čech.





**Obr. 2.** Obj. 368, horní část studniční jámy ponechána v pozitivu. Foto R. Sedláček.

*Vybraná část textu kapitoly:*

### **3. Bioarcheologický výzkum studny z Dražkovic**

#### **3.1 Dendrochronologické datování**

První pokus o dendrochronologické datování dřevěného bednění studny z Dražkovic byl proveden během léta 2005 v Laboratoři archeobotaniky a paleoekologie (LAPE) v Českých Budějovicích. Na základě tehdy dostupných standardních chronologií byla nalezena pravděpodobná datace dřeva použitého ke stavbě studny do let 831–838 AD. Datace byla provedena pomocí jihoněmecké standardní chronologie dubu, sestavené B. Beckerem z univerzity v Hohenheimu (Süddeutichland, QUSPSD), která je v laboratoři dostupná pro období 1–1950 AD. Pro periodu, do níž byla studna datována, má laboratoř k dispozici také standardní chronologii pro Českou republiku (czges2004), sestavenou M. Rybníčkem z dendrochronologické laboratoře MZLU v Brně, která pokrývá období mezi roky 462–1998 AD (Rybníček 2007). Dataci výdřevy studny se však nepodařilo pomocí českého standardu ověřit, kvůli čemuž přibylly pochybnosti o spolehlivosti získaného údaje. Proto bylo doporučeno její ověření pomocí radiokarbonového datování (viz podkapitola 3.2 tohoto článku v knize).

Na základě dalších archeologických nálezů v místě studny vznikly opět nejistoty o dendrochronologické dataci. Z tohoto důvodu provedl T. Kyncl v létě 2006 dodatečnou expertizu, která vedla ke stanovení dvou

pravděpodobných datací studny z Dražkovic. V prvním případě byla nalezena poloha datující poslední letokruh řady do roku 190 AD, a to na základě dubového standardu pro oblast Bavorska (by0: 512 BC–221 AD; by1: 51 AD–1999 sestavené F. Herzigem z dendrochronologické laboratoře při Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege v Thierhaupten). Druhá pozice podle standardu použitého i pro první dendrochronologické datování dubu (QUSPSD) datovala s menší pravděpodobností poslední letokruh řady do roku 834.

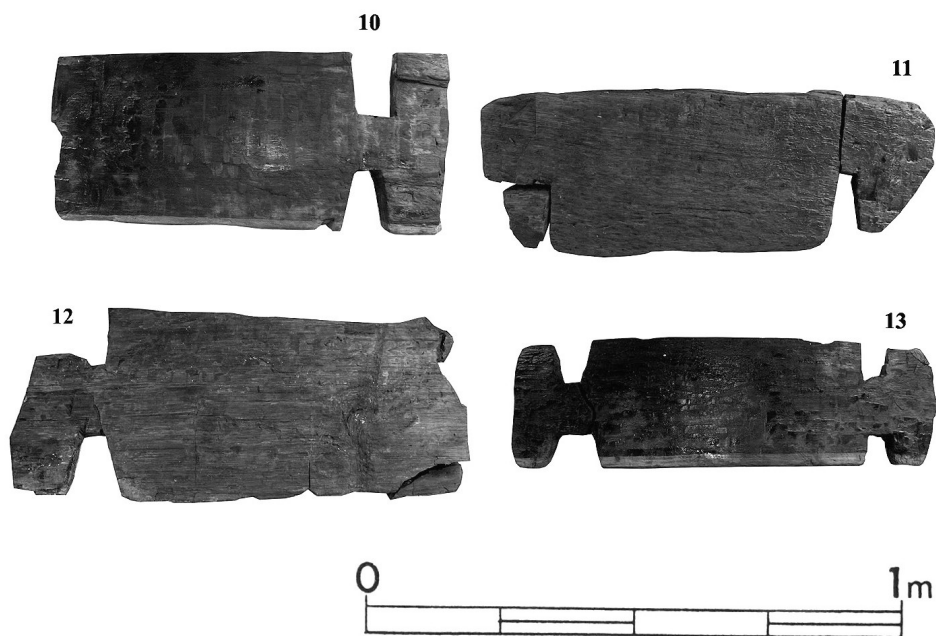
Pro ověření nalezených synchronních pozic byla chronologie zaslána do laboratoře DendroNet (Willy Tegel), kde byl učiněn pokus řadu datovat pomocí letokruhových standardů sestavených pro západní Německo, které nejsou v našich laboratořích dostupné. Byly využity chronologie „Württemberg“ sestavená B. Beckerem, „Westdeutschland“ sestavená E. Hollsteinem a „Lohringen“ od W. Tegela. Možnost použití těchto standardů pro datování materiálů z Čech a Moravy bylo už několikrát ověřeno (např. Vrbová et al. 2005, Poláček et al. 2005).

Ani v jednom případě však nebyl pokus o datování úspěšný. Stejně neúspěšný byl pokus datovat řadu pomocí chronologie pro dolní Rakousko, kterou provedl Michael Grabner z Universität für Bodenkulture ve Vídni.

Výše uvedeným postupem byla potvrzena oprávněnost pochyb o dendrochronologické dataci materiálu studny z Dražkovic, které tedy nejsou v současné době pomocí dostupných standardních chronologií spolehlivě datovatelné. Vzhledem k těmto uvedeným okolnostem byly vzorky z dražkovické studny zaslány na radiouhlíkové datování do laboratoře CRL Ústavu jaderné fyziky AV ČR I. Světlíkovi (viz podkapitola 3.2 tohoto článku v knize). Následující odstavce předkládají výsledky datovacího pokusu s důrazem na metodické aspekty práce s takto mimořádně hodnotným materiálem. Pro účely studie byla data z obou dendrochronologických odběrů spojena.

### **3.1.1 Zpracovaný materiál**

Pro dendrochronologickou analýzu v Laboratoři archeobotaniky a paleoekologie bylo provedeno 31 měření na 20 vzorcích z konstrukce studny v Dražkovicích (označení vzorků začíná písmenem „L“). Pro analýzu byly vybrány úlomky prken bez označení a označená prkna, která byla částečně poškozena (rozlomena, nekompletní apod.). V prvním kroku bylo vybráno nejprve několik úlomků pro pokus o nedestruktivní postup při přípravě materiálu k měření. Tento postup se ukázal jako nevhodný. V druhém kroku byly vzorky na dendrochronologické datování odebrány destruktivním způsobem.



**Obr. 3.** Dochovaná prkna z výdřevy (výběr). Foto ZIP o. p. s.

Druhý odběr vzorků byl proveden T. Kynclem v průběhu konzervace na pracovišti společnosti ZIP, o. p. s., v Plzni (označení vzorků začíná písmenem „R“). Z každého vybraného prvku byl odřezán 2–4 cm silný plátek tak, aby byl řez veden kolmo na průběh letokruhů. S výjimkou jednoho vzorku se vybrané prvky shodovaly s materiálem odebraným v LAPE. Přednostně byly vybírány prvky se zachovalou bělovou částí dřeva indikující blízkost podkorního letokruhu.

U všech vzorků byl určen druh dřeva. Determinace byla provedena pomocí běžných xylometrických metod (Schweingruber 1978). Všechny vzorky byly dubové a téměř vždy měly bělovou část dřeva; pouze u malých vzorků z úlomků prken běl chyběla nebo byla silně poškozena.

### **3.1.1.1 Metoda dendrochronologického zpracování**

Pro vlastní dendrochronologickou analýzu bylo použito standardních postupů (např. Cook et Kairiukstis 1990). Tyto metody zahrnují přípravu materiálu k měření, měření šířek letokruhů, relativní synchronizaci jednotlivých zpracovaných prvků v rámci objektu a pokus o absolutní dendrochronologické datování.

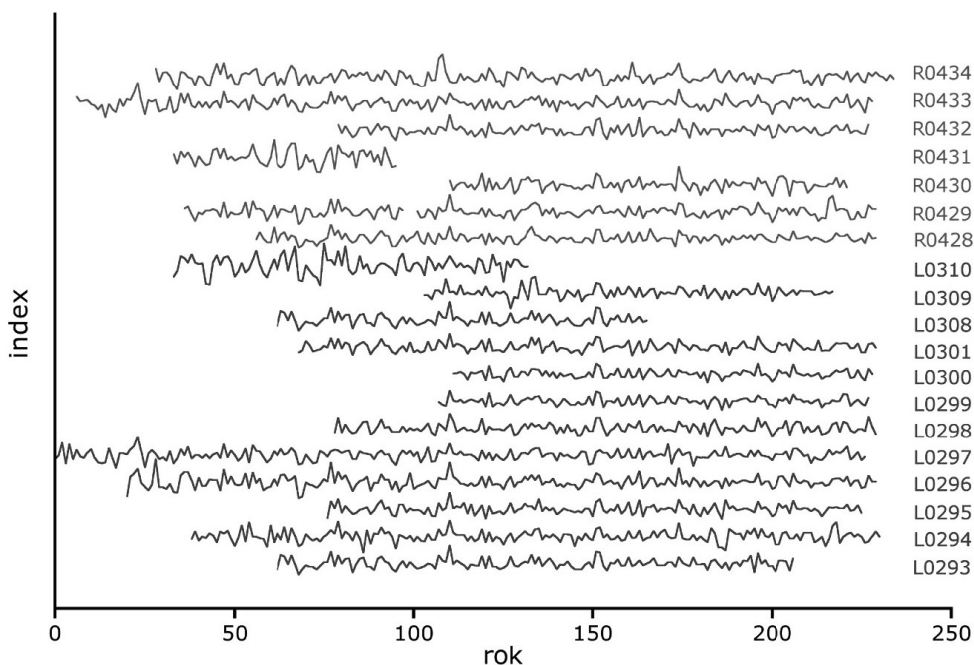
V prvním kroku byla použita šetrná metoda přípravy materiálu – drobný šikmý řez na hranu prvku, zářez do prvku ve tvaru V, případně pouze čistý lom. Nevýhodou tohoto postupu je velmi špatná čitelnost hranic mezi

letokruhy. Ve většině případů nebylo možné v některé části vzorku stanovit přesně hranice letokruhu. Takto měřené křivky a jejich části nelze použít pro vlastní datování. V druhém kroku byly vzorky pro dendrochronologické datování odebrány destruktivním způsobem. Z prkna byla ruční pilou odříznuta vhodná část, posléze byla zamrazena a seříznuta žiletkou kolmo k dřevním vláknům. Po částečném rozmražení byla do povrchu takto upraveného řezu vetřena křída zvýrazňující hranice mezi letokruhy.

Měření šířek letokruhů bylo provedeno pomocí měřicí lavice TimeTable s odčítacím zařízením ParSer v1.3 (Sciem). Data byla zaznamenávána v programu Past4 (Knibbe 2003). Šířky letokruhů byly změřeny s přesností na 0,01 mm. Letokruhové křivky jednotlivých vzorků byly navzájem porovnány a byla nalezena jejich vzájemná synchronní poloha, synchronizované křivky byly použity k vytvoření průměrné chronologie. Letokruhové křivky jednotlivých vzorků a jejich průměrná chronologie byly srovnány se standardními chronologiemi. Pro absolutní dendrochronologické datování byly použity standardní chronologie dubu z jižního Německa – QUSPDS, z České republiky – czges2004 a později také standardy pro oblast Bavorska – by0 a by1. Použití české standardní chronologie k datování se ukázalo jako problematické vzhledem k nedostatečnému proložení chronologie pro toto období.

### **3.1.1.2 Výsledky relativního a absolutního datování**

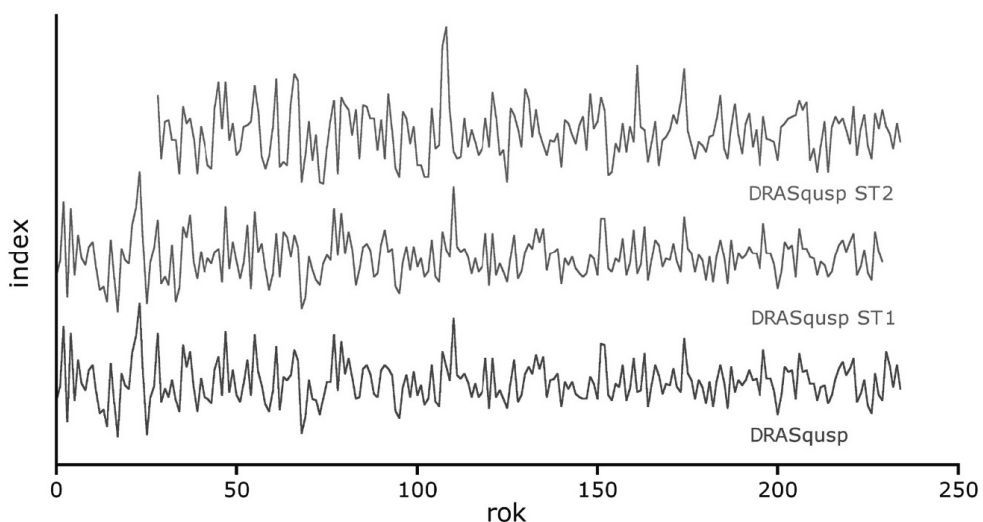
Všechny vzorky odebrané z bednění studny byly z dubového dřeva. Z velmi vysoké míry podobnosti, zejména v dlouhodobých růstových trendech (obr. 4), vzájemně dobře synchronizovatelných vzorků lze soudit, že vyhodnocená prkna byla vyrobena ze dvou odlišných stromů (obr. 5). Do první skupiny lze zařadit letokruhové křivky získané z prken R0428–30, 32, 33 a L0293, L0295–L0301, L0308. Tento strom je charakteristický relativně malým tloušťkovým přírůstem (prům. 1,1 mm/rok). Z odlišného stromu byla získána prkna R0431 a 34, pro něž jsou charakteristické odlišné dlouhodobé růstové trendy a také výrazně vyšší tloušťkový přírůst (prům. 1,8 mm/rok). Vzorky L0293, L0295–L0301, L0308 a R0428–R0434 vykazují vysokou vzájemnou shodu při relativní synchronizaci, z jejich průměru byla sestavena průměrná chronologie DRASqusp (obr. 5). Letokruhovou řadu vzorků L0294, L0309 a L0310 bylo možno synchronizovat s průměrnou chronologií DRASqusp, shoda však nebyla dostatečná k zařazení vzorků do průměrné chronologie. Letokruhové řady převážně z malých úlomků prken L0302, L0303, L0304, L0305, L0306 L0307, L0311 a L0312 nebylo možné synchronizovat s žádnou letokruhovou řadou ani s průměrnou chronologií DRASqusp.



**Obr. 4.** Dražkovice. Dendrochronologické křivky konstrukce studny. R – měření T. Kyncl, L – měření LAPE České Budějovice.

Pokus o absolutní datování sestavené průměrné chronologie pomocí výše uvedených standardních chronologií nevedl k nalezení spolehlivě synchronní pozice. Byly nalezeny pouze dvě hypotetické pozice vykazující relativně dobré parametry statistických testů, avšak vzhledem k délce překrytí (229 let) nelze ani jednu z nich považovat za spolehlivou. V prvním případě byla nalezena poloha datující poslední letokruh řady do roku 190 AD. Pozice byla vyhodnocena jako nejlepší při datovacím pokusu se standardní chronologií pro Bavorsko (by0), srovnání se standardní chronologií QUSPSD však tuto pozici neprokázalo. Druhá pozice datující poslední letokruh řady do roku 834 byla nalezena jako nejlepší při srovnávání se standardní chronologií dubu QUSPSD. Tato pozice vykazuje také relativně dobré parametry při srovnání se standardní chronologií by1. V této pozici se chronologie studny překrývala také se standardní chronologií dubu pro ČR, s níž však nevykazuje statisticky průkaznou polohu.

Žádný z měřených vzorků neměl podkorní letokruh. Všechny datované dubové vzorky s výjimkou vzorku L0293 a L0308 měly zachované bělové letokruhy. Bělové dřevo je oblast zahrnující nejmladší část dřeva stromu. Z České republiky je znám průměrný počet bělových letokruhů pro jižní Moravu, kde se pohybuje v rozmezí 5–21 letokruhů (Rybníček et al. 2006). U vzorků z bednění studny v Dražkovicích bylo průměrně nalezeno 14 zachovaných bělových letokruhů (minimálně 12, maximálně 17).



**Obr. 5.** Dražkovice. Průměrná chronologie DRASqusp.

### 3.1.1.3 Závěr dendrochronologického datování

Bednění studny bylo vyrobeno z dubového dřeva. Všechny synchronizované vzorky pravděpodobně pocházejí ze dvou stromů. Většina datovaných vzorků má zachovanou bělovou část dřeva. Sestavená 229 let dlouhá průměrná chronologie není pomocí standardních chronologií dostupných v současné době spolehlivě datovatelná. Celá situace opět poukázala na nutnost prodloužení standardních chronologií pro Českou republiku do minulosti a potřebu jejich proložení větším množstvím vzorků. Je nutná spolupráce s archeology při získávání tohoto relativně vzácného materiálu, čímž by bylo možné vytvořit kvalitní standard pro Českou republiku, podle kterého by mohly být datovány vzorky se stejnou jistotou, jako je tomu u vrcholně středověkých a novověkých nálezů. Zároveň je bezpodmínečně nutné u takto problematických vzorků provést radiokarbonovou dataci nejlépe metodou wiggle matching.

Tato metoda radiouhlíkového datování využívající možnosti dendrochronologie v případech, kdy není možné datovat pomocí standardních chronologií (Galimberti et al. 2004). Při této metodě nejsou synchronizovány vlastní letokruhové série, ale řady získaných radiouhlíkových datací. Je použitelná u dřevěných konstrukčních prvků obsahujících minimálně sto letokruhů. Oproti obvyklému postupu je z datovaného prvku odebráno několik vzorků pro datování  $^{14}\text{C}$ . Vzorky jsou odebírány z přesně dendrochronologicky určených míst. Každou získanou radiouhlíkovou datací lze tedy relativně umístit na časové ose. Takto vzniklá kalibrační křivka je poté synchronizována s absolutní datovanou kalibrační křivkou. Přesnost datace je závislá na míře variability daného úseku kalibrační křivky, ale oproti klasické radiouhlíkové dataci je

dosaženo řádově nižších nejistot. V některých případech chyba nepřesahuje pět let.

Použití existujících standardních chronologií pro blízká území je možné pouze v omezeném rozsahu. To platí zejména v případě období, ve kterých jsou i tyto standardy poměrně málo reprezentativní (Baillie 1995).

## **Literatura**

Baillie, M. G. L. 1995: *A Slice through Time*. B. T. Batsford Ltd., London.

Cook, E. R. et Kairiukstis, L. A. 1990: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, Boston, London.

Galimberti, M., Bronk Ramsey, C. et Manning, S. W. 2004: Wiggle-match dating of tree-ring sequences. *Radiocarbon*, 46(2), 917-924.

Knibbe, B. 2003: *Past32 Build 700 User Manual*. Wien, Scienc.

Poláček, L., Škorejc, J. et Tegel, W. 2005: Jitka Vrbová-Dvorská und die Erforschung von subfossilen Baumstämmen aus tschechischen Flüssen. In: L. Poláček (ed.), *Studien zum Burgwall von Mikulčice VI*, Arch. ústav AV ČR v Brně, 2-49.

Rybníček, M. 2007: *Standardní chronologie dubu pro Českou republiku*. Disertační práce, MZLU v Brně.

Rybníček, M., Vavřík, H. et Hubený, R. 2006: Determination of the number of sapwood annual rings in oak in the region of southern Moravia. *Journal of Forest Science* 52, 141-146.

Schweingruber, F. H. 1978: *Microskopische Holtzanatomie*. Zurich AG, Zug.

Vrbová-Dvorská, J., Vachek, M., Poláček, L., Tegel, W. et Škorejc, J. 2005: Palaekologische und dendrochronologische Untersuchungen an subfossilem Baumstämmen in Flussablagerungen der March/Morava bei Stračnice, Südmähren. In: L. Poláček (ed.), *Studien zum Burgwall von Mikulčice VI*, Arch. ústav AV ČR v Brně, 59-92.

**DENDROCHRONOLOGICKÁ ANALÝZA DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ  
TVRZE V ZANIKLÉ OBCI BÝŠOV / DENDROCHRONOLOGICAL  
ANALYSES OF TIMBER CONSTRUCTION OF THE FORT IN  
ABANDONED VILLAGE BÝŠOV / DENDROCHRONOLOGISCHE  
ANALYSE DER HOLZKONSTRUKTIONEN IN DER FESTE BEIM  
UNTERGEGANGENEN DORF BÝŠOV**

Tomáš Kolář – Alžběta Čejková

**Abstrakt**

Pro dendrochronologickou analýzu dřevěných konstrukcí tvrze v Býšově bylo odebráno osm vzorků z krovu, sedm vzorků ze stropů a tři vzorky z lešení tvrze. Jeden vzorek byl odebrán ze zárubně okna přílehlé hospodářské budovy. U všech vzorků byl určen druh dřeva. Determinace byla provedena pomocí běžných xylogomických metod (Schweingruber 1978). Datace získaných letokruhových řad byla provedena v programu PAST32 s využitím s standardních chronologií pro Českou republiku a regionálních chronologií pro Netolickou oblast v Pošumaví.

Eight samples from a roof frame, seven samples from ceiling beams and three samples from scaffolding were collected for dendrochronological analyses of timber construction of the fort in an abandoned village Býšov. One sample originated from a window frame of a near farm building. The roof of the fort was built of pine wood in the first half of the 17<sup>th</sup> Century. Ceiling beams construction were made of oak wood and were also dated to the same time period. The cross dating of the tree ring series were made by the software PAST32 using master chronologies for the Czech Republic and regional chronologies for Netolice region.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen an der Feste in Býšov (vgl. den Artikel von P. Šída und O. Chvojka in diesem Band) wurde auch eine dendrochronologische Analyse der Holzkonstruktionen durchgeführt: acht Proben vom Dachstuhl (alle aus Eiche), sieben von den Decken (alle aus Kiefer) und drei vom Gerüst (2x Erle und 1x Eiche). Die Bäume für Dachstuhl und Decken der Feste wurden alle in den Jahren 1634/1635 und/oder 1636/1637 gefällt. Die beiden Erlenproben vom Gerüst brachten keine Ergebnisse, die Probe der Eiche lieferte dagegen einen letzten Jahrring von 1434; wegen der unvollständigen Erhaltung dieser Probe können wir jedoch die Fällung des Baumes und damit auch die Datierung der Errichtung der Feste erst nach der Mitte des 15. Jhs. annehmen.

Deutsch von O. Chvojka



## **1. Úvod**

Cílem dendrochronologického datování dřevěných prvků z tvrze v Býšově byla přesná datace jednotlivých prvků dřevěných konstrukcí. Při možnosti spolehlivé synchronizace letokruhových řad získaných z odebraných vzorků s absolutně datovanou standardní letokruhovou chronologií je výsledkem absolutní datování jednotlivých letokruhů zkoumaných dřevěných prvků. Pokud je zjištěn podkorní letokruh, pak je jeho datace rokem skácení stromu použitého ke zhotovení prvku. Rok smýcení stromu ovšem nemusí být totožný s rokem výstavby objektu, protože je třeba připočíst dobu potřebnou pro opracování a sušení dřeva.

## **2. Zpracovaný materiál**

Pro dendrochronologickou analýzu bylo odebráno 8 vzorků z krovu, 7 vzorky ze stropů a 3 vzorky z lešení tvrze. Jeden vzorek byl odebrán ze zárubně okna přilehlé budovy. U všech vzorků byl určen druh dřeva. Determinace byla provedena pomocí běžných xylogických metod (Schweingruber 1978). Sedm vzorků ze stropních trámů bylo dubových (*Quercus* sp.), osm vzorků z trámů krovu bylo borových (*Pinus sylvestris*), dva vzorky lešení byly z olše (*Alnus glutinosa*) a jeden z dubu (*Quercus* sp.); zárubeň okna sousední budovy byla také z dubového dřeva. Olšové vzorky ze zazděného lešení tvrze nebylo možné dendrochronologicky zpracovat, důvodem bylo především jejich značné poškození.

## **3. Metoda dendrochronologického zpracování**

Pro vlastní dendrochronologickou analýzu bylo použito standardních metod (například: Cook et Kairiukstis 1990). Tyto metody zahrnují:

- a) měření šířek letokruhů
- b) relativní synchronizaci jednotlivých zpracovaných prvků v rámci objektu
- c) pokus o absolutní dendrochronologické datování

Ad a) měření šířek letokruhů bylo provedeno pomocí měřící lavice TimeTable s odečítacím zařízením ParSer 1.3 (Sciem). Data byla zaznamenávána v programu Past32 (Knibbe 2003). Šířky letokruhů byly změřeny s přesností na 0,01mm.

Ad b) letokruhové křivky jednotlivých vzorků byly navzájem porovnány, ze synchronních křivek byla vytvořena průměrná letokruhová křivka.

Ad c) průměrná letokruhová křivka byla porovnána s absolutně datovanými standardními chronologiemi (přiřazení přesného letopočtu).

## **4. Použité standardní chronologie a srovnávací letokruhové řady**

Pro absolutní dendrochronologické datování byly použity standardní chronologie pro Českou republiku – dub-ČR07, borovice-Čechy2003 a borovice-ČR, sestavené T. Kynclem a regionální standardy NTqusp05-sta a NTPisy05-sta sestavené T. Kolářem a A. Čejkovou.

## 5. Výsledky

### 5.1 Relativní synchronizace

Všechny vzorky odebrané ze stropních trámů byly z dubového dřeva. U většiny z nich bylo nalezeno bělové dřevě. Vzorky L0283-4 a L0286-9 vykazují vysokou vzájemnou shodu. Z jejich průměrů byla vytvořena chronologie BYqusp. U vzorku L0285 bylo možno najít pouze pravděpodobnou synchronní polohu s ostatními letokruhovými řadami, proto nebyl do chronologie BYqusp zařazen. Letokruhové řady dubových vzorků L0292 ze zárubně okna hospodářské budovy přiléhající k tvrzi a vzorku L0550 z lešení tvrže nebylo možné synchronizovat s žádnou letokruhovou řadou ani s průměrnou chronologií BYqusp. Borové vzorky L0275 a L0211-9 z krovu tvrže bylo možné vzájemně synchronizovat v průměrnou řadu BYpisy. U ostatních borových vzorků nebyla jejich vzájemná synchronizace možná.

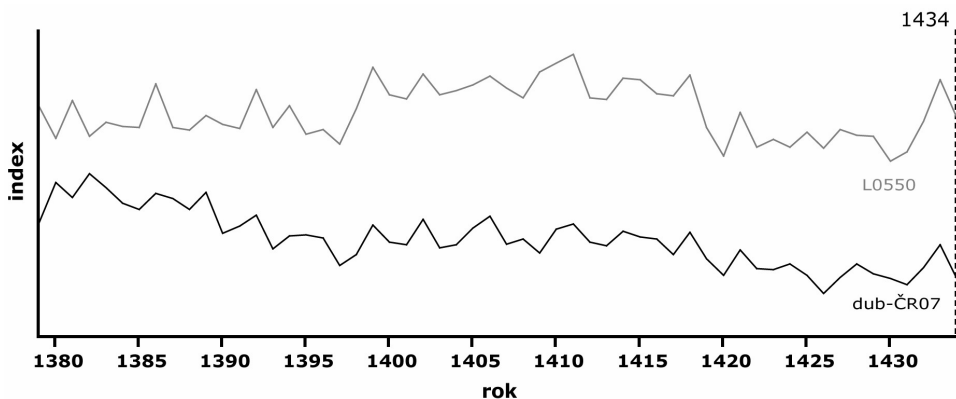
Číslo vzorku	Standardní chronologie	
	Dub-ČR07	borovice-Čechy2003
L0275		0,4845
L0277		0,6682
L0278		0,4106
L0279		0,5114
L0283	0,5757	
L0284	0,6313	
L0285	0,3315	
L0286	0,5947	
L0287	0,5395	
L0288	0,5123	
L0289	0,4409	
L0550	0,4566	
BYpisy		0,6648
BYqusp	0,7140	

*Tabulka 1.* Korelace vytvořených letokruhových řad se standardními chronologiemi dub-ČR07 a borovice-Čechy2003. Je udána hodnota korelačního koeficientu. / *Tabelle 1.* Korrelation der gemessenen Jahringkurven mit den Standard-chronologien Eiche-ČR07 und Kiefer-Böhmen2003.

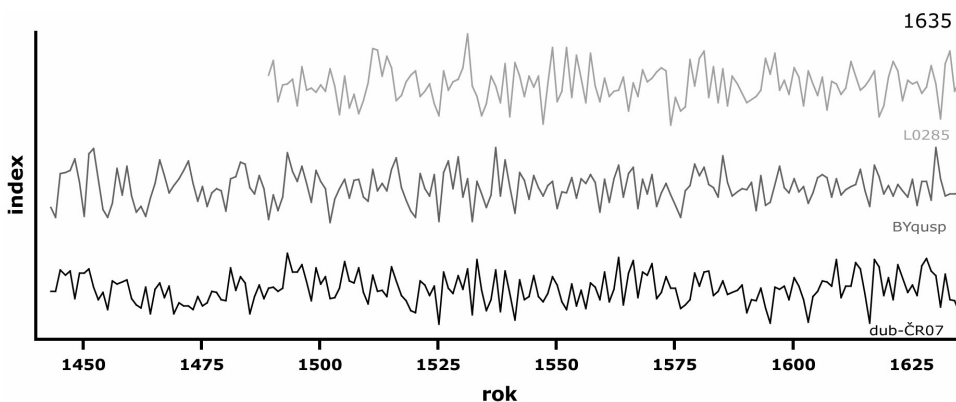
### 5.2 Absolutní datování

Pokus o absolutní dendrochronologické datování pomocí standardní chronologie dub-ČR07 vedl k nalezení spolehlivé synchronní polohy pro průměrnou řadu BYqusp, chronologie byla datována do let 1443-1635. Samostatnou letokruhovou řadu L0285 bylo možné spolehlivě datovat do let 1489-1612. Pro samostatnou letokruhovou řadu L0550 (lešení) bylo možné nalézt pouze pravděpodobnou synchronní polohu (1379-1434), což je pravděpodobně způsobeno relativně malým počtem letokruhů daného vzorku. Samostatnou letokruhovou řadu L0290 (zárubeň okna sousední hospodářské stavby) nebylo možné absolutně datovat. Průměrnou chronologii BYpisy se podařilo pomocí standardní chronologie borovice-Čechy2003 absolutně datovat do let 1486-1633. Žádnou samostatnou

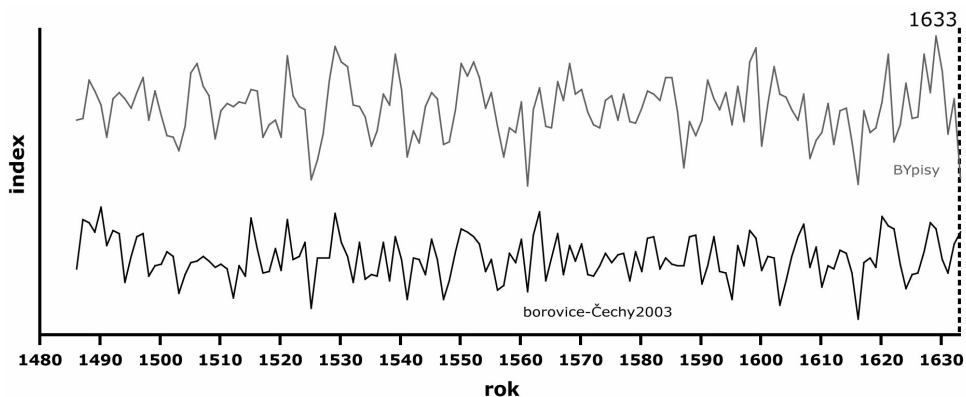
letokruhovou řadu z krovu tvrže nebylo možné absolutně datovat. Na obrázcích č. 1 až 3 jsou porovnány průběhy získaných chronologií se standardními chronologiemi. Velmi dobře je patrná shoda ve většině lokálních minim. V tabulce č. 1 jsou uvedeny korelační koeficienty jednotlivých letokruhových řad a standardních chronologií.



Obr. 1. Porovnání vytvořené letokruhové křivky se standardní chronologií dub-ČR07. Měřítka na ose y je relativní indexovaná šířka letokruhu; vytvořená letokruhová křivka je posunuta směrem nahoru. / Abb. 1. Vergleich der gemessenen Jahrringkurve mit der Standardchronologie Eiche-ČR07.



Obr 2. Porovnání vytvořených letokruhových křivek se standardní chronologií dub-ČR07. Měřítka na ose y je relativní indexovaná šířka letokruhu; vytvořená letokruhová křivka je posunuta směrem nahoru. / Abb. 2. Vergleich den gemessenen Jahrringkurven mit der Standardchronologie Eiche-ČR07.



Obr. 3. Porovnání vytvořené letokruhové křivky se standardní chronologií borovice-Čechy2003. Měřitko na ose y je relativní indexovaná šířka letokruhu; vytvořená letokruhová křivka je posunuta směrem nahoru. / Abb. 3. Vergleich der gemessenen Jahrringkurve mit der Standardchronologie Kiefer-Böhmen 2003.

Tabulka 2 . Ve sloupci „Datum smýcení“ jsou uvedeny datace skácení jednotlivých stromů (např. 1636/1637 – strom kácený v zimě na přelomu let 1636 a 1637; 1636-strom kácený v průběhu vegetační sezóny roku 1636); „+“ označuje stromy bez podkoního letokruhu; „?“ pravděpodobné datace. Ve sloupci „Počet bělových letokruhů“ označuje „+“ za číslem možnost přesného určení počtu chybějících či poškozených bělových letokruhů. / Tabelle 2. Übersicht der Dendro-Proben aus Býšov.

Číslo vzorku	Druh	Počet bělových letokruhů	Délka letokruhové řady změřená/celková	Datum smýcení
L0275	borovice		148/151	1636
L0276	borovice		26/27	
L0277	borovice		98	1588/1589+
L0278	borovice		109	1608/09+
L0279	borovice		106	1595/96+
L0280	borovice		59/60	
L0281	borovice		23	
L0282	borovice		32/33	
L0283	dub	13	167/190	1636/37
L0284	dub	5+	173	1615/16+
L0285	dub	14+	124	1612/13+
L0286	dub	4+	150	1623/24+
L0287	dub	9+	137/146	1628/29+
L0288	dub	?	136/137	1635/36
L0289	dub	19	165/166	1636/37
L0292	dub	6+	131	
L0550	dub	0	56	?1434+
<b>Průměrná chronologie</b>			<b>Délka chronologie</b>	<b>Rozsah chronologie</b>
BYpisy			148	1443-1635
BYqusp			193	1486-1633

### 5.3 Datování podkorních letokruhů

Podkorní letokruh datující kácení použitých stromů byl zachován na vzorcích L0275-6, L0280, L0282-3 a L0288-9.

Všechny dubové vzorky s výjimkou L0288 a L0550 měly zachované bělové letokruhy; zpravidla však byly natolik poškozené od hmyzu, že je nebylo možné spočítat. V takovém případě je v tabulce uvedeno „+“ za jejich počtem a se vzorkem je nadále počítáno jako by neměl zachovaný podkorní letokruh, ačkoliv ve skutečnosti mohl být tento přítomen. V podmínkách České republiky se počet bělových letokruhů dospělých stromů zpravidla pohybuje v rozmezí 11-22let. Dataci podkorního letokruhu tak lze alespoň odhadnout. Zajímavým se jeví vzorek L0288, u kterého nebyly bělové letokruhy prakticky odlišitelné od ostatních. Datace posledních letokruhů i pozorování při odběru však naznačují, že u něj byl zachován podkorní letokruh s datací z přelomu roků 1634 a 1635.

Vzorek L0550 ze zazdřeného lešení neměl přítomný podkorní letokruh. Vlivem vnějších podmínek došlo také k destrukci všech bělových letokruhů a možná několika dalších. Z tohoto důvodu proto není možné přesně určit datum skácení použitého stromu. Vzhledem k jeho staří a využití v konstrukci je možné předpokládat že, chybí pouze několik málo desítek letokruhů. Se značnou dávkou opatrnosti je tedy možné říci, že smýcení stromu došlo ve druhé polovině 15. století.

Vzorek L0275 má poslední vytvořený letokruh v roce 1636; strom byl pokácen ve vegetačním období. Vzorky L0283 a L0289 mají poslední letokruh vytvořený roku 1636, vzorek L0288 roku 1635; letokruhy jsou celé, stromy byly skáceny v době vegetačního klidu na přelomu roků 1636 a 1637.

Detailní popis charakteristik a datací jednotlivých vzorků i získaných průměrných chronologií je obsažen v tabulce č. 2.

## 6. Závěr

Tvrz má krov střechy postaven z borového dřeva stromů kácených v první polovině 17. století, jediný zachovaný podkorní letokruh je datován do roku 1636. Na konstrukci stropních trámů bylo použito dubového dřeva ze stromů skácených na přelomu let 1634 a 1635, respektive 1636 a 1637. U většiny vzorků není možné datum smýcení přesně určit vzhledem k poškození bělového dřeva. Jelikož je však toto zachováno, lze dataci přibližně odhadnout na stejné období, jako je tomu u vzorků se zachovalým podkorním letokruhem. Ze zazdřeného lešení bylo možné dendrochronologicky zpracovat pouze dubový vzorek L0550, pro který bylo možné nalézt pouze pravděpodobnou synchronní polohu s datací posledního letokruhu do roku 1434. Datum smýcení není možné s jistotou určit vzhledem k nepřítomnosti podkorního bělových letokruhů.

Studie vznikla za podpory grantů FRVŠ 40/2006, FRVŠ 1849/2003 a MSM6007665801.

### **Literatura**

Cook, E. R. et Kairiukstis, L. A. 1990: Methods of Dendrochronology. Kluwer Academic Publishers. Dodrecht - Boston - London, 105-123.

Knibbe, B. 2003: Past32 Build 700 User Manual. Scienc. Wien.

Schweingruber F. H. 1978: Mikroskopische Holzanatomie. Züricher AG. Zug.

Sborník referátů konference Jedle bělokorá 2005 (European Silver fir - 2005)  
ČZU FLE katedra pěstování lesů a správa NP a CHKO Šumava: 207-211, 2005

**VYUŽITÍ JEDLOVÉHO DŘEVA V DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍCH  
HISTORICKÝCH STAVEB / UTILIZATION OF FIR WOOD IN  
HISTORICAL TIMBER CONSTRUCTIONS**

**Tomáš Kolář – Tomáš Kyncl – Alžběta Čejková**

**Abstract**

We used dendrochronological and xylotomical methods for a comparison of wood samples from historical buildings of two regions from Šumava Mountains and their foothills (Netolice region in the elevation between 400 and 700 m; Vimperk region in the elevation between 600 and 1 000 m). Samples from wooden constructions were determined, measured and cross-dated. Species composition of samples and changes in this composition in time were described. Mean sensitivity of samples were compared to find differences between the regions.

## Úvod

Jedle v minulosti patřila mezi nejčastěji využívané dřeviny pro stavbu dřevěných konstrukcí. Často je tato skutečnost vysvětlována její vyšší odolností vůči vlhkosti (ŠKABRADA 1999). Novější výzkumy však naznačují, že velké zastoupení jedle v historických konstrukcích je dáno především její snadnou dostupností v relativně blízkém okolí v průběhu stavby (ŠKABRADA et KYNCL 2004; KOLÁŘ 2004). Zatím však nebyl dostatečně popsán vztah mezi dostupností dřevěného materiálu, jeho kvalitou a využíváním v historických dřevěných konstrukcích. Z tohoto důvodu má několik dendrochronologických výzkumů prováděných v České republice mezi svými cíly také prozkoumání vztahu mezi používaným materiálem, zdrojovou oblastí materiálu a pravděpodobným druhovým složením lesních porostu v okolí či zdrojové oblasti.

## Zkoumané území

Pro studii byly zvoleny dvě relativně homogenní oblasti z Šumavy a jejího podhůří. Výběr byl veden snahou o zachycení změn ve stavebním materiálu dřevěných konstrukcí v oblasti Šumavy a jejího podhůří. Obě oblasti mají odlišnou historii lidského osídlení a rozdílné přírodní poměry. Bohužel nebylo možné umístit třetí lokalitu do vrcholových partií Šumavy, jelikož nebyla zatím nalezena homogenní oblast s dostatečným množstvím staveb či jiných historických dřevěných konstrukcí.

### Netolická oblast – nízké polohy

Jedná se o širší okolí Netolic, oblast zahrnuje také Prachatice a Vlachovo Březí. Převážná většina vybrané oblasti podhůří leží v rozmezí nadmořských výšek 400 – 700 m n. m. Klima je mírně teplé s průměrnými teplotami kolem 7,5 °C a množstvím srážek kolem 550mm (QUITT 1971, CULEK 1996). Území náleží do mezofytika, jako potenciální přirozená vegetace jsou rekonstruovány převážně acido-filní doubravy (*Luzulo albidae-Quercetum petraeae*, *Abieti-Quercetum*) se značným zastoupením jedle. Ve vyšších polohách území jsou rekonstruovány bučiny, na chudých substrátech asociace *Luzulo-Fagetum* přecházející až v jedliny (*Deschampsio flexuosae-Abietetum*), na bohatších substrátech pak květnaté bučiny asociace *Dentario eneaphylli-Fagetum* (NEUHÄUSLOVÁ 1998, CULEK 1996).

Nejstarší dochované doklady o osídlení prvními zemědělci (kultura s lineární keramikou) jsou datovány do pátého tisíciletí př. n. l. Trvalejší osídlení krajiny člověkem vzniká pravděpodobně v době bronzové, kdy je možno hledat počátek výraznějšího ovlivnění lesních společenstev v důsledku zemědělské činnosti a jiných doprovodných aktivit v okolí lidských sídlišť. V laténské době se pravděpodobně formuje loukaření, což je významný faktor ovlivňující krajinu (díky senu nebyla tak vysoká



potřeba letniny). K výrazné změně krajiny, která ovlivnila také lesní společenstva, dochází ve vrcholném středověku (13. – 15. století). V souvislosti se zakládáním nových vesnic a se změnou charakteru stávajících sídelních jednotek dochází k výraznému odlesňování krajiny. Koncem 17. a především v průběhu 18. století roste tlak na lesy a dochází k největší exploataci lesních systémů v historii oblasti. V 19. století je zavedeno plánované lesní hospodářství, které vedlo ke vzniku jehličnatých monokulturních porostů.

#### Vimperská oblast – střední polohy

Jedná se především o Vimperk, Stachy a jejich okolí. Nadmořské výšky ve vybrané oblasti se pohybují převážně v rozmezí 600 – 1 000 m n. m. Klima je chladné s průměrnými teplotami kolem 5,5 °C a množstvím srážek kolem 800 mm (QUITT 1971, CULEK 1996). Území leží na hranicích mezofytika, jako potenciální přirozená vegetace jsou rekonstruovány převážně květnaté bučiny asociace *Dentario eneaphylli-Fagetum*, místy v kombinaci s žindavovými jedlinami (*Saniculo europaeae-Abie-tetum*), na chudých substrátech jsou rekonstruovány kyselé bučiny asociace *Luzulo-Fagetum* přecházející v kyselé jedliny asociace *Deschampsio flexuosae-Abietetum*. V nejvyšších polohách území jsou potenciální přirozenou vegetací smrkové bučiny (*Calamagrostio villosae-Fagetum*) a podmáčené rohozcové a rašelinné smrčiny (*Mastigobryo-Piceetum*, resp. *Sphagno-Piceetum*) (NEUHÄUSLOVÁ 1998, CULEK 1996).

První doklady o osídlení vimperské oblasti pocházejí z mladší doby bronzové (přelom 2. a 1. tisíciletí př. n. l.), není však vyloučeno ani předchozí ovlivnění krajiny člověkem. Z okrajových částí oblasti je doloženo poměrně značné osídlení z laténské doby, lze proto předpokládat také vliv člověka na okolní krajinu (odlesnění, změna druhové skladby lesních porostů, zakládání polí, pastvin a pravděpodobně již také luk). V průběhu 14. a 15. století dochází v souvislosti se sklářskou výrobou k nárůstu počtu obyvatel a především k exploataci lesních porostů. Od 17. století dochází v důsledku nedostatku dřevní hmoty v oblasti k útlumu sklářské činnosti a jejímu přesunu do vyšších poloh Šumavy. Na místě vytěžených lesů vznikají louky a pastviny. Důsledky zatížení lesa pastvou je možné nalézt v okolí Stach dodnes (například častý výskyt jalovce – *Juniperus communis*).

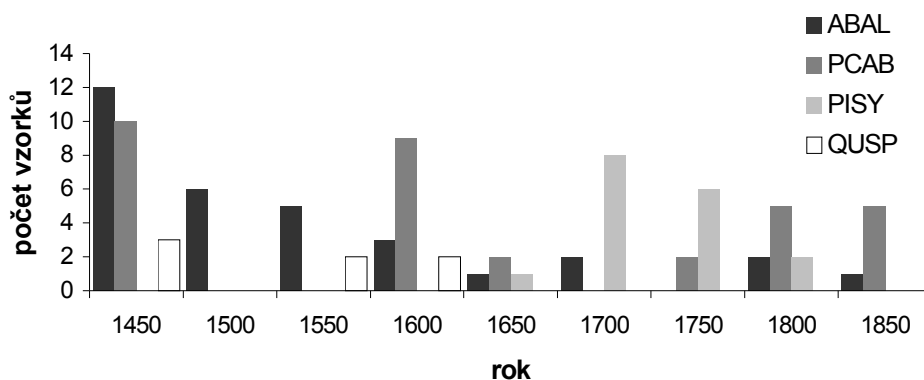
#### Výsledky

V netolické oblasti byly odebrány a datovány vzorky z osmi objektů. Ve vimperské oblasti byly pořízeny a datovány vzorky ze sedmi objektů. Celkem bylo odebráno 107 vzorků v netolické oblasti a 132 v oblasti vimperské. V netolické oblasti bylo determinováno 35 (tzn. 32,7% z celkového počtu) jedlových vzorků, s výjimkou čtyř se podařilo všechny datovat. Ve vimperské oblasti bylo zaznamenáno pouze 19 (14,4%) jedlových vzorků, datace byla úspěšně provedena u dvanácti z nich.

## Druhového složení použitého materiálu

V netolické oblasti byly k dřevěným konstrukcím používány všechny čtyři základní stavební dřeviny, tj. smrk ztepilý (*Picea abies*), jedle bělokorá (*Abies alba*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a dub (*Quercus* sp.). Od 15. do počátku 18. století byly dominantními stavebními dřevinami smrk a jedle, která ale byla od první poloviny 18. století nahrazena borovicí. Ojedinelé však byla používána i později. Smrk se v konstrukcích vyskytuje průběžně od konce 15. až do 19. století, kdy se zvětšuje jeho podíl na stavbách pravděpodobně v souvislosti s jeho intenzivním zaváděním do lesních kultur. Borovice se v konstrukcích poprvé objevuje na přelomu 17. a 18. století a od první poloviny 18. století se stává dominantní stavební dřevinou, později ve stavebním materiálu ustupuje smrku.

Ve vimperské oblasti je dominantní stavební dřevinou smrk. Jedlové prvky se vyskytují především ve větších stavbách, pouze sporadicky v menších stavbách lidové architektury. Dub byl použit ke konstrukci hradní brány. Borovice nebyla nalezena vůbec. Vzhledem k malému počtu datovatelných vzorků (především smrkových) není možné pro vimperskou oblast identifikovat trendy ve změnách druhového složení materiálu použitého ke stavbě konstrukcí. Změny v netolické oblasti shrnuje obr. č.1.



Obrázek 1. NETOLICKÁ OBLAST – změna druhového složení materiálu použitého na konstrukce staveb; ABAL – *Abies alba*, PCAB – *Picea abies*, PISY – *Pinus sylvestris*, QUSP – *Quercus* sp. /Figure 1. The Netolice region – changes in species composition of timber used for constructions of historical buildings.

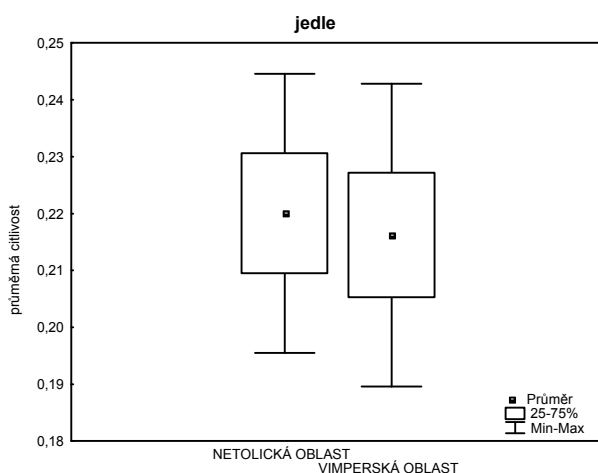
## Srovnání průměrné citlivosti

U vzorků z obou oblastí byla spočtena průměrná citlivost. Ta je vyjádřena jako podíl absolutního rozdílu šířek sousedních letokruhů a průměru těchto dvou letokruhů. Zjednodušeně lze říci, že vysokou průměrnou citlivost mají stromy na stanovištích, která pro ně nejsou příznivá, naopak při růstu v optimálních podmínkách je průměrná citlivost malá (FRITTS 1976). Pro porovnání průměrných citlivostí vzorků z obou oblastí byl použit

dvouvýběrový t-test. Nebyl nalezen statisticky průkazný rozdíl v průměrné citlivosti mezi jedlovými vzorky z netolické a vimperské oblasti. Výsledky reprezentují obr. 2 a tab. č. 1.

Tabulka 1. Srovnání průměrné citlivosti jednotlivých druhů z netolické a vimperské oblasti. Testováno dvouvýběrovým t-testem, udaná hodnota testovacího kritéria (t) a dosažená hladina významnosti (p). / Table 1. Comparison of mean sensitivity of fir and spruce samples from Netolicko and Vimpersko regions; t Test (t), significance level (p).

Dřevina	t	p
jedle bělokorá ( <i>Abies alba</i> )	0,271	0,788
smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> )	9,350	< 0,010



Obrázek 2. Porovnání průměrné citlivosti (vynesena na ose y) vzorků jedle z netolické a vimperské oblasti / Figure 2. Comparison of mean sensitivity (on y axis) of fir samples from Netolicko and Vimpersko regions.

## Diskuze

Jedle je dřevina s uniformním charakterem standardních chronologií, které si jsou vzájemně podobné na velkých územích, pro celou oblast střední Evropy je možné používat k datování Středoevropskou standardní chronologii jedle (BECKER et GIERTZ-SIEBENLIST 1970). Tato vlastnost je založena na jejím výskytu, který je omezen převážně na horské a podhorské oblasti s oceanickým až mírným klimatem (BECKER 1978). Ze stejného důvodu pravděpodobně vykazují jedlové vzorky z vimperské a netolické oblasti podobné hodnoty průměrné citlivosti, jelikož jedle neroste ani v jednom z těchto území v pro ni nepříznivých ekologických podmínkách.

Malé množství odebraného a datovaného materiálu neumožňuje vyvození definitivních závěrů. Přesto však data z netolické oblasti ukazují na jisté

trendy v druhovém složení dřeva použitého na stavby. Hlavními dřevinami používanými na dřevěné konstrukce v průběhu středověku a v raném novověku byly smrk a jedle. Tato situace se mění na přelomu 17. a 18. století, kdy jedle ze staveb prakticky mizí a její místo zaujímá borovice, tvořící v té době dominantní používanou dřevinu. To je zajímavé především při srovnání s Českobudějovickou pánví. Hlavní dřevinou ve stavebním materiálu v okolí Č. Budějovic je borovice, jedle se vyskytuje spíše sporadicky (ŠKABRADA et KYNCL 2004). Také v materiálu plaveném pravděpodobně z jižních Čech po Vltavě, který byl používán na stavby v Praze, převažují ve středověku borové prvky, od konce středověku je naopak používáno materiálu jedlového a smrkového (ŠKABRADA et KYNCL 2004). Situace je tedy přesně opačná než na Netolicku. Autoři zmíněné studie nastiňují možné vysvětlení jako změnu v oblasti, z níž dřevo pocházelo. Vzhledem ke skutečnosti, že do druhé poloviny 17. století není v archivních záznamech doložena výraznější změna regionů, ze kterých bylo dřevo získáváno, musel by se sledovaný proces změny druhové skladby odehrát v rámci stejného území. Hypoteticky tedy mohlo jít o postupný přesun těžby do vyšších nadmořských výšek a vzdálenějších lokalit od splavných řek (především Vltavy, Lužnice, Otavy a Berounky), kde se smrk a jedle vyskytují častěji.

V netolické oblasti je však situace opačná, a proto je nutné pro ni najít jiné vysvětlení. Jistým vodítkem by mohla být změna ve skladbě lesa v podhůří Šumavy, kterou Málek (MÁLEK 1979) odvozuje z archivních pramenů. V průběhu 18. a 19. století má docházet k úbytku jedle a výraznému nárůstu zastoupení borovice v lesních porostech. Jako pravděpodobný důvod uvádí Málek přílišné využívání lesů k pastvě, hrabání steliva a těžbě dřevní hmoty. Jedle je sice pastvou podporovaná dřevina (MÁLEK 1983; POKORNÝ 2002), avšak když je vliv pastvy příliš velký, případně dochází k dalším negativním vlivům na lesní společenstva, je nahrazena v nižších polohách borovicí a ve vyšších smrkem (MÁLEK 1979). Na podobný vývoj poukazují také palynologické studie (RYBNÍČKOVÁ 1973), u kterých však chybí datování změn druhového spektra pylových zrn pomocí exaktní metody (například AMS radiokarbonová metoda).

V průběhu 19. století se zvyšuje množství použitého smrkového materiálu a naopak klesá podíl borovice. Tuto skutečnost lze vysvětlit nástupem nových lesnických metod a pěstováním smrkových monokultur od přelomu 18. a 19. století, ačkoliv borovice tvořila významnou složku lesních porostů zakládaných v té době v netolické oblasti (MÁLEK 1979).

Vzhledem ke skutečnosti, že se podařilo datovat pouze velmi malé množství vzorků z vimperské oblasti, není možné spolehlivě identifikovat jakoukoliv změnu v druhové skladbě dřeva používaného ke stavbám. Překvapením byl celkově nízký výskyt jedle ve vzorcích z Vimperska, zvláště pak takřka absence v konstrukcích lidových staveb včetně jejich roubení, v kterém by podle některých autorů měla být hlavní používanou

dřevinou (ŠKABRADA 1999). Jedle byla ve větším množství nalezena pouze ve velkých stavbách z Vimperka (kostel a hrad). Ačkoliv se roubená stavení nepodařilo datovat, je pravděpodobné, že byla postavena nejdříve koncem 18. století. Malý podíl jedlových prvků v jejich konstrukcích je tedy možné vysvětlit podobně jako u staveb v netolické oblasti. Také pro střední polohy Šumavy uvádí Rybníčková (RYBNÍČKOVÁ 1973) pokles křivky jedle v průběhu mladšího subatlantiku (od 13. století n. l., POKORNÝ 1999). Okolí Stach bylo osídleno nejpozději v 15. století, důležitou složkou obživy obyvatelstva v těchto polohách byla vždy pastva, jejíž vliv na okolní porosty je dodnes patrný (lesy s borovicí lesní a jalovcem obecným – *Juniperus communis*). Vliv lidských zásahů na lesní porosty byl pravděpodobně natolik veliký, že jedli z porostů do značné míry eliminoval. Okolí obce bylo v minulosti mnohem více odlesněno, od poloviny 18. století dochází k opouštění některých pastvin, na jejichž místo expandují dřeviny, především smrk a borovice. Rozvolněné porosty jsou však dále extensivně využívány k pastvě (ALBRECHT 2003). Původu dřeva z pastevních lesů nasvědčuje také velké množství růstových změn, které jsou patrné na letokruhových křivkách.

## Závěr

Analýza průměrné citlivosti neodhalila průkazný rozdíl mezi vzorky z vimperské a netolické oblasti. Potvrdil se tak uniformní charakter letokruhových řad jedlového materiálu. Naopak procentuální zastoupení jedlového dřeva je v netolické oblasti více než dvounásobný oproti oblasti vimperské. Tato skutečnost může být zapříčiněna rozdílným charakterem a především stářím zkoumaných staveb. Z výsledků studie lze pravděpodobně usuzovat, že v oblasti Šumavy a jejího podhůří byl využíván nejdostupnější místní materiál a při stavbách nebyly některé dřeviny významně preferovány. Nepotvrdil se tak předpoklad přednostního používání jedlového dřeva kvůli jeho vyšší odolnosti vůči vlhkosti. Zajímavým výsledkem studie je, že změny v druhovém složení porostů se do značné míry odrážejí v druhovém složení materiálu použitého ke stavbě konstrukcí. Tento výsledek je však nutné potvrdit dalším výzkumem, jelikož zatím bylo sebráno malé množství dat, z nichž není možné vyvozovat jednoznačné závěry.

## Literatura

ALBRECHT, J. et al. (2003): Českokobudějovicko. In: Mackovčín, P. et Sedláček, M. [eds.]: Chráněná území ČR, svazek VIII. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.

BECKER, B. (1978): Dendroecological zones of central European forest communities. In: Fletcher, J. [ed.]: Dendrochronology in Europe. – British Archaeological Reports, International series 51, pp. 101 – 114.

BECKER, B. et GIERTZ-SIEBENLIST, V. (1970): Eine über 1100-jährige mitteleuropäische Tannenchronologie. *Flora* 159: 310 – 346.

- BENEŠ, A., STARÝ, V. ET SOLAR, J. (1979): *Vimperk – město pod Boubínem.* – Jihočeské nakladatelství České Budějovice.
- CULEK, M. (1996): *Biogeografické členění České republiky.* – Enigma, Praha.
- FRITTS, H.C. (1976): *Tree rings and climate.* – Academic Press, London.
- KOLÁŘ, T. (2004): *Dendrochronologická a xylotomická analýza historického materiálu z vybraných oblastí Šumavy a Šumavského podhůří [Dendrochronological and xylotomical investigations of historical material from two areas in the Šumava Mountains and foothills. Mgr. Thesis, in Czech].* – 54pp., Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.
- POKORNÝ, P. (1999): *Teplomilné rostliny v chladných dobách.* – *Vesmír* 78: 367 – 369.
- POKORNÝ, P. (2002): *Palaeogeography of forest trees in the Czech Republic around 2000 BP: Methodical approach and selected results.* – *Preslia* 74: 235 – 246.
- MÁLEK, J. (1979): *K otázce vlivu pastvy v pravěku na složení lesů v podhůří Šumavy.* – *Preslia* 51: 255 – 270.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. [ed.] (1998): *Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky.* – Academia, Praha.
- QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa.* *Studia geographica* 16: 1 – 72.
- RYBNÍČKOVÁ, K. (1973): *Pollenanalytische Unterlagen für die Rekonstruktion der ursprünglichen Wald vegetation im mittleren Teil des Otava – Bömerwaldvorgebirges.* – *Folia geobotanica et Phytotaxonomica* 8: 117 – 142.
- ŠKABRADA, J. (1999): *Lidové stavby.* – Argo, Praha.
- ŠKABRADA, J. et KYNCL, T. (2004): *Datování gotických krovů na Starém Městě v Praze.* – *Sborník referátů z konference Dějiny staveb 2003, Plzeň, pp.* 198 – 223.

### **XYLOTOMIC AND DENDROCHRONOLOGICAL ANALYSES IN ARCHAEOLOGY: CHANGES IN THE COMPOSITION TYPE OF WOOD IN PRAGUE AND IN SOUTHERN BOHEMIA**

Jaromír Beneš / Tomáš Kolář / Alžběta Čejková

#### **Abstrakt**

Xylotomické a dendrochronologické analýzy v archeologii: změny druhové skladby dřeva ve středověké Praze a v jihočeské oblasti určování druhu dřeva z předmětů a objektů z archeologických situací má nejrůznější využití. Z perspektivy archeologie je důležité určení druhu dřeva u artefaktu, determinace konstrukčních dřev a sledování druhové skladby dřev v archeologickém souboru. Archeologický průzkum v Praze v ulici Na Příkopě přinesl cenný materiál. Ve sledovaném souboru nespálených dřev ze staroměstských příkopů dominovaly jehličnany, zejména jedle. Velmi málo je mezi nespáleným dřevem zastoupeno dřevo smrku, což je dobře odrazí menší frekvenci používání tohoto dřeva na území Prahy ve středověku. Z dřev listnatých stromů dominuje mezi nespálenými fragmenty dřevo dubu. Zdrojovou oblastí dřevin byly rozsáhlé přirozené doubravy středních jižních a západních Čech. Do Prahy se plavilo dříví z povodí Lužnice, Otavy a Berounky, tedy vltavskou cestou. Rozdíl v dominantním zastoupení nespálených fragmentů borovice a jedle jsou zřejmě dány lokálními důvody, zastoupení smrkového dřeva odpovídá obecným ekologickým poměrům v tehdejší době, kdy se tato dřevina vyskytovala spíše ve vyšších vegetačních pásmech a ve specifických nížinných biotopech, což se odrazilo i v objemech smrkového dřeva, dopraveného do hlavního města voroplavbou. Dendrochronologie může poskytnout řadu údajů důležitých pro pochopení vlivu člověka na vývoj přírodních poměrů v jedné z potenciálních zdrojových oblastí dřeva pro středověkou Prahu - netolického regionu v podhůří Šumavy. Hlavními dřevinami zde používaných na dřevěné konstrukce v průběhu středověku a v raném novověku byly smrk a jedle. Tato situace se mění na přelomu 17. a 18. století, kdy jedle ze staveb prakticky mizí a její místo zaujímá borovice. Vodítka pro vysvětlení této skutečnosti by mohla být změna ve skladbě lesa v podhůří Šumavy. V průběhu 19. století se zvyšuje množství použitého smrkového materiálu a naopak klesá podíl borovice. Tuto skutečnost lze vysvětlit nástupem nových lesnických metod a pěstováním smrkových monokultur od přelomu 18. a 19. století. Porovnáním dosažených výsledků analýz nespálených dřev z 13. a 14. století z pražských nalezišť a dendrochronologických dat z mladších období jižních Čech dojdeme ke zjištění, že obě metody jsou schopny zachytit sortiment dřev. Tato skladba dřeva je sice zatížena lokální preferencí řemeslníků a dalších spotřebitelů, do značné míry však odráží vegetačně ekologické možnosti zdrojového území, tedy i jižních Čech. Na příkladu změn sortimentu konstrukčních dřev z netolické oblasti lze na druhou stranu pozorovat i dlouhodobé trendy, odrážející lokální proměnu druhové skladby stromového patra vegetace a tím i potenciál transportu do Prahy. Propojení xylotomických analýz z archeologických lokalit a dendrochronologických dat z historických konstrukcí a živé přírody je možné a přináší užitečné výsledky.

## **Abstract**

Xylotomical and dendrochronological analyses in archeology: determination of wooden artefacts from archeological excavations and changes of species composition of wood, have various type of application. These analyses have been performed in medieval Prague and Southern Bohemia in the present study. Archeological survey in Prague gained a valuable archeobotanical material. Conifer wood was mainly represented by fir prevailing in the assemblages of unburnt wood. Spruce wood was represented at a very low level amongst the unburnt findings, which reflects seldom occurrence of spruce in the natural vegetation of the medieval landscape in Central Bohemia. Oak wood dominated amongst the unburnt fragments of deciduous species. The source area of trees was a large oak forest of the Middle and Western Bohemia. Wood was got to Prague by the water transport from the drainage area of the rivers Lužnice, Otava and Berounka, that is by „way of the Vltava“. Differences between unburnt fragments of pine and fir depended on local conditions, but the occurrence of spruce agreed with common ecological conditions in this time period. Spruce grew and preferred higher vegetation zones or specific lowland biotopes, which was obvious in the amount of rafted spruce wood. Dendrochronology provided an information about human influence of vegetation in potential source area of wood for medieval Prague – Netolice region in Šumava foothill. The main woods used in wooden construction works during the Middle Ages and early modern period were spruce and fir. This situation changed at the turn of the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries when the fir practically disappeared from constructions and its place is taken by pine, which was the predominantly used wood at that time. A certain explanation could be a change in the composition of the wood in the foothills of the Šumava Mountains (Bohemian Forest). In the course of the 19<sup>th</sup> century the quantity of used spruce material had increased and on the other hand the proportion of pine had declined. This circumstance can be explained by the appearance of new forestry methods and the cultivation of spruce monocultures from the turn of the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> centuries. Based on a simple comparison of the attained results of the analysis of the unburnt wood from the 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> centuries from Prague archaeological sites and dendrochronological data from more recent periods in South Bohemia, we discovered that both methods are capable of picking up the range of wood. The composition of wood types in the case of the archaeological material is overburdened with the local preferences of the craftsmen and other consumers. However, it still reflects to a certain extent the ecological possibilities of vegetation of the source region, i.e. South Bohemia in this case. We could also make out long-term trends in South Bohemia as an example of a change in the range of wood used for constructional purposes. This reflected a local change in the composition types of the tree vegetation and together with it also its potential transport to the capital city. The connection of xylotomic analysis from archeological sites and dendrochronological data from historic constructions and the living countryside is possible and brings useful results.



## **Xylotomic methods and the development of archaeology**

The xylotomic and anthracological analyses of wood and charcoal form one of the methods of contemporary archaeobotany (Jacomet / Kreuz 1999, Thiebault 2002 ed.). The results of xylotomic analysis, which this text is mainly concerned with, contain information about the composition of the tree floor of the destroyed vegetation from the settlement area, but also data about the character of the archaeological layers, fills or features. Fresh wood is preserved in archaeological contexts after incomplete burning in fire, petrified with various salt metals, carbonized without access to air or deposited in an aquatic environment. An absolutely essential condition for the preservation of noncarbonized wood is the prevention of the access of air, light and anaerobic bacteria (Florian 1988, Babinski ed. 1999).

In such cases an important role is played by the differing tafonomic conditions of the given environment. Wood samples are normally determined with a standard xylotomic microscope. The basic anatomical structure which serves for determination markedly differs with coniferous and deciduous wood (Schweingruber 1978, Schoch et al. 2004). In general it is true that we are able to identify the biological family with more or less difficulty and sometimes also the type in the case of a series of woods. Taxonomic poverty on the one hand and a high number of determined individuals on the other is characteristic for the analysed assemblages. Wooden finds turn up relatively often in archaeological assemblages both in the form of artefacts or ecofacts. Quite often it is a matter of objects with traces of working on them in the case of which we are not sure whether to regard them as artefacts. An important formative factor for an assemblage of wood in an archaeological feature is also the environment of deposition and the resistance of the various types of wood to the influence of the environment. It is known that, for example, lime wood is almost never preserved in an unburnt state because - especially in moist conditions - it decomposes very quickly, whereas oak wood has a much higher resistance and is generally one of the most frequently occurring types in the assemblages. This factor significantly influences the composition of the assemblage of unburnt wood and charcoal (Beneš et al. 2002).

The determination of types of wood from objects and features from archaeological contexts has the most varied uses of which we will only look at the main ones. From the perspective of archaeology it is understandably important **to determine the type of wood in the case of artefacts**. This is a matter of primary cultural information because different human populations use wood in a specific manner from which we can observe and define various relationships and connections (Capelle 1978, Beneš 1984, 1989). An important source of information for archaeology is the determination of **constructional wood** (compare the

section about dendrochronology in this article). A further area is the observation of **the compositional types of wood in an archaeological assemblage** (for the Middle Ages for example Beneš 2002, 2003). Such a determination has significance when studying local and regional raw material connections, but also during the reconstruction process when studying vegetational changes. A direction which is worthy of the attention of xylotomic analysis in archaeology is presented by the observation of **the seasonal character of fodder**, as young branches and leaves of trees were a common part of the diet of domestic animals in prehistory and the Middle Ages. Through the analysis of the types of trees and the age of the twigs, the remains of the feed of sheep and goats in suitable sediment, it is possible to observe the economic behaviour of plant communities, animals and people. In this way for example an archaeobotanic excavation at the old Bronze Age settlement of Fiáve-Carera in the Italian Alps was carried out (Karg 1998). With the aid of xylotomic analysis it is possible to follow a further series of factors of the natural environment. Their enumeration already exceeds the possibilities and objective of this study.

The following example of analysis describes the composition and character of noteworthy assemblages of wood and charcoal in the environment of the Prague Old Town ditch. It indicates both the mutual connection of xylotomy and dendrochronology, but also the possibilities of the intersection of the answers of both analytical methods to apparently different archaeological and botanical questions.

### ***The analysis of wood and charcoal from archaeological layers: the Old Town moat of medieval Prague***

An archaeological excavation of collectors in Prague in Na Příkopě and Havířská Streets was carried out by Petr Starec in 1998-2000. The results of the archaeobotanical analysis were summarily published in a separate study (Beneš et al. 2002). A representative series of macro-remains of wood and charcoal were obtained through excavation. These finds were sorted out during the analysis of the plant macro-remains. The object of the excavation was mainly the fill of the outlying drainage ditch (Fig. 1), characterized by the alternation of refuse and relatively clean layers, dating roughly from 1230 until the end of the 14<sup>th</sup> century.

The xylotomic analysis of unburnt fragments of wood and anthracological analysis of charcoal was in our case also a suitable supplement to the palynological part of the excavation, mainly in the evaluation of the condition of the forestation or forest clearance of the Prague Basin in the Middle Ages. While, however, in the case of unburnt fragments of wood it is often a matter of a waste product from a craft activity, when the source raw material could have come, as has already been stated, from a significant distance, charcoal can to a certain extent also relict local

conditions. It is however necessary to take into consideration that wooden waste chips from carpentry and other craft activities could also be used as a fuel supplement. Everything that was to hand could have been used as fuel for urban houses, slum fires, settlement activity and around the Old Town ditch and drains. That is to say also local sources.

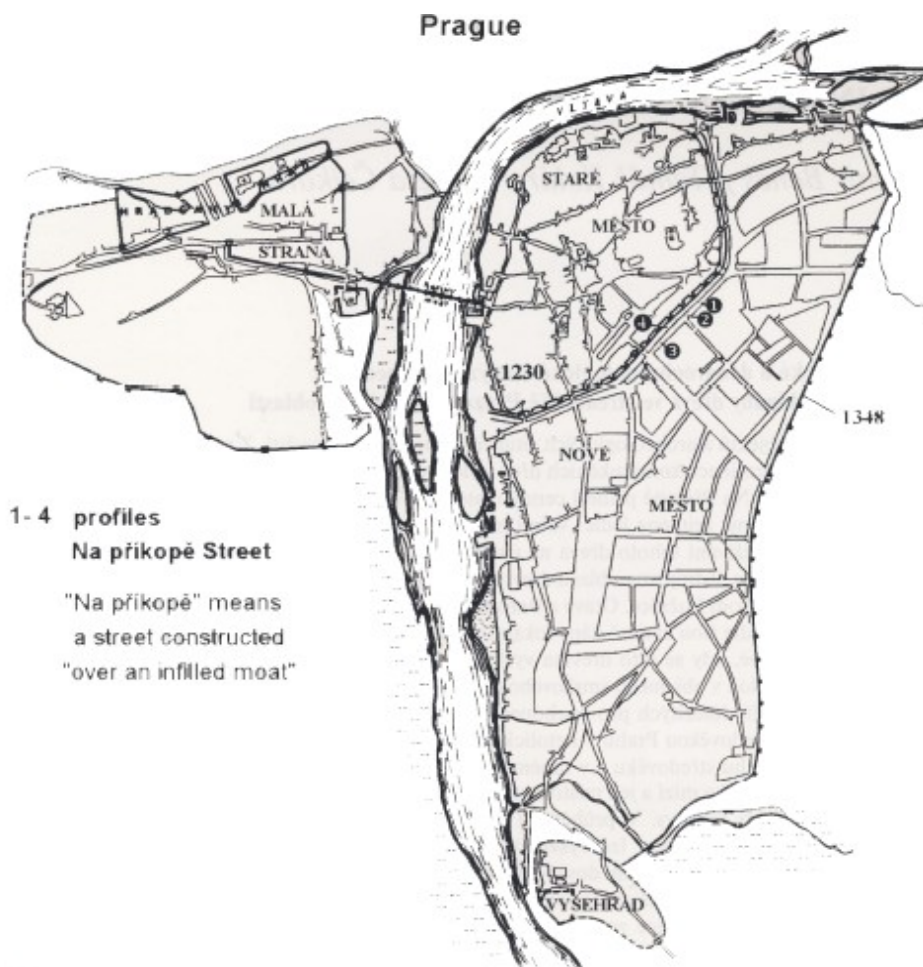


Fig. 1. Map of historical Prague showing the area of archaeobotanical research. / Obr. I. Mapa pražských historických měst s vyznačením areálu archeobotanického výzkumu.

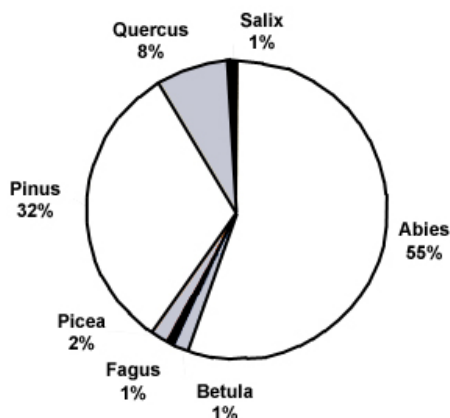


Fig.2. Prague, Na příkopě street, Profiles 1 and 2. Macroremains of fresh wood. / Obr. 2. Praha, Na příkopě, profily 1 a 2. Makrozbytky dřeva.

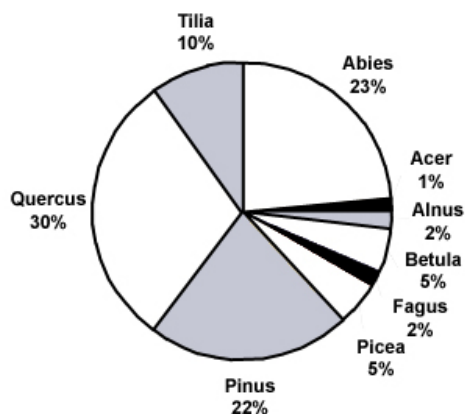


Fig. 3. Pratur, Na příkopě street, Profiles 1 and 2. Macroremains of charcoal. / Obr. 3. Praha, Na příkopě, profily 1 a 2. Uhlíky.

Table 1. Prague, Na příkopě street. Summary of determined wood and charcoal. / Tabulka 1 Praha, Na příkopě. Souhrny počtu určených dřev a uhlíků.

	Dřevo / wood	Uhlíky / charcoal	Celkem / all
<i>Abies</i>	160	35	195
<i>Acer</i>	0	2	2
<i>Alnus</i>	0	3	3
<i>Betula</i>	4	7	11
<i>Fagus</i>	3	3	6
<i>Picea</i>	5	7	12
<i>Pinus</i>	92	33	125
<i>Quercus</i>	22	45	67
<i>Salix</i>	3	0	3
<i>Tilia</i>	0	15	15
	289	150	439

### Unburnt wood macro-remains

The analysis of wood and charcoal was from the excavation of the collectors. The xylotomically determined samples are summarized in table 1 and on the graphs of figs 1 and 2. In total 439 macro-remains of wood and charcoal were positively analysed, of which the majority of 289 fragments were classed as unburnt wood. The remaining 150 determined fragments were charcoal. First of all we will deal with the composition types of unburnt wood. In the observed assemblage from the Old Town ditches mainly fir and pine unambiguously dominated. In total 289 determinable fragments of unburnt wood were analysed. As is evident from the graph in fig. 2, a total of 55% analysed unburnt wood samples

were made up of fragments of **fir** (*Abies alba*). Craftsmens' swarf wood made up a distinct accumulation in the layers in the analysed sections. Although it has not proved possible to ascertain any stratigraphic preferences, even more of this material was to be found in decayed refuse horizons. In profile 2 unburnt fir woods was spatially distributed over practically the whole section, from which we can infer the proximity of craftsmens' sources of fir refuse and the regular deposition of this type of rubbish.

The second most frequently occurring taxon is **pine** (32%) (*Pinus* sp.). In the anthropologically influenced landscape of Central, South and West Bohemia, where we would expect the wood source area of our finds to be, pine woodland occurred frequently, because pine usually fills clearings after the felling of deciduous species. Pine woodland made and still makes up a substantial part of the pine-oak forests in a wide band around Prague. Spruce wood is represented at a very low level amongst the unburnt finds (2%). This reflects the relatively good lower level of use of this species in the area of medieval Prague. Spruce was seldom present in the natural vegetation of the medieval landscape in Central Bohemia (Nožička 1972), but its presence was generally low (Pokorný 2005). Climax spruce forest is situated in particular in mountain areas (Neuhäuslová et al. 2001, Fig. 14). If spruce wood is recorded in an archaeological context in medieval lowland towns, for example in Prague, it is very probably an imported raw material.

**Oak** wood (8%) dominates amongst the unburnt fragments of deciduous species. This wood was a highly sought after raw material in the medieval period of Bohemia. As with the previous species, oak wood was a favoured medieval raw material. In a written source from 1545 oak wood is explicitly mentioned as being used in many areas (Holec 1971, 16). Its source region was the large natural oaklands in Central Bohemia, but in particular South and West Bohemia. A document of Charles IV. from 1366 comments on the water transport of wood from the drainage area of the rivers Lužnice, Otava and Berounka, that is by way of the Vltava (Holec 1971). As they are historically more recent examples in comparison to the archaeological contexts of the Old Prague town ditches, we could assume the same use of oak wood as in later periods. **Willow** (*Salix* sp.) is another recorded deciduous species represented by smaller branches. Willow branches were used in medieval Europe for making baskets (Beneš 1984). In archaeological assemblages from Plzeň willow branches were pulled together as segments of wooden cups (Orna 2001). Beech wood was only recorded in a few cases of fragments, as was birch wood. Both species are commonly used in crafts and households.

Table 2. Prague, Na příkopě street. Comparison of wood evidence from different determination methods. Pollen analysis: P. Pokorný, macro-remains: P. Kočár / R. Kočárová, fresh wood and charcoal: J. Beneš. After Beneš et al.2002. / *Tabulka 2. Praha, Na příkopě. Porovnání dřevin z profilů Na příkopě z jištěných různými typy analýz. Analýza pylu P. Pokorný, analýza rostlinných makrozbytků P. Kočár / R. Kočárová, analýza makrozbytků dřev a uhlíků J. Beneš. Podle Beneš et al. 2002.*

<b>Dřevina/ Wood</b>	<b>Pyl/ Pollen</b>	<b>Makrozbytky/ Macroremains</b>	<b>Xylotomie a Antrakologie/ Xylothomy and Antracology</b>
<i>Abies alba</i> jedle bělokorá	pyl	zlomky jehlic	nespálené dřevo, uhlíky
<i>Acer</i> sp. iavor	pyl		uhlíky
<i>Alnus</i> sp. olše	pyl		uhlíky
<i>Betula</i> sp. bíliza	pyl		nespálené dřevo, uhlíky
<i>Carpinus betulus</i> habr obecný	pyl		
<i>Cerasus avium</i> třešeň ptačí		pecky	
<i>Cornus mas</i> dřín obecný		pecky	
<i>Corylus avellana</i> líska o.	pyl	ořechy	
<i>Euonymus europaeus</i> brslen evropský	pyl		
<i>Fagus sylvatica</i> buk lesní	pyl	nažky	nespálené dřevo, uhlíky
<i>Fraxinus</i> sp. jasan	pyl		
<i>Juglans regia</i> ořešák královský		skořápky	
<i>Juniperus communis</i> jalovec obecn.	pyl (rod)	semena	
<i>Malus domestica</i> jabloň		semena	
<i>Persica vulgaris</i> broskvoň		pecky	
<i>Picea</i> sp. smrk			nespálené dřevo, uhlíky
<i>Picea abies</i> smrk ztepilý	pyl		
<i>Pinus</i> sp. borovice	pyl		nespálené dřevo, uhlíky
<i>Populus</i> sp. topol	pyl		
<i>Prunus domestica</i> švestka domácí		pecky	
<i>Pyrus communis</i> hrušeň obecná		květní lůžko	
<i>Quercus</i> sp. dub	pyl		nespálené dřevo, uhlíky
<i>Rosa</i> sp. růže		nažky	
<i>Salix</i> sp. vrba	pyl		nespálené dřevo
<i>Sambucus ebulus</i> bez chebdí		semena	
<i>Sambucus nigra</i> bez černý	pyl	semena	
<i>Tilia</i> sp. lípa	pyl		uhlíky
<i>Ulmus</i> sp. jilm	pyl		
<i>Viburnum opulus</i> kalina topolová	pyl (typ)		
<i>Vitis vinifera</i> vinná réva		pyl	
<i>Vitis</i> sp. réva	pyl		

## Charcoal

Charcoal analysis indicated a different structure composition of taxons in comparison to the unburnt macro-remains of wood. Altogether 150 charcoal fragments from two profiles were determined. At first sight it would appear to produce a broader spectra of taxons, which represent, as is common in anthracological analysis, the most frequently occurring and usual wood species. The most frequently occurring wood species was **oak** (*Quercus* sp.), which was found in 45 cases (30%). **Fir** charcoal (35 cases, 23%) and **pine** charcoal (33 cases, 22%) were represented almost equally. The higher presence of spruce is interesting (12 cases, 5% - without accumulations in any layer) in contrast with unburnt wood fragments.

The assortment of the remaining deciduous species is relatively large. Some of the species are present in the unburnt material, but some of them are not. **Beech** charcoal (*Fagus sylvatica*), **birch** (*Betula* sp.), **willow** (*Salix* sp.), **ash** (*Acer* sp.) and **alder** (*Alnus* sp.) are represented in a very low number of cases. It is notable, that ash and alder were not present as unburnt wood fragments. This could be explained by the ability of the vigorous ash and alder species to rapidly colonize waterside strands. In the case of the Old Prague town ditches such trees could have been frequently felled and burned. The relatively high occurrence of **lime** charcoal (*Tilia* sp.) is surprising. This wood was (and still is) a traditional wood carving raw material, which quickly decays when subjected to wet conditions. Therefore this species is only represented in charcoal and pollen form (Benes et al. 2002).

Xylotomic analysis documents another situation in comparison with analysis of pollen and seeds made by P. Kočár and P. Pokorný (Tab. 2. cf. in detail Beneš et al. 2002). Analysis of wood inform about treatment with craft material and fuel. Comparing pollen analysis xylotomic data reflect local and regional environment in different way. As it is obvious from Tab. 2 comparison of methods enables to describe if species was surely used by man. In several cases specific taxon was identified by every method, in other cases by one or two methods only. Key species of medieval Bohemia, fir, was identified by every method, namely by wood, pollen and needles, what means the source in near surrounding. Infrequent pollen record and concentration of wood in older layer indicate presence this tree in local environment or cutting and transport this tree together with branches.

It is possible to compare xylotomic analysis with another archaeobotanical unit, which has been recorded in area of Old Prague town. Very interesting collection was documented from Main Square of Old town 606/I (Kinsky palace), excavated by L. Hrdlička in seventies during salvage excavation of town basement from 13<sup>th</sup> Century. (Hrdlička 1977, Pavlů / Hrdlička 1998). In unit (Opravitel 1986) rest of wood and wooden craft production quite

prevailing. Number of xylotomic determination is 603. In assemblage pine dominates **pine** (*Pinus sylvestris* - 345 cases, 57,7%), following by **fir** (*Abies alba* - 94 cases, 15,6%), **oak** (*Quercus* sp. - 83 cases, 13,8%). **Spruce** wood (*Picea abies*) is presented in 35 cases only 5,8%. Other wood species represent **maple** (*Acer* sp. - 3 fragments, 0,5%), **birch** (*Betula* sp. - 1 fragment, 0,2%), **hazel** (*Corylus avellana* - 14 fragments, 2,3%), **beech** (*Fagus sylvatica* - 10 cases, 1,7%), **ash** (*Fraxinus excelsior* - 3 fragments, 0,5%), **poplar** (*Populus* sp. - 11 fragment, 1,8%) and finally **willow** (*Salix* sp. - 1 fragment 0,2%). Structure of wood from Main Square is very similar from Old Prague town ditches, only some dominating taxons are different.

In comparison of main species from Old town Main Square 606/I is obvious that coniferous species prevailing and spruce wood is very low represented. Differences amongst unburnt pine and fir fragments are done by local reasons, maybe by craft activities. Evidence of spruce wood reflects general ecological conditions in historical Bohemia, where this species was common in higher elevations. However this species is recorded in suitable specific lowland environments, as it is grown by written sources (Nožička 1972). It could be reflected in lower amount of spruce, which was transported to historical Prague by river way.

### **Dendrochronology and archaeology**

Dendrochronology belongs to the interdisciplinary methods that can be used in many scientific disciplines, e.g. ecology, archaeobotany, climatology, etc. (Cook / Kairiukstis 1990). The most common utilization of dendrochronology in historical and archaeological disciplines is dating wood samples; the cross-dating method allows the identification of the exact year in which each tree ring of the investigated sample was formed. A lesser known application of dendrochronology is the observation of changes in timber species composition over a long period of time (Škabrada / Kyncl 2004). For successful dendrochronological dating it is necessary to determine the botanical species of the wood - that is why it is possible to make use of dendrochronological samples in the same way as the above-mentioned anthracological and xylotomical sets. It is always necessary to bear in mind the fact that the most common type of investigated sample is constructional timber, which was always selected with specific requirements in mind. Another use of dendrochronology is the attempt to locate the source area of the employed timber. This type of research is made possible due to differences among standard regional chronologies that are caused by the diversity in climatic conditions in different regions. The most well-known research of this type is the localisation of oak wood that was used for painting panels in the Netherlands and Britain (e.g.: Baillie et al. 1985).



The ring-width is influenced by many factors (Schweingruber 1996). The most important factor for dendrochronological dating is the climatic signal. All the other signals are considered to be a noise and should be separated from the dates (Baillie 1995). All trees of one species in the same climatic area record at least some aspects of common growth conditions that make it possible to synchronize several chronologies and to calculate their averages. Individual features in the growth of several trees are mostly diminished in these averages and climate becomes the most important factor that influenced the ring-widths sequence. This allows the synchronization of ring-width series from the same time periods (Baillie 1995).

Sample chronologies are a series of measured tree ring-widths from each sample. An average of the ring-widths from a series of samples from a particular locality with very similar ring-width patterns is referred to as a site chronology. In the end – master chronologies are a combination of many ring-width series from several localities and time periods (Fritts 1916, Baillie 1982, 1995, Schweingruber 1996). The comparison of tree-ring series and the search for synchronous positions are as a rule called cross-dating. Thanks to this method, the identification of the exact year in which each tree ring was formed is possible and, if the bark ring (the last formed ring) is present, the year, when the tree was cut down, can be ascertained.

### ***Detecting human influenced changes over a long time period: an example from southern Bohemia - the Šumava Foothills***

The region of the Šumava Mountains and Bavarian forest belongs to the largest woodland areas in central Europe. However dendrochronological studies have only been carried out here in the last few years (Dittmar / Elling 1999: Wilson / Hopfmüller 2001; Tichý / Svoboda 2003, Čejková 2004). Dendrochronology can nevertheless generate a lot of important data for understanding the influences of humans on the development of the natural conditions in the Šumava Mountains. This technique has so far mostly been developed through palynological research (Rybničková / Rybniček 1974, Svobodová et al. 2001).

Other data have been gathered using macro-remains and xylotomical analysis (Suchá / Kočár 1996; Beneš /Kočár 2000). Forest management data is a very important source of information about forest development in the last few centuries because the Šumava Mountains was one of the first regions in Europe, where forest research and a systematic register of forest stands were developed. For these reasons the Laboratory of Archaeobotany and Palaeoecology uses research focused on the Šumava Foothills as its starting point. The history of this region permits the combination of environmental, historical and archaeological research into a single logical complex.

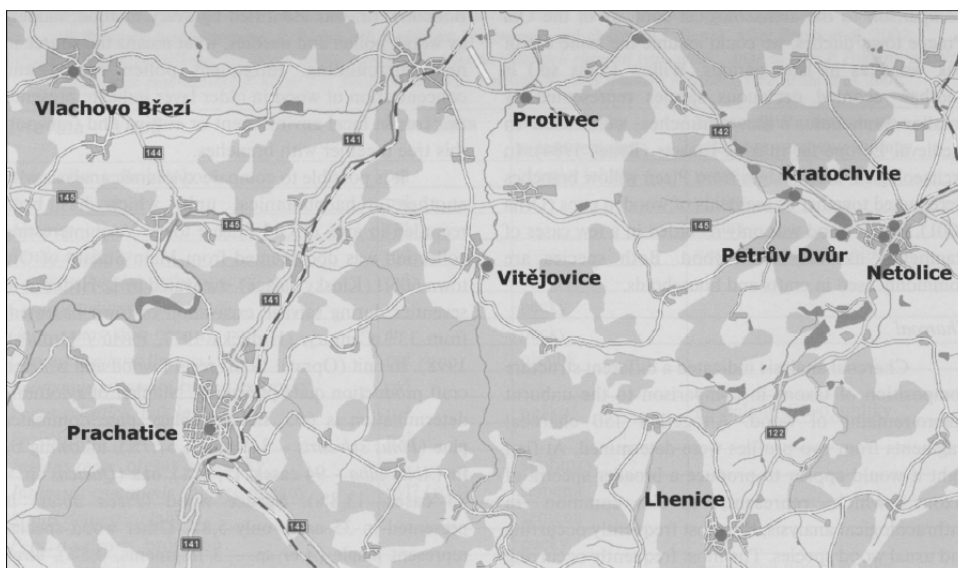


Fig. 4. The Netolicko region in South Bohemia - Map of sites with dendrochronological samples. / Obr. 4. Netolická oblast, jižní Čechy - Mapa lokalit, v nichž byly provedeny odběry dendrochronologických zorků.

Dendrochronological analysis has focused on two areas - the broad surrounding areas of Netolice and Vimperk towns. The acquired results show significant differences between the potential of dendrochronology for the dating of historical and archaeological objects from each area. The dendrochronological dating of objects from high elevations in the Šumava Mountains has not yet been carried out. Significant results have so far been produced for the Netolice area in particular. This area also includes the outskirts of Prachatice and Vlachovo Březí towns. Most of the selected area occurs at elevations of 400 to 700 m a.s.l. All four basic tree species that are used in central Europe have been found in historical timber in the Netolice area - Norwegian **spruce** (*Picea abies*), silver **fir** (*Abies alba*), Scots **pine** (*Pinus sylvestris*) and **oak** (*Quercus* sp.). Most of the samples could be successfully dated (about 80%). The results for the dating of spruce and fir samples were especially reliable, which corresponds with the fact that standard chronologies for the Czech Republic have above all been created from constructions situated at altitudes of up to 800 m a. s. l. (Kyncl, unpubl. data). It was also possible to date oak samples with the standard oak chronology for the ČR (dub-ČR-07; Kyncl). The biggest problem was with the dating of the pine samples, which usually had a high mutual correlation coefficient but a relatively low correlation with standard chronologies. The explanation for this fact is probably that the pine standards have a relatively closed local character (Parn 2003) due to pine growth on localities with very different environmental conditions (Skalický 1988).

The not very large quantity of sampled and dated material rules out the forming of definitive conclusions. Nonetheless data from the Netolice area points to certain trends in the composition of wood types used for building. The main woods used in wooden construction work during the Middle Ages and early modern period were spruce and fir (for this period however we do not have enough available data). This situation changes at the turn of the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries when fir practically disappears from construction and its place is taken by pine, which was the predominantly used wood at that time. This fact is mainly of interest during comparison with the České Budějovice Basin. The main wood in building material in the area around České Budějovice is pine, fir appears rather sporadically.

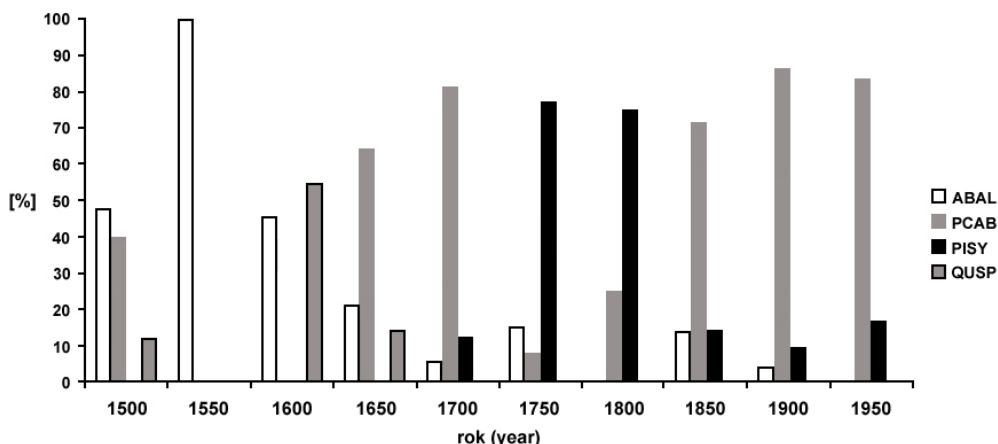


Fig. 5. The Netolice region - changes in species composition of timber used for constructions of historic buildings; ABAL - *Abies alba*, PCAB - *Picea abies*, PISY - *Pinus sylvestris*, QUSP - *Quercus* sp. / Obr. 5. Netolická oblast - změna druhového složení materiálu použitého na konstrukce staveb; A BAL - *Abies alba*, PCAB - *Picea abies*, PISY - *Pinus sylvestris*, QUSP - *Quercus* sp.

Pine components also predominate in the Middle Ages in the material that was floated from South Bohemia along the Vltava and used for building in Prague. From the end of the Middle Ages is on the other hand fir and spruce material was used (Škabrada et Kyncl 2004). The situation was completely the other way round than in the Netolice region. The authors of the above-mentioned study outline a possible explanation as a change in the area from which the wood came from. Bearing in mind the fact that there is no evidence of a significant change of regions from which wood was procured in the archive records until the second half of the 17<sup>th</sup> century we must conclude that the process of changes in the composition types took place within the boundaries of the same region. Hypothetically it could then be a matter of a gradual redeployment of exploitation to higher levels above sea level and a distancing of the localities from the navigable rivers (mainly the Vltava, Lužnice, Otava and Berounka), where spruce and fir often occur.



Fig. 6. Praha Karlovo náměstí square, Wood magazine. From the Sadeler's prospect (1606) / Obr. 6. Praha, Karlovo náměstí, sklad dřeva. Vyřez z tzv. Sadelerova prospektu (1606) ilustruje význam voroplavy pro zásobování dřevem.

In the Netolice area the situation is however the other way round and therefore it is necessary to find another explanation for it. A certain lead could be a change in the composition of the wood in the foothills of the Šumava (Bohemian Forest), which Málek (Málek 1979) has derived from archival sources. In the course of the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> centuries a reduction of fir and a marked increase in the representation of pine in the woodland vegetation could have come about. Málek lists the excessive use of the woods for pasture, raking litter and the exploitation of firewood as probable reasons. However although fir is a pasture supporting wood (Málek 1983; Pokorný 2002), if the influence of the pasture is too great a further negative influence on the woodland communities can result and it is replaced at lower altitudes by pine and at higher ones by spruce (Málek 1979). A palynological study also indicates a similar development (Rybníčková 1973). However it lacks dated changes for the spectrum of types of pollen grain with the help of precise methods (for example the AMS radiocarbon method). In the course of the 19<sup>th</sup> century the quantity of used spruce material increases and on the other hand the proportion of pine declines. This circumstance can be explained by the appearance of new woodland methods and the cultivation of spruce monocultures from the turn of the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> centuries, although pine forms a significant component of the woodland vegetation found at that time in the Netolice area (Málek 1979).

## Conclusion

Based on a simple comparison of the attained results of the analysis of the unburnt wood from the 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> centuries from Prague archaeological sites and dendrochronological data from more recent periods in South Bohemia we discover that both methods are capable of picking up the range of wood. Although the composition of wood types in the case of the archaeological material is overburdened with the local preferences of the craftsmen and other consumers, it still, however, reflects to a certain extent the vegetational ecological possibilities of the source region that is also of South Bohemia. On the other hand we can also make out long-term trends in South Bohemia as an example of a change in the range of wood used for constructional purposes. This reflects a local change in the composition types of the tree floor vegetation and with it also its potential transport to the capital city. Although the changes in use of the most accessible Central European wood on the axis Prague - South (west) Bohemia are still only implied, it is evident that the connection of xylotomic analysis from archeological sites and dendrochronological data from historic constructions and the living countryside is possible and brings useful results.

## Notes

The length of this contribution prevents us from paying more attention to anthroecology, which works with charcoal - a very frequently occurring ecofact. This analysis will be dealt with in a separate contribution.

## Bibliography

- Babinski, L. ed. 1999 Drewno archeologiczne. Badania i konserwacja - Archaeological Research and conservation. Symposium Biskupin - Wenecja, 22-24. Biskupin.
- Baillie, M. G. L. 1982 Tree-Ring Dating and Archaeology. Croom Helm Ltd., London.
- Baillie, M. G. L. 1995 A Slice through Time. B. T. Batsford Ltd., London.
- Baillie, M. G. L. / Hillam, J. / Briffa, K. / Brown, D. M. 1985 Re-dating the English art-historical tree-ring chronologie. Nature 315, 317-319.
- Beneš. J. 1984 Produkce a význam dřevěných předmětů neolitu do konce doby bronzové ve střední Evropě. Praha (UK) (nepubl. dipl. práce).
- Beneš. J. 1989 Reprezentativnost mobilní části archeologických kultur ve srovnání s etnografickými prameny - Representativity of the mobile components of archaeological cultures in comparison with ethnographic sources, Archeologické rozhledy 41, 629-649.
- Beneš. J. 1995 Les a bezlesí. Vývoj synantropizace české části Šumavy - Wald und abgerodete Landschaft. Die Entwicklung der synanthropischen Prozesse in Böhmischem Teil des Böhmerwaldes, Zlatá stezka 3, 11 -33.
- Beneš. J. 1996 Archeologický a archeobotanický výzkum pozdně stredověkého vodovodního díla z Prachatic - Archäologische und archeobotanische Erforschung des spätmittelalterlichen Wasserleitungswerkes in Prachatitz. Zlatá stezka 3. 158- 181.
- Beneš. J. 2002a Xylotomické určení dřevěných předmětů z archeologického výzkumu v Chebu, Dominikánské ulici - Xylotomische Bestimmung der Holzgegenstände aus der Archäologischen Ausgrabung in der Egerer Dominikanergasse (Cheb 2000) Sborník Chebského muzea 2001.51-56.

- Beneš, J. 2002b Analýza uhlíků z archeologického výzkumu středověké Prahy, Týnský dvůr (čp. 636-7) – Charcoal analysis from the archaeological excavation of the Týnský dvůr (house no. 636-1) medieval site in Pratur (nepublikovaný rukopis).
- Beneš, J. 2003 Dřevěné předměty a makrozbytky ze středověké jímky z Provaznické ulice (Cheb 2002) – Holzgegenstände und Makroreste aus der mittelalterlichen Abfallgrube in der Bindergasse (Eger 2002), Sborník Chebského muzea 2002, 39- 44.
- Beneš, J. / Kaštovský J. / Kočárová, R. Kočár, P. I Kubečková, K. I Pokorný, P. / Starec, P. 2002 Archaeobotany of the Old Prague Town defence system, Czech Republic: archaeology, macroremains, pollen, and diatoms, *Vegetation history and Archaeobotany* 1,1 07-119.
- Beneš, J. / Kočár, P. 2000 Novověké obilnářství vsi Lažiště (okr. Prachatice) v Pošumaví na základě archeobotanické makrozbytkové analýzy. Archeologické výzkumy v jižních Čechách, Jihočeské muzeum v Českých Budějovicích 13. 185-196.
- Capelle, T. 1976 Holzgefäße vom Neolithikum bis zum späten Mittelalter. Hildesheim.
- Cook, E. R. / Kairiukstis, L. 1990 *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Čejková A. 2004 Dendrochronologická analýza *Picea abies* (L.) Karsten na transektu nadmořské výšky ze Šumavy a Šumavského podhůří. Magisterská práce, depon. in: Biologická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice, Česká republika.
- Dittmar, C. / Elling, W. 1999 Jahrringbreite von Fichte und Buche in Abhängigkeit von Witterung und Höhenlage. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 118. 251-270.
- Florian, E. 1988 Scope and history of archeological wood In: Rowell R.M., Barbour R. J. [eds]: *Archeological wood*, pp. 3-35. Los Angeles.
- Fritts, H. C. 1976 *Tree rings and climate*. Academic Press, London.
- Hajnalová E. 1993a Bruchstücke Petrifizierter und verkohlter Pflanzenreste in den Gräbern von Komárno-Schiffswerft, *Slovenská archeológia* 41, 347-352.
- Holec, F. 1971. Obchod s dřívím v Praze ve 14.- 17. století- Der Holzhandel in Prag im 14.- 17. Jahrhundert. *Pražský sborník historický* 6 , 5-100
- Hrdlička, L. 1977 Předběžné výsledky výzkumu v páláci Kinských v Praze 1 na Starém Městě - Vorbericht über die Ausgrabung im Kinskypalais in Prag 1 - Altstadt, in: *Středověká archeologie a studium počátků měst. Praha (Archeologický ústav ČSAV).*, 199-215.
- Jacomet, S/Kreuz, S. 1999 *Archäobotanik. Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations-und agrargeschichtlicher Forschung*. Stuttgart (Ulmer).
- Kočár, P. / Korenný, R. / Mihályiová, J. 2001 Archeobotanické nálezy ze Sedlčan, okr. Příbram. Výzkumy z let 1997 - 1998 – Archaeobotanical finds from Sedlčany (Příbram district). Excavations in 1997-1998, *Archeologie ve středních Čechách* 5 - 2001.739-754.
- Lang, G. 1994 *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse*. Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, 462s.
- Málek, J. 1979 K otázce vlivu pastvy v pravěku na složení lesů v podhůří Šumavy. *Preslia* 51, 255-270.
- Málek, J. 1983 Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. (The problem of the silver fir ecology and its decline.) *Studie Československé Akademie Věd* 11, Academia Praha.
- Neuháuslová. Z. et. al. 2001 *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Map of Potential Natural Vegetation of the Czech Republic*. Praha (Academia).
- Nožička, J. 1972 Původní výskyt smrku v českých zemích. Praha (SZN, Lesnické aktuality 21).
- Opravil, E. 1986 Rostlinné makrozbytky z historického jádra Prahy - Pflanzliche Makroreste aus dem historischen Stadtkern von Prag, *Archaeologica Pragensia* 7, 237-271.

- Parn, H. 2003 A boreal-temperate transect in Europe: History of pine stands reconstructed from the radial growth of trees. *Polish Journal of Ecology* 51(4), 413-420.
- Pavů, I. / Hrdlička, L. 1998 Palác Kinských v Praze. Keramika 12. a 13. století ze středověkého městiště – Palast Kinsky in Prag - Keramik des 12. und 13. Jh aus einem mittelalterlichen Grundstück. *Præhistorica* 23. 145-212.
- Pokorný, P. 2002 Palaeogeography of forest trees in the Czech Republic around 2000 BP: Methodical approach and selected results. *Preslia* 74, 235-246.
- Pokorný, P. 2004 Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia, *Preslia* 77, 113-128.
- Pokorný, P. 2005 Postglacial vegetation distribution in the Czech Republic and its relationship to settlement zones: Review from off-site pollen data. In: M. Gojda (ed.), *Sídlní prostor pravěkých Čech*. Praha.
- Rybníčková, K. 1973 Pollenanalytische Unterlagen für die Rekonstruktion der ursprünglichen Wald vegetation im mittleren Teil des Otava - Böhmerwaldvorgebirges. *Folia geobotanica et Phytotaxonomica* 8, 117 -142.
- Rybníčková, K. et Rybníček, E. 1974. The origin and development of waterlogged meadows in the central part of the Šumava foothills. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 9, 45-70.
- Schoch, W. / Heller, I. / Schweingruber, F.H. / Kienast, F. 2004. Wood anatomy of central European Species. Online version: [www.woodanatomy.ch](http://www.woodanatomy.ch)
- Schweingruber, F. H. 1978 Microscopic wood anatomy. Birmensdorf (Swiss Federal Institute of Forestry Research).
- Schweingruber, F. H. 1996 Tree rings and environment dendroecology. Birmensdorf (Swiss federal institute for forest, snow and landscape research).
- Skalický, V. 1988 *Pinus sylvestris* L. - borovice lesní. In: Hejný, S. et Slavík, B. [eds]: *Květena ČR* 1,2. vydání, Academia, Praha, 312-317.
- Suchá, R. / Kočár, P. 1996. Výsledky archeobotanická makrozbytkové analýzy středověkého vodovodu v Prachaticích. *Zlatá stezka, Sborník Prachatického muzea* 3, 189-203.
- Svobodová, H. / Reille, M. / Goeury, C. 2001 Past Vegetation of Vltavský luh, upper Vltava river valley in Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History and Archaeobotany* 10, 185-199.
- Škabrada, J. / Kyncl, T. 2004. Datování gotických krovů na Starém městě v Praze. *Sborník referátů z konference Dějiny staveb 2003, Plzeň*, pp. 198-223.
- Thiebault, S. 2002 (ed.) *Charcoal Analysis: Methodological Approaches, Palaeoecological Results and Wood Uses Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology*, Paris, September 2000. *British Archaeological Reports* 1063.
- Wilson, R. J. S. / Hopfmüller, M. 2001 Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevation transect in the Bavarian Forest, Germany. *Dendrochronologia* 19 (1), 67-79.

## Chapter III



## Conclusions



This dissertation demonstrated successful application of methods of dendrochronology on various ecological and historical aspects concerning forest communities, human management practices, and historical utilization of wood. Selected autochthonous woody species used for the studies represented all morphological types of trees from dendrochronological point of view, i.e. conifers (*Picea abies*, *Abies alba*, *Pinus sylvestris*) – Paper I, II, VII, VIII; broadleaf diffuse porous trees (*Alnus glutinosa*) – Paper III; broadleaf ring porous trees (*Quercus* sp.) – Paper IV-VI. Wooden samples originated from diverse historical and contemporary material requiring different techniques of preparation for measurement, i.e. increment cores from living trees and wooden constructions, discs from historical timber and wet wood from archeological excavations. Tree ring increments are site and species specific and markedly varied along environmental gradients. This dissertation revealed growth responses of trees in various types of forest vegetation represented by spruce forests (mostly silvicultures), alder carr and alluvial forests with pedunculate oak. The radial increment pattern of trees served as an indirect indicator of environmental changes and human impact on forest ecosystems.

Exceptional growth events (extremely narrow or wide tree rings) in the tree ring increment of *Picea abies* defined specific pattern of radial growth response to altitudinal gradient in the Šumava Mountains (Paper I, II). The common growth reaction to extreme environmental conditions, e.g. summer drought at low and wet cold summer at high elevation, was obvious inside particular elevation zones, especially for the highest and the lowest part of the altitudinal gradient. This is an essential precondition for the development of altitudinal master chronologies of the region (Paper I, II), which were established and successfully used for cross dating of historical construction in the region (e.g. Paper VI and other historical objects, information is available online at <http://www.dendrochronologie.cz/databaze>). The cross dating in higher altitudinal zones of the Czech mountains is problematic due to the lack of appropriate historical wooden material. Detailed understanding of the extreme tree ring pattern along the altitudinal and geographical scale provides the additional indicators of dendrochronological dating and dendro-provenancing.

Combination of different methods, i.e. historical maps, aerial photographs and dendrochronology, provided complex information for investigation of the development and growth limitation of *Alnus glutinosa* dominated forests at waterlogged sites (Paper III). Application of site chronologies of *Alnus glutinosa* for the evaluation of forest communities' dynamics has been relatively a marginal subject of interest of dendrochronologists so far. Alder has worse resolution of tree ring boundary, exhibits more inconsistency in radial growth and has less capability of cross dating tree

ring series than conifer or ring porous trees. The herein established alder chronologies had a high statistical quality comparable with other chronologies of broad-leaf trees from the temperate zone of Europe. They were demonstrated to be sufficiently sensitive to reflect the signal of exogenous factors. The site chronology of *Alnus glutinosa* was strictly site specific in the same region (South Bohemia, near České Budějovice and Třeboň) in comparison with the chronologies of *Picea abies* from the Šumava Mountains and foothills. Climate was not proved a key unifying factor of alder growth. Alders reflected mainly local environmental factors, namely water conditions. Evident reaction was presented after silt removal and reconstruction of a dam on an adjacent fishpond and a regular maintenance of drainage channels. Weak and temporally unstable relationship between radial reactions to climate is apparently caused by changeable water regime which may also have modified growth responses to climatic variables over time. The increase in waterlogging probably unified the growth response of *Alnus glutinosa* to the climate among the sites (Paper III).

On the contrary, spring and summer temperatures seemed to be the driving factor for the radial growth of *Quercus robur* in alluvial forest in Eastern Bohemia (Paper IV). The growth of trees decreased with low temperature during the growing season together with average underground water level and the period of maximum artesian water pumping was expressed as higher tree ring increments. This indirect relationship between tree growth and fluctuation of underground water level confirmed the pivotal role of water regime in wetlands and suggested that dendrochronological data may be useful in historical groundwater modeling studies. These results are crucial for conflict of interests between nature preservation of endangered vegetation in the Zbytka nature reserve and supply of potable water in Hradec Králové region. The application of tree-ring analyses together with hydrological and vegetation records can help to specify and regulate the intensity of pumping of artesian water for the better management of groundwater resources and the sustainability of the habitat. Keeping a balance between economical activities and natural ecosystems is one of the most complicated problems of social development (Paper IV).

Xylotomic analyses together with dendrochronological dating provided information about long-term trends in the assortment of wooden species used for constructions. This reflected a local change in the species composition of the forest and declared that the local craftsmen used available wooden material without species preferences in the region of the Šumava Mountains and the foothills (Paper VII). Results of xylotomic analyses from archeological sites, dendrochronological data from historic constructions and an ecological potential of environment supplemented a conception of past forest vegetation surroundings study objects. It also

extended the knowledge of provenience of timber and fuel wood excavated in medieval Prague. Reconstruction of past forest composition and human wood utilization needs huge amounts of interdisciplinary data and an additional research is necessary (Paper VII, VIII).

Possibilities of dendrochronological dating of archeological and historical timber are also limited by amount of fine wooden material with adequate length of the tree ring series incorporated in master chronology (Paper VI, VII). Thus, the unique evidence of a wooden well from rescue excavation in Dražkovice has demonstrated the necessity of dynamic evolvement of oak master chronologies for the Czech Republic. The cross dating of the well was complicated and unsuccessful due to deficiency of oak master chronologies for the Czech Republic for the oldest period (Paper VIII).

Perspectives for subsequent dendrochronological research are dendroclimatic reconstructions in Southern Bohemia and the Šumava Mountains, where is established a network of tree-ring chronologies of various tree species. Existing chronologies should be extended and completed by overlapping of already gained and new chronologies from the historical and archeological material with recent regional chronologies. This may enable, besides the increase of successful applications of tree-ring dating, to put the regional data into a broader central European context, comparing them with others, and thus improve interpretation of the regional data about past climate, environment, forest management and structure. The next studies about forest wetlands should be oriented to a comparison of the pattern of growth reaction to climate and underground water level fluctuations in various parts of the Czech Republic and Central Europe. This may help to reconstruct past changes in the forests dynamics accompanying changes in local site conditions and climatological pulses. Direct measurements of water level would provide deeper knowledge about growth limitation by hydrological conditions. We propose to build a model to identify important environmental factors affecting ecosystem's function and to use it for prediction of changes in the forest functioning and structure under different scenarios of changes in environmental conditions.



© for non-published parts Alžběta Čejková

cejkova@gmail.com

Dendrochronology of representative autochthonous tree species on environmental and temporal gradients

Ph.D. Thesis Series, 2012, No. 4

All rights reserved  
For non-commercial use only

Printed in the Czech Republic by Vlastimil Johanus  
Edition of 20 copies

University of South Bohemia in České Budějovice  
Faculty of Science  
Branišovská 31  
CZ-37005 České Budějovice, Czech Republic

Phone: +420 387 772 244  
www.prf.jcu.cz, e-mail: sekret@prf.jcu.cz