

Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích



**Dendrochronologická analýza *Picea abies* na
transektu nadmořské výšky ze Šumavy
a Šumavského podhůří**

**Magisterská práce
2004**

Alžběta Čejková

vedoucí práce: Ing. Tomáš Kyncl

fakultní garant: PhDr. Jaromír Beneš

ČEJKOVÁ, A. (2004): Dendrochronologická analýza *Picea abies* na transektu nadmořské výšky ze Šumavy a Šumavského podhůří [Dendrochronological investigation of *Picea abies* along an elevational transect in the Šumava Mountains and Šumava foothills. Mgr. Thesis, in Czech]. – 76pp. Suppl., Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

The investigation deals with the differences in response of Norway spruce (*Picea abies*) to the climate and elevation in the Šumava Mountains and Šumava foothills regions. Thirteen Norway spruce chronologies, two temperature series and two mean precipitation series were used for analysis. Principal component analysis, correlation matrices and hierarchical cluster analysis identify three elevation zones for spruce chronology in the region (Low < 698 m; Intermediate 835 – 946 m, High > 979 m a. s. l.). Correlation analysis using monthly climate data indicates that the moisture availability is a dominant factor positively affecting growth at low and negatively at high elevations. The previous late summer has negative effect on tree growth in whole region from 1960s.

Tato práce byla podpořena grantem FRVŠ 1849 / 2003.

Prohlašuji, že jsem tuto magisterskou práci vypracovala sama, pouze s použitím citované literatury.

České Budějovice 28. 4. 2004


Alžběta Čejková

Děkuji:

- svému školiteli Ing. Tomáši Kynclovi za poskytnutí zajímavého tématu a rady.
- PhDr. Jaromíru Benešovi za všestrannou podporu v rámci Laboratoře archeobotaniky a paleoekologie.
- Hydrometeorologickému ústavu v Českých Budějovicích, jmenovitě paní RNDr. Svatavě Křivancové za poskytnutá klimatická data.
- Lesní zprávě ve Vodňanech a Lesnímu závodu Boubín ve Vimperku za poskytnutí podkladů k vytipování jednotlivých odebíraných porostů.
- Národnímu parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava za povolení k dendrochronologickým vývrtům, Mgr. Mánkovi za vybrání vhodných porostů k odběrům.
- všem soukromým vlastníkům lesa – nedobrovolným dárcům, v těch případech kdy došlo k nedopatření a odběry byly učiněny na jejich majetku, omlouvám se.
- Mgr. Pavle Štěpánkové, PhD. za objasnění problematiky zpracování klimatických dat a poskytnutí disertační práce.
- Mgr. Marcele Mácové za poskytnutí tabulky pro výpočet významných let.
- Tomášovi Kolářovi za spolupráci v laboratoři a značnou pomoc v terénu.
- Elišce Zapomělové za značnou pomoc v terénu.
- Táně Jakšičové za určení mechorostů.
- všem opravovatelům textů: Liboru Ekrtovi, Ester Hofhanzlové, Elišce Zapomělové, Jitce Šafránkové a Katce Mikolášové.
- rodičům.
- mnoha dalším.
- knihám.

1 Úvod	1
1.1 Úvod do problematiky	1
1.2 Dendrochronologické studie na ekologických gradientech	2
1.3 Cíle práce	4
1.4 Ekologie a cenologie <i>Picea abies</i>	4
2 Materiál a metody	6
2.1 Výběr a charakteristika lokalit	6
2.2 Odběr vzorků	7
2.3 Zpracování a měření vzorků	7
2.4 Zpracování a analýza dendrochronologických dat	7
2.5 Zpracování klimatických dat.....	9
2.6 Statistické zpracování	11
2.7 Nomenklatura	13
3 Výsledky	14
3.1 Charakteristika stanovištních chronologií na výškovém gradientu.....	14
3.2 Srovnání stanovištních chronologií na výškovém gradientu.....	17
3.3 Sestavení lokálních chronologií	20
3.4 Růstové trendy a analýza významných let.....	20
3.5 Růstová anomálie v roce 1912	26
3.6 Dendroklimatologická analýza na výškovém gradientu	26
4 Diskuse	30
4.1 Charakteristika stanovištních chronologií na výškovém gradientu.....	30
4.2 Srovnání stanovištních chronologií na výškovém gradientu.....	31
4.3 Růstové trendy a analýza významných let.....	32
4.4 Významné roky.....	33
4.5 Růstová anomálie v roce 1912	35
4.6 Dendroklimatologická analýza na výškovém gradientu	36
5 Závěr	40
6 Literatura	42
7 Seznam příloh	49
Příloha I.....	50
Příloha II.....	53
Příloha III.....	59
Příloha IV	68
Příloha V	71

1. Úvod

1.1 Úvod do problematiky

Každá rostlina podává svědectví o své minulosti a okolním prostředí skrze svou strukturu buněk, pletiv a orgánů, na základě jejich fyziologického stavu a vzájemných prostorových vztahů (WIMMER 2002). Příkladem mohou být informace obsažené v letokruhových řadách stromů, které jsou velmi cenným zdrojem poznatků pro studium změn prostředí a jeho vlivu na růst stromů (DRÁPELA et ZACH 1995, SPIECKER 2002).

Letokruh vzniká aktivitou kambia, která je regulována souhrou dvou základních činitelů – genetických faktorů a podmínek prostředí (TELEWSKI et LYNCH 1991). 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 zauímají klimatické podmínky (FRITTS 1976, BRÁZDIL et al. 1997). Dále je růst stromů samozřejmě ovlivněn dalšími faktory, např. množstvím světla, dostupností živin, propustností substrátu, půdní vlhkostí a teplotou, antropickým znečištěním ovzduší a půdy apod. (TRANQUILLINI 1979, SCHWEINGRUBER 1996). Všechny tyto faktory je nutno brát v úvahu při objasňování růstové odezvy stromů na okolní prostředí.

Samotný letokruh je tedy agregací několika signálů. Výstižným popisem signálů, jež se podílejí na ovlivnění ročního přírůstu, je lineární model navržený Cookem (COOK 1990). Tento model zahrnuje pět nejčastějších signálů vyskytujících se v jakékoli letokruhové řadě. Prvním signálem z pěti hlavních je věkový trend související se změnami tloušťkového přírůstu v závislosti na stáří stromu. Druhým je souhrnný vliv klimatu zahrnující všechny klimaticky podmíněné faktory prostředí. Třetím signálem je souhrn endogenních vlivů, jimiž mohou být pouze lokální faktory působící na konkrétní jedince (např. kompetice). Tyto první tři signály jsou vždy stálou součástí každého letokruhu. Dva další (exogenní vlivy a náhodná odchylka) se teoreticky nemusí vyskytovat ve všech případech, ale součástí reálných chronologií jsou též, i když v nerovnocenné míře. Exogenní vlivy představují charakteristickou reakci stromů na určitý vliv působící v rámci oblasti, např. kalamity. Náhodná odchylka zahrnuje nevysvětlenou část celkového rozptylu hodnot letokruhové řady.

Letokruhová řada tedy v sobě nese informaci o vlivech několika signálů, z nichž právě klimatický signál je považován za jeden z hlavních řídicích faktorů společný pro růst stromů v určité oblasti (např. FRITTS 1976, COOK 1990). 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).

Vzájemně propojené vztahy mezi přírůstem, ročními klimatickými podmínkami a charakteristikami stanoviště jsou velmi spleťté, limitující faktory pro růst stromů se mohou v některých případech měnit z roku na rok (KIENAST et al. 1987). Z těchto důvodů

je zásadní identifikace hlavních klimatických faktorů, které mají nejdůležitější vliv na růst stromů (FRITTS 1976). Každý region má specifické makroklimatické podmínky, jež jsou hlavním řídicím signálem pro růst stromů v dané oblasti. Zároveň však uvnitř regionu existuje jejich určitá rozmanitost, na konkrétním stanovišti se projeví spíše klimatické podmínky modifikované morfologií terénu, nadmořskou výškou, expozicí apod. Růstová reakce na klimatické podmínky se tedy u dřevin rostoucích na odlišných stanovištích v rámci jednoho území může lišit. Právě tato reakce, modifikovaná stanovištěm, je jedním z předmětů studia dendrochronologie (SCHWEINGRUBER 1996).

1.2 Dendrochronologické studie na ekologických gradientech

Výzkumem reakce stromů podél rozličných ekologických nebo výškových gradientů se zabývá řada dendrochronologických studií. Největší pozornost je tradičně věnována analýze přírůstu stromů rostoucích v extrémních podmínkách prostředí, protože na těchto stanovištích je relativně homogenní klimatický signál v přírůstech stromů, čitelnější. (FRITTS 1976, SHIYATOV et al. 1996, SHWEINGRUBER 1996).

Jednou z prvních studií zabývajících se výzkumem růstu stromů podél ekologických gradientů byla práce Frittse (FRITTS et al. 1965). Tato práce se zabývala změnou růstové variability tří druhů borovic (*Pinus menziesii*, *P. ponderosa*, *P. edulis*) na vegetačním respektive vlhkostním gradientu v horách severní Arizony. Práce demonstrovala, že změny šířek letokruhů mohou být použity jako základ pro vyhodnocení růstové odpovědi stromů na okolní prostředí, a zároveň vyzdvihla vliv rozdílných stanovištních podmínek na jejich růst. Kontrolní vliv klimatu vzrůstal směrem k ekologickému limitu výskytu stromů. Stromy rostoucí na vlhkostně příznivých stanovištích nereagují tak silně na suché období jako stromy na suchých, méně příznivých místech.

Obdobnou situaci, silnou odpověď změny šířky letokruhů v závislosti na klimatu dolní a horní hranice lesa, popisuje např. LaMarche (LAMARCHE 1974). Výsledky ze studie *Pinus aristata* ze západu Spojených států prezentují vliv vlhkého studeného léta, kdy stromy v nízkých polohách mají širší letokruhy, protože mají prospěch z vysokých srážek. Naopak ve vysokých polohách jsou letokruhy užší z důvodů limitace jejich růstu nízkými teplotami. V suchém a teplém létě je tento vztah převrácen (LAMARCHE et STOCKTON 1974). Částečně odlišný jev zaznamenal Daubenmire (DAUBENMIRE 1955), který se zabýval růstem čtyř druhů (*Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Abies grandis* a *Thuja plicata*) na jednotlivých stanovištích na výškových ekologických limitech podél západního okraje severních Skalických hor v Idahu (USA). V této práci bylo zjištěno, že stromy v nízkých polohách rychle narůstaly v brzkém jaru a poté nastával útlum během období sucha. Na druhou stranu ve vysokých polohách změny v přísunu tepla a vlhkosti během vegetační sezóny neovlivnily celkový přírůst stromů.

Souhrnnou studií zabývajících se touto problematikou je také práce Kienasta (KIENAST et al. 1987). V této studii byla analyzována postupná změna růstové odezvy jehličnanů podél několika výškových transektů ve čtyřech klimaticky rozdílných regionech ve Švýcarsku,

v Coloradu (USA) a na Kypru. Výsledky výzkumu byly použity k popisu tří idealizovaných typů růstových reakcí stromů v různých podnebných podmínkách a nadmořských výškách. Prvním vymezeným typem jsou oblasti obecně se studeným a vlhkým klimatem, druhým typem se suchým a teplým a třetím typem oblasti s chladným a suchým klimatem během celé vegetační sezóny. Ve vysokých polohách oblastí prvního typu je limitujícím faktorem pro aktivitu kambia nízká teplota, zatímco v nízkých polohách téže oblasti dostatečné množství srážek zabraňuje vodnímu deficitu. Naopak jehličnany v nízkých polohách oblastí druhého typu jsou z důvodů nedostatečného množství srážek pod stálým vodním stresem, který limituje jejich růst. Výjimku tvoří stanoviště s příznivými edafickými podmínkami, které zajistí dostatečnou zásobu vody. Obdobně jsou nedostatkem vody limitovány stromy v nízkých polohách i ve třetím typu oblastí, ve vysokých polohách téže oblasti je opět kambiální aktivita snižována nízkými teplotami. Růstové podmínky v přechodných zónách jednotlivých oblastí jsou více či méně optimální.

Další prací obdobného charakteru je studie Mäkinena (MÄKINEN et al. 2002, MÄKINEN et al. 2003). Tato studie provedená v jihozápadním a východním Německu, Norsku a Finsku byla zaměřena na regionální a časovou změnu růstu *Picea abies* na transektu nadmořské výšky a zeměpisné šířky v závislosti na teplotě vzduchu a srážkách. Byl prokázán limitující vliv nízkých teplot v severních oblastech a ve vysokých polohách, zatímco důležitost srážek vzrostla na jihu a v nízkých polohách.

V rámci jednoho regionu se růstovou reakcí *Picea abies* a *Abies alba* podél dvou výškových vlhkostních gradientů ve švýcarských Alpách zabýval Lingg (LINGG 1986). Obdobně zaměřená byla také starší práce Kocha (KOCH 1958), která se zkoumala limitující vliv srážek a teplot pro růst borovice a smrku na výškovém transektu (oblast Turína). Výsledky ukázaly na podstatný vliv vysokých srážek a teplot v nízkých polohách, žádný ve středních a opět průkazný, ale inverzní ve vysokých polohách. Ve středních polohách (600 m n. m.), kde není patrný určující vliv klimatických podmínek, byly zjištěny nejpříznivější podmínky pro růst především smrku.

Z bavorského regionu blízkého Šumavě pochází již několik studií zabývajících se růstovou odpovědí smrku na klimatické podmínky na gradientu nadmořské výšky. Výsledky práce Dittmara a Ellinga (DITTMAR et ELLING 1999) ukazují, že růst smrků v polohách nad 800 – 900 m n. m. je ponejvíce ovlivňován teplotou, nikoliv srážkami. Naopak růst smrku v nadmořských výškách pod 700 m vykazuje negativní vztah mezi šířkou letokruhu a vysokými teplotami na jaře a v létě, které zapříčiňují zvýšenou dehydrataci stromů. Růst smrku v nízkých polohách odpovídá z těchto důvodů pozitivně na srážky během celé vegetační sezóny. Ve středních polohách se jeví růstová odpověď na klima slabou a nezřetelnou.

Studie Wilsona a Hopfmuellera (WILSON et HOPFMUELLER 2001) se zabývala ověřením a doložením těchto limitujících faktorů a jejich změnou na transektu nadmořské výšky v Bavorském lese a přilehlé oblasti. V této práci byly identifikovány tři zóny nadmořských výšek, ve kterých došlo ke změně odezvy smrku vůči klimatickým faktorům

(nízké do 680, střední mezi 780 – 970 a vysoké polohy nad 1070 m n. m.). Znovu se zde ukazuje, že faktorem určujícím pro růst smrku v nízkých polohách jsou srážky. Stromy z nízkých nadmořských výšek mají vysokou průměrnou citlivost a nízkou autokorelaci. Klimatický signál ve vysokých polohách byl zjištěn jako relativně slabý, teploty zde nebyly překvapivě odhaleny jako hlavní limita růstu. Stromy vysokých poloh jeví relativně vysokou průměrnou citlivost a vysokou autokorelaci. U stromů ze středních poloh, které mají nejnižší průměrnou citlivost, nebyl opět zjištěn jasný vztah ke klimatickým podmínkám.

Pro srovnání a ověření platnosti výsledků Wilsona a Hopfmüllera (WILSON et HOPFMUELLER 2001) z Bavorského lesa na české straně Šumavy a jejího předhůří byly odebrány vzorky ze smrkových porostů na transektu nadmořské výšky (480 – 1313 m). Předkládaná práce je zaměřena na vytvoření lokálních chronologií, objasnění jejich vzájemných vztahů a zjištění možných změn růstové odpovědi smrku na klima s rostoucí nadmořskou výškou. Snahou bylo mimo jiné získat dostatečné množství dat z recentního materiálu, která mohou sloužit jako základ pro vytvoření regionální standardní chronologie použitelné k datování historických staveb v této oblasti.

1.3 Cíle práce

1. Na základě vlastních odběrů dendrochronologických vzorků z recentních stanovišť smrku v různých nadmořských výškách vytvořit lokální chronologie pro Šumavu a Šumavského podhůří.
2. Objasnit vztahy stanovištních chronologií z různých nadmořských výšek.
3. Analyzovat vliv klimatických a stanovištních faktorů na přírůstové charakteristiky stromů.

1.4 Ekologie a cenologie *Picea abies*

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je původně dřevina především horských lesů, dále se nachází jako příměs lesů nízkých poloh zejména v luzích, roklinách a na rašeliništích. Sekundárně tvoří díky lesnímu hospodářství smrkové i smíšené kultury bez rozdílů poloh – od nížiny do hor. Smrk roste většinou na kyselých půdách s vrstvou surového humusu, středně až silně vlhkých i rašelinných, často podzolovaných. Jeho semenáčky snadno klíčí v surovém humusu, přirozeně zmlazuje i na pasekách a okrajích lesních kultur (SKALICKÝ et SKALICKÁ 1988). Je dřevinou stinnou až polostinnou, v horách se však jeho nárok na světlo stupňuje (KYZLÍK et MICHÁLEK 1963).

Smrk je druh nenáročný na klimatické podmínky, jeho schopnost snášet nízké teploty ho řadí mezi nejodolnější dřeviny v České republice vůbec (silné zimní mrazy ho poškodí velmi zřídka). Je však citlivý na vysoké teploty vzduchu a také hůře snáší nízkou relativní vlhkost. Z těchto důvodů mohou mít suchá léta nepříznivý vliv na jeho růst, protože je díky svému mělkému kořenovému systému značně náročný na půdní vlhkost. Na druhou stranu

dobře snáší nadbytečnou vlhkost, případně je schopen růst i na stanovištích se stagnující vodou. Smrk je přizpůsoben spíše krátkému vegetačnímu období – klimaticky mu nejvíce vyhovuje krátké a chladné léto (CHMELAR 1981). Je citlivý na zvýšené množství imisí v ovzduší, zejména oxidu siřičitého, jenž nepříznivě ovlivňuje jeho celkový fyziologický stav (KUBELKA et al. 1992). Je-li pěstován v nevhodných ekologických podmínkách, zvláště v monokulturách, má sníženou odolnost vůči patogenním organismům (SKALICKÝ et SKALICKÁ 1988). Přirozeným limitujícím faktorem pro růst smrku do 600 m n. m. v oblasti střední Evropy jsou relativně vysoké zimní teploty, nízké letní srážky, výskyt hmyzu a houbových onemocnění (BECKER 1978).

Smrk se původně vyskytoval v celé střední Evropě ostrůvkovitě, a to především v horách a podhůřích, vzácněji v nižších polohách. Souvislý výskyt tohoto druhu je v severní a severovýchodní Evropě, na jih po Volyňskou oblast a Běloruskou republiku odkud se táhne až k po hornímu Povolží. V této oblasti se jedná o typickou dřevinu boreálních sibiřských lesů. Lesnický je pěstován téměř na celé severní polokouli (SKALICKÝ et SKALICKÁ 1988).

Na území České republiky je zastoupen horský smrk hercynsko-karpatské oblasti (CHMELAR 1981). Původní rozšíření smrku na našem území je v klimaxových porostech suprakolinního až subalpínského stupně s těžištěm ve stupni montánním a supramontánním, především na rašelinných, roklinných a lužních biotopech. Výskyt smrku v termofytiku je udáván jako sporný, eventuelně jsou brány v potaz pouze lokální výskyty (např. NOŽIČKA 1972, KAŇÁK 1998). V mezofytiku se vyskytuje jako původní ve většině fyto geografických okresů. Roste roztroušeně v luzích, stinných zaříznutých údolích, a jako příměs některých acidofilních bučin. Často je i převládající dřevinou v podmáčených jedlo-smrčínách a na okrajích rašelinišť. V oreofytiku tvoří hlavní dřevinu klimatických smrčín. V horách, kde chybí kleč, se vyskytuje smrk i nad hranicí souvislého lesa (SKALICKÝ et SKALICKÁ 1988).

Smrk se ve svých klimaticky původních oblastech vyskytuje ve společenstvech třídy *Vaccinio-Piceetea* (především svazy *Piceion excelsae* a *Athyrio alpestris-Piceion*). Dále roztroušeně roste ve společenstvech řádů *Sphagnetalia medii* a jako různě velká příměs podsvazu *Alnenion glutinoso-incanae*, svazu *Luzulo-Fagion* a *Betulion pubescentis*, místy zasahuje i do společenstev a svazů *Fagion* a *Alnion glutinosae* (SKALICKÝ et SKALICKÁ 1988).

2. Materiál a metody

2.1 Výběr a charakteristika lokalit

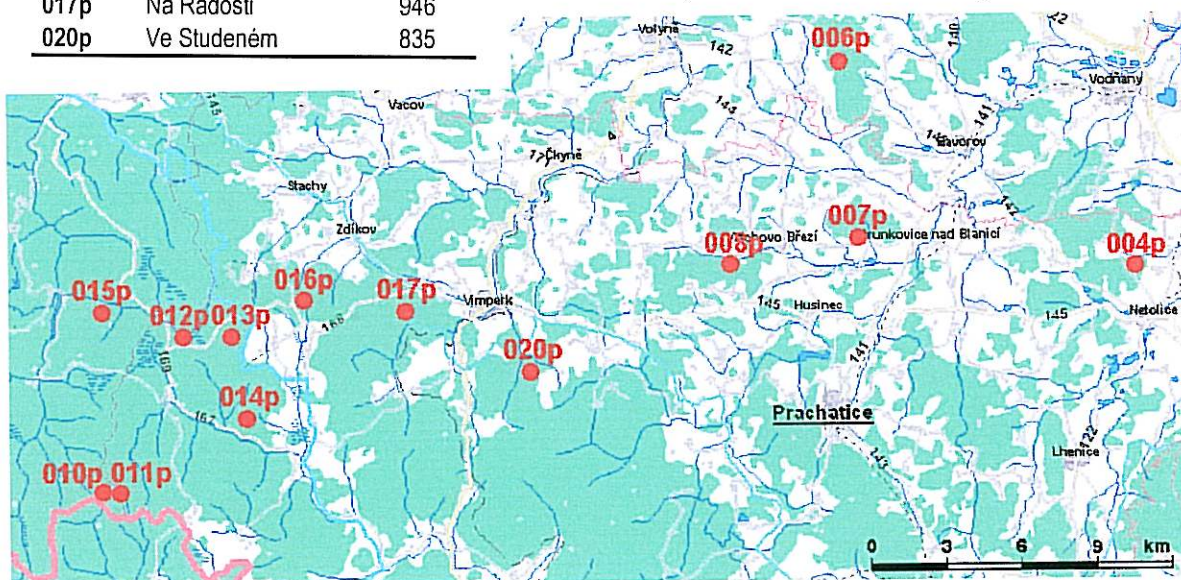
Jednotlivé lokality pro odběry dendrochronologických vzorků byly vybrány ve spolupráci s Národním parkem Šumava, Lesním závodem Boubín ve Vimperku a Lesní správou Vodňany na základě lesnických map a LHP. Jedná se o devět lokalit v oblasti Šumavy (Šumavské pláň, Vimperská pahorkatina; ALBRECHT et al. 2003) a čtyři lokality v níže položených oblastech Šumavského podhůří (Bavorovská vrchovina; Obr. 2.1, Tab. 2.1). Lokality byly vybrány na výškovém gradientu od 480 m do 1313 m nad mořem. Jednalo se o nepoškozené, zpravidla stejnověké porosty, pokud možno s minimálním sklonem terénu, položené mimo extrémní polohy, jejichž stáří se pohybovalo v průměru kolem 117 let (přibližné rozmezí 70 – 270 let).

V rámci každé lokality byla zaznamenána nadmořská výška (pomocí GPS) a místopisný popis. Pro popis plochy byl odhadnut zápoj stromového patra a zaznamenány dominantní druhy v podrostu, dále např. svažítost, skeletovitost, apod. – viz Příloha I, Tab. 1.1, 1.2. Uvedené charakteristiky jsou vztaženy na celou plochu lokality, která byla vždy vymezena vzdálenostmi mezi stromy vhodnými k odběru.

kód lokality	název lokality	nadmořská výška (m)
004p	Krtelský les	480
006p	Čepřovické čihadlo	624
007p	Čarouše	520
008p	Kožlí	698
010p	Černá hora	1 313
011p	U pramene Vltavy	1 255
012p	Pod Hůrkou	1 118
013p	Přilba	1 218
014p	Františkov	1 047
015p	Antýgl	1 221
016p	Babůrka	979
017p	Na Radostí	946
020p	Ve Studeném	835

Tab. 2.1: Přehled lokalit ve vztahu k nadmořské výšce (m). Podrobnější popis lokalit je uveden v Příloze I, Tab. 1.1, Tab. 1.2.

Obr. 2.1: Mapa rozmístění lokalit v zájmové oblasti.



2.2 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 Preslerovým nebozezem (MORA – firma HAGLÖF; 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). Vzápětí po vyvrtání byly jednotlivé vzorky označeny a uloženy do desek.

2.3 Zpracování a měření vzorků

Vzorky ve formě vrtů byly ponechány ve speciálních deskách až do úplného vysušení. Posléze byly nalepeny vodou rozpustným lepidlem (Herkules) na dřevěné lišty do 2,5 mm hlubokých drážek a zajištěny lepicí páskou. Všechny nalepené 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).

Vzorky byly měřeny manuálně na měřícím přístroji TIMETABLE propojeným přes odčítací modul PARSER v1.3 s počítačem, který odečítá šířky letokruhů s přesností na 0,01mm. Hranice mezi letokruhy byla stanovena pomocí stereomikroskopu OLYMPUS SZ51 se záměrným křížem. Veškeré měření bylo prováděno v programu PAST32 (KNIBBE 2003) ve formátu *fh* (odvozený dekadický formát; KNIBBE 2003), kde byla takto získaná data dále zpracovávána. Při vlastním měření byly zaznamenávány anomálie vyskytující se v jednotlivých letokruzích, např. zvýšené množství pryskyřičných kanálek, nevyvinuté letní dřevo apod.

2.4 Zpracování a analýza dendrochronologických dat

V programu PAST32 byly na základě optické podobnosti vybrány křivky pro vytvoření standardních chronologií. Míra podobnosti mezi jednotlivými letokruhovými sériemi byla ověřena pomocí korelačního koeficientu a koeficientu shody (GI).

Korelační koeficient je počítán z transformovaných dat porovnávaného a referenčního vzorku. Pro transformaci naměřených hodnot byly použity dva způsoby: a) Baillie / Pilcher transformace (BAILLIE et PILCHER 1973) a b) transformace dle Hollsteina (HOLLSTEIN 1980). Výsledky korelačního koeficientu byly testovány upraveným Studentovým t-testem, který byl posuzován na hladině významnosti $p < 0,0005$.

a)

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

y_i – šířka letokruhu v roce i

b)

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

Koeficient shody GI je procentuální vyjádření shodného sklonu křivky posuzovaného a referenčního vzorku. Pro každé dva následující letokruhy v letokruhové řadě je zjišťován lokální trend, tzn. vzrůst (+1), pokles (-1) nebo žádná změna (0). Takto převedené řady šířek letokruhů jsou porovnány a je vypočítáno procento shody v těchto trendech. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí t-testu na hladině významnosti $p < 0,0005$ (KNIBBE 2003).

Kritériem pro zařazení letokruhové série jednoho vzorku do příslušné standardní chronologie byla hodnota korelačního koeficientu větší než 6 (většinou kolem 9) a hodnota koeficientu shody větší než 65%.

Vybrané letokruhové řady pro vytvoření vlastních standardních chronologií byly z programu PAST32 exportovány do programu ARSTAN (COOK et HOLMES 1986), kde byla provedena standardizace dat, odstraněna autokorelace a vytvořeny jednotlivé stanovištní chronologie.

Při standardizaci (dentrendaci) dat byl odstraněn vliv věkového trendu – přirozený pokles šířky letokruhů se zvyšujícím se věkem stromu. Standardizací je transformována nestacionární letokruhová řada v stacionární řadu letokruhových indexů pohybujících se kolem hodnoty jedna a s konstantním rozptylem (COOK et al. 1990a).

Standardizace byla provedena pomocí tzv. dvoustupňové detrendace (HOLMES et al. 1986) v programu ARSTAN. Jako první byla použita negativní exponenciální funkce, která nejlépe vystihuje růstový trend jehličnanů (např. FRITTS 1963, FRITTS et al. 1969). Negativní exponenciální funkce se blíží předpokládanému poklesu přírůstu letokruhů na obvodu kmene, přesto proložení odpovídá více na začátku než na konci časové řady. Pro relativně krátké letokruhové řady, nebo v případě, že strom měl neobvyklé růstové podmínky, které nedokáže postihnout negativní exponenciála, byla použita lineární regrese. Výběr použité funkce provedl automaticky program ARSTAN.

Další, potenciálně neklimaticky podmíněné růstové trendy (kompetice, dynamika světlin v porostu, lesnické zásahy apod.) byly odstraněny pomocí kubické spline funkce (COOK et PETERS 1981) s délkou kroku 32 let, která rozdělí řadu na několik kratších úseků, pro které se trend křivky odhaduje již samostatně. Výběr této funkce vycházel z předpokladu, že stromy pocházejí z hospodářských porostů, ve kterých dochází k periodickým zásahům ovlivňujících dlouhodobě růst stromů. Ze standardní chronologie vytvořené tímto procesem je částečně odstraněna autokorelace – závislost určité hodnoty v časové řadě na hodnotách předchozích (FRITTS 1976). Zbývající autokorelace byla odstraněna pomocí autoregresních modelů v programu ARSTAN (COOK et HOLMES 1986). Takto byla získána stacionární, tzv. residuální chronologie.

Konečným produktem programu ARSTAN je vytvořená výsledná indexová standardní a residuální chronologie pro danou lokalitu (stanovištní chronologie). Průměrné

chronologie byly spočítány jako vážený robustní průměr, který je do značné míry schopen potlačit vlivy endogenních faktorů stanoviště (COOK et al. 1990b).

Data chronologií spočítaná programem ARSTAN byla upravena do vhodného dekadického formátu (rwl) pro zpětný import do programu PAST32, kde byla konvertována do formátu *fh* příslušného pro PAST32. Pro další statistické zpracování byly chronologie exportovány do programu MS Excel.

2.5 Zpracování klimatických dat

Pro studovaný region byly vybrány čtyři klimatické a tři srážkoměrné stanice (Obr. 2.2), které poskytly čtyři řady průměrných měsíčních teplot vzduchu a šest řad měsíčních úhrnů srážek. Údaje byly čerpány ze zdrojů Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích a z publikace Podnebí Českých Budějovic (VAVRUŠKA 1990). Nejdelší a úplná řada použitelná pro sledovanou oblast byla z Českých Budějovic. I ostatní řady byly vybírány tak, aby byly co nejdelší. Bohužel, vzhledem k velkému počtu chybějících hodnot (především první a druhá světová válka), bylo nutno tyto řady rapidně zkrátit. Základní charakteristiky stanic jsou obsaženy v Tab. 2.2.

Nejprve byly v řadách doplněny chybějící hodnoty. Opravené hodnoty včetně použitých referenčních řad jsou uvedeny v Příloze, II Tab. 2.1 – teploty, Tab. 2.2 – srážky. Chybějící hodnoty průměrných měsíčních teplot byly doplněny metodou rozdílu a chybějící hodnoty měsíčních úhrnů srážek metodou kvocientu (NOSEK 1972). Podmínkou pro doplňování řad je hodnota korelačního koeficientu $r \geq 0,8$ na hladině významnosti $p \geq 0,05$.



Obr. 2.2: Mapa klimatických a srážkoměrných stanic, ze kterých byla využita data.

Tab. 2.2: Charakteristika klimatických a srážkoměrných stanic: k / s – klimatická nebo srážkoměrná stanice; nadmořská výška (m); délka řady T / S – délka teplotní a srážkové řady, T / S – průměrná roční teplota vzduchu (°C) / průměrný roční úhrn srážek (mm).

stanice	k / s	nadm. výška (m)	délka řady T / S	T / S
Brloh	s	578	/ 1942 – 2001	/ 619
České Budějovice	k	375	1886 – 2000 / 1876 – 2001	8,06 / 620
Husinec	k	536	1941 – 2000 / 1942 – 2001	7,22 / 616
Churáňov	k	1 122	1953 – 2000 / 1953 – 2001	4,24 / 986
Kasperské hory	k	737	1961 – 2000 / 1953 – 2001	6,20 / 780
Kvíldá	s	1 026	/ 1953 – 2001	/ 1070
Vimperk	s	660	/ 1953 – 2001	/ 736

Pro ověření relativní homogenity byl použit bivariační test (MARONNA et YOHAJ 1978) a Alexanderssonův test pro jednoduchý zlom (ALEXANDERSSON 1986). Oba testy indikují případnou změnu v testované řadě a dávají maximální pravděpodobné odhady času a velikosti této změny (ŠTĚPÁNKOVÁ 2001). Do bivariačního testu vstupují přímo hodnoty obou řad, Alexanderssonův test pracuje s řadou podílů těchto dvou řad, proto je vhodnější pro srážky (ŠTĚPÁNEK 1996). Oba testy jsou založeny na předpokladu, že řada má normální rozdělení před i po bodu zlomu v čase t_0 , liší se pouze průměrem. Bivariační i Alexanderssonův test má často tendenci indikovat nehomogenitu v blízkosti konců řad. Z těchto důvodů autoři (ALEXANDERSSON 1986, MARONNA et YOHAJ 1978) doporučují neuvažovat zlomy objevující se v prvních a posledních deseti letech řady. Pro použití uvedených testů je nutné, aby obě porovnávané řady měly normální rozdělení a vzájemná korelace dosáhla hodnoty $r \geq 0,8$.

Normální rozdělení řad bylo ověřeno použitím dvou testů: parametrického testu shody χ^2 , který zjišťuje rozdíly mezi očekávanými a pozorovanými četnostmi, a neparametrického Kolmogorov-Smirnova testu, který hledá maximální rozdíl mezi očekávanou a zjištěnou kumulativní četností (LEPŠ 1996). Podmínku normálního rozdělení nesplňují poměrně často řady úhrnů srážek (ŠTĚPÁNKOVÁ 2001). Pro získání normálního rozdělení bylo nutno některé srážkové řady logaritmovat (logaritmované řady v Příloze II, Tab. 2.4). Při opravě homogenity takto upravených řad byla provedena zpětná transformace na reálné hodnoty pomocí exponenciální funkce.

Nejprve byly zkontrolovány testem relativní homogenity řady měsíčních průměrných teplot vzduchu ze stanice České Budějovice, jako referenční řady byla použita data ze stanice Klementinum (Praha). Klementinum bylo zvoleno referenční řadou z důvodů dlouhého kontinuálního a relativně spolehlivého záznamu a vysokých korelací mezi řadami Klementina a Českých Budějovic (Příloha II, Tab. 2.5). Testy stanovily několik možných zlomů, z nichž byly vybrány zlomy statisticky významné ($p < 0,05$), splňující podmínky testovacích kritérií. Hodnoty zlomů, podle kterých byla řada opravena, jsou uvedeny v Příloze II, Tab. 2.5. Následný test opravené řady Českých Budějovic již další větší významnou nehomogenitu neprokázal, a dále je tedy už tato řada považována za relativně homogenní.

Takto opravená řada Českých Budějovic byla použita jako referenční pro ostatní řady průměrných měsíčních teplot vzduchu. Provedené opravy jednotlivých řad na základě statisticky významných bodů zlomu v čase t_0 jsou obsaženy v Příloze II, Tab. 2.3. Kontrolní testování opravených řad neukázalo již žádný další statisticky významný zlom. Ostatní pomocí testů určené nehomogenity jednotlivých řad nebyly opraveny z důvodů jejich výskytu ke konci řad. Teplotní řady byly opraveny na základě výsledků bivariačního testu, opraveny jsou vždy kratší části řad od bodu zlomu v čase t_0 .

Referenční srážkovou řadou pro stanice níže položených oblastí byla zvolena relativně spolehlivá řada z klimatologické stanice České Budějovice (VAVRUŠKA 1990). V případě měsíčních úhrnů srážek nemohla být referenční řada Českých Budějovic zkontrolována testem relativní homogenity pomocí údajů ze stanice Klementinum z důvodů nedostatečné korelace mezi řadami. Hodnoty testovacích kritérií použitých k opravě konkrétních

srážkových řad Brlohu a Husince jsou uvedeny v Příloze II, Tab. 2.4. Srážkové řady byly opraveny podle výsledků Alexanderssonova testu. Následný test relativní homogenity opravených řad Husince a Brlohu už významnější nehomogenitu neprokázal, respektive ostatní zlomy byly detekovány ke koncům řad, případně řady neměly dostatečnou hodnotu korelačního koeficientu nezbytnou pro opravu.

Referenční řadou pro stanice z výše položených oblastí byly zvoleny údaje z jediné profesionální klimatologické stanice v této oblasti – Churáňova. Srážková řada z Českých Budějovic nemohla být použita pro nedostatečnou korelaci s řadami úhrnů srážek ze Šumavy. Výsledky testů relativní homogenity a opravy jednotlivých srážkových řad z Kašperských Hor, Kvildy a Vimperku jsou uvedeny v Příloze II, Tab. 2.4.

Pro výpočet relativní homogenity a pro ověření normálního rozdělení dat byl použit program ANCLIM 4.39.6 (ŠTĚPÁNEK 2003).

Pro potřeby základní dendroklimatologické analýzy byl vytvořen jeden prostorový průměr srážkových řad **VSP4** z nejbližších stanic (Churáňov, Kašperské Hory, Kvilda a Vimperk) pro vysoké a střední polohy za období 1953 – 2001. Druhý prostorový srážkový průměr **NP3** za období 1942 – 2001 byl vytvořen pro nízké polohy ze stanic Husinec, Brloh a České Budějovice. Prostorové průměry byly spočítány jako prostý aritmetický průměr jednotlivých měsíčních řad úhrnů srážek. Korelační koeficienty mezi jednotlivými řadami jsou uvedeny v Příloze II, Tab. 2.5.

2.6 Statistické zpracování

Základní statistické charakteristiky používané pro popis chronologií jsou následující:

- Průměrné staří vzorků v chronologii – aritmetický průměr počtu letokruhů všech letokruhových křivek obsažených ve standardní chronologii.
- 90% optimální proložení chronologie od určitého roku dostatečným počtem stromů (podrobněji viz BRIFFA et JONES 1990).
- průměrná korelace mezi standardizovanými řadami jednotlivých stromů na lokalitě
- Hodnoty autokorelačních os pro nestandardizované letokruhové řady a residuální chronologie.
- Průměrná citlivost – počítána jako podíl absolutního rozdílu šířek sousedních letokruhů průměrem těchto dvou letokruhů (FRITTS 1976).
- Průměrná šířka letokruhu – počítána jako aritmetický průměr ze 70 letokruhů mezi 10. a 80. rokem věku. Tento interval byl vybrán z důvodů ošetření problematických hodnot šířek letokruhů v počátečních fázích růstu stromu a zároveň eliminace značného vlivu věkového trendu u starších jedinců.

S výjimkou poslední charakteristiky šířky letokruhů byly všechny spočítány v programu ARSTAN.

Změna průměrné šířky letokruhů, průměrné citlivosti, hodnot autokorelace na první ose pro nestandardizovaná data a změna průměrné korelace mezi stromy na gradientu nadmořské výšky byly testovány pomocí lineární regrese. Nezávislou proměnnou byla ve všech případech nadmořská výška. Lineární regrese byla provedena pomocí programu STATISTIKA 6.0 (ANONYMUS 2001).

K detekci skupin uvnitř analyzovaného souboru dat byla zvolena analýza hlavních komponent (PCA), protože nepředpokládá žádné předem dané seskupení objektů. PCA byla spočítána se 13 residuálními stanovištními chronologiemi, kdy chronologie byly zadány jako proměnné a jednotlivé roky jako vzorky (metodika dle PETERS et al. 1981). PCA byla provedena s využitím programu CANOCO for Windows 4.5 (TER BRAAK et ŠMILAUER 1998) a graficky zpracována v CANODRAW for Windows 4.0 (TER BRAAK et ŠMILAUER 2002).

Podobnost, respektive odlišnost jednotlivých residuálních stanovištních chronologií byla zjištěna pomocí korelační matice spočítané programem STATISTIKA 6.0.

Pro objasnění vzájemných vztahů stanovištních chronologií z různých nadmořských výšek byla spočtena hierarchická klastrová analýza. V ní bylo využito vlastností Wardovovi metody, která používá přístup analýzy variance k vyhodnocení vzdálenosti mezi skupinami. Wardova metoda maximalizuje varianci mezi skupinami, zatímco minimalizuje varianci uvnitř skupiny. Podobnost, respektive vzdálenost měření byla určena Pearsonovým korelačním koeficientem (STATSOFT, Inc. 2004). Hierarchická klastrová analýza byla provedena v programu STATISTIKA 6.0.

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 Meyera (MEYER 1999). Tato metoda spočívá v postupu, kdy od naměřené hodnoty šířky letokruhu je odečten klouzavý průměr pro pět 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 významného roku byla zvolena forma klimadiagramů (např. KIENAST et al. 1987, SCHWEINGRUBER 1996).

K analýze vztahu mezi tloušťkovým přírůstem a klimatickými parametry byly použity korelace residuálních chronologií s měsíčními úhrny srážek a měsíčními průměry teplot vzduchu. Korelace byly provedeny v programu STATISTIKA 6.0.

Pro korelaci stanovištních a lokálních standardních chronologií z vysokých a středních poloh byl použit společný prostorový průměr měsíčních úhrnů srážek **VSP4** za období 1953 – 2001 ze čtyř nejbližších stanic (Churáňov, Kašperské Hory, Kvilda, Vimperk), které se nacházejí v relativně malé vzdálenosti od studovaných lokalit. Chronologie z nízkých poloh byly korelovány za období 1941 – 2001 s prostorovým průměrem srážkových řad **NP3** ze tří stanic (České Budějovice, Husinec, Brloh), které mají jako jediné dostatečně dlouhé záznamy.

Srážkové řady jsou na rozdíl od teplotních místně specifické a značně proměnlivé. Z těchto důvodů byla dána přednost prostorovým průměrům, které víceméně podchycují celkový srážkový obraz regionu, nikoliv pouze lokální situaci v bezprostřední blízkosti srážkoměrné stanice. Naopak průběh teplot během roku jeví vždy obdobný trend v širším regionu (Příloha V, Obr. 5.1).

Teplotní řady byly použity dvě, Churáňov za období 1953 – 2000 pro vysoké a střední polohy, pro nízké polohy Husinec za období 1941 – 2000. Teplotní řada Českých Budějovic, vzhledem ke své délce, byla aplikována k ověření odezvy stromů na teploty na celém transektu nadmořských výšek. Rozdíly mezi teplotními řadami Českých Budějovic za období 1922 – 1960 a 1961 – 2000 byly zjištěny t-testem provedeným v programu STATISTIKA 6.0.

Residuální lokální chronologie byly korelovány s teplotní a srážkovou řadou 16 měsíců od května předchozího roku do srpna stávajícího roku (ECKSTEIN et al. 1990, GUIOT 1990), což je celkově období, které má pravděpodobně největší vliv na přírůst v daném roce. Pro podrobnější stanovení vlivu srážek a teploty na růst stromů na transektu nadmořské výšky byly korelovány jednotlivé stanovištní chronologie s tříměsíčním průměrem teplotních a srážkových řad za období července až srpna předchozího roku a května až července stávajícího roku. Tato období byla vybrána na základě výsledků korelací lokálních chronologií s měsíčními klimatickými údaji, protože zřejmě mají největší vliv na vytvoření letokruhu v daném roce.

2.7 Nomenklatura

Názvosloví taxonů vyšších rostlin je v celé práci uvedeno podle Kubáta (KUBÁT et al. 2002), mechorostů podle Váni (VÁŇA 1997) a názvosloví syntaxonů podle Neuhäuslové (NEUHÄUSLOVÁ et al. 2001).

3. Výsledky

Na 13 lokalitách z regionu Šumavy (Šumavské pláně, Vimperská pahorkatina) a z níže položených oblastí Šumavského podhůří v blízkosti Husince a Netolic (Bavorovská vrchovina; Obr. 2.1) byly odebrány vzorky z 251 dominantních stromů *Picea abies*, z každého po dvou vývrtech. Celkově bylo změřeno 415 odvrtných vzorků vhodných pro dendrochronologickou analýzu, tzn. nepoškozené, kompletní a dostatečně dlouhé vzorky, z nichž bylo v programu PAST32 vybráno 337 vzorků z 202 stromů vhodných pro vytvoření stanovištních a lokálních chronologií.

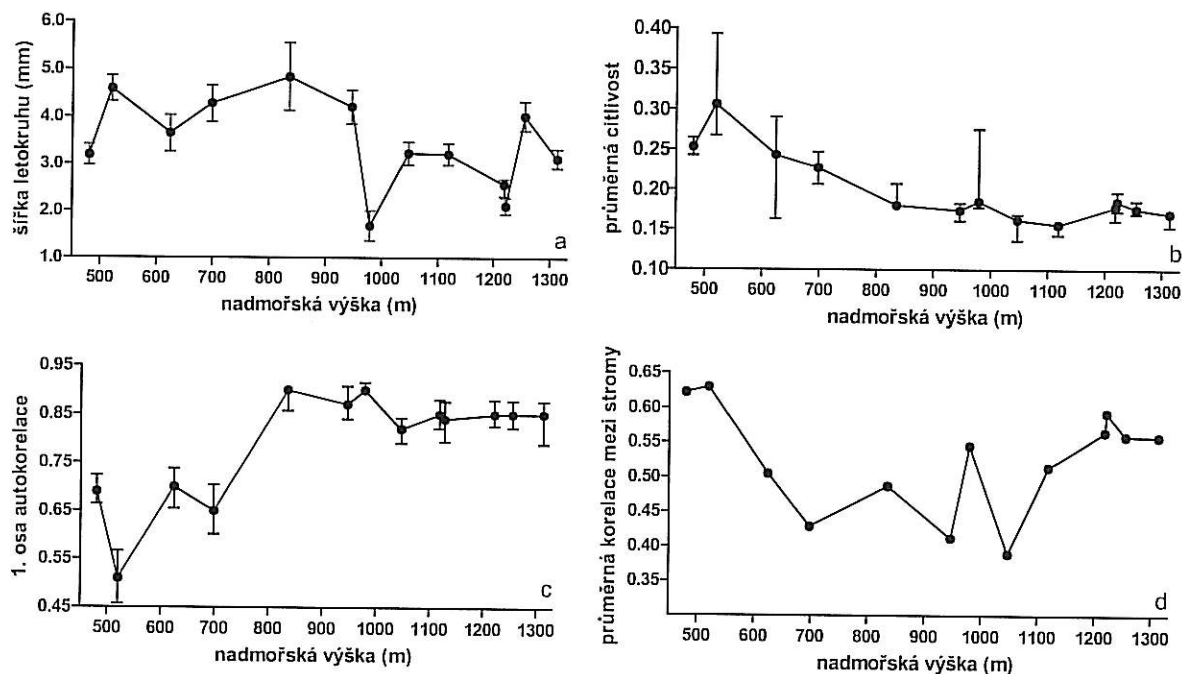
3.1 Charakteristika stanovištních chronologií na výškovém gradientu

Bylo vytvořeno 13 stanovištních chronologií s průměrnou délkou použitých vzorků od 80 do 190 let (Tab. 3.1). Nejdelsí stanovištní chronologie byly získány z vyšších poloh, extrémem jsou dvě – **015p** Antýgl s délkou chronologie 273 let a **016p** Babůrka s 266 lety. Krátké chronologie (kolem 90 let) jsou z nízkých a středních poloh, kde nebyly nalezeny starší porosty vhodné k odběrům.

Pro další analýzy byly z jednotlivých chronologií odstraněny počáteční úseky proložené malým počtem vzorků. Kriteriem bylo dosažení 90 % shody s „ideální“ standardní chronologií definovanou dle Briffi a Jonese (BRIFFA et JONES 1990). Tabulka 3.1 udává, ve kterém roce je již pro každou chronologii dosaženo 90 % optimální proložení a jaký počet stromů je dostačující. Počet stromů zahrnutých v chronologii je ve většině případů téměř dvoj- a vícenásobný, výjimkou jsou chronologie s nižší průměrnou korelací mezi stromy (**008p**, **014p**, **017p**, **020p**; Tab. 3.2). U lokality Ve Studeném **020p** je toto dáno nejen nižší průměrnou korelací mezi stromy, ale i menším počtem vzorků, které bylo možno zahrnout do chronologie.

Tab. 3.1: Charakteristiky jednotlivých chronologií – počet všech změřených vzorků / počet vzorků (stromů) použitých pro vytvoření chronologií; průměrné stáří vzorků v chronologii; délka chronologie; 90% proložení chronologie od určitého roku příslušným počtem stromů.

kód / název lokality	nadm. výška (m)	počet změřených / použitých vzorků (stromů)	průměrné stáří vzorků	délka chronologie	90 % proložení chronologie – od roku / počet stromů
004p / Krtelský les	480	31 / 27 (17)	104,7	1883 – 2002	1889 / 5
006p / Čepřovické čihadlo	624	36 / 27 (16)	91,1	1884 – 2002	1905 / 8
007p / Čarouše	520	37 / 23 (17)	80,7	1908 – 2002	1915 / 6
008p / Kožlí	698	20 / 18 (14)	80,8	1910 – 2002	1927 / 12
010p / Černá hora	1 313	34 / 26 (14)	118,2	1857 – 2002	1884 / 7
011p / U pramene Vltavy	1 255	28 / 23 (15)	111,1	1865 – 2002	1893 / 8
012p / Pod Hůrkou	1 118	34 / 28 (17)	119,5	1839 – 2002	1887 / 9
013p / Přílba	1 218	31 / 27 (15)	136,2	1837 – 2002	1866 / 7
014p / Františkov	1 047	36 / 28 (16)	123,8	1858 – 2002	1893 / 16
015p / Antýgl	1 221	39 / 32 (19)	176,9	1729 – 2002	1827 / 7
016p / Babůrka	979	36 / 30 (17)	190	1736 – 2002	1787 / 6
017p / Na Radosti	946	33 / 29 (15)	92,7	1901 – 2002	1913 / 13
020p / Ve Studeném	835	20 / 19 (10)	85,5	1910 – 2002	85% 1920 / 8



Obr. 3.1: a) průměrné šířky letokruhů, b) průměrné citlivosti, c) první osy autokorelace, d) průměrné korelace mezi stromy pro jednotlivé lokality vynesené na transektu nadmořských výšek. Zobrazen 95% konfidenční interval.

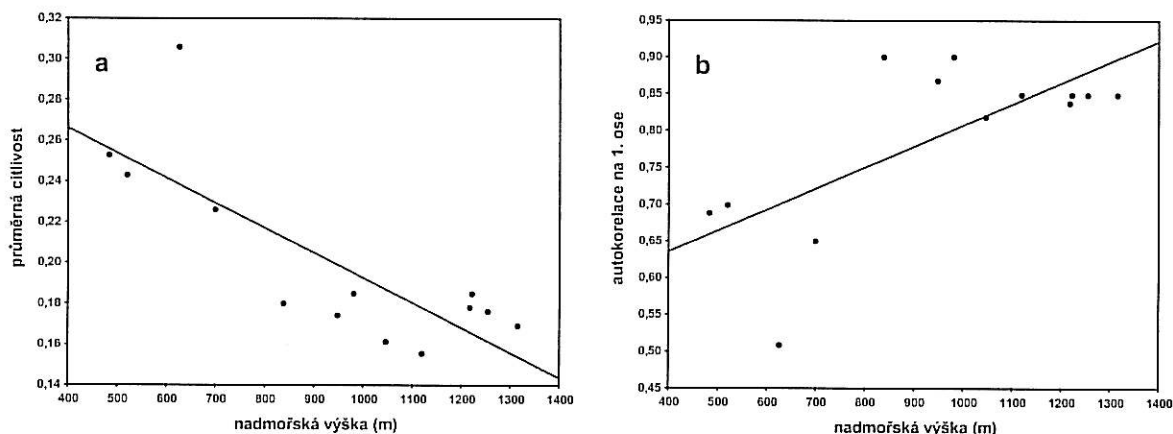
Průměrné šířky letokruhů vykazují neprůkazný trend ($p = 0,158$; $R = 0,416$) v závislosti na nadmořské výšce (Obr. 3.1a, Tab. 3.2). Přesto se dá říci, že průměrná šířka letokruhu nejprve mírně stoupá, poté kulminuje ve středních polohách a následně klesá. Z výše uvedeného trendu se vymykají pouze lokality Babůrka **016p** a dvě nejvyšší lokality U pramene Vltavy **011p** a Černá hora **010p**. Největších hodnot dosahuje tedy průměrná šířka letokruhů v nadmořské výšce kolem 850 m n. m. (4,84 mm), což se shoduje s počátkem snižující se průměrné citlivosti v závislosti na nadmořské výšce (Obr. 3.1b, Tab. 3.2).

Průměrná citlivost plynule klesá se stoupající nadmořskou výškou (Obr. 3.1b, Obr. 3.2a), testováno pomocí lineární regrese ($p = 0,001$; $R = 0,798$). Vyšší průměrná citlivost stromů (kolem 0,25) v nižších polohách naznačuje větší míru ovlivnění růstu stromů meziroční variabilitou podmínek prostředí ve srovnání s výše položenými oblastmi Šumavy.

První osa autokorelace vynesená pro nestandardizovaná data je relativně vysoká pro všechny chronologie (Obr. 3.1c, Obr. 3.2b). Tabulka 3.2 ukazuje osy autokorelace u residuálních chronologií, kde je tento vliv již do značné míry odstraněn. Hodnoty autokorelace první osy jsou v nízkých polohách průkazně nižší (autokorelace $< 0,7$; $p = 0,007$; $R = 0,705$) než v polohách nad 800 m n. m. (kolem 0,85).

Průměrná korelace nejeví průkaznou změnu ($p = 0,949$; $R = 0,020$) na gradientu nadmořské výšky, protože se zjevně nejedná o lineární závislost. Hodnota průměrné

korelace mezi stromy dosahuje poměrně vysokých hodnot na obou koncích transektu nadmořských výšek. Zřetelný pokles je patrný od 700 do 1 050 m n. m. Z tohoto trendu opět vybočuje lokalita Babůrka **016p**, která dosahuje značně vysoké hodnoty průměrné korelace mezi stromy, což se ukazuje i v 90 % optimálním proložení chronologie šesti stromy od roku 1787 (Tab. 3.1). Obdobně se odrážejí vysoké hodnoty průměrné korelace mezi stromy v 90 % proložení chronologií pro lokality Krtelský les **004p** a Čarouše **007p**.



Obr. 3.2: Změna a) průměrné citlivosti, b) hodnot autokorelace na první ose na gradientu nadmořské výšky 480 – 1313 m n. m.

Tab. 3.2: Charakteristiky jednotlivých chronologií – průměrná šířka letokruhu (mm) spočítaná jako aritmetický průměr ze 70 letokruhů mezi 10. a 80. rokem věku stromu; průměrná citlivost; průměrná korelace mezi standardizovanými řadami jednotlivých stromů za období 1922 – 2002, shodné pro všechny chronologie. První dvě charakteristiky jsou udány pro nestandardizovaná data, průměrná korelace mezi stromy a hodnoty autokorelačních os jsou hodnoty pro reziduální chronologie s kterými jsou prováděny statistické analýzy.

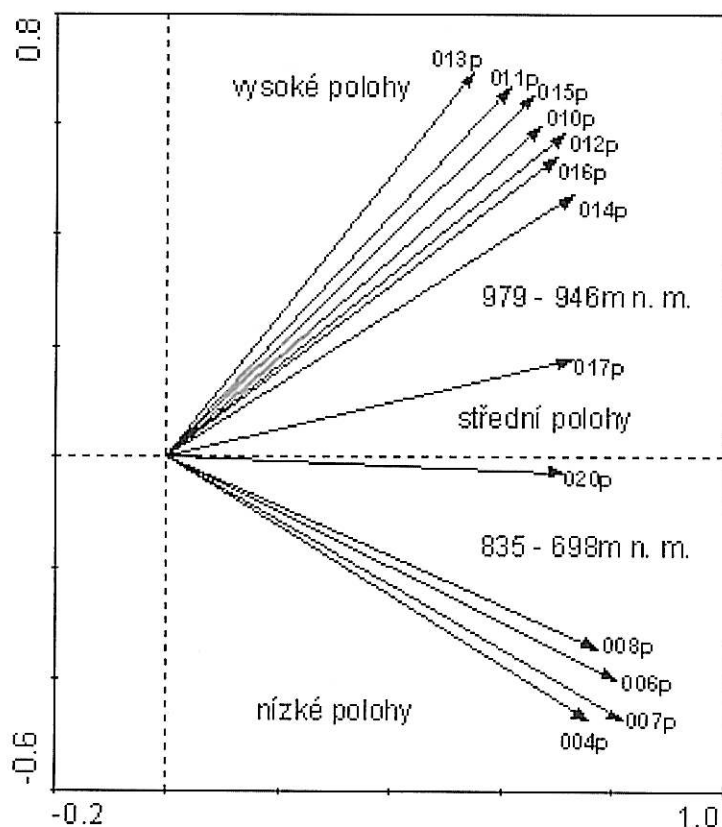
kód lokality	průměrná šířka letokruhu (mm)	průměrná citlivost	průměrná korelace mezi stromy (res)	hodnoty autokorelačních os pro reziduální chronologii		
				1	2	3
004p	3,19	0,253	0,622	0,0362	0,0049	-0,0870
006p	3,65	0,243	0,505	-0,0276	-0,0245	0,0064
007p	4,59	0,306	0,630	-0,0487	-0,0002	-0,0399
008p	4,28	0,227	0,429	-0,0397	0,0087	-0,0928
010p	3,12	0,170	0,558	0,0076	0,1025	-0,1149
011p	4,02	0,176	0,559	0,0155	0,0604	-0,0227
012p	3,21	0,156	0,514	-0,0052	-0,0122	-0,0150
013p	2,57	0,178	0,565	-0,0140	0,0170	-0,0739
014p	3,23	0,162	0,389	-0,0339	0,0134	-0,0693
015p	2,11	0,185	0,593	0,1314	0,0288	-0,0826
016p	1,68	0,185	0,545	0,1227	0,0715	-0,0692
017p	4,21	0,174	0,412	0,0031	0,0623	-0,1419
020p	4,84	0,180	0,446	-0,0892	0,0772	-0,1225

3.2 Srovnání stanovištních chronologií na výškovém gradientu

Analýza hlavních komponent (PCA) je vhodná k určení hypotetických skupin v rámci zkoumaného souboru dat, protože nezohledňuje příslušnost jednotlivých objektů k předem určeným skupinám. PCA byla provedena se 13 residuálními chronologiemi. První tři osy vysvětlují 82,4% celkové variability v datech. Z toho je na první ose vysvětleno 53,7%, na druhé 25,3% a na třetí 3,4 %.

V ordinačním diagramu PCA třinácti residuálních chronologií byly na druhé ordinační ose vylíšeny tři výrazné skupiny křivek (Obr. 3.3), jejichž rozložení odpovídá gradientu nadmořské výšky a s tím související změnou limitujících faktorů pro růst smrku. První kompaktní skupinu tvoří chronologie z vysokých poloh **010p**, **011p**, **012p**, **013p**, **014p**, **015p**, **016p**, druhá skupina je tvořena chronologiemi z nízkých poloh **004p**, **006p**, **007p**, **008p**. Horní hranice nadmořských výšek pro skupinu chronologií z nízkých poloh se pohybuje mezi 698 a 835 m, spodní hranice chronologií z vyšších poloh mezi 946 a 979 m.

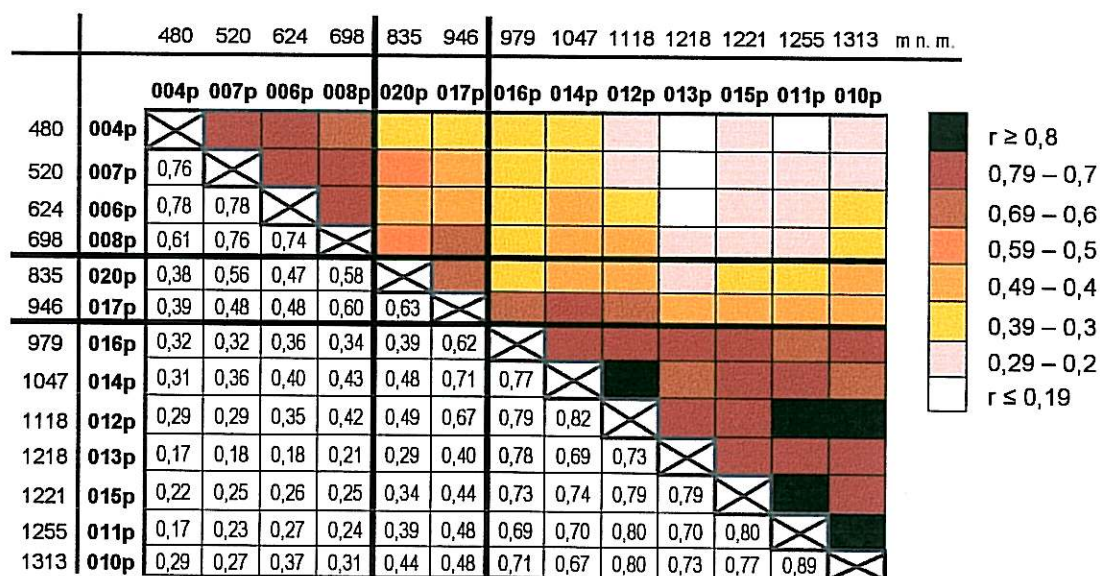
Chronologie ze středních poloh tvoří přechodnou dvojici mezi skupinami vysokých a nízkých poloh, přičemž chronologie **017p** je bližší chronologiím z vysokých poloh a chronologie **020p** naopak chronologiím z nižších poloh. To pravděpodobně svědčí o změně odezvy smrku na klimatické faktory někde v této části výškového transektu.



Obr. 3.3: Ordinační diagram analýzy PCA třinácti residuálních chronologií pro stejné období 1922 – 2002. První ordinační osa vysvětluje 52,8% a druhá 12,2% variability.

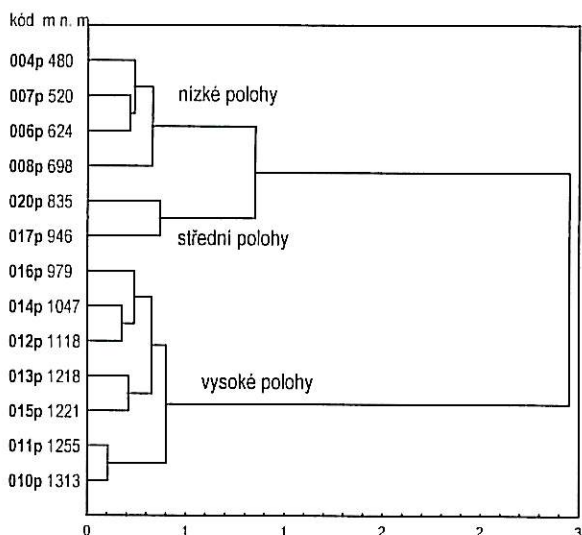
Korelační matice všech třinácti residuálních chronologií dokresluje konkrétní vztahy mezi jednotlivými stanovištními chronologiemi (Obr. 3.4). První skupinu tvoří čtyři chronologie (004p, 006p, 007p, 008p) z nízkých poloh (průměrný $r = 0,74$), druhou sedm chronologií (010p, 011p, 012p, 013p, 014p, 015p, 016p) z vyšších poloh (průměrný $r = 0,76$). Tyto dvě výrazné skupiny chronologií nejsou vzájemně silněji korelovány.

Dvě chronologie z lokalit Na Radosti 017p a Ve Studeném 020p, ležící v nadmořských výškách mezi těmito dvěma skupinami, se korelují mezi sebou ($r = 0,63$) i s chronologiemi z nízkých a vysokých poloh. Přičemž chronologie 020p z 835 m n. m. se podobá více chronologiím z níže položených oblastí, konkrétně 008p a 007p. Chronologie 017p z 946 m n. m. si oproti tomu více odpovídá se třemi chronologiemi z vyšších poloh (012p, 014p, 016p), které jsou k chronologii 017p v nejbližších relacích nadmořských výšek. Zároveň se však podstatně koreluje i s chronologií 008p z níže položené oblasti. Nevyhraněnost korelací chronologií středních poloh, i když pouze dvou, ukazuje patrně na postupnou změnu odezvy smrku ke klimatickým faktorům v této části výškového transektu.

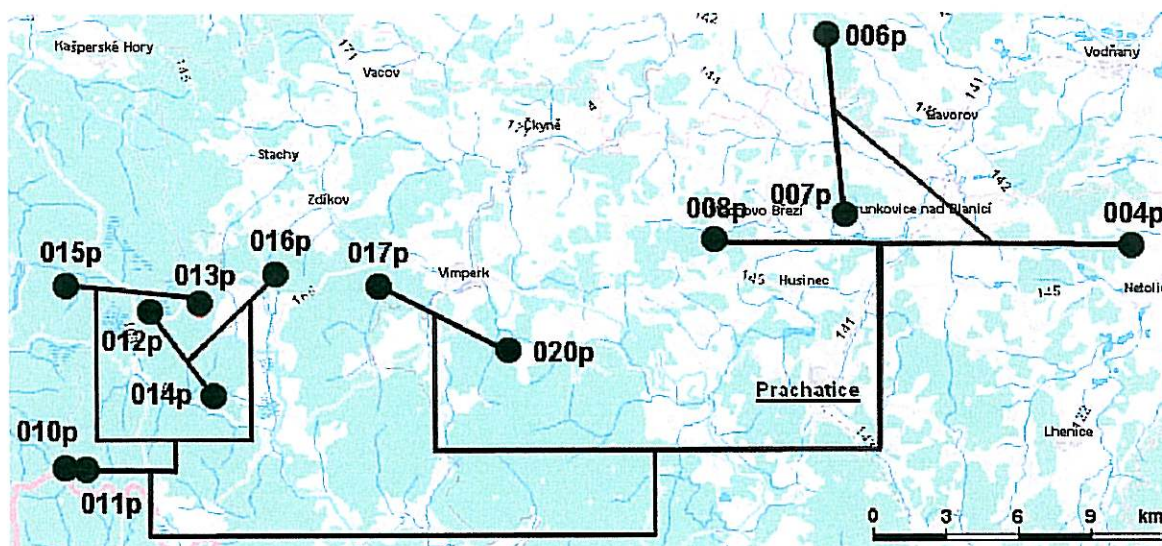


Obr. 3.4: Korelační matice residuálních chronologií pro období 1922–2002. Korelace neprůkazné na hladině významnosti $p < 0,05$ jsou vyneseny bíle.

Hierarchická klastrová analýza oddělila tři jasné zóny residuálních chronologií podle nadmořské výšky, stejně jako je tomu v ordinačním diagramu PCA (Obr. 3.3). Nízké polohy jsou vymezeny na základě získaných chronologií v rozmezí nadmořských výšek 480–698 m, vysoké 979–1313 m a střední 835–946 m. V hierarchii nejvyšší rozdělení odděluje vysoké polohy a podskupinu nízkých a středních, které jsou rozděleny až jako druhé v pořadí (Obr. 3.5).



Obr. 3.5: Dendrogram výsledku hierarchické klastrové analýzy; Wardova metoda.



Obr. 3.6: Grafické znázornění shluků vytvořených hierarchickou klastrovou analýzou na mapě se skutečnými poměrnými vzdálenostmi mezi lokalitami.

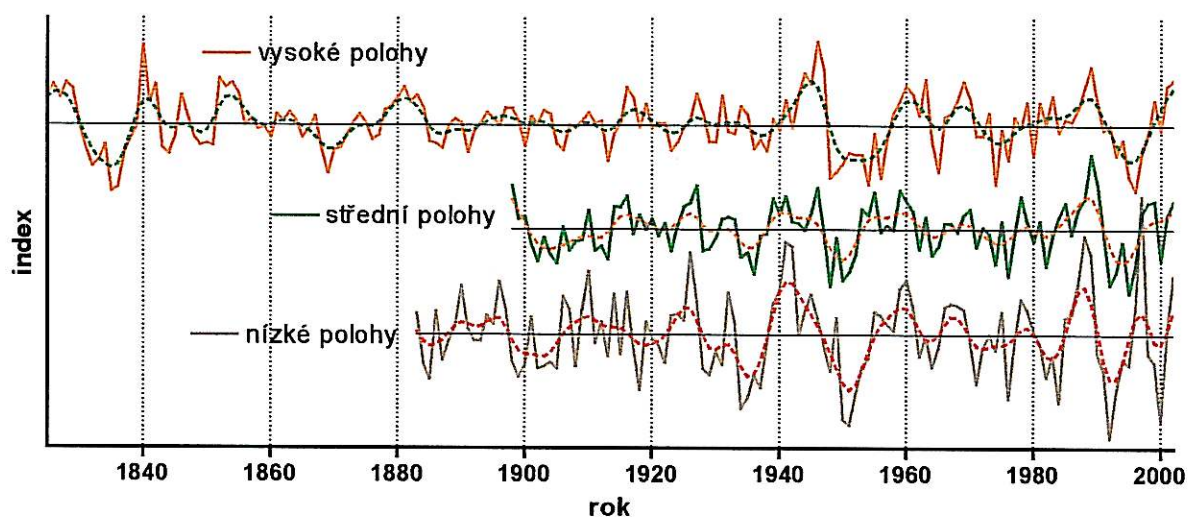
Vztahy mezi chronologiemi v rámci tří jednotlivých podskupin jsou určeny nadmořskou výškou, nikoliv pouze geografickou vzdáleností mezi konkrétními lokalitami. Příkladem jsou chronologie z lokalit Čarouše **007p** a Kožlí **008p**, které si jsou prostorově poměrně blízké, přesto jsou uspořádány v dendrogramu podle nadmořské výšky. Obdobná je situace u lokalit Přílba **013p** a Pod Hůrkou **012p** nebo **013p** a Františkovem **014p**, popřípadě **013p** a Babůrkou **016p**, kdy lokalita **013p** tvoří podskupinu s Antýglem **015p**, který je od ní vzdálenější, ale má téměř totožnou nadmořskou výšku. Lokalita **016p** je zase připojena k lokalitám **014p** a **012p**, a to podle nadmořské výšky, ačkoliv se nachází blízko výše položené lokality **013p**. Logické je postavení v hierarchické klastrové analýze lokalit Černá Hora **010p** a U pramene Vltavy **011p**, které jsou v podstatě odebrány na jednom kopci, pouze v rozdílných nadmořských výškách (Obr. 3.6).

3.3 Sestavení lokálních chronologií

Rozdělení stanovištních chronologií do skupin indikovaných analýzou hlavních komponent, vzájemnou silnou korelací v korelační matici a hierarchickou klastrovou analýzou bylo zohledněno při vytvoření tří standardních chronologií.

Letokruhové série k vytvoření lokálních chronologií pro nízké, střední a vysoké polohy byly vybrány v programu PAST32 (viz Materiál a metody 2.4) z jednotlivých lokalit patřících do příslušné skupiny rozmezí nadmořských výšek. Lokální chronologie byly z letokruhových řad vykazujících významné shody spočítány v programu ARSTAN jako vážený robustní průměr.

Přes nízké hodnoty testovacích kritérií v programu PAST32 je možno ve standardních chronologiích sledovat několik výrazných obdobných trendů patrných v měřítku desetiletí – shodných jednorozhodných minim nebo maxim (Obr. 3.7), výjimečně však i významných let (Obr. 3.8). Nízké hodnoty testovacích kritérií shody platí především pro lokální chronologie z vysokých a nízkých poloh, lokální chronologie středních poloh vykazuje větší podobnost s nízkými polohami.



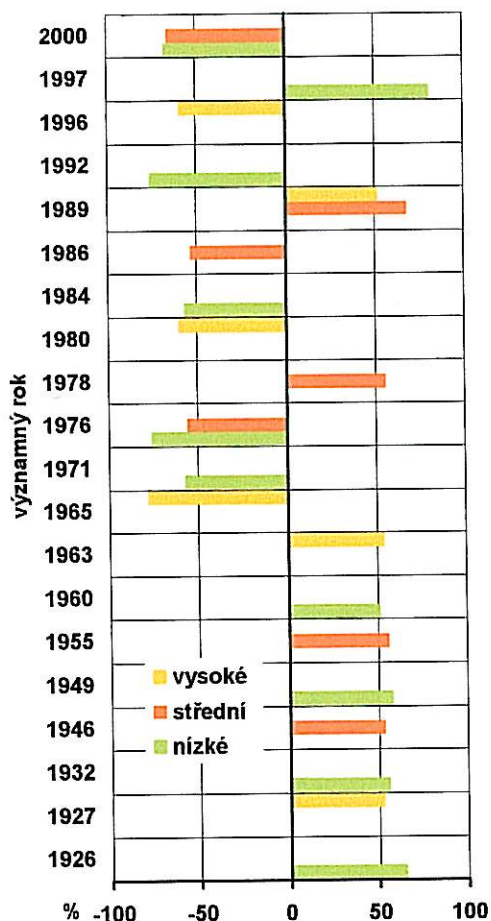
Obr. 3.7: Lokální chronologie pro vysoké, střední a nízké polohy (1825 – 2002) proložené váženým desetiletým klouzavým průměrem (symetrický nízkofrekvenční Gaussův filtr); osa y – index šířky letokruhů; pro větší názornost jsou chronologie vzájemně posunuty.

3.4 Růstové trendy a analýza významných let

Průběh růstového trendu jednotlivých lokálních chronologií je znázorněn na obrázku 3.7. Nápadným je klesající růstový trend v druhé polovině 30. let vystřídáný prudkým maximem v první polovině 40. let. U lokální chronologie pro vysoké polohy je zjevný posun tohoto maxima až do konce 40. let. Všechny tři chronologie jeví velmi výrazný pokles v 50. letech, pouze s posunem absolutního minima, přičemž u lokální chronologie vysokých poloh trvá tato perioda růstové deprese nejdéle. Tento posun svědčí o postupné změně odezvy smrku na klimatu z rozdílných nadmořských výšek. Charakteristický růstový trend, prolomený pouze menší depresí, je patrný v opětovném vzestupu v 60. a 70. letech. Výrazný pokles růstového trendu, kterému předcházelo maximum

z přelomu 80. a 90. let, byl zaznamenán v polovině 90. let. Na tomto propadu, společnému pro všechny tři lokální chronologie, je jasně viditelný posun odezvy stromů v závislosti na nadmořské výšce. Lokální chronologie pro nízké polohy má absolutní minimum v první polovině 90. let, zatímco chronologie pro vysoké polohy až v druhé polovině. Lokální chronologii pro střední polohy tvoří přechod mezi výše zmíněnými.

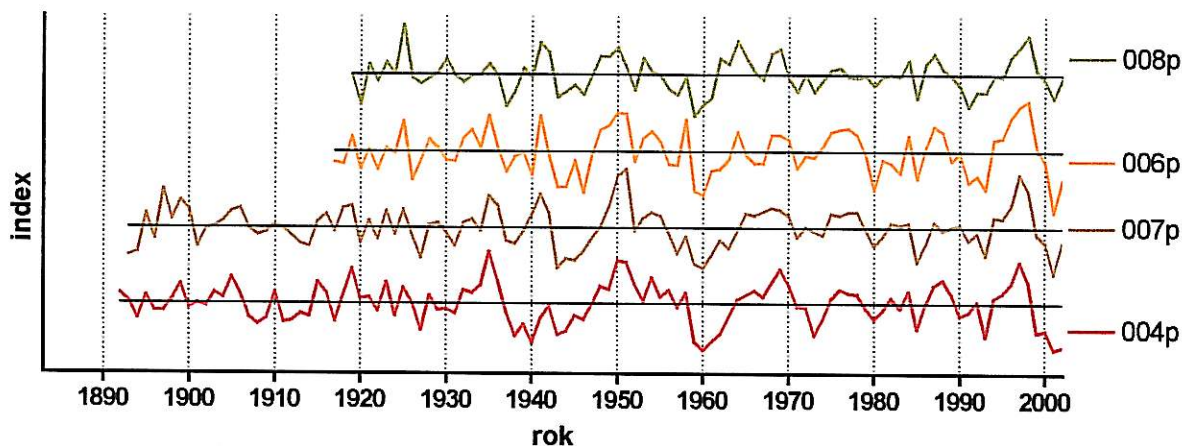
Celkové srovnání výskytu významných let za společné období 1930 – 2000 ze tří výškových poloh ukazuje na rozdílné limity pro růst stromů na transektu nadmořských výšek ve studovaném regionu.



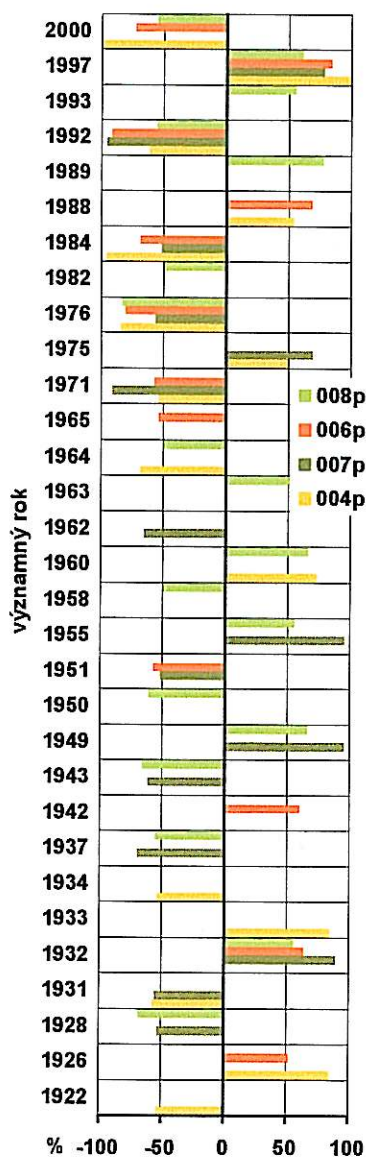
Stromy z nízkých a vysokých poloh nemají totožné významné roky za společné období 1922 – 2000 (Obr. 3.8, Příloha III Tab. 3.3). Naproti tomu stromy ze středních poloh jeví dvě minima shodná s nízkými polohami (1976, 2000) a jeden maximální přírůstek totožný s vysokými (1989), což vypovídá o postupné změně odezvy ke klimatickým podmínkám v této části gradientu nadmořských výšek. Stromy z nízkých poloh jeví vyšší citlivost než z vysokých. Stromy ze středních poloh tvoří přechod (Obr. 3.1b).

Obr. 3.8: Kladné a záporné významné roky vynesené pro lokální chronologie z nízkých, středních a vysokých poloh za společné období 1930 – 2000; osa x – procento reagujících stromů (%).

Chronologie z nízkých poloh vykazují několik výrazných shodných trendů, významných let a náhlých růstových změn. Výrazné útlumy růstu jsou viditelné v první a druhé polovině 90. let, mezi nimiž figuruje prudký vzrůst ve významném roce 1997 a předchází jim maximum růstu koncem 80. let. Další nápadné poklesy ve tvorbě letokruhů jsou patrné v první polovině 30. let. Od té doby až do roku 1942 je zřejmý postupný zvyšující se růstový trend. V průběhu 40. let nastává růstová deprese vrcholící v náhlém propadu v roce 1951, která je následována obnovou růstového trendu v druhé polovině a na konci 50. let (Obr. 3.9).



Obr. 3.9: Stanovištní chronologie ze Šumavského podhůří (nízké polohy 480 – 697m n. m.), 004p, 006p, 007p, 008p; osa y – index šířky letokruhů; pro větší názornost jsou chronologie vzájemně posunuty.

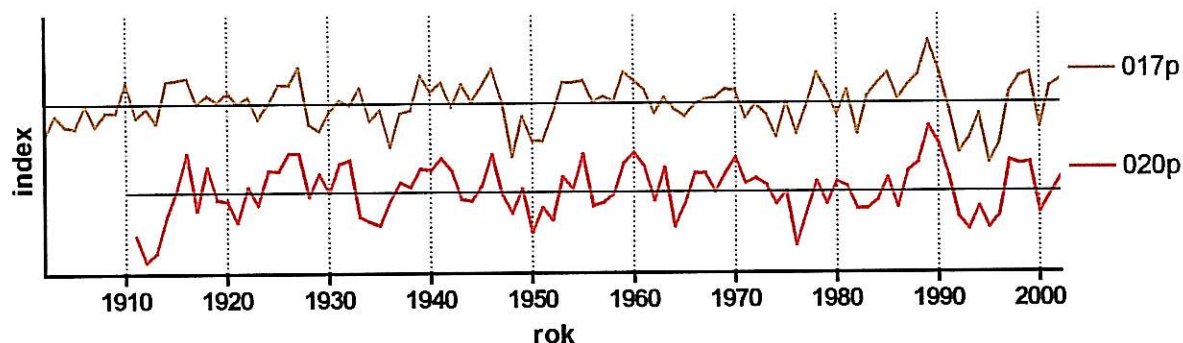


Stromy z nízkých poloh mají za společné období 1922 – 2000 vyrovnaný počet negativních i pozitivních významných let (Obr. 3.10). Mírně citlivější se jeví pouze stromy z lokality Kožlí **008p**, která se vymyká 17 významnými roky. Markantní jsou dva negativní významné roky 1992, 1976 a jeden pozitivní v roce 1997, kdy reaguje z každé lokality alespoň 50% všech stromů.

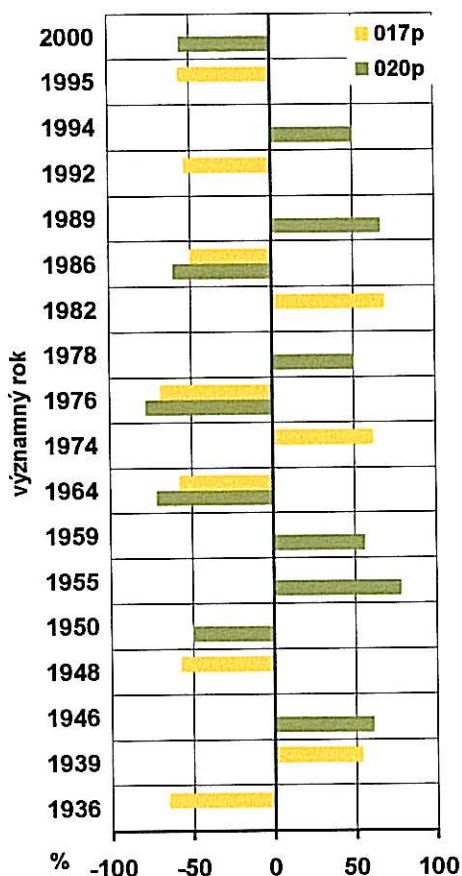
Negativní významný rok 2000, 1984, 1971 se projevil pouze u tří lokalit, stejně jako pozitivní významný rok 1932. Stromy na čtvrté lokalitě, a sice Krtelský les **004p**, jeví pozitivní významný rok s jednoletým posunem, tedy až v roce 1933.

Obr. 3.10: Kladné a záporné významné roky vynesené pro jednotlivé stanovištní chronologie **008p**, **006p**, **007p**, **004p** z nízkých poloh; osa x – procento reagujících stromů (%).

Ze středních poloh byly získány pouze dvě lokality, z těchto důvodů jsou výsledky pro střední nadmořské výšky spíše orientační. Dvě chronologie ze středních poloh mají několik shodných menších růstových minim v první polovině 20. a v polovině 30. let. Výrazná deprese růstu nastává po optimálním růstovém trendu během 40. let na přelomu 50. let, po které následuje vyrovnaný růstový trend během 60. a 70. let. Tento trend je zakončen menším růstovým útlumem ke konci 70. let, jenž je následován pozvolna narůstajícím trendem až do maxima na konci 80. let. Další výrazná deprese růstu smrku je zjevná v první polovině 90. let (Obr. 3.11).



Obr. 3.11: Stanovištní chronologie Šumavy ze středních poloh (835 – 946 m n. m.) **017p**, **020p**; osa y – index šířky letokruhů; pro větší názornost jsou chronologie vzájemně posunuty.



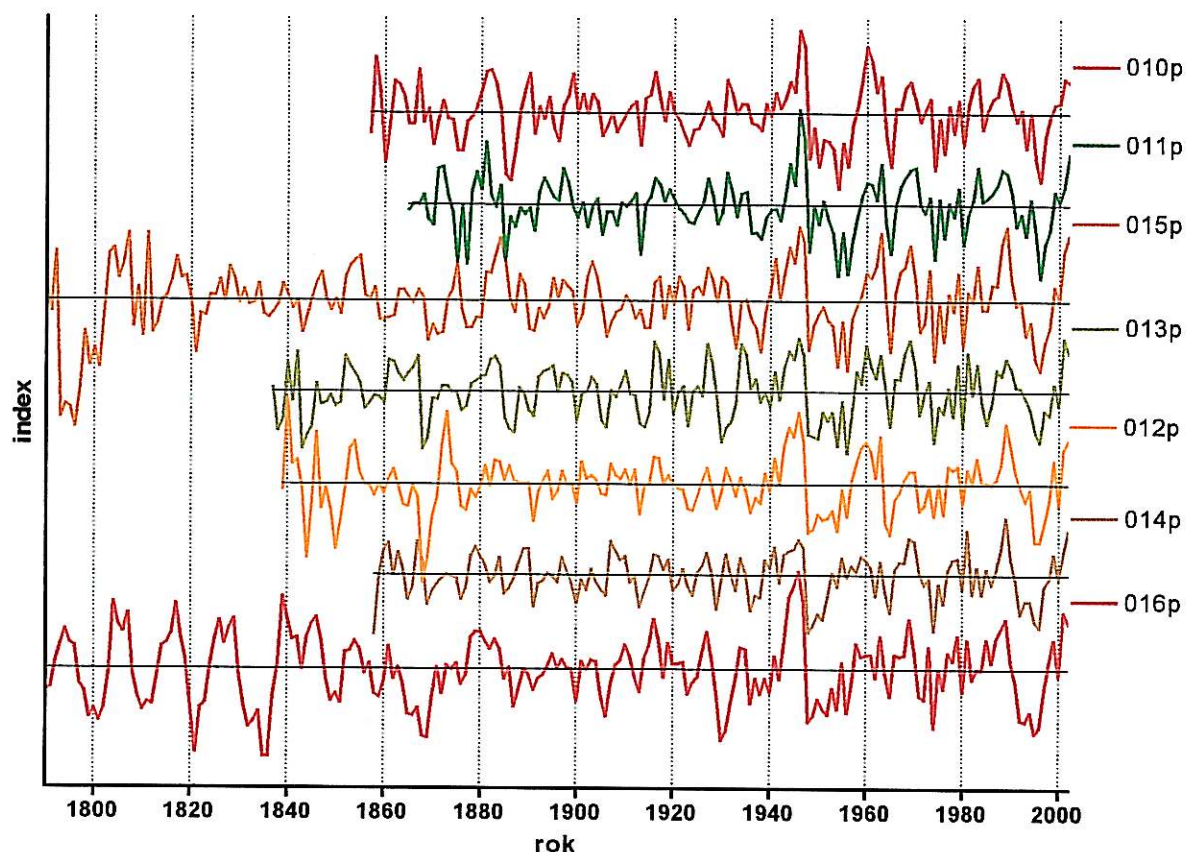
Stromy středních poloh u obou lokalit mají vyrovnaný počet významných let, přesto se od sebe odlišují počtem pozitivních významných let. Smrky na lokalitě Ve Studeném **020p** dosahují za společné období 1922 – 2000 dvojnásobného počtu významných let (Obr. 3.12). Projev negativních významných let 1964, 1976, 1986 se u obou lokalit shoduje.

Obr. 3.12: Kladné a záporné významné roky vynesené pro jednotlivé stanovištní chronologie **017p**, **020p** ze středních poloh; osa x – procento reagujících stromů (%).

Růstové trendy stromů z vysokých poloh Šumavy jsou v průběhu druhé poloviny 19. a začátku 20. století relativně vyrovnané. V tomto období nejsou patrné tak výrazné výkyvy, jako je tomu v první polovině 19. století a od 30. let 20. století. V průběhu 19. století, do kterého zasahují všechny stanovištní chronologie ze Šumavy, dochází mezi jednotlivými stanovištními chronologiemi k různě vzájemně posunutým obdobím útlumu a obnovy růstového trendu. Příkladem mohou být 70. léta, kdy docházelo převážně k útlumu, zatímco v 80. letech k zvýšení růstu. Oproti tomu všechny stanovištní chronologie ze Šumavy mají během 20. století výraznou synchronizaci růstových trendů.

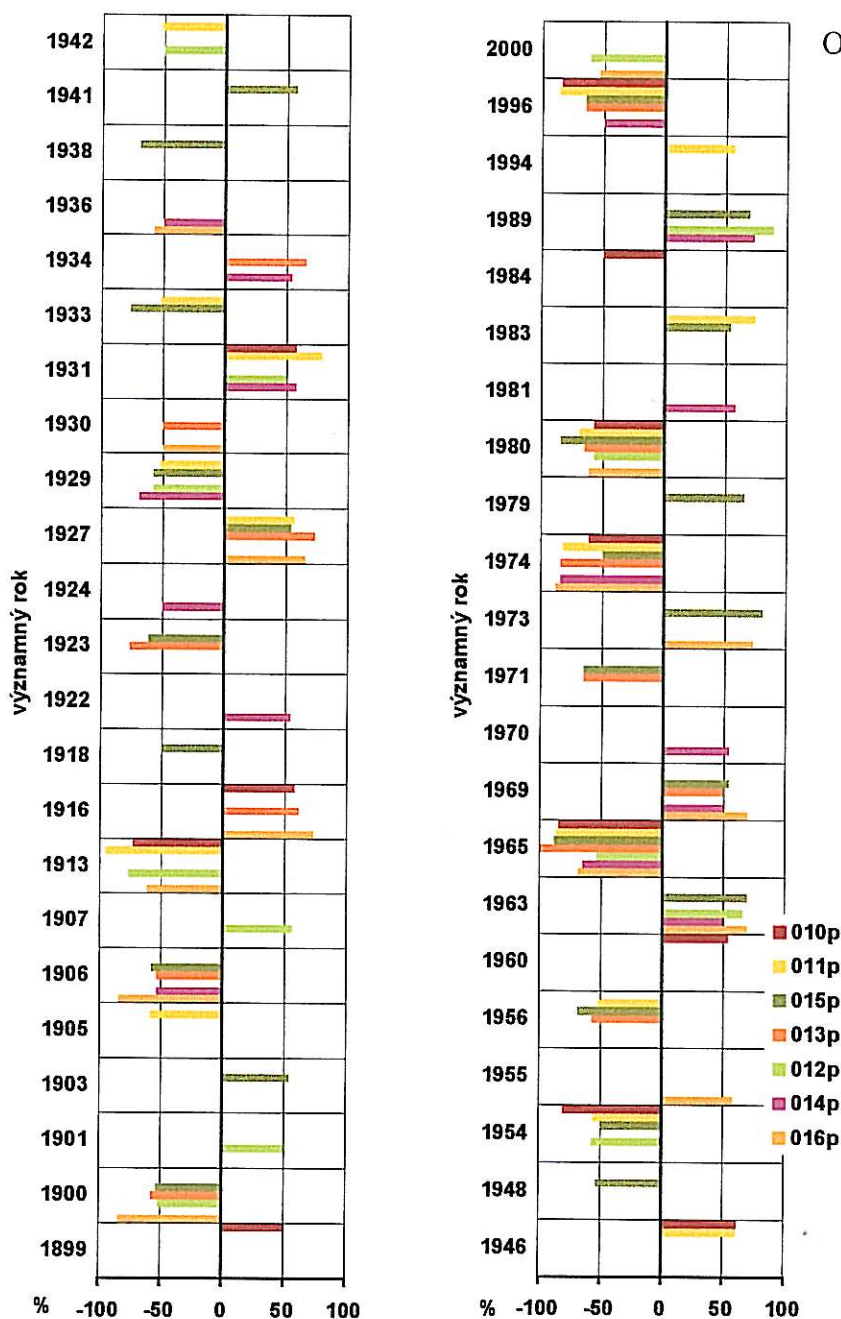
Všech sedm chronologií z vysokých poloh Šumavy v rozpětí výškového gradientu 330 m jeví nejvýraznější náhlý pokles přírůstu v roce 1949. Tento pokles následoval po absolutním maximu koncem 40. let, kterému předcházela postupně se zvyšující růstový trend, jenž započal po útlumu růstu ve 30. letech. Růstová deprese trvající více či méně přes 50. léta skončila až maximem na přelomu 50. a 60. let. Další zřetelný útlum růstu smrku nastal na přelomu 60. a 70. let. Do konce 80. let je patrný postupně narůstající trend zakončený náhlým propadem v 90. letech (Obr. 3.13).

Shody stanovištních chronologií Babůrka **016p** a Antýgl **015p** jsou zachyceny na Obr. 3.13 pouze z části, a to od roku 1825. Důvodem je vysoké stáří stromů z těchto dvou lokalit ve srovnání s ostatními. Tato dvě detekovaná shodná minima růstu mají však obě chronologie i v 18. století, konkrétně v průběhu 60. a 90. let.



Obr. 3.13: Stanovištní chronologie Šumavy z vysokých poloh (979 – 1 313 m n. m.) **010p, 011p, 012p, 013p, 014p, 015p, 016p**; osa y – index šířky letokruhů; pro větší názornost jsou chronologie vzájemně posunuty.

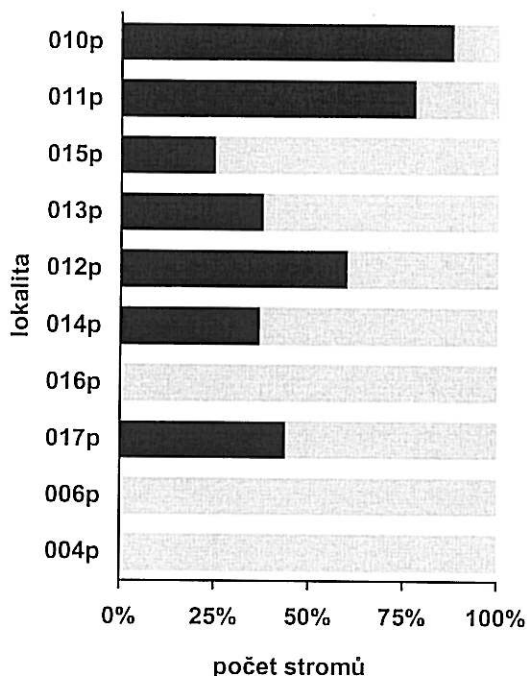
Stromy z vysokých poloh jeví za společné období 1899 – 2000 obdobný počet významných roků s různou intenzitou projevu u stromů z rozdílných lokalit a let. Výjimku tvoří lokalita Antýgl **015p**, která jeví vyšší citlivost nežli ostatní (Obr. 3.14). Překvapující je nejmenší množství významných let detekovaných u lokality Černá hora **010p**, která se dá vzhledem ke své poloze (nejvýše situovaná) považovat za relativně nejextrémnější stanoviště. Pouze jeden negativní významný rok 1965 se projevil na všech lokalitách u více než 50 % stromů. Poměrně hojný je výskyt negativních významných let, která jsou společná pro více než polovinu lokalit. Jsou to roky 1900, 1906, 1913, 1929, 1954, 1974, 1980 a 1996. Pozitivních významných let bylo zjištěno o polovinu méně (1927, 1931, 1963, 1969).



Obr. 3.14: Kladné a záporné významné roky vynesené pro jednotlivé stanovištní chronologie **016p**, **0014p**, **012p**, **013p**, **015p**, **011p**, **010p** z vysokých poloh; osa x – procento reagujících stromů (%).

Procentuální zastoupení reagujících stromů ve významných letech je pro jednotlivé lokality uvedeno v Příloze III, Tab 3.1, 3.2. K vysvětlení projevu významného roku byly použity klimadiagramy, z kterých byl zjištěn případný neobvyklý průběh klimatických podmínek daného roku. Tato interpretace významných roků na základě klimatických podmínek je uvedena v Příloze V, Obr. 5.2, Tab. 5.1.

3.5 Růstová anomálie v roce 1912



V roce 1912 byla zaznamenána anomálie v tvorbě letního dřeva. U některých stromů byl zjištěn výskyt letokruhu sestávající pouze z jarního dřeva. Tento jasně patrný, odlišný letokruh byl opakovaně zachycen v různé míře na většině šumavských lokalit.

Největší počet stromů s nevyzrálým letním dřevem v roce 1912 byl nalezen u dvou lokalit z nejvyšších nadmořských výšek – Černá hora **010p** a U pramene Vltavy **011p**. Na dalších šumavských lokalitách bylo nevyvinuté letní dřevo detekováno v menší míře, nejméně na lokalitě Antýgl **015p**, a vůbec se nevyskytovalo na lokalitě Babůrka **016p**.

Obr. 3.15: Procentický podíl stromů s nevyvinutým letním dřevem v roce 1912 na jednotlivých lokalitách. Černě je zobrazeno procentuální zastoupení reagujících stromů (%).

Tento jev je patrný i u lokality Na Radosti ze středních poloh **017p** (**020p** nedostatečně dlouhá), naopak se již neprojevil u dvou lokalit (jediných s dostatečným stářím stromů) z podhůří Šumavy – Čepřovické Čihadlo **006p** a Krtelský les **004p** (Obr. 3.15, Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Počet stromů se zaznamenaným nevyvinutým letním dřevem v roce 1912 (LW) a celkový počet stromů s dostatečně dlouhou letokruhovou řadou, nd – nedostatečně dlouhé chronologie.

počet stromů	004p	006p	007p	008p	010p	011p	012p	013p	014p	015p	016p	017p	020p
LW	0	0	nd	nd	15	14	12	6	7	5	0	7	
celkový	18	15	nd	nd	17	18	20	16	19	20	19	16	nd

3.6 Dendroklimatologická analýza na výškovém gradientu

Dendroklimatologická analýza byla provedena s residuálními lokálními a stanovištními chronologiemi. Ke korelacím byla použita dvojice teplotních a srážkových řad. Pro vysoké a střední polohy byla použita teplotní řada Churáňova (1953 – 2000) a prostorový

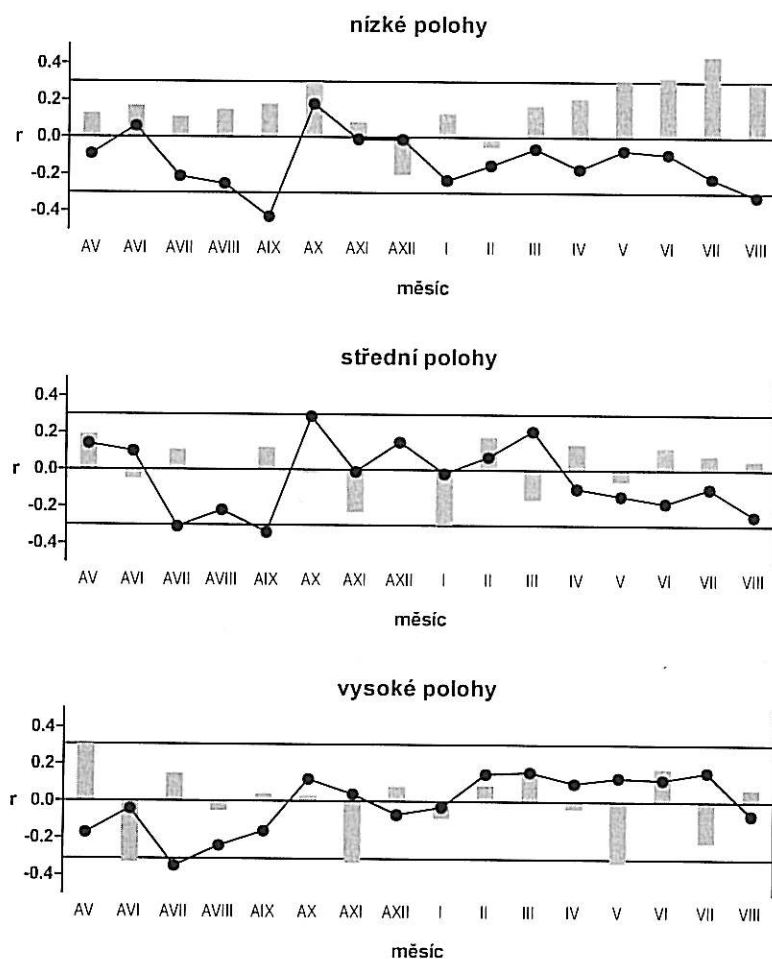
průměr srážkových řad **VSP4** (1953 – 2000; Materiál a metody 2.5). Pro nízké polohy byla použita teplotní řada Husince (1942 – 2000) a prostorový srážkový průměr **NP3** (1942 – 2000; Materiál a metody 2.5).

První korelační analýza byla pro lokální chronologie provedena s měsíčními úhrny srážek a průměrnými měsíčními teplotami vzduchu od května předchozího roku do srpna stávajícího roku (AV – VIII; Obr. 3.16; Příloha IV, Tab. 4.1).

Lokální chronologie pro nízké polohy jeví průkazné pozitivní korelace (hladina významnosti $p < 0,05$) se srážkami od května do srpna stávajícího roku a října předchozího roku. Negativní průkazné korelace vykazuje s měsíčními teplotami srpna stávajícího roku a září předchozího roku.

Korelační analýza lokální chronologie ze středních poloh se srážkovou a teplotní řadou prokázala také statisticky významné korelace ($p < 0,05$). Byly zjištěny dvě negativní korelace s vysokou teplotou v červenci a září a pozitivní s říjnovou teplotou předchozího roku. Ve stávajícím roce je průkazná pouze negativní korelace s vysokými lednovými srážkami.

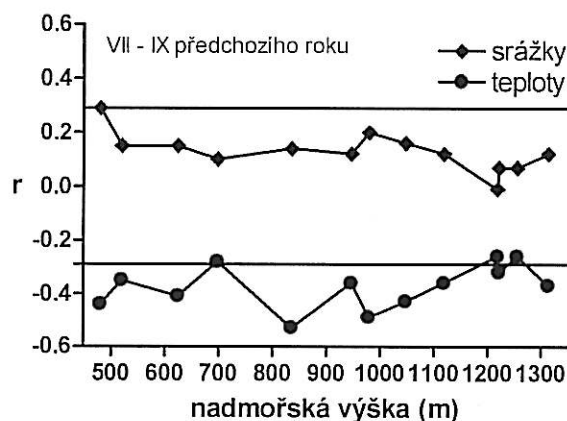
Lokální chronologie vysokých poloh je průkazně korelována s klimatickými podmínkami předchozího roku. Konkrétně byla zaznamenána pozitivní korelace s květnovými srážkami, negativní s vysokými srážkami v červnu a listopadu a negativní korelace s vysokou teplotou v červenci. Statisticky významná je negativní korelace s vysokými květnovými srážkami ve stávajícím roce.



Obr. 3.16: Vynesené korelační koeficienty (r -osa y) lokálních chronologií se srážkami (sloupce) a teplotami (linie) od května předchozího roku do srpna stávajícího roku za období 1954 – 2000 pro vysoké a střední polohy a 1943 – 2000 pro nízké polohy. Hodnoty korelačního koeficientu vyšší než 0,3 a nižší než -0,3 pro nízké a střední polohy, vyšší než 0,31 a nižší než -0,31 pro vysoké jsou průkazné, $p < 0,05$ (černé horizontální linie v grafech).

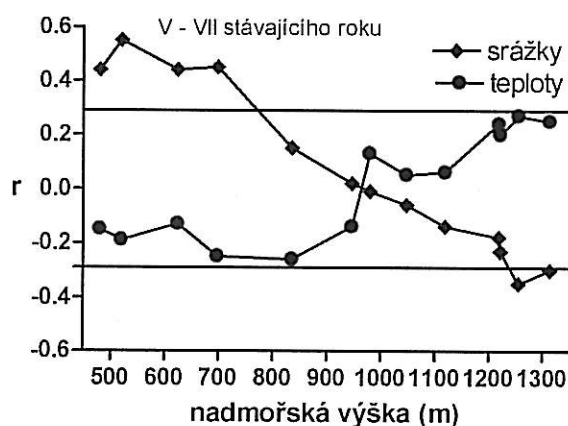
Druhá korelační analýza byla provedena se stanovištními chronologiemi podél transektu nadmořských výšek s průměry měsíčních teplot a úhrny srážek za období července až září předchozího roku a května až června stávajícího roku (viz Materiál a metody 2.6).

Srážky za období července až září předchozího roku nemají prokazatelný vliv na růst stromů na jednotlivých stanovištích transektu nadmořské výšky, kromě nejnižše položené lokality 004p. Naproti tomu je téměř na celém gradientu nadmořských výšek vidět průkazný trend negativního ovlivnění růstu stromů v příštím roce vysokou teplotou v tomto období (Obr. 3.17; Příloha IV, Tab. 4.2).



Obr. 3.17: Vynesené korelační koeficienty (r – osa y) stanovištních chronologií se srážkami a teplotami od července do září předchozího roku za období 1954 – 2000 pro vysoké a střední polohy a 1943 – 2000 pro nízké polohy; hodnoty korelačního koeficientu vyšší než 0,29 a nižší než -0,29 jsou průkazné, $p < 0,05$ (černé horizontální linie v grafu).

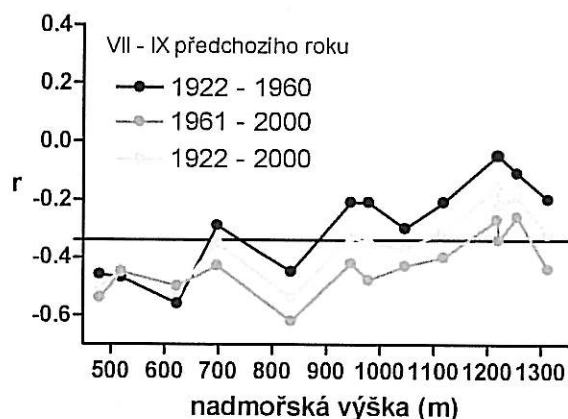
Vliv srážek na růst stromů za období května až června stávajícího roku se plynule mění s rostoucí nadmořskou výškou. Vysoké srážky mají průkazně pozitivní vliv na růst stromů v nízkých polohách. V rozmezí nadmořských výšek mezi 750 a 1 200 m přestává být tento vliv průkazný. Dochází zde však mezi 900 a 1 000 m n. m. k přeměně pozitivního vlivu vysokého úhrnu srážek na negativní, který se stává průkazným v polohách nad 1 200 m n. m. Obrácený trend mají teploty na transektu nadmořských výšek, ty však nemají dostatečně vysoké korelační koeficienty. I u nich lze konstatovat opětovnou změnu negativního vlivu v nízkých polohách na pozitivní mezi 1 000 a 900 m (Obr. 3.18; Příloha IV, Tab. 4.2)



Obr. 3.18: Vynesené korelační koeficienty (r – osa y) stanovištních chronologií se srážkami a teplotami od května do července stávajícího roku za období 1954 – 2000 pro vysoké a střední polohy a 1943 – 2000 pro nízké polohy; hodnoty korelačního koeficientu vyšší než 0,29 a nižší než -0,29 jsou průkazné, $p < 0,05$ (černé horizontální linie v grafu).

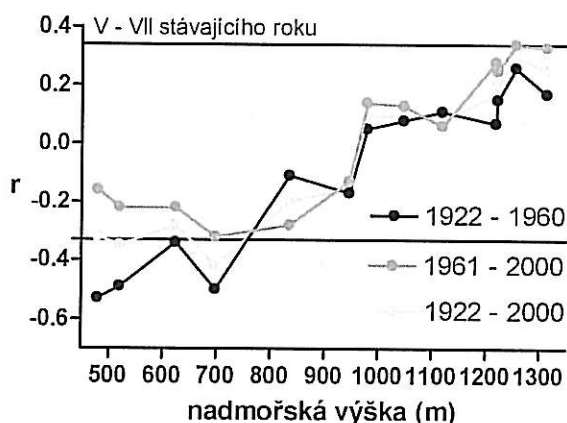
Pro ověření negativního trendu vlivu vysokých letních teplot v předchozím roce na přírůst smrku (Obr. 3.19) a zároveň k ověření neprůkazného vlivu vysokých teplot na růst stromů v daném roce (Obr. 3.20) byla vzhledem k dostatečné délce využita řada teplot z Českých Budějovic za období 1922 – 2000. Průměrné teplotní řady letních měsíců předchozího roku se od sebe za období 1922 – 1960 a 1961 – 2000 neliší ($p = 0,793$). Neliší se ani teplotní řady letních měsíců stávajícího roku ($p = 0,688$; Příloha IV, Tab. 4.4)

Korelace stanovištních chronologií s průměrnými teplotami vzduchu předchozího roku za období 1922 – 1960 a 1961 – 2000 ukazují sice obdobný trend na transektu nadmořské výšky, ale za období 1961 – 2000 je negativní vliv vysoké teploty na celém transektu již průkazný (Obr. 3.19; Příloha IV, Tab. 4.3). Signifikantní negativní vliv teploty na růst smrku na lokalitách ze středních a vysokých poloh je záležitostí přibližně posledních 40 let. Negativní vliv vysokých teplot je za obě zvolená rozmezí let relativně stejný pro nadmořské výšky přibližně do 850 m.



Obr. 3.19: Vynesené korelační koeficienty (r – osa y) stanovištních chronologií s teplotami od července do září předchozího roku ze stanice České Budějovice za období 1922 – 1960, 1961 – 2000, 1922 – 2000; hodnoty korelačního koeficientu nižší než $-0,34$ jsou průkazné, $p < 0,05$ (černá horizontální linie v grafu).

Korelace stanovištních chronologií s průměrnými teplotami vzduchu daného roku za období 1922 – 1960 a 1961 – 2000 vykazují obdobný průběh v polohách přibližně od 800 m n. m. výše, liší se však v nízkých polohách (Obr. 3.20; Příloha IV, Tab. 4.3). Negativní vliv vysoké teploty na růst stromů je v nízkých polohách průkazný pouze za období 1922 – 1960, zeslabení tohoto vlivu je tedy záležitostí přibližně posledních 40 let.



Obr. 3.20: Vynesené korelační koeficienty (r – osa y) stanovištních chronologií s teplotami od května do července stávajícího roku ze stanice České Budějovice za období 1922 – 1960, 1961 – 2000, 1922 – 2000; hodnoty korelačního koeficientu vyšší než $0,33$ a nižší než $-0,33$ jsou průkazné, $p < 0,05$ (černé horizontální linie v grafu).

4. Diskuse

4.1 Charakteristika stanovištních chronologií na výškovém gradientu

Stanovištní chronologie byly na výškovém transektu charakterizovány pomocí průměrné šířky letokruhu, průměrné citlivosti, hodnot autokorelace na první ose a průměrné korelace mezi standardizovanými řadami jednotlivých stromů na lokalitě.

Pozorovaný trend průměrných šířek letokruhů na transektu nadmořské výšky lze označit jako nevýrazný. Vybočují z něj pouze tři lokality z vysokých poloh (Babůrka **016p**, U pramene Vltavy **011p** a Černá hora **010p**), které mají relativně neobvyklé hodnoty průměrných šířek letokruhů v rámci studovaných lokalit ve vysokých polohách (Tab. 3.2, Obr. 3.1a). Nejnápadnější je nízká hodnota průměrné šířky letokruhu (1,68 mm; Tab. 3.2) u lokality **016p** nacházející se kolem 1 000 m n. m., což je pravděpodobně dáno specifickými stanovištními podmínkami této lokality v minulosti. Jednou z příčin mohlo být dlouhodobé zamokření stanoviště až do vzniku odvodňovacích kanálů nalezených v blízkosti lokality. Zlepšení hydrologických poměrů lokality po odvodnění by se teoreticky mělo odrazit ve zvětšení ročního přírůstu (SCHULTHESS 1990). Na této lokalitě však nebyla zaznamenána žádná náhlá růstová změna společná pro všechny stromy. K vysušení stanoviště muselo tedy pravděpodobně dojít až v relativně vyšším věku smrků, kdy se již značně projevuje věkový trend a stromy mohou mít zmenšenou schopnost reagovat na změnu podmínek prostředí ve svém okolí (SCHWEINGRUBER 1986).

Další výrazný výkyv je patrný u lokality **011p**, kde je hodnota průměrné šířky letokruhů poměrně vysoká (4,02 mm) v porovnání s ostatními hodnotami v zóně vysokých nadmořských výšek (Tab. 3.2). Podobně překvapující je též velká průměrná šířka letokruhů nejvýše umístěné lokality na vrcholu Černé hory **010p**. Obě lokality jsou si prostorově velmi blízké (Obr. 2.1), a přestože jsou nejvýše položené, nevykazují obecně udávaný trend – zmenšující se průměrnou šířku letokruhů s blížící se horní hranicí lesa (TRANQUILLINI 1979, LINGG 1986, WILSON et HOPFMUELLER 2001). Tato okolnost je pravděpodobně způsobena jižní orientací a polohou těchto lokalit mimo inverzní oblast Kvildy (ALBRECHT et al. 2003), kde je situována převážná většina lokalit z vysokých nadmořských výšek. Lokality se také nachází zřejmě ještě příliš nízko pod teoretickou horní hranicí lesa, než aby mohlo dojít k projevu zmiňovaného trendu.

Druhá sledovaná charakteristika, průměrná citlivost, plynule klesá se stoupající nadmořskou výškou, naproti tomu hodnoty autokorelace na první ose vykazují v nízkých polohách znatelně nižší hodnoty než v polohách od 800 m n. m. výše (Obr. 3.1b,c). Z těchto skutečností vyplývá, že přírůst z předchozího roku ovlivňuje růst stromu v následujícím roce více ve vysokých polohách než v nízkých polohách, které více reflektují meziroční variabilitu podmínek prostředí (FRITTS et al. 1965). Neprokázalo se opětovné zvýšení průměrné citlivosti s blízkostí horní hranice lesa (WILSON et HOPFMUELLER 2001) ze zjevného důvodu – česká část Šumavy nedosahuje horní hranice lesa (MORAVEC 1964, SKALICKÝ 1998).

Poslední sledovanou charakteristikou stanovištních chronologií jsou průměrné korelace mezi standardizovanými řadami jednotlivých stromů na lokalitě. Vyšší hodnoty průměrné korelace na obou koncích výškového transektu mohou být dány extrémní polohou těchto lokalit v rámci gradientu. U stromů z extrémních poloh je čitelnější společný signál daný relativně homogenními klimatickými podmínkami (FRITTS 1976). Na druhou stranu došlo i k určitému zkreslení výsledných hodnot průměrné korelace pro jednotlivé lokality, protože pro vytvoření stanovištních chronologií nebyly pokaždé použity oba vzorky z jednoho stromu. Tato skutečnost mohla vést k případnému poklesu hodnoty průměrné korelace mezi stromy u stanovištních chronologií, kde bylo vybráno více jednotlivých vzorků. Důsledkem použití dvou vzorků z jednoho stromu je z hodnoty průměrné korelace předem odstraněna část šumu, daná individualitou každého jedince (BRIFFA et JONES 1990).

4.2 Srovnání stanovištních chronologií na výškovém gradientu

Analýza PCA (Obr. 3.3) a korelační matice (Obr. 3.4) rozlišila tři skupiny stanovištních chronologií, jejichž rozložení odpovídá změně nadmořské výšky a s tím související změně faktorů limitujících růst smrku. První skupinu tvoří chronologie z vysokých poloh **010p**, **011p**, **012p**, **013p**, **014p**, **015p**, **016p**, jejichž spodní hranice se pohybuje v nadmořské výšce mezi 946 a 979 m. Druhou kompaktní skupinu vytváří chronologie z nízkých poloh **004p**, **006p**, **007p**, **008p**, které mají horní hranici mezi 698 a 835 m n. m. Mezi těmito dvěma jasnými skupinami figurují dvě chronologie ze středních poloh (**017p** a **020p**), přičemž stanovištní chronologie **020p** inklinuje k chronologiím z níže položených oblastí, především **008p** a **007p**. Stanovištní chronologie **017p** si odpovídá se třemi chronologiemi z vyšších poloh, které se vůči ní vyskytují v nejbližších nadmořských výškách (**012p**, **014p**, **016p**) a současně inklinuje i k **008p** z níže položené oblasti.

Nejednoznačné zařazení těchto dvou chronologií ze středních poloh nasvědčuje o pravděpodobné změně odezvy smrku ke klimatickým faktorům někde v této části výškového transektu. Smrk patrně není ve středních polohách silněji limitován klimatickými faktory (KIENAST et al. 1987), jeho růstová odezva se jeví slabou a nezřetelnou (DITTMAR et ELLING 1999, WILSON et HOPFMUELLER 2001). Smrk má v těchto nadmořských výškách optimální podmínky k růstu (lesní vegetační stupeň jedlobukový a smrkobukový – produkční optimum; PRŮŠA 2001), takže rozhodující vliv zde zřejmě mají spíše stanovištní podmínky. Obdobné rozdělení je patrné i ve studii Wilsona a Hopfmüllera (WILSON et HOPFMUELLER 2001), která vylíšila v Bavorském lese také tři zóny nadmořských výšek (nízké polohy < 680 m; střední polohy 780 – 970 m, vysoké polohy > 1070 m n. m.) s rozdílnými růstovými odezvami smrku v závislosti na nadmořské výšce.

Obecně lze konstatovat, že vzájemná podobnost chronologií klesá s rostoucí geografickou vzdáleností (BECKER 1978, SCHWEINGRUBER 1985). Tento trend nebyl v měřítku vybraného regionu výrazněji patrný. Projevila se spíše podobnost chronologií

v závislosti na nadmořské výšce lokality, ze které byly odebrány vzorky pro vytvoření stanovištní chronologie, stejně jako v regionu Bavorského lesa (WILSON et HOPFMUELLER 2001; Obr. 3.6).

4.3 Růstové trendy a analýza významných let

Dlouhodobější růstové trendy jsou většinou relativně obdobné i v rámci značně velkých regionů bez ohledu na geografickou vzdálenost a nadmořskou výšku odebraných stanovišť (MÄKINEN et al. 2002). Lokální chronologie ze tří zón nadmořských výšek Šumavy a jejího podhůří mají obdobný dlouhodobý průběh růstových trendů v měřítku desetiletí (Obr. 3.7). Liší se pouze rozdílnou mírou intenzity projevu poklesu nebo naopak růstu, případně je posunut vrchol jejich maximálního projevu.

Příkladem mohou být především změny růstového trendu lokálních chronologií v druhé polovině 20. století. Nejnápadnější náhlá růstová deprese je patrná na sklonu 40. let a v průběhu 50. let, přičemž ve vysokých polohách trvá nejdéle. Obdobný propad růstového trendu u smrku byl zaznamenán v této době i v jihozápadním a východním Německu, jižním a centrálním Finsku (MÄKINEN et al. 2002).

Další patrný růstový pokles, který má obdobný průběh u všech lokálních chronologií, byl detekován v 70. letech. Jev této růstové deprese smrku je zmiňován v mnoha studiích ze střední Evropy, např. ze Švýcarska (SCHWEINGRUBER 1986), jižního Finska (MÄKINEN et al. 2001), jihozápadního a východního Německa, jižního a centrálního Finska a Norska (MÄKINEN et al. 2002), z České republiky ze severních a severozápadních sudetských pohoří (SANDER et al. 1995, KROUPOVÁ 2002) a z Německa z Bavorského lesa (ECKSTEIN et SASS 1989, WILSON et ELLING 2003). Pokles růstového trendu v 70. letech nelze vysvětlovat změnou klimatických podmínek (SCHWEINGRUBER 1986), obvykle je dáván do spojitosti se znečištěním ovzduší SO_2 (MÄKINEN et al. 2002, KROUPOVÁ 2002, WILSON et ELLING 2003).

Za růstovou depresí v 70. letech následuje zvýšení růstového trendu, stejně jako je tomu i v jiných oblastech (KROUPOVÁ 2002, MÄKINEN et al. 2002). Posléze dochází k diferencii průběhu růstového trendu u všech třech lokálních chronologií. Pro vysoké polohy trvá stoupající trend až do druhé poloviny 90. let, naproti tomu ve středních polohách růstová deprese víceméně přetrvává do poloviny 90. let. V nízkých polohách je obnova růstového trendu prudce přerušena propadem již v první polovině 80. let a poté následuje opětovné zvýšení růstu. 90. léta se u všech chronologií vyznačují velkým poklesem růstového trendu. Konkrétně lokální chronologie pro nízké polohy má absolutní minimum v první polovině 90. let (shodně MÄKINEN et al. 2001). U chronologie pro vysoké polohy se pokles projevuje až v druhé polovině 90. let, obdobně jako v severozápadních Sudetách (KROUPOVÁ 2002). Lokální chronologie pro střední polohy tvoří přechod mezi výše zmíněnými. Na tomto propadu, který je společný pro všechny tři lokální chronologie, je jasně viditelný posun růstové odezvy stromů v závislosti na nadmořské výšce.

Všeobecně platí, že stanovištní chronologie jeví v rámci jedné zóny nadmořských výšek převážně obdobný průběh růstového trendu, avšak výraznější porušení této shody je patrné u stanovištních chronologií z vysokých poloh Šumavy v průběhu 19. století (Obr. 3.13). Mezi jednotlivými stanovištními chronologiemi dochází k různě vzájemně mezi sebou posunutým obdobím útlumu a obnovy růstového trendu, což by mohlo mít souvislost s různými růstovými anomáliemi mladých stromů. Tyto se mohou projevit spíše na začátku jednotlivých stanovištních chronologií, vzhledem k menšímu počtu vzorků, kterými je chronologie proložena (BRIFFA et JONES 1990).

4.4 Významné roky

Na rozdíl od růstových trendů, které si jsou vesměs podobné, shoda ve významných letech je u tří studovaných lokálních chronologií poměrně vzácná. Shoda se výjimečně vyskytla ve středních polohách, které mají za období 1930 – 2000 několik obdobných reakcí na podmínky prostředí s nízkými či vysokými polohami (Obr. 3.8). Tento jev pravděpodobně vypovídá o nevyhraněné reakci na vnější podmínky prostředí, kdy jednou v těchto nadmořských výškách zřejmě převáží vliv limitujících faktorů totožný s nízkými, jindy s vysokými polohami. Kontrolní vliv klimatických podmínek roste s hranicemi ekologických možností druhu. Stromy rostoucí v průměrných podmínkách reagují slaběji na změny klimatických faktorů. Na druhou stranu vztah mezi tloušťkovým přírůstkem a klimatickými změnami může být v průměrných podmínkách problematictější, protože faktory ovlivňující tloušťkový přírůstek se mohou měnit z roku na rok (MÄKINEN et al. 2003).

Výrazný růstový jev, 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 jsou v této práci za významné roky brány v úvahu především ty, které se projeví v jednotlivých zónách nadmořských výšek alespoň na polovině lokalit nejméně u 50 % stromů. Jasně patrné významné roky za období 1929 – 2000 byly detekovány v letech 1932, 1971, 1976, 1984, 1992, 1997 a 2000 na většině lokalit z nízkých poloh (Obr. 3.10), v letech 1964, 1986 a 1976 na dvou stanovištích ze středních poloh (Obr. 3.12) a v letech 1929, 1931, 1954, 1963, 1965, 1969, 1974, 1980 a 1996 na většině lokalit ve vysokých polohách (Obr. 3.14). Pozornost je v diskusi věnována především významným rokům, které byly zaznamenány jinými studiemi i v dalších oblastech. Ostatní významné roky za toto období jsou interpretovány v Příloze V, Tab. 5.1.

Projev významného roku v zóně vysokých nadmořských výšek se zdá být spojen především s vlivem teploty. Negativní významné roky jsou zde způsobovány především dvěma faktory. V prvním případě jsou zřejmě vyvolány nízkou teplotou v průběhu zimních měsíců, případně ještě v souhrě s nízkými srážkami, respektive nízkou sněhovou pokrývkou v tomto období. Tenká sněhová pokrývka nedostatečně ochraňuje jehlice a kořenový systém stromů před poškozením mrazem. Zároveň značně promrzlá půda

zabraňuje stromům v absorpci vody z půdy v časných jarních měsících (DESPLANQUE et al. 1999). Příkladem je negativní významný rok 1929, který byl zřejmě způsoben extrémně nízkými únorovými a lednovými teplotami (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). Růstová redukce zapříčiněná nízkými zimními teplotami byla pozorována i na Trojmezí (TICHÝ et SVOBODA 2003, SVOBODA et TICHÝ 2004), ve francouzských Alpách (DESPLANQUE et al. 1999), na severním úpatí švýcarských Alp (SCHWEINGRUBER et al. 1991) a v jižním Německu (BECKER et al. 1990).

V druhém případě byly zřejmě negativní významné roky ve vysokých polohách vyvolány nízkou teplotou v průběhu vegetační sezóny (především v červenci), v některých letech navíc umocněné vysokými srážkami. Intenzivní růst smrku je totiž na horách spojen především s letními měsíci červnem a červencem (KROUPOVÁ 2002). Příkladem může být rok 1965, který byl celkově chladnější, s relativně vysokými květnovými srážkami (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). Tento jediný negativní významný rok byl detekován u všech lokalit z vysokých poloh včetně i dalších dříve studovaných částí Šumavy (Trojmezí; TICHÝ et SVOBODA 2003, SVOBODA et TICHÝ 2004).

Dalším negativním významným rokem je rok 1974, který byl pravděpodobně vyvolán neobvyklým průběhem teplot v daném roce, kdy po relativně teplém období v zimě a časných jarních měsících přišlo studené období (květen až červenec) s vysokými srážkami (duben až srpen, Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). Stejný vliv chladného léta na růst stromů v daném roce byl popsán také na Trojmezí (TICHÝ et SVOBODA 2003, SVOBODA et TICHÝ 2004) a v severozápadních a severních sudetských pohořích pro lokality nad 1 000 m n. m. (KROUPOVÁ 2002). Obdobně se projevilo na ročním přírůstku studené léto v roce 1980, a to jak ve vysokých polohách Šumavy včetně Trojmezí (TICHÝ et SVOBODA 2003, SVOBODA et TICHÝ 2004), tak na severním úpatí švýcarských Alp (SCHWEINGRUBER et al. 1991), 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.

Negativní významný rok 1996 způsobily zřejmě nízké teploty v průběhu zimy i relativně nízké úhrny srážek v tomto období (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). Stejný pokles byl zaznamenán pouze v Krušných Horách (KROUPOVÁ 2002), kde je spojován především se zimními mrazy v kombinaci s vysokými koncentracemi SO_2 v ovzduší. Dlouhodobě vysoké koncentrace SO_2 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_2 v ovzduší v tomto desetiletí (HRUŠKA et CIENCIALA 2003).

V nízkých polohách lze projev významného roku ve většině případů vysvětlit velkým nebo naopak nedostatečným množstvím srážek během vegetační sezóny s důrazem na období května až června daného roku, popřípadě ještě v interakci s vyššími teplotami v letních měsících. Velký přírůst v pozitivním významném roce 1932 nejspíše způsobily vysoké srážky ve vegetační sezóně, hlavně v období května (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1).

Obdobně se odrazilo chladné vlhké léto 1932 i v regionu Švýcarska na severním úpatí Alp (SCHWEINGRUBER et al. 1991). Naopak sucho v období od května do srpna vyvolává největší růstové redukce (SCHWEINGRUBER 1986). Právě negativní významný rok 1992 byl v nízkých polohách pravděpodobně zapříčiněn nízkými srážkami během inkriminovaných měsíců (květen až srpen), a také nízkými srážkami od srpna do listopadu předchozího roku (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1).

Negativním významným rokem, který se projevil jak v nízkých tak, i ve středních polohách (do 950 m n. m.), byl rok 1976. Velmi pravděpodobně (stejně jako v dalších regionech) byl vyvolán suchým obdobím objevujícím se ve středních polohách od ledna do června a v nízkých polohách od března do července. Letní vysoké teploty v červnu a červenci sehrály nejspíš podstatnou úlohu v prodloužení vodního deficitu. Na přírůstek v roce 1976 se také ovšem mohly podepsat i vysoké teploty v srpnu a září předchozího roku (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). V Čechách se tento rok projevil i na dalších místech, konkrétně v severozápadních a severních sudetských pohořích byl patrný růstový pokles u porostů do 800 m n. m. (KROUPOVÁ 2002), což je podstatně níže než v oblasti Šumavy. Stejně byl negativní významný rok 1976 způsobený extrémně suchým létem popsán i v četných studiích na mnohých místech centrální Evropy, např. ve švýcarských a francouzských Alpách (LINGG 1986, SCHWEINGRUBER et al. 1991, DESPLANQUE et al. 1999) a v jižním, jihozápadním a východním Německu (BECKER et al. 1990, MÄKINEN et al. 2002).

Další negativní významné roky 1964, 1986, spolu s rokem 1976 zjištěné na dvou lokalitách ze středních poloh, naznačují určitou nevyhraněnost růstových reakcí na pravděpodobné klimatické příčiny, které by mohly způsobit extrémní šířku letokruhu ve významných letech. Negativní roky 1964 a 1986 mohly být na rozdíl od roku 1976 zapříčiněny jak nízkými teplotami a srážkami v některých zimních měsících, tak nižšími srážkami a vyššími teplotami v některém z měsíců vegetačního období (Příloha V, Obr. 5.2, Tab. 5.1). Negativní významný rok 1986 byl zaznamenán po velmi studené zimě i ve Švýcarsku (SCHWEINGRUBER et al. 1992) a francouzských Alpách (DESPLANQUE et al. 1999).

Projev významného roku může být samozřejmě i důsledkem neklimatických jevů jako je žír hmyzu, semenné roky apod. (SCHWEINGRUBER 1996). Například negativní významné roky 1974 a 1976 jsou také dávány do souvislosti s probíhajícími semennými roky v příslušné vegetační sezóně (SELÄS et al. 2002).

4.5 Růstová anomálie v roce 1912

Nezřetelné letní dřevo bylo detekováno pouze v roce 1912, kdy se objevilo v různě velké míře u stromů z vysokých a v jednom případě na lokalitě ze středních poloh (Obr. 3.15, Tab. 3.3). Výskyt tohoto jevu je vždy do jisté míry spojen s klimatickými jevy a je nazýván světlým či mrazovým letokruhem (WIMMER 2002). Tento jev zpravidla indikuje závažné události, např. nízké teploty (SZEICZ 1996), ztrátu listoví zapříčiněnou hmyzem

(SCHWEINGRUBER 1979) nebo vulkanické erupce (LAMARCHE et HIRSCHBOECK 1984) jako je tomu v tomto případě. Nevyvinuté letní dřevo v roce 1912 bylo způsobeno dlouhodobým snížením globální radiace na celé severní polokouli, které bylo zapříčiněno výbuchem sopky Katmai na Aljašce v červnu 1912 (KYNCL et al. 1990).

Největší procentuální podíl stromů s nevyzrálým letním dřevem byl nalezen u dvou lokalit z nejvyšších nadmořských výšek – Černá Hora **010p** (88 %) a U pramene Vltavy **011p** (78 %). Na dalších šumavských lokalitách bylo nevyvinuté letní dřevo detekováno v menší míře. Nejméně byl patrný světlý letokruh na lokalitě Antýgl **015p** (25 %) a vůbec se nevyskytoval na lokalitě Babůrka **016p**, což nejspíše souvisí se značným stářím stromů na těchto stanovištích. Kambium stromu ve věku kolem 50 let začíná pozvolna ztrácet schopnost reagovat a náhle redukovat růstové procesy (SCHWEINGRUBER 1986), proto nemusela být odezva stromů na změnu radiace na těchto stanovištích vůbec zachycena. Tichý a Svoboda (TICHÝ et SVOBODA 2003, SVOBODA et TICHÝ 2004) při analýze roku 1912 v oblasti Trojmezenského pralesa uvádí (při vyšší frekvenci výskytu nevyzrálého letního dřeva kolem 90 %), že nebyla zjištěna zjevná závislost tohoto úkazu na nadmořské výšce nebo stáří stromu. Tento jev je patrný i u lokality Na Radosti ze středních poloh **017p** (**020p** nedostatečně dlouhá), naopak se již neprojevil u dvou lokalit s dostačujícím stářím stromů z podhůří Šumavy – Čepřovické Čihadlo **006p** a Krtelský les **004p**. Tato skutečnost mohla být způsobena obecně jinými limitujícími faktory pro růst stromů v nízkých polohách, za které jsou považovány především srážky (např. DESPLANQUE et al. 1999), nikoliv nízké teploty respektive radiace.

4.6 Dendroklimatologická analýza na výškovém gradientu

Korelace lokálních chronologií s klimatickými řadami měsíců (leden až srpen) daného roku ukázaly rozdílné limitující faktory pro růst smrků v jednotlivých zónách nadmořských výšek. V nízkých polohách se jako zásadní ukázal pozitivní vliv vysokých srážek v květnu až srpnu (Obr. 3.16). Nízké srážky během vegetační sezóny jsou v těchto polohách všeobecně pokládány za hlavní limitující faktor negativně ovlivňující růst stromů (např. BECKER 1978, KIENAST et al. 1987, WILSON et HOPFMUELLER 2001, MÄKINEN et al. 2002).

Efekt vodního stresu se na stromech projevuje několika způsoby. Konkrétně dochází k omezení počtu otevřených průduchů, čímž se sníží rychlost fotosyntézy a transpirace, zároveň ztráta turgoru v buňkách růstových tkání vede k pozastavení růstu, případně až např. k odumírání jehlic (PROCHÁZKA et al. 1998). Z těchto důvodů není tedy překvapivá ani negativní korelace s vysokými teplotami v srpnu, které mohou v suchém roce dodatečně zvýšit vodní stres ke konci vegetační sezóny.

Naopak pro střední polohy byla na základě lokální chronologie zjištěna pouze negativní korelace s vysokými lednovými srážkami ve stávajícím roce. Negativní vliv lednových srážek byl popsán také v Bavorském lese, ale pouze v nízkých polohách (WILSON et HOPFMUELLER 2001). Vysoké lednové srážky pravděpodobně značí napadnutí

většího množství vlhkého sněhu, jehož silný závěs na neadaptovaných stromech středních a nízkých poloh způsobuje mechanické poškození, především ve vrcholových partiích stromů. Právě tímto jevem jsou v průběhu zimy nejvíce ohroženy lesní porosty středních poloh (SVOBODA 1952).

Ostatní měsíce stávajícího roku nemají průkazný vliv, tudíž je možné usuzovat, že růst stromů ve středních polohách nevykazuje přílišnou souvislost se změnami klimatických podmínek v daném roce. Růstová odezva ke klimatu je zde udávaná jako slabá a nezřetelná, limitující faktory pro růst se zde patrně mění z roku na rok (DITTMAR et ELLING 1999, WILSON et HOPFMUELLER 2001, MÄKINEN et al. 2002).

V případě vysokých poloh v oblasti Šumavy byl zjištěn v květnu daného roku opačný trend než v nízkých polohách. Zdá se, že zde vysoké květnové srážky ve vegetační sezóně působí negativně na růst stromů (Obr. 3.16). Tento výsledek naznačuje s velkou pravděpodobností působení jiného limitujícího faktoru v těchto polohách, a to snížené radiace, která způsobuje omezení fotosyntézy na začátku vegetační sezóny. Naopak pozitivní vliv vysokých teplot během vegetační sezóny nebyl v těchto polohách Šumavy průkazný, i přestože je pokládán za hlavní obecně udávaný limitující faktor ve vysokých nadmořských výškách (např. FRITTS et al. 1965, TRANQUILLINI 1979, KIENAST et al. 1987). Tento výsledek je pravděpodobně způsoben tím, že odebrané porosty z horní části gradientu nejsou dostatečně extrémní, aby se tento faktor mohl výrazněji projevit. K obdobnému závěru došli i Wilson a Hopfmueller (WILSON et HOPFMUELLER 2001) ve vysokých oblastech Bavorského lesa, kde pozitivní vliv vysoké teploty na růst stromů nepovažují přes průkazné korelace v některých měsících vegetačního období za příliš zřetelný.

Pro zachycení změny limitujících faktorů na gradientu nadmořské výšky byly zvoleny tři měsíce vegetační sezóny (květen až červenec). Na transektu nadmořské výšky je dobře patrná plynulá změna vlivu srážek od průkazného pozitivního vlivu vysokých srážek v nízkých polohách až po jejich negativní vliv u nejvýše položených lokalit. K výše uvedené změně trendu dochází v zóně mezi 750 a 1 200 m n. m. (Obr 3.18). V podstatě stejně probíhá změna vlivu srážkových úhrnů na transektu v oblasti Bavorského lesa, pouze s tím rozdílem, že negativní vliv srážek je zde patrný již okolo 1 050 m n. m. (WILSON et HOPFMUELLER 2001).

V souhrně s těmito výsledky je i změna hodnot korelačních koeficientů pro stanovištní chronologie s teplotami za stejné období. Negativní vliv vysoké teploty je i přes neprůkazné korelace zřejmý v nižších a středních polohách, na rozdíl od úhrnu srážek, který zde má naopak pozitivní vliv (Obr 3.18). Se stoupající nadmořskou výškou negativní vliv teploty klesá, až se kolem 950 m n. m. mění spíše v pozitivní. Stejný trend vlivu vysokých teplot je patrný i v Bavorském lese s tím rozdílem, že ke změně negativního vlivu v pozitivní dochází díky rozdílné expozici lokalit přibližně o 100 výškových metrů níže (WILSON et HOPFMUELLER 2001).

Klimatické podmínky předchozího roku mají také velmi důležitý vliv na růst stromů v daném roce (např. FRITTS et al. 1965, VOGEL et SCHWEINGRUBER 2001). Průkazný vztah mezi růstem v daném roce a některými měsíci roku předchozího byl zjištěn pro všechny tři zóny nadmořských výšek (Obr. 3.16). Zajímavý je především negativní vliv vysokých teplot některého z měsíců vegetační sezóny v předchozím roce.

Negativní korelace s vysokou teplotou v září by mohla být, zvláště v nízkých polohách, způsobena analogií jevu zjištěného Frittem (FRITTS 1974) pro suché oblasti na severozápadě Spojených států. Ve studované oblasti jsou limitujícím faktorem pro růst stromů v nízkých nadmořských výškách především srážky, stejně jako v Šumavském podhůří. Vysoké podzimní teploty zvyšují vodní stres, který vede k redukci čistého zisku fotosyntézy díky zvýšené evapotranspiraci. Tudíž je vytvořeno a uloženo méně asimilátů pro růst v následujícím roce.

Vysvětlení negativní korelace vysoké červencové teploty předchozího roku a lokálních chronologií by mohlo být ve vysokých a středních polohách spojeno se semenným rokem v následující vegetační sezóně. Teplé měsíce červen a červenec předchozího roku indukují ještě spolu s dalšími faktory výskyt semenných roků, při kterých dochází k redukci tloušťkového přírůstku (SELÄS et al. 2002).

Další vysvětlení by mohlo mít souvislost s přemnožením kůrovce. Obecně je známo, že dlouhé teplé léto předchozího roku, v nízkých a středních polohách ještě znásobené vysokými teplotami v září, umožní vývin více generací lýkožroutů (v nízkých polohách až tři generace, ve vysokých dvě). Tím je zvýšen potenciaální atak kůrovce v následujícím roce (např. FORST et al. 1985, LIŠKA et KNÍŽEK 2004).

Pro podchycení především negativních vlivů vysokých letních teplot v předchozím roce na transektu nadmořské výšky byly vybrány tři měsíce (červenec až srpen), které měly v každé zóně nadmořských výšek největší hodnotu korelačních koeficientů (Obr. 3.16). Vynesené korelační koeficienty srážek a teplot nevykazují, na rozdíl od vybraných měsíců vegetační sezóny v daném roce, změnu s rostoucí nadmořskou výškou (Obr. 3.17, 3.18). Vliv srážek za stejné období je s výjimkou nejnižší položené lokality neprůkazný. Průkazný negativní vliv vysokých teplot v období od července do září, a to na celém transektu nadmořských výšek, by mohl teoreticky poukazovat jak na kůrovce, tak na semenné roky.

Tyto hypotézy se však jeví v jiném světle při rozdělení korelací stanovištních chronologií s průměrnou teplotní řadou od července do září předchozího roku na dvě období (1922 – 1960 a 1961 – 2000), která se od sebe neliší (Příloha IV, Tab. 4.4). V těchto obdobích se totiž pravděpodobně do určité míry projevuje trend popisovaný v některých studiích, tj. změna růstové odezvy jehličnanů ke klimatickým podmínkám zhruba od 60. let 20. století (např. BRIFFA et al. 1998, BRÁZDIL et al. 2002, KIRDYANOV et al. 2003, WILSON et ELLING 2003).

Negativní vliv vysokých teplot je za obě období stabilní pouze pro porosty přibližně do 850 m n. m. (Obr. 3.19). V těchto polohách se s největší pravděpodobností jedná o vliv snížené transpirace působením vodního stresu. U výše položených porostů je negativní vliv

vysoké letní teploty předchozího roku průkazný pouze v posledních 30 – 40 letech. Zřejmě se musel v období 1961 – 2000 objevit další faktor působící synergicky s klimatickými podmínkami, který vyvolal zvýšenou citlivost stromů na vysoké teploty předchozího léta.

Jedním z vysvětlení by mohlo být znečištění ovzduší. Tento antropický impakt je zmiňován jako jeden ze směsice možných faktorů, které jsou příčinou mírného poklesu růstového trendu smrků ve vysokých polohách Bavorského lesa, jenž nastal v 70. letech (ECKSTEIN et SASS 1989). Jedná se především o SO₂, jehož zvýšená koncentrace v ovzduší způsobuje poškození jehlic, respektive inhibuje část fotosyntetických procesů. Dalším toxickým plynem ohrožujícím především lesní porosty horských oblastí je ozón. Ozón se vytváří v horních vrstvách znečištěného ovzduší vystavených intenzivnímu slunečnímu záření, obzvláště při inverzním typu počasí s malou turbulentní výměnou. Indukuje tvorbu látek, které jsou součástí obranných mechanismů rostliny a současně stresové proteiny shodné s látkami tvořenými při napadení rostliny patogenními organizmy (PROCHÁZKA et al. 1998).

Také lesní porosty v oblasti Šumavy jsou v uplynulých dvou desetiletích vystaveny zvýšenému imisně-ekologickému zatížení, které zejména v nejvyšše položených partiích způsobuje značné ekofyziologické oslabení porostů. Oslabení stromů se navenek projevuje specifickými symptomy, např. poškozením a opadem jehlic, žloutnutím, nekrotizací apod. (VACEK et MAYOVÁ 2000).

Zvětšení vlivu vysokých teplot předchozího léta ve vyšších polohách v období 1961 – 2000 (Obr. 3.19) může být teoreticky dáno do souvislosti právě se znečištěním ovzduší, jehož projevy byly zaznamenány v regionu Šumavy v posledních dvou desetiletích. Pokud jsou stromy oslabené znečištěním, hůře odolávají dalším nepříznivým faktorům prostředí (KUBELKA et al. 1992, WIMMER 2002). Ve spojitosti s teplým létem předchozího roku by se mohlo jednat o výskyt kůrovce (např. FORST et al. 1985).

Korelační analýzy stanovištních chronologií s průměrnou teplotou od května do července daného roku, rozdělené na dvě období 1922 – 1960 a 1961 – 2000 ukázaly naopak zcela jiný trend. V období přibližně posledních 40 let došlo u lokalit z nižších poloh (do 750 m n. m.) k zeslabení negativního vlivu vysokých letních teplot (Obr. 3.20). Zeslabení klimatického signálu od 70. let bylo podchyceno i v nižších polohách (do 700 m n. m.) Bavorského lesa (WILSON et ELLING 2003), kde je tato změna růstové odezvy autory přičítána pravděpodobnému antropickému vlivu.

5. Závěr

Na transektu nadmořské výšky z oblasti Šumavy a Šumavského podhůří bylo celkem vytvořeno 13 stanovištních chronologií s průměrnou délkou 140 let.

1. Průměrné šířky letokruhů a průměrná korelace mezi standardizovanými řadami jednotlivých stromů na lokalitě vykazují neprůkazný trend v závislosti na nadmořské výšce. Průměrná citlivost plynule klesá se stoupající nadmořskou výškou na rozdíl od hodnot autokorelace na první ose, které jsou v nízkých polohách nižší než v polohách nad 800 m n. m.
2. Byly vylíšeny tři skupiny stanovištních chronologií odpovídající příslušným zónám nadmořských výšek.
 - Na základě tohoto rozdělení byly vytvořeny tři lokální chronologie pro nízké, střední a vysoké polohy.
 - Lokální chronologie ze tří zón nadmořských výšek mají obdobný dlouhodobý průběh růstových trendů v měřítku desetiletí. Liší se pouze mírou intenzity projevu poklesu nebo naopak růstu, případně je posunut vrchol jejich maximálního projevu.
 - Nejnápadnější deprese růstového trendu pro všechny tři lokální chronologie jsou patrné na sklonku 40. let a v průběhu 50. let a v 90. letech 20. století.
3. Celkové srovnání výskytu významných let za společné období 1930 – 2000 ze tří výškových poloh ukazuje na rozdílné limity pro růst smrku na transektu nadmořských výšek ve studovaném regionu.
 - Stromy z nízkých a vysokých poloh nemají totožné významné roky.
 - Naproti tomu stromy ze středních poloh jeví dvě minima shodná s nízkými polohami (1976, 2000) a jeden maximální přírůst totožný s vysokými (1989) polohami, což vypovídá o postupné změně odezvy ke klimatickým podmínkám v této části gradientu nadmořských výšek.
4. Nejvýraznější významné roky, které se projeví alespoň na polovině lokalit v jednotlivých zónách nadmořských výšek nejméně u 50 % stromů jsou tyto:
 - nízké polohy – negativní 1971, 1976, 1984, 1992, 2000; pozitivní 1932, 1997
 - střední polohy – negativní 1964, 1986, 1976
 - vysoké polohy – negativní 1900, 1906, 1913, 1929, 1954, 1965, 1974, 1980, 1996; pozitivní 1927, 1931, 1963, 1969

5. Na většině lokalit z vysokých a středních poloh Šumavy byla v roce 1912 zjištěna reakce na katastrofickou událost výbuchu sopky Katmai na Aljašce – světlý letokruh bez vyvinutého letního dřeva.
6. Růst smrků je v každé zóně nadmořských výšek ovlivňován jinými klimatickými faktory.
 - V nízkých polohách se jako zásadní ukázal limitující vliv srážek ve vegetační sezóně.
 - Ve středních polohách nebyl zjištěn podstatnější vliv klimatických podmínek ve vegetační sezóně, důležité se zde naopak jeví teploty v letních a podzimních měsících předchozího roku.
 - Ve vysokých polohách má na růst smrku hlavní vliv průběh teplot a srážek předchozího roku a květnové srážky během vegetační sezóny.
7. Srážky za období července až září předchozího roku nemají prokazatelný vliv na růst stromů na jednotlivých stanovištích transektu nadmořské výšky (vyjma nejnižše položené lokality **004p**). Negativní vliv vysoké letní teploty na růst smrku v příštím roce je patrný na téměř celém transektu nadmořských výšek.
8. Vliv srážek a teplot na růst stromů za období května až června stávajícího roku se plynule mění s rostoucí nadmořskou výškou.
 - Vysoké srážky mají průkazně pozitivní vliv na růst smrku v nízkých polohách do 750 m n. m., v nadmořských výškách nad 1 200 m negativní.
 - Okolo 950 m n. m. dochází k přeměně pozitivního vlivu vysokého úhrnu srážek v negativní.
 - Teploty, jejichž vliv je ve všech nadmořských výškách neprůkazný, mají na transektu nadmořských výšek obrácený trend než srážky.
9. Negativní vliv vysoké průměrné teploty za měsíce červenec až srpen předchozího roku na růst smrku je u lokalit od 850 m n. m. záležitostí přibližně posledních 40 let.
10. Negativní vliv vysoké teploty za měsíce květen až červenec daného roku na růst smrku je v nízkých polohách zeslaben přibližně od 60. let.

6. Literatura

- ALBRECHT, J. et al. (2003): Českobudějovicko. – In: Mackovič, P. et Sedláček, M. [eds.]: Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.
- ALEXANDERSSON, A. (1986): A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data. – *Journal of Climatology* 6: 661 – 675.
- ANONYMUS (2001): Statistica for Windows [Computer program manual]. Statsoft, Tulsa.
- BAILLIE, M.G.L. et PILCHER, J.R. (1973): A simple cross-dating Program for Tree-Ring Research. – *Tree Ring Bulletin* 33: 7 – 14.
- BECKER, B. (1978): Dendrological zones of Central European Forest communities. – In: Fletcher, J. [ed.]: *Dendrochronology in Europe*. British Archeological Reports, International Series 51: 101 – 114.
- BECKER, M.; BRÄKER, O.U.; KENK, G.; SCHNEIDER, O. et SCHWEINGRUBER, F.H. (1990): Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland-Frankreich-Schweiz in den letzten Jahrzehnten. – *Allgemeine Forst Zeitschrift* 62 (11): 267 – 274. [non vidi]
- BRÁZDIL, R.; DOBRÝ, D.; KYNCL, J. et ŠTĚPÁNKOVÁ, P. (1997): Rekonstrukce teploty vzduchu teplého půl roku v oblasti Krkonoš na základě letokruhů smrku v období 1804 – 1989. – *Geografie – Sborník České geografické společnosti* 102 (1): 3 – 16.
- BRÁZDIL, R.; ŠTĚPÁNKOVÁ, P.; KYNCL, T. et KYNCL, J. (2002): Fir tree-ring reconstruction of March-July precipitation in southern Moravia (Czech Republic), 1376 – 1996. – *Climate Research* 20 (3): 223 – 239.
- BRÄKER, O.U. (2002): Measuring and data processing in tree-ring research – methodological introduction. – *Dendrochronologia* 20 (1 – 2): 203 – 216.
- BRIFFA, K. et JONES, P.D. (1990): Basic chronology and Assessment. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, 137 – 152.
- BRIFFA, K.R.; SCHWEINGRUBER, F.H.; JONES, P.D.; OSBORN, T.J.; SHIYATOV, S.G. et VAGANOV, E.A. (1998): Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes. – *Nature* 391: 678 – 682.
- COOK, E.R. (1990): A conceptual linear Aggregate Model for Tree Rings. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London, 98 – 104.
- COOK, E.R. et PETERS, K. (1981): The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. – *Tree Ring Bulletin* 41: 45 – 53.
- COOK, E.R. et HOLMES, R.L. (1986): User manual for program Arstan. In: Holmes, R.L., Adams, R.K. et Fritts, H.C.: *Tree-Ring Chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Chronology Series VI. – Laboratory of Tree-Ring Research, The university of Arizona, Tuscon, 50 – 60.

- COOK, E.R.; BRIFFA K.; SHIYATOV, S. et MAZEPA, V. (1990a): Tree-Ring Standardization and Growth – Trend Estimation. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London, 105 – 123.
- COOK, E.R.; SHIYATOV, S. et MAZEPA, V. (1990b): Estimation of the Mean Chronology. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London 123 – 133.
- DAUBENMIRE, R.F. (1955): Xylem layers of trees as related to weather and altitude in the northern Rocky Mountains. – *Ecology* 36 (3): 456 – 463.
- 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. et ELLING, W. (1999): Jahrringbreite von Fichte und Buche in Abhängigkeit von Witterung und Höhenlage. – *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 118: 251 – 270.
- DRÁPELA, K. et ZACH J. (1995): *Dendrometrie (Dendrochronologie)*. – MZLU, Brno.
- ECKSTEIN, D. [ed.] (1990): *Tree-Ring / Environment Interactions and Their Assessment*. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London 199 – 288.
- ECKSTEIN, D. et SASS, U. (1989): Dendroecological assessment of decline and recovery of fir and spruce in the Bavarian Forest. – In *Air pollution and forest Decline*. In Bucher JB, Bucher-Wallin I [eds.], *Proceedings of the 14th International Meeting for specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems*, IUFRO P2.05, Interlaken, Switzerland, Oct. 2 – 8: 255 – 260.
- 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.
- FORST, P; CABAN, J. et MICHALÍK, P. (1985): *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- FRITTS, H.C. (1963): Computer programs for Tree-Ring Research. – *Tree Ring Bulletin* 25 (3 – 4): 2 – 7.
- FRITTS, H.C. (1974): Relationships of ring widths in arid-site conifers to variations in monthly temperature and precipitation. – *Ecological Monographs* 44 (4): 411 – 440.
- FRITTS, H.C. (1976): *Tree rings and climate*. – London, Academic Press.
- FRITTS, H.C.; SMITH, D.G.; CARDIS, J.W. et BUDELSKY, C.A. (1965): Tree-Ring characteristics along a vegetation gradient in northern Arizona. – *Ecology* 46 (4): 393 – 401.
- FRITTS, H.C.; MOSIMANN, J.E. et BOTTORFF, C.P (1969): A Revised Computer Program for Standardizing Tree-Ring Series. – *Tree Ring Bulletin* 29: 15 – 20.
- GUIOT, J. (1990): *Methods of Calibration*. – In: Cook, E.R. et Kairiukstis, L. A. [eds.]: *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston, London 165 – 178.

- HOLLSTEIN, E. (1980): Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer dendrochronologische Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte. – Trier Grabungen und Forschungen 11. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein, Germany.
- HOLMES, R.L.; ADAMS, R.K. et FRITTS, H.C. (1986): Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon and Northern Great Basin with Procedures Used in the Chronology Development Work Including Users Manuals for Computer programs Cofecha and Arstan. – Chronology Series VI. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tuscon, AZ, USA.
- 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.
- CHMELAŘ, J. (1981): Dendrologie s ekologií lesních dřevin. – Vysoká škola zemědělská, Brno.
- KANÁK, (1998): Evoluční původ azonálních výskytů smrku (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). – Zprávy České Botanické společnosti 16: 17 – 23.
- KIENAST, F.; SCHWEINGRUBER, F.H.; BRÄKER, O.L. et SCHÄR, E. (1987): Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. – Canadian Journal of Forest Research 17: 683 – 696.
- KIRDYANOV, A.; HUGHES, M.; VAGANOV, E.; SCHWEINGRUBER, F. et SILKIN, P. (2003): The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic. – Trees 17 (1): 61 – 69.
- KNIBBE, B. (2003): Past32 Build 700 User Manual. – Scienc, Wien.
- KOCH, H.G. (1958): Der Holzzuwachs der Waldbäume in verschiedenen Höhenlagen Thüringens in Abhängigkeit von Niederschlag und Temperatur. – Archiv für Forstwesen 7 (1): 27 – 49.
- KROUPOVÁ, M. (2002): Dendroecological study of spruce growth in regions under long-term air pollution load. – Journal of Forest Science 48: 536 – 548.
- KUBÁT, K.; HROUDA, L.; CHRTEK, J. jun.; KAPLAN, Z.; KIRSCHNER, J. et ŠTĚPÁNEK, J. [eds.] (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.
- KUBELKA, L.; KARÁSEK, A.; RYBÁŘ, V.; BADALÍK, V. et SLODIČÁK, M. (1992): Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. – Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- 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.
- KYZLÍK, L. et MICHÁLEK, J. (1963): Lesnická botanika. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

- LAMARCHE, Jr., V.C. (1974): Frequency-dependent relationships between Tree-Ring series along an ecological gradient and some dendrochronological implications. – *Tree Ring Bulletin* 34: 1 – 20.
- LAMARCHE, V. C. Jr. et STOCKTON, C. W. (1974): Chronologies from temperature-sensitive bristlecone pines at upper treeline in western United States. – *Tree Ring Bulletin* 34: 21 – 45.
- LAMARCHE, V.C. Jr. et HIRSCHBOECK, K.K. (1984): Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions. – *Nature* 307: 121 – 128.
- LEPŠ, J. (1996): Biostatistika. – Biologická fakulta JČU, České Budějovice.
- LINGG, W. (1986): Dendroökologische Studien an Nadelbäumen im alpinen Trockental Wallis (Schweiz). – *Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen* 287: 3 – 81.
- LIŠKA, J. et KNÍŽEK, M. (2004): K hrozbě kůrovcové gradace. – *Lesnická práce* 4: 14.
- MARONNA, T. et YOHAI, V. J. (1978): A Bivariate Test for the Detection of a Systematic Change in Mean. – *Journal American Statistic Association* 73: 640 – 645.
- 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. 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: 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.
- MEYER F.D. (1999): Pointer year analysis in dendroecology: A comparison of methods. – *Dendrochronologia* 16 – 17: 193 – 204.
- MORAVEC, J. (1964): Vegetační poměry Šumavy. – *Ochrana přírody* 19: 66 – 69.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. [ed.] (2001): Mapa přirozené potenciální vegetace České Republiky – textová část. – Academia, Praha.
- NOSEK, M. (1972): Metody v klimatologii. – Academia, Praha.
- NOŽIČKA, J. (1972): Původní výskyt smrku v českých zemích. – *Lesnické aktuality* 21: 1 – 177.
- PELFINI, M. (1993): Impact of radial growth of the opening of a new ski – run on conifers in Bormio, Italy. – *Dendrochronologia* 11: 45 – 53.
- PETERS, K.; JACOBY, G.C. et COOK, E.R. (1981): Principal component analysis of Tree-ring sites. – *Tree Ring Bulletin* 41: 1 – 19.

- PROCHÁZKA, S.; MACHÁČKOVÁ, I.; KREKULE, J. et ŠEBÁNEK, J. [eds.] (1998): Fyziologie rostlin. – Academia, Praha.
- PRŮŠA, E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. – Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- SANDER, C.; ECKSTEIN, D.; KYNCL, J. et DOBRY, J. (1995): The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonose-(Giant) Mountain as indicated by ring width and wood density. – Annales des Sciences forestières 52: 401 – 410.
- 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.
- 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.
- SCHULTHESS J. (1990): Der Einfluss der Entwässerung auf die Bewaldung eines Hochmoores. Eine Studie zur rezenten Bewaldungsentwicklung am Etang de la Gruère (JU). – Diplomarbeit, Universität Zürich, Geographisches Institut. [non vidi]
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1979): Auswirkungen des Lärchenwicklerbefalls auf die Jahrringstruktur der Lärche. – Schweiz, Z. Forstwes. 130: 1071 – 1093. [non vidi]
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1985): Dendroecological zones in the coniferous forests of Europe. – Dendrochronologia 3: 67 – 75.
- 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. et BRÄKER, O.U. (1990): Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. – Dendrochronologia 8: 8 – 38.
- SCHWEINGRUBER, F.H.; WEHRLI, U.; AELLEN – RUMO, K. et AELLEN, M. (1991): Weiserjahre als Zeiger extremer Standortseinflüsse. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142: 33 – 52.
- SCHWEINGRUBER, F.H. et MUELLER, M. (1992): Dendrochronological evidence in fir and spruce of alternating frosts in Switzerland. – Dendrochronologia 10: 23 – 28.
- SKALICKÝ, V. (1998): Fytogeografický rozbor květeny Šumavy a přilehlých území. – Zprávy České Botanické společnosti 32: 117 – 121.
- SKALICKÝ, V. et SKALICKÁ, A. (1988): *Picea* A. Dieter – smrk. – In: Hejný, S. et Slavík, B. [eds.]: Květena ČR 1, Academia, Praha, 317 – 322.
- 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.

- STATSOFT, Inc. (2004): Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>. [25.3. 2004]
- STOCKES, M.A. ET SMILEY, T.L. (1968): An Introduction to Tree-Ring Dating. – University of Chicago Press, Chicago, IL, USA.
- SVOBODA, P. (1952): Život lesa. – Brázda, Nakladatelství jednotného svazu českých zemědělců, Praha.
- 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. [in press]
- SZEICZ, J.M. (1996): White spruce light rings in northwestern Canada. – *Arctic Alpine Research* 28: 184 – 189.
- ŠTĚPÁNEK, P. (1996): Metody stanovení relativní homogenity a homogenizace teplotních a srážkových řad. – Geografický projekt. Katedra geografie, PřF MU. Brno.
- ŠTĚPÁNEK, P. (2003): AnClim – Software for Time Series Analysis. – (Determined for Earth Sciences), expire 31. 7. 2004, <http://www.sci.muni.cz/~pest>.
- ŠTĚPÁNKOVÁ, P. (2001): Rekonstrukce srážek na základě dendrochronologií jedle a borovice na jižní Moravě v období 1376 – 1996. – Ms. [Disertační práce, depon. in: Katedra geografie, PřF MU, Brno].
- TELEWSKI, F.W. et LYNCH, A.M. (1991): Measuring growth and development of stems. – In: Lassoie, J.P. et Hinckley, T.M. [eds.]: *Tree-rings and People. International Conference on the Future of Dendrochronology*, Davos, 22 – 26 September 2001: 41.
- TER BRAAK, C.J.F. et ŠMILAUER, P. (1998): Canoco reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for canonical community ordination. – Microcomputer Power, Ithaca.
- TER BRAAK, C.J.F. et ŠMILAUER, P. (2002): Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination. – Microcomputer Power, Ithaca.
- 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].
- TRANQUILLINI, W. (1979): *Physiological Ecology of Alpine Timberline, Tree Existence at High Altitudes with Special Reference to the European Alps*. – Ecological Studies 31, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- VACEK, S. et MAYOVÁ, J. (2000): Zdravotní stav lesních porostů na TVP v NP Šumava. – In: Podrázský, V.; Ryšánková, H.; Vacek, S. et Ulbrichová, I. [eds.]: *Monitoring, výzkum a management ekosystémů Národního parku Šumava*, Sborník celostátní konference, 142 – 152.
- VÁŇA, J. (1997): Bryophytes of the Czech Republic – an annotated check-list of species (1). – *Novitates Botanicae Universitatis Carolinae* 11: 39 – 89.
- VAVRUŠKA, F. (1990): *Podnebí Českých Budějovic*. – Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice.

- VOGEL, R.B. et SCHWEINGRUBER, F.H. (2001): Centennial variability of tree-ring width of spruce, fir and oak in relation to climate in Switzerland for the last 450 years. – *Dendrochronologia* 19 (2): 197 – 209.
- 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.
- WIMMER, R. (2002): Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. – *Dendrochronologia* 20 / 1 – 2: 21 – 36.

7. Seznam příloh

Příloha I – popis lokalit

Příloha II – údaje ke klimatickým řadám

Příloha III – významné roky

Příloha IV – korelace

Příloha V – klimadiagramy

Příloha I

Tab. 1.1: Popis lokalit – kód označení lokality, název lokality, souřadnice GPS, nadmořská výška (m), místopisné určení lokality, velikost lokality (m), datum odběru; pokračování v Tab. 1.2.

kód / název lokality	souřadnice GPS (WGS 84)	nadm. výška (m)	místopisné určení lokality	velikost lokality (m)	datum odběru
004p / Krtelský les	N 49°04'26,1'' E 14°11'24,9''	480	Hradiště, rovina 500 m V od silnice, 2 km JV od Krtel, 1 km S od U Ptáčníků, Netolice (JČ)	50 x 60	29. 4. 2003
006p / Čepřovické čihadlo	N 49°09'03,8'' E 14°00'29,0''	624	mírný záp. svah 2,5km S od Helfenburgu, v ohybu cesty na Čepřovice (Z 2,5km), Bavorov (JČ)	50 x 80	1. 5. 2003
007p / Čarouše	N 49°05'11,4'' E 14°01'07,9''	520	rovina, cip lesa u elektromagnetické observatoře, 2km S od Budkova, 2,5km V od Chocholáté lhoty, Vlachovo Březí (JČ)	80 x 60	2. 5. 2003
008p / Kožlí	N 49°04'16,9'' E 13°55'53,2''	698	Hradiště, rovina přecházející v mírný záp. svah, 1,2km SSV od H. Kožlí a SSZ od D. Kožlí, 1km S od Doubravy, Vlachovo Březí (JČ)	50 x 70	3. 8. 2003
010p / Černá hora	N 48°58'45,2'' E 13°33'02,7''	1 313	vrcholová plošina Černé hory, Šumava (JČ)	50 x 80	6. 8. 2003
011p / U pramene Vltavy	N 48°58'38,2'' E 13°33'29,0''	1 255	plošina ve vých. svahu u pramenů Vltavy, 40m nad cestou, Šumava (JČ)	90 x 50	7. 8. 2003
012p / Pod Hůrkou	N 49°02'16,4'' E 13°34'54,3''	1 118	rovina 100m od silnice z Kvildy na Nové Hutě, 500 m od křižovatky na Horskou Kvildu, Šumava (JČ)	50 x 50	12. 8. 2003
013p / Příkladba	N 49°02'22,7'' E 13°37'08,1''	1 218	vrcholová plošina Příkladby, 50m JZ od rozcestí na vrcholu, Šumava (JČ)	50 x 60	12. 8. 2003
014p / Františkov	N 49°00'10,8'' E 13°37'51,2''	1 047	mírný jihozáp. svah, 1,5km SV od Františkova, 800m S nad silnicí Kvilda – Borová Lada, Šumava (JČ)	90 x 40	13. 8. 2003
015p / Antýgl	N 49°00'10,8'' E 13°37'51,2''	1 221	rovina v jihozáp. svahu Antýglu 30m pod vrcholem, Šumava (JČ)	60 x 80	15. 8. 2003
016p / Babůrka	N 49°03'12,8'' E 13°39'54,7''	979	rovina, 500m SV za penzionem Babůrek, silnice Nové Hutě – Vimperk, Šumava (JČ)	30 x 50	16. 8. 2003
017p / Na Radosti	N 49°03'32,2'' E 13°42'54,9''	946	mírný jihových. svah nad potokem 300m JV od Na radosti, 1km S od silnice Nové Hutě – Vimperk, 4km V od Vimperka, Vimperk (JČ)	50 x 60	17. 8. 2003
020p / Ve Studeném	N 49°01'54,8'' E 13°48'29,8''	835	rovina až mírný severových. svah, 2km S od Pravětina, 1,5km Z od Veselky, Vimperk (JČ)	30 x 20	15. 10. 2003

Tab. 1.2: Popis lokalit – pokračování Tab. 1.1; kód označení lokality, složení stromového patra, celková pokryvnost stromového patra (%), pokryvnost dominant bylinného patra (%), pokryvnost mechorostů (%), poznámky.

kód lokality	stromové patro složení, (celková pokryvnost %)	dominanty bylinného patra / (pokryvnost %)	mechorosty (pokryvnost %)	poznámky
004p	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (70)	<i>Avenella flexuosa</i> (40), <i>Luzula luzuloides</i> (5), <i>Oxalis acetosella</i> (5)	<i>Hypnum cupressiforme</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Polytrichastrum formosum</i> , <i>Thuidium tamariscinum</i> (5)	jemná hlinitá půda, humus 1cm
006p	<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> (60)	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (15), <i>Avenella flexuosa</i> (10), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Hypnum cupressiforme</i> , <i>Plagiomnium affine</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Polytrichastrum formosum</i> , <i>Thuidium tamariscinum</i> (20)	hlinitopísčité půda, humus 10cm, 10% skeletovitost, vrty po vrstevnici
007p	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Larix decidua</i> (60)	<i>Carex brizoides</i> (20), <i>Anemone nemorosa</i> (5), <i>Calamagrostis arundinacea</i> (5), <i>Oxalis acetosella</i> (5), <i>Picea abies</i> (5), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Eurhynchium angustirete</i> , <i>Plagiomnium affine</i> (10)	hlinitopísčité půda, humus 1cm, sdělení lesníka – 1. les na lokalitě, napadeno václavkou
008p	<i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Pinus sylvestris</i> (70)	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (20), <i>Calamagrostis epigejos</i> (15)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Hypnum cupressiforme</i> , <i>Thuidium tamariscinum</i> (5)	hlinitá půda, humus 1cm
010p	<i>Picea abies</i> (40)	<i>Calamagrostis villosa</i> (10), <i>Avenella flexuosa</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Plagiothecium</i> sp., <i>Polytrichastrum formosum</i> , <i>Ptilidium pulcherrimum</i> , <i>Tetraphis pellucida</i> (10)	podloží migmatity, skeletovitost 30%, humus 5 – 15cm
011p	<i>Picea abies</i> (40)	<i>Calamagrostis villosa</i> (20), <i>Vaccinium myrtillus</i> (10), <i>Luzula sylvatica</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Plagiothecium</i> sp., <i>Ptilidium pulcherrimum</i> , <i>Tetraphis pellucida</i> (5)	skeletovitost 5%, humus více než 5cm
012p	<i>Picea abies</i> (50)	<i>Avenella flexuosa</i> (15), <i>Calamagrostis villosa</i> (10), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Rhytidiadelphus loreus</i> , <i>Sphagnum girgensohnii</i> (20)	humus více než 10cm
013p	<i>Picea abies</i> (45)	<i>Calamagrostis villosa</i> (20), <i>Avenella flexuosa</i> (10)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Plagiothecium undulatum</i> (5)	hlinitá půda, humus 10cm
014p	<i>Picea abies</i> (45)	<i>Calamagrostis villosa</i> (10), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Ptilidium ciliare</i> (5)	hlinitá půda, humus 12cm
015p	<i>Picea abies</i> (40)	<i>Calamagrostis villosa</i> (35), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Paraleucobryum longifolium</i> , <i>Polytrichastrum formosum</i> , <i>Rhytidiadelphus loreus</i> , <i>Sphagnum girgensohnii</i> (20)	kamenitá, humus 5 – 20cm
016p	<i>Picea abies</i> (45)	<i>Calamagrostis villosa</i> (10), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Paraleucobryum longifolium</i> , <i>Sphagnum girgensohnii</i> (40)	zrašelinělá půda, v blízkosti odvoňovací strouhy
017p	<i>Picea abies</i> (60)	<i>Avenella flexuosa</i> (5), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranella heteromalla</i> , <i>Dicranum scoparium</i> , <i>Polytrichastrum formosum</i> (1)	hlinitá půda, humus 5cm
020p	<i>Picea abies</i> (70)	<i>Avenella flexuosa</i> (5), <i>Vaccinium myrtillus</i> (5)	<i>Dicranum scoparium</i> , <i>Plagiothecium</i> sp., <i>Pohlia nutans</i> (1)	půda hlinitopísčité, humus 8 cm, skeletovitost 1%

Příloha II

Tab. 2.1: Doplněné měsíční průměry teploty vzduchu pro jednotlivé stanice a použité referenční řady.

stanice	doplněná hodnota	korelační koeficient	referenční řada
Husinec	I / 1941	0,987	České Budějovice
	II / 1941	0,989	
	III / 1941	0,981	
	IV / 1941	0,971	
	V / 1941	0,958	
	VI / 1941	0,934	
Kašperské Hory	I / 1994	0,980	Husinec

Tab. 2.2: Doplněné měsíční úhrny srážek pro jednotlivé stanice a použité referenční řady.

stanice	doplněná hodnota	korelační koeficient	referenční řada
Brloh	I / 1942	0,829	České Budějovice
	II / 1942, 1999, 2000	0,874	
	III / 1942, 1999, 2000	0,833	
	IV / 1999	0,819	
	XII / 1941	0,809	
Kašperské Hory	I / 1994	0,980	Husinec
Kvilda	I / 1984	0,968	Churáňov
	III / 1983	0,928	
	XI / 1982	0,914	
Vimperk	I / 1952	0,916	Kašperské Hory
	II / 1952	0,863	
	III / 1952	0,903	
	IV / 1952	0,812	
	V / 1952	0,830	

Tab. 2.3: Výsledky testů relativní homogenity řad průměrných teplot vzduchu z Českých Budějovic, Husince, Churáňova a Kašperských Hor. Černě vyznačeny hodnoty, na základě kterých byly řady opraveny dle bivariačního testu. Opraveny jsou vždy kratší části řad od bodu zlomu v čase t_0 . Korelační koeficient (na hladině významnosti $p < 0,05$); hodnoty bivariačního a Alexanderssonova testu: t_0 – rok změny, T_0 – hodnota testovacího kritéria, D_i – hodnota změny řady (hodnota opravy); délka řady, použitá referenční řada.

České Budějovice	korelační koeficient	bivariační test			délka řady	referenční řada
		t_0	T_0	D_i		
I	0,984	1988	11,708	-0,6	1886 – 2000	Klementinum
II	0,971	1971	8,189	-0,5		
III	0,977	1961	16,193	-0,4		
IV	0,967	1972	24,125	-0,4		
V	0,954	1929	12,380	-0,3		
VI	0,920	1953	8,068	-0,3		
VII	0,944	1906	27,034	-0,5		
VIII	0,954	1929	12,380	-0,3		
IX	0,953	1988	13,846	-0,5		
X	0,948	1944	25,023	-0,4		
XII	0,973	1958	25,216	-0,5		
Husinec						
I	0,988	1970	9,829	-0,4	1942 – 2000	České Budějovice
II	0,990	1967	10,687	-0,4		
III	0,976	1968	30,240	-0,7		
IV	0,951	1968	39,055	-0,8		
V	0,962	1997	8,102	-0,6		
VI	0,561	1954	1,155	0,5		
VII	0,937	1979	12,794	0,5		
VIII	0,939	1997	10,713	-0,7		
IX	0,957	1982	5,880	0,5		
X	0,946	1946	16,973	-0,9		
XI	0,966	1966	18,995	-0,5		
XII	0,979	1972	18,971	-0,5		

Churáňov	korelační koeficient	bivariační test			délka řady	referenční řada
		t_0	T_0	D_i		
I	0,794	1955	3,829	2,1	1953 – 2000	České Budějovice
II	0,906	1999	2,515	-1,6		
III	0,945	1966	22,997	-1,3		
IV	0,957	1967	23,579	-0,8		
V	0,974	1955	10,164	-0,9		
VI	0,731	1959	2,735	-0,8		
VII	0,983	1998	9,807	-0,6		
VIII	0,953	1955	4,595	-0,6		
IX	0,924	1967	5,840	-0,5		
X	0,842	1980	4,548	-0,6		
XI	0,964	1955	6,565	-2,6		
XII	0,972	1955	7,296	-2,3		
Kašperské Hory						
I	0,973	1997	5,902	0,8	1961 – 2002	České Budějovice
II	0,979	1990	4,907	0,5		
III	0,986	1968	10,436	-0,5		
IV	0,976	1967	22,017	-0,7		
V	0,982	1985	9,130	0,3		
VI	0,974	1967	3,837	-0,2		
VII	0,986	1978	6,249	0,2		
VIII	0,981	1984	3,868	0,2		
IX	0,977	1962	7,228	-0,8		
X	0,969	1963	9,948	-0,9		
XI	0,956	1975	3,295	-0,3		
XII	0,973	1964	3,845	-1,1		

Tab. 2.4: Výsledky testů relativní homogenity řad úhrnů srážek z Brlohu, Husince, Churáňova a Kašperských Hor, Kvildy a Vimperku. Černě vyznačeny hodnoty na základě kterých byly řady opraveny dle Alexanderssonova testu. Opraveny jsou vždy kratší části řad od bodu zlomu v čase t_0 . Korelační koeficient ($p < 0,05$); hodnoty bivariačního a Alexanderssonova testu: t_0 – rok změny, T_0 – hodnota testovacího kritéria, D_i – hodnota změny řady (hodnota opravy); délka řady, použitá referenční řada.

Brloh	korelační koeficient	Alexanderssonův test			délka řady	referenční řada	tvar řady
		t_0	T_0	D_i			
I	0,829	1976	11,513	0,7	1942 – 2001	České Budějovice	--
II	0,863	1981	13,583	0,8			ln
III	0,864	1977	9,390	0,8			--
IV	0,822	1980	5,864	0,7			--
V	0,827	1969	4,853	0,9			--
VI	0,753	1991	5,587	0,8			--
VII	0,856	1963	1,984	1,2			--
VIII	0,844	1950	3,252	0,7			--
IX	0,828	1983	5,954	0,7			--
X	0,910	1960	3,435	0,7			--
XI	0,735	1978	10,094	0,6			ln
XII	0,876	1980	6,940	0,7			--
Husinec							
I	0,833	1980	15,623	1,6	1942 – 2001	České Budějovice	--
II	0,831	1981	7,105	1,1			ln
III	0,858	1963	5,807	1,3			--
IV	0,791	1957	5,326	1,3			--
V	0,768	1995	2,436	1,3			--
VI	0,787	1991	3,313	1,0			ln
VII	0,735	1974	4,528	1,3			--
VIII	0,724	1998	3,327	0,6			--
IX	0,794	1949	6,049	1,7			--
X	0,906	1955	2,481	1,1			ln
XI	0,839	1948	1,631	1,3			--
XII	0,819	1986	10,256	1,3			--
Kašperské Hory							
I	0,945	1974	5,932	0,8	1953 – 2001	Churáňov	--
II	0,870	1957	6,067	0,7			--
III	0,853	1955	12,241	1,2			ln
IV	0,832	1980	3,522	0,8			--
V	0,875	1989	4,477	0,9			ln
VI	0,793	1957	2,686	1,3			--
VII	0,750	1957	3,931	0,6			--
VIII	0,810	2000	4,299	1,1			ln
IX	0,792	1957	8,434	0,5			--
X	0,575	1958	3,535	0,8			ln
XI	0,874	1969	8,466	0,8			--
XII	0,923	1973	8,352	0,7			--

Kvilda	korelační koeficient	Alexanderssonův test			délka řady	referenční řada	tvar řady
		o	T ₀	D _i			
I	0,937	1965	3,278	0,9	1953 – 2001	Churáňov	ln
II	0,863	1968	10,138	0,7			--
III	0,870	1954	7,590	1,3			ln
IV	0,851	1993	9,665	1,4			--
V	0,893	1997	4,471	1,2			--
VI	0,885	1956	2,938	1,3			--
VII	0,883	1974	2,357	1,1			--
VIII	0,763	1967	6,163	0,9			ln
IX	0,942	1954	22,017	1,4			ln
X	0,885	1954	36,914	1,0			ln
XI	0,914	1954	7,199	5,3			--
XII	0,924	1955	7,333	0,6			--
Vimperk							
I	0,869	1965	5,165	0,7	1953 – 2001	Churáňov	--
II	0,879	1964	9,740	0,9			ln
III	0,835	1955	2,777	1,1			ln
IV	0,847	1959	5,631	0,8			--
V	0,864	1974	2,768	1,2			--
VI	0,865	1996	3,653	1,2			--
VII	0,850	1967	1,889	0,8			--
VIII	0,797	1998	1,455	0,9			ln
IX	0,878	1955	12,637	0,6			--
X	0,920	1971	3,976	1,1			ln
XI	0,824	1963	15,699	0,6			--
XII	0,889	1973	9,51	0,7			--

Tab. 2.5: Vzájemná korelace srážkových řad Churáňova, Kašperských Hor, Kvildy a Vimperku pro jednotlivé měsíce za období 1953 – 2001 a vzájemná korelace srážkových řad Českých Budějovic, Husince a Brlohu pro jednotlivé měsíce za období 1942 – 2001; vyneseny hodnoty korelačního koeficientu.

Kvilda	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
x Vimperk	0,83	0,77	0,79	0,74	0,81	0,88	0,79	0,73	0,78	0,80	0,74	0,86
x Churáňov	0,97	0,88	0,93	0,85	0,89	0,88	0,88	0,77	0,93	0,95	0,91	0,92
x Kašperské hory	0,90	0,76	0,81	0,75	0,81	0,80	0,76	0,79	0,65	0,61	0,76	0,87
Vimperk												
x Churáňov	0,87	0,85	0,89	0,85	0,86	0,87	0,85	0,85	0,88	0,92	0,82	0,90
x Kašperské Hory	0,92	0,86	0,90	0,81	0,83	0,89	0,75	0,80	0,76	0,61	0,87	0,91
Churáňov												
x Kašperské Hory	0,94	0,87	0,90	0,83	0,86	0,79	0,75	0,86	0,79	0,63	0,87	0,92
České Budějovice												
x Husinec	0,86	0,85	0,86	0,79	0,77	0,77	0,73	0,72	0,79	0,91	0,84	0,86
x Brloh	0,88	0,77	0,86	0,82	0,83	0,75	0,86	0,84	0,83	0,95	0,73	0,88
Husinec												
x Brloh	0,91	0,87	0,9	0,82	0,83	0,79	0,83	0,79	0,87	0,96	0,78	0,83

Příloha III

Tab. 3.1: Procentuální zastoupení výskytu negativních významných let v stanovištních chronologiích. Šedě a tučně jsou vyznačeny významné roky vyskytující se nejméně u 50 % vzorků, z nichž jsou vytvořeny jednotlivé průměrné chronologie; pouze tučně jsou vyneseny významné roky od 20 % do 39 % výskytu významného roku; hodnoty uvedeny v %.

rok	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1807							0						
1808							0						
1809							0						
1810							21						
1811							29						
1812							14						
1813							7						
1814							14						
1815							21						
1816							14						
1817							0						
1818							0						
1819							0						
1820							0						
1821							79						
1822							21						
1823							14						
1824							7						
1825							0						
1826							7						
1827							29						
1828							7						
1829							0						
1830							0				14		
1831							21				0		
1832							7				47		
1833							13				18		
1834							0				0		
1835							40				11		
1836							13				21		
1837							0				19		
1838							0				14		
1839							0				5		
1840							0				5		
1841							19				5		
1842							6				0		
1843							47				68		
1844							0				9		
1845							6				13		
1846							0				0		
1847							0				0		
1848							0				13		
1849							39				25		
1850							6				4		
1851							33				50		
1852							6				4		
1853							6				8		
1854							0				4		
1855							0				0		
1856							21				15		
1857							11				8		
1858							21				4		
1859							25				23		
1860							20				8		
1861							0				15		
1862							20	100			35		
1863							5	0			8		
1864							10	0			4		
1865							50	67			19		
1866							25	25			31		
1867							0	0			0		

rok	004p	007p	005p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1868							20					8	
1869							25	50				46	
1870								50				15	
1871												8	
1872							19	29				38	
1873										7		12	
1874							14			7		8	
1875							4	13					
1876							17	38		42		12	
1877							21	22		40		31	
1878								9				23	
1879										19			
1880								8		29		23	
1881							4	7		23		4	
1882							16	31		5		4	
1883							4	25		5		12	
1884							8					4	
1885							4	22		5			
1886							4	26		13		23	
1887							62	16		58		42	
1888							8	20				12	
1889							4	5		8			
1890							8			16		31	
1891							23	38		52		38	
1892							15		13			4	
1893							12	9				15	6
1894							19	8		4		23	
1895							8	13	35				25
1896							15	38	15	38		23	52
1897							4			12		12	9
1898							8	4	4	4		8	5
1899								12	13			14	
1900							85	46	52	58	54	33	22
1901							4	19	4	12	23	5	17
1902	13						4	8	13		4	35	26
1903	31						8	4	8	4	4	10	
1904								4	13	8			4
1905	41						19	12	29	23	8	59	48
1906							85	54	48	54	58	9	16
1907	5						4				15		8
1908	86						4		12	23	8	43	44
1909	9						4	12	12	12	8	4	12
1910							4	4			8	9	4
1911	17						4	12	8	19	4	4	8
1912	13						23	4			23		4
1913	21					38	62	42	77	19	4	96	73
1914						11		15		23	19		4
1915	38					0		12	15	15	38		4
1916						5	4					9	
1917						24	15		8			4	
1918	81		89			14	46	15	38	38	50	13	46
1919						18	4	4	4		15		
1920			6			14	8	31	27	46	8	4	
1921	8		6			9	8	15		4		17	
1922	54	42	79	20		13		4			4	13	23
1923	4		5	38	22	38	42	15	35	77	62	22	46
1924	12		10	13	0	20	23	50	35	4	12	26	
1925	23	15	41		9	4	23	4	12			22	27
1926		0				4	8	4	4	42	35	9	12
1927								4			4		4
1928	4	53	22	69	43	12		4	15		8		15
1929	19	6	39	7	0	31	8	69	58	12	58	52	8
1930			13		47	12	50	4	15	50	4	26	38
1931	58	56	8	39		4	27	4		8	4	4	
1932						4		8	23	15	15	9	4
1933							8	42	23	15	77	52	31
1934	54	47	44	39	7	15					8		8
1935	38	16	4	6	41	8			15			4	4
1936	8	5	40	11	11	65	58	50	31	31		13	8

rok	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1937	15	70	12	56		8		12	4	4	4	22	31
1938	8		4	6	17	19	31	19	19	15	69	48	42
1939					6					8	4		
1940	27	10	4	11	33	15	27	4	15	31		9	23
1941	4					8				4			0
1942				6	6	38	23	38	50	23	42	52	23
1943	19	62	48	67	44	4	8	12	4	27	12	9	31
1944	38	13	15		28	27		4		4			4
1945		9			11	12		12	12	23	27	35	35
1946	19	4		11									
1947	8	30	8	22	11	4							
1948	4		19	6	6	58	27	23	23	15	54	48	12
1949						4	12	15	8	19	4	4	0
1950	4	17	23	61	50	23	8	8	8	31	4	22	46
1951	35	52	58	33		35	15	15	15	12			4
1952	12		4	6	28	8	19	8	8	4	8		
1953	8					4	4	4	8	4		4	4
1954		9	19		17	4	35	19	58	46	50	57	81
1955				6		12							
1956	12	4	4		28	19	42	12	31	58	69	52	15
1957	8	35	12	39	22	23	15	8	4			9	4
1958	38	43	12	50	33	31		15			4		4
1959	4		4			8	8		12	4	8	9	
1960			4				15		4	4	4	4	
1961		4	8	22	6	12		15	4	15	19	4	4
1962	12	65	38	22	6	27	38	35	4	27	12	13	4
1963		9	8										
1964	69	17	8	50	72	19	12	15	23		4	4	19
1965	12	13	54	11	17	27	69	65	54	100	88	87	85
1966	4		4	11	6	15			8				
1967	8			6		12	8	12	4				
1968	8	9	12	28	44	15	12	31	12	8	8		4
1969				6		4							
1970	12		8	11		4			4				8
1971	54	91	58	28	44	46	38	12	23	65	65	35	35
1972	15		19	17	11		4		15		4	4	
1973						12		4					
1974	8	35		6		58	88	85	42	85	50	83	62
1975							4						
1976	85	57	81	83	78	35	8	23	42	8	38	9	35
1977	12	4	19		11	19		4		4	4	4	
1978	4						8	4	4	23	8	9	15
1979	8	4	23	6	17	12	4	8					
1980	8	17	8	17	6	31	62	27	58	65	85	70	58
1981	42	4	8		6					0	8		12
1982		26	15	50	28	69	19	35	15	4	4		4
1983			4	6	33	4	19		4				
1984	96	52	69	11	6	4	19	35	15	19	31	26	50
1985				6			4	8	12	42	35	35	31
1986	4		4	22	61	46	27	23	27	15		9	4
1987	15		8	6	6	12	12	15	15		19	17	15
1988			4		11	19		8	15	15	8		
1989							4	4		12			
1990	15			6	6			4		8	8	4	8
1991		4		11			4	8	4	27	8	30	15
1992	62	96	92	56	33	50	42	35	12	8	4	4	
1993	38		4	6	28	12	15	12		4	19	43	31
1994				11			4	4		4	4		
1995		9	12	33	17	54	42	27	31	31	23	4	23
1996			15	11	33	27	23	50	42	65	65	87	85
1997								4	4	4			4
1998		43		28	6			4	4	4			
1999		4	23	6	6	4	0	4					4
2000	100	43	73	56	56	77	54	38	62	19	15	17	23

Tab. 3.2: Procentuální zastoupení výskytu pozitivních významných let ve stanovištních chronologiích. Šedě a tučně jsou vyznačeny významné roky vyskytující se nejméně u 50 % vzorků, z nichž jsou vytvořeny jednotlivé průměrné chronologie; pouze tučně jsou vyneseny významné roky od 20 % do 39 % výskytu významného roku; hodnoty uvedeny v %.

rok	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1807							43						
1808							0						
1809							0						
1810							7						
1811							7						
1812							7						
1813							21						
1814							36						
1815							14						
1816							7						
1817							50						
1818							7						
1819							0						
1820							0						
1821							0						
1822							0						
1823							0						
1824							0						
1825							21						
1826							14						
1827							14						
1828							21						
1829							43						
1830							0				7		
1831							0				7		
1832							0				0		
1833							13				18		
1834							20				21		
1835							0				11		
1836							0				0		
1837							7				5		
1838							0				14		
1839							47				62		
1840							27				14		
1841							0				0		
1842							18				29		
1843							0				5		
1844							24				5		
1845							28				17		
1846							28				35		
1847							11				48		
1848							0				4		
1849							0				4		
1850							6				21		
1851							0				4		
1852							33				24		
1853							11				24		
1854							33				12		
1855							11				27		
1856							0				4		
1857							16				0		
1858							0				38		
1859							10				4		
1860							5				0		
1861							40				8		
1862							15	0			4		
1863							20	0			35		
1864							25	67			23		
1865							5	0			0		
1866							10	0			8		
1867							35	80			19		

rok	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1868								20			15		
1869							0	0			0		
1870							10	0			8		
1871							19	0			12		
1872							0	14			4		
1873							14	43		20	8		
1874							14	14		7	0		
1875							30	25		12	65		
1876							4	0		0	19		
1877							0	11		10	0		
1878							21	27		25	15		
1879							38	45		10	4		
1880							17	8		24	8		
1881							12	7		5	8		
1882							0	0		18	15		
1883							16	6		18	12		
1884							15	29		9	42		
1885							4	0		5	15		
1886							8	21		0	0		
1887							4	0		0	0		
1888							0	20		54	50		
1889							46	30		42	35		
1890							27	10		4	4		
1891							0	0		0	0		
1892							0	5	0	36	35		
1893							8	4	29	20	4		19
1894							15	25	22	12	15		31
1895							31	8	5	19	50		5
1896							8	13	0	0	4		0
1897							27	42	38	8	15		9
1898							8	16	13	12	38		23
1899							8	0	9	15	15	0	50
1900							0	0	4	4	8	0	4
1901	73						23	19	50	15	0	32	13
1902	0						12	0	0	4	15	10	4
1903	6						23	38	17	38	54	29	25
1904	0						27	12	25	19	12	36	28
1905	0						4	4	0	0	4	0	4
1906	72						0	0	4	4	4	30	8
1907	21						8	46	56	31	12	9	48
1908	0						19	23	8	8	19	4	0
1909	9						8	0	8	19	15	22	8
1910	83						46	31	15	38	23	13	15
1911	0						15	0	0	12	15	9	23
1912	0						4	19	35	23	8	26	15
1913	0						0	0	0	12	23	0	0
1914	46						44	12	4	0	4	13	8
1915	0						25	8	12	4	0	13	8
1916	35		44				20	73	38	42	62	43	58
1917	8		6				5	4	15	46	23	26	12
1918	0		0				5	0	8	0	0	9	0
1919	42		28				0	38	31	12	38	19	31
1920	4		44				23	4	0	12	0	13	8
1921	0		0				9	0	0	4	8	4	0
1922	0	8	0		25		17	19	54	19	23	12	9
1923	42	17	26				4	0	8	0	4	9	0
1924	0	15	10				12	4	0	0	23	12	4
1925	4	0	0	10	18		27	4	19	0	8	13	12
1926	85	79	52	46	36		12	27	19	19	8	9	15
1927	4	0	39		31		15	65	42	38	73	54	42
1928	0	0	0		0		4	15	8	15	19	13	4
1929	0	29	0	7	0		0	0	0	4	8	4	0
1930	4	6	4	12	0		8	0	0	12	8	31	0
1931	0	0	13	0	13		23	4	58	50	8	31	78
1932	15	89	64	56	47		4	12	8	12	0	4	13
1933	85	11	16	44	0		38	12	0	15	0	4	0
1934	4	0	0	0	0		4	42	54	35	65	23	26
1935	0	0	4	0	0		4	35	15	19	35	38	35
1936	19	42	12	17	22		8	0	0	4	0	0	8

rok	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
1937	4	0	0	6	33	4	15	0	8	15	0	4	0
1938	12	5	4	0	17	8	8	0	0	4	0	13	0
1939	19	10	0	33	28	54	19	31	35	15	0	22	27
1940	0	19	4	17	6	8	4	0	4	0	12	35	0
1941	38	29	40	39	11	23	23	38	15	38	58	13	38
1942	31	29	60	0	17	4	0	0	0	0	0	0	0
1943	4	0	4	0	0	27	4	23	19	19	4	13	15
1944	0	9	0	44	6	0	12	15	31	19	27	4	4
1945	31	39	31	6	11	12	19	8	4	15	0	0	0
1946	19	13	23	6	61	46	23	8	27	35	19	61	62
1947	15	0	4	6	6	4	4	31	8	19	23	9	19
1948	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1949	31	96	38	67	28	19	0	4	0	0	0	0	0
1950	0	0	0	0	6	0	42	19	35	4	19	9	0
1951	4	0	0	0	17	0	12	8	12	38	35	30	19
1952	4	17	0	0	0	4	0	4	8	8	12	0	23
1953	4	4	23	17	39	19	8	23	19	8	0	0	4
1954	8	0	4	0	0	23	0	15	0	0	0	0	0
1955	15	96	0	56	78	35	58	35	31	46	27	39	19
1956	15	4	19	6	0	15	0	0	0	0	0	0	0
1957	15	0	8	0	0	0	0	23	4	0	8	9	4
1958	8	4	23	6	0	8	46	8	12	15	0	13	4
1959	8	30	23	17	56	42	8	19	23	4	8	17	0
1960	73	43	23	67	28	27	19	19	35	46	31	17	54
1961	8	22	15	0	28	8	4	12	12	12	8	22	23
1962	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	12	0	0
1963	15	0	19	61	17	31	69	50	65	46	69	48	31
1964	0	0	4	0	0	12	8	0	0	4	0	0	0
1965	0	9	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1966	35	48	31	44	33	27	23	27	8	8	8	0	15
1967	15	22	12	22	11	19	0	15	0	0	4	13	12
1968	23	30	23	11	6	19	8	8	15	27	23	26	19
1969	27	9	42	0	22	23	69	50	19	50	54	17	46
1970	8	0	4	11	33	19	15	54	31	4	0	30	12
1971	0	0	0	11	6	12	4	8	4	0	0	9	8
1972	4	35	15	22	6	38	0	0	8	4	0	0	4
1973	38	0	23	0	22	8	73	19	27	42	81	22	42
1974	0	0	15	6	6	4	0	4	4	0	0	0	0
1975	50	70	31	39	28	35	4	12	19	12	8	30	23
1976	0	0	0	0	0	0	0	4	0	15	0	0	0
1977	4	4	4	11	11	4	27	8	35	19	12	17	23
1978	27	43	38	44	50	62	15	38	12	0	0	9	4
1979	38	35	4	11	11	23	31	19	19	27	65	43	38
1980	15	9	23	11	11	4	4	0	0	0	0	0	0
1981	4	22	35	6	33	23	46	58	19	38	8	0	8
1982	12	0	0	0	6	0	0	0	0	4	0	9	27
1983	31	0	15	0	0	12	8	15	46	27	54	74	46
1984	0	0	0	11	28	38	4	12	4	12	0	9	0
1985	8	30	27	6	17	35	46	19	8	0	4	0	15
1986	4	0	4	0	0	0	8	4	12	4	12	4	12
1987	8	22	8	11	11	4	15	12	0	27	0	13	15
1988	54	13	69	22	6	4	19	12	8	4	31	39	35
1989	12	48	31	78	67	69	27	73	88	35	69	30	38
1990	0	0	4	0	17	15	8	12	19	23	0	4	0
1991	0	0	8	0	6	0	4	0	0	15	0	0	0
1992	8	0	0	6	0	0	0	0	8	12	19	4	19
1993	0	0	8	56	0	4	4	23	4	19	12	0	0
1994	4	4	38	28	50	73	23	23	23	27	27	57	35
1995	0	4	0	0	0	0	0	8	0	0	0	4	0
1996	0	22	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	100	78	85	61	17	23	8	19	0	4	4	0	0
1998	0	0	8	6	39	23	8	12	8	4	0	0	8
1999	0	4	0	17	22	27	19	35	42	8	12	30	15
2000	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	8

Tab.3.3: Procentuální zastoupení výskytu negativních (-) a pozitivních (+) významných let v lokálních chronologiích. Šedě a tučně jsou vyznačeny významné roky objevující se nejméně u 50 % průměrných chronologiích pro příslušnou standardní chronologii; pouze tučně jsou vyneseny významné roky od 20 % do 39 % výskytu významného roku; hodnoty uvedeny v %.

rok	nizké	střední	vysoké	nizké	střední	vysoké
1899			6 +			14
1900			50			3
1901			12			22
1902			13			6
1903			5			32
1904			4			23
1905			28			2
1906			36			7
1907			4			30
1908			19			12
1909			9			11
1910			4			26
1911			8			11
1912			8			19
1913			53			5
1914			9			6
1915			12			6
1916			2			50
1917			4			23
1918			35			2
1919			4			27
1920			18			7
1921			6			7
1922	49	7	6	2	21	19
1923	12	30	43	21	2	3
1924	9	10	21	6	6	6
1925	20	6	12	3	22	8
1926	0	2	16	65	24	14
1927	0	0	2	11	23	53
1928	37	27	6	0	0	11
1929	18	15	38	9	0	2
1930	3	29	27	6	4	7
1931	40	2	7	3	18	41
1932	0	2	11	56	25	10
1933	0	0	35	39	19	4
1934	46	11	2	1	2	39
1935	16	24	3	1	2	29
1936	16	36	27	23	15	3
1937	38	4	11	2	19	6
1938	4	18	35	5	12	4
1939	0	3	2	16	41	21
1940	13	24	16	10	7	8
1941	1	4	1	36	17	32
1942	1	22	36	30	10	0
1943	49	24	14	2	13	14
1944	17	27	2	13	3	16
1945	2	11	20	27	11	7
1946	9	0	0	15	54	33
1947	17	7	0	6	5	16
1948	7	32	29	0	0	0
1949	0	2	9	58	24	1
1950	26	37	18	0	3	18
1951	44	17	9	1	8	22
1952	5	18	7	5	2	8
1953	2	2	4	12	29	9
1954	7	10	49	3	12	2
1955	1	6	0	42	56	36
1956	5	24	40	11	8	0
1957	23	23	6	6	0	7
1958	36	32	3	10	4	14
1959	2	4	6	19	49	12

rok	nizké	střední	vysoké	nizké	střední	vysoké
1960	1	0	4	52	27	32
1961	9	9	9	11	18	13
1962	34	16	19	0	2	2
1963	4	0	0	24	24	54
1964	36	46	11	1	6	2
1965	22	22	78	4	3	0
1966	5	10	1	39	30	13
1967	3	6	3	18	15	6
1968	14	30	10	22	12	18
1969	1	2	0	19	23	44
1970	8	2	2	6	26	21
1971	58	45	39	3	9	5
1972	13	6	4	19	22	2
1973	0	6	1	15	15	44
1974	12	29	71	5	5	1
1975	0	0	1	47	31	15
1976	76	56	23	0	0	3
1977	9	15	2	6	7	20
1978	1	0	10	38	56	11
1979	10	14	2	22	17	35
1980	12	18	60	15	7	1
1981	14	3	3	16	28	25
1982	23	49	12	3	3	6
1983	2	19	3	12	6	39
1984	57	5	28	3	33	6
1985	1	0	24	18	26	13
1986	7	54	15	2	0	8
1987	7	9	13	12	7	12
1988	1	15	7	40	5	21
1989	0	0	3	42	68	52
1990	5	3	4	1	16	9
1991	4	0	14	2	3	3
1992	76	42	15	3	0	9
1993	12	20	18	16	2	9
1994	3	0	2	19	62	31
1995	13	35	26	1	0	2
1996	7	30	60	7	0	0
1997	0	0	2	81	20	5
1998	18	3	2	3	31	5
1999	8	5	1	5	25	23
2000	68	66	33	0	3	1

Příloha IV

Tab. 4.1: Hodnoty korelačních koeficientů (r) pro lokální chronologie s měsíčními úhrny srážek a průměrnými měsíčními teplotami vzduchu od května předchozího roku do srpna stávajícího roku; pro nízké polohy za období 1943 – 2000, pro vysoké a střední 1954 – 2000; šedě a tučně vyznačeny hodnoty průkazné na $p < 0,05$.

	srážky			teploty		
	nízké	střední	vysoké	nízké	střední	vysoké
AV	0,13	0,19	0,31	-0,09	0,14	-0,17
AVI	0,17	-0,05	-0,33	0,06	0,10	-0,04
AVII	0,11	0,11	0,15	-0,21	-0,31	-0,35
AVIII	0,15	-0,01	-0,05	-0,25	-0,22	-0,24
AIX	0,18	0,12	0,04	-0,43	-0,34	-0,16
AX	0,30	-0,02	0,03	0,18	0,29	0,12
AXI	0,08	-0,23	-0,33	-0,01	-0,01	0,04
AXII	-0,20	0,00	0,08	-0,01	0,15	-0,07
I	0,13	-0,30	-0,09	-0,23	-0,02	-0,03
II	-0,05	0,18	0,09	-0,15	0,07	0,15
III	0,17	-0,16	0,16	-0,06	0,21	0,16
IV	0,21	0,14	-0,04	-0,17	-0,10	0,10
V	0,31	-0,06	-0,33	-0,07	-0,14	0,13
VI	0,32	0,12	0,18	-0,09	-0,18	0,12
VII	0,44	0,08	-0,22	-0,22	-0,10	0,16
VIII	0,30	0,05	0,07	-0,32	-0,25	-0,07

Tab. 4.2: Hodnoty korelačních koeficientů (r) pro stanovištní chronologie s úhrnem srážek a průměrem teplot vzduchu od července do září předchozího roku a od května do července stávajícího roku. Pro nízké polohy za období 1943 – 2000, pro vysoké a střední 1954 – 2000; šedě a tučně vyznačeny hodnoty průkazné na $p < 0,05$.

	srážky												
	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
AVII-AIX	0,29	0,15	0,15	0,10	0,14	0,12	0,20	0,16	0,12	-0,01	0,07	0,07	0,12
V-VII	0,44	0,55	0,44	0,45	0,15	0,02	-0,01	-0,06	-0,14	-0,18	-0,23	-0,35	-0,30
	teploty												
	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
AVII-AIX	-0,44	-0,35	-0,41	-0,28	-0,53	-0,36	-0,49	-0,43	-0,36	-0,26	-0,32	-0,26	-0,37
V-VII	-0,15	-0,19	-0,13	-0,25	-0,26	-0,14	0,13	0,05	0,06	0,24	0,20	0,27	0,25

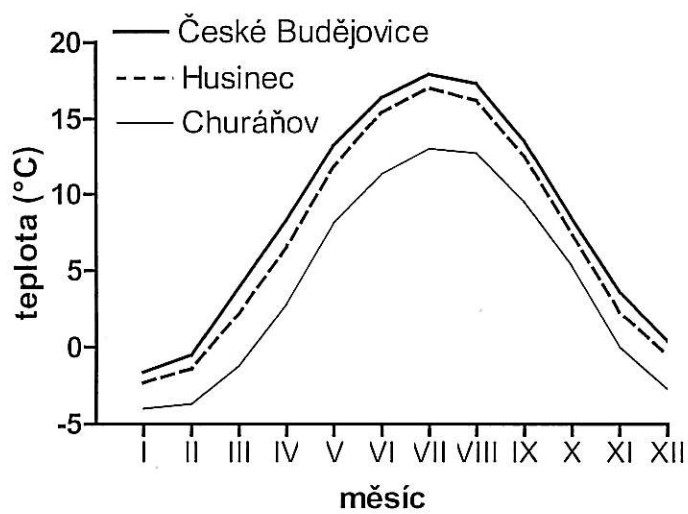
Tab. 4.3: Hodnoty korelačních koeficientů (r) pro stanovištní chronologie s průměrem teplot vzduchu od července do září předchozího roku a od května do července stávajícího roku ze stanice České Budějovice za období 1922 – 1960, 1961 – 2000, 1922 – 2000; šedě a tučně vyznačeny hodnoty průkazné na $p < 0,05$.

1922 – 1960													
	004p	007p	006p	008p	020p	017p	016p	014p	012p	013p	015p	011p	010p
AVII – AIX	-0,46	-0,47	-0,56	-0,29	-0,45	-0,21	-0,21	-0,30	-0,21	-0,05	-0,05	-0,11	-0,20
V – VII	-0,53	-0,49	-0,34	-0,50	-0,11	-0,17	0,05	0,08	0,11	0,07	0,15	0,26	0,17
1961 – 2000													
AVII – AIX	-0,54	-0,45	-0,50	-0,43	-0,62	-0,42	-0,48	-0,43	-0,40	-0,27	-0,34	-0,26	-0,44
V – VII	-0,16	-0,22	-0,22	-0,32	-0,28	-0,13	0,14	0,13	0,06	0,28	0,25	0,34	0,33
1922 – 2000													
AVII – AIX	-0,50	-0,45	-0,52	-0,35	-0,54	-0,33	-0,35	-0,37	-0,31	-0,16	-0,22	-0,19	-0,32
V – VII	-0,32	-0,35	-0,28	-0,42	-0,20	-0,15	0,09	0,10	0,08	0,17	0,21	0,30	0,25

Tab. 4.4: Výsledky t-testů teplotních řad letních měsíců předchozího (průměr z července až září) a stávajícího roku (průměr z května až srpna) za období 1922 – 1960 a 1961 – 2000; p – dosažená hladina významnosti, t – hodnota testového kritéria.

období	směrodatná odchylka	p	t
1922 – 1960 AVII – AIX	0,837		
1961 – 2000 AVII – AIX	0,959	0,793	0,263
1922 – 1960 VI – VIII	0,894		
1961 – 2000 VI – VIII	0,896	0,688	-0,403

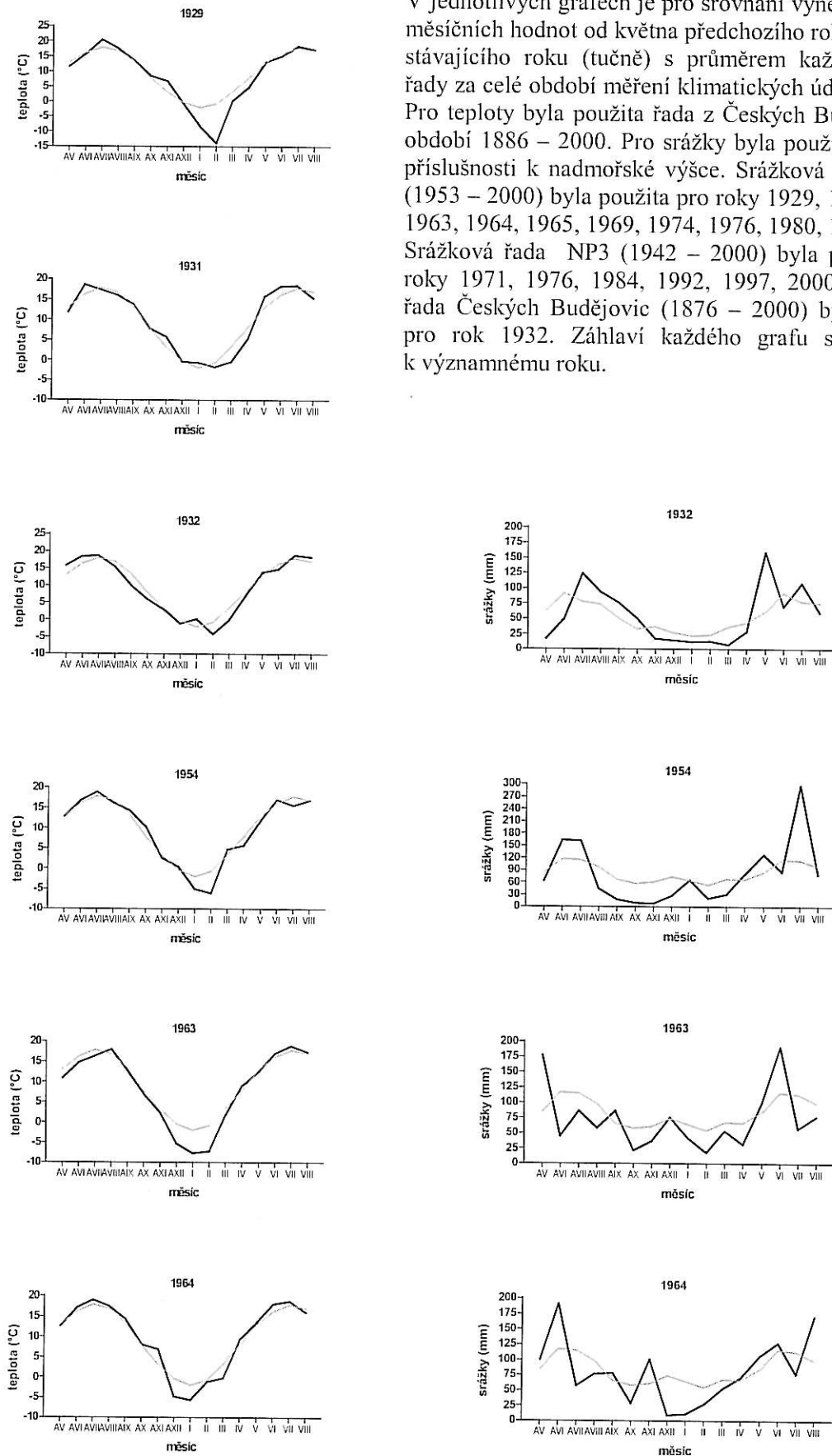
Příloha V

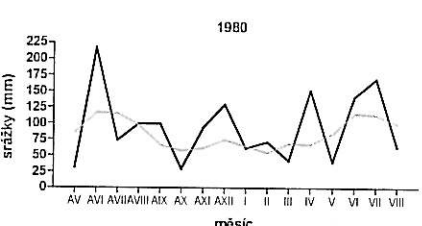
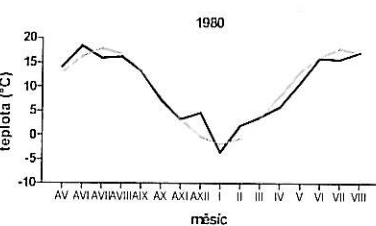
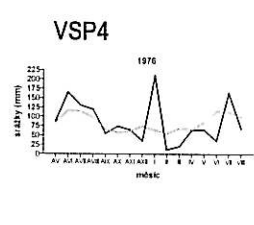
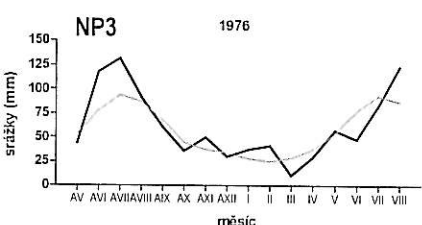
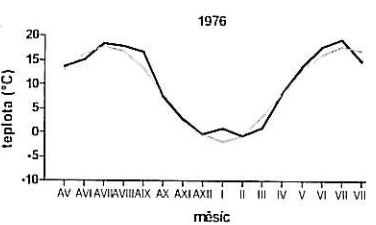
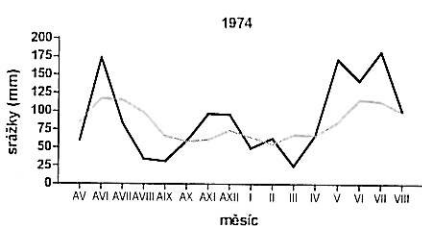
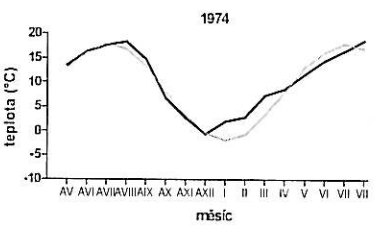
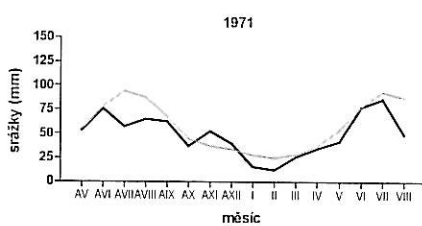
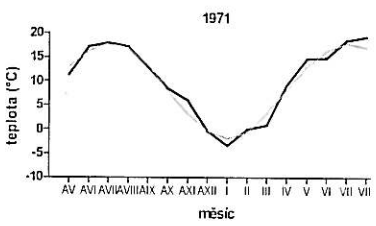
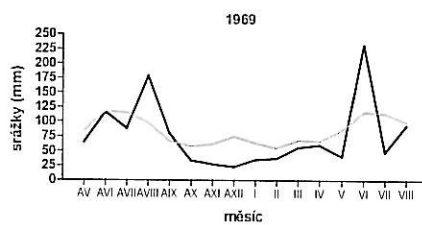
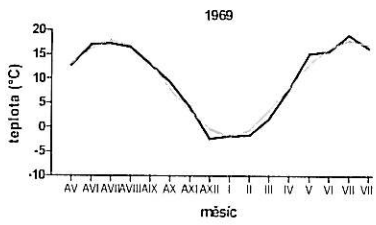
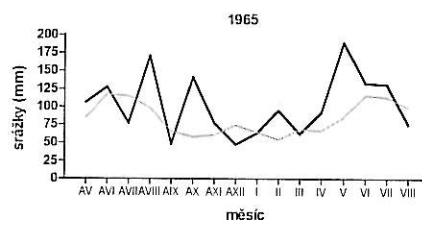
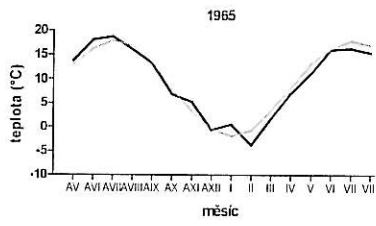


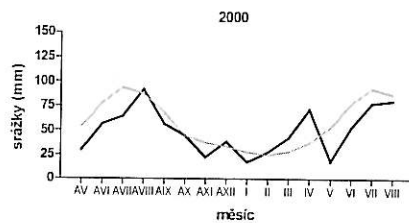
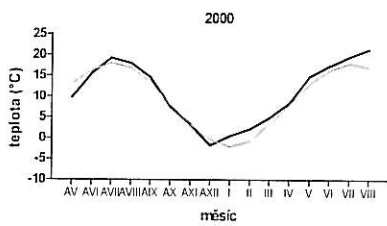
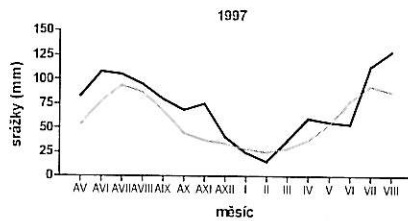
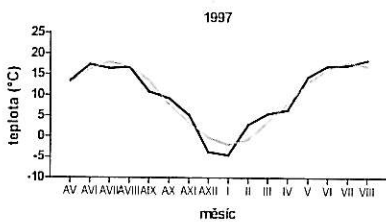
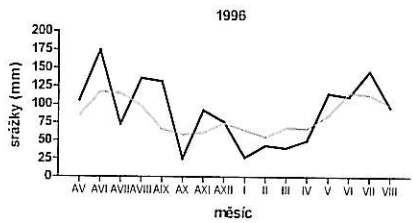
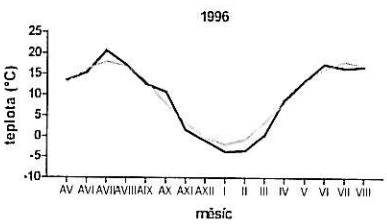
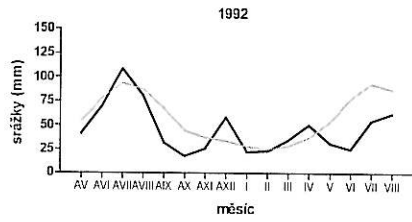
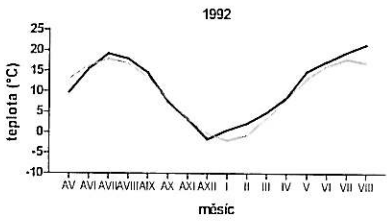
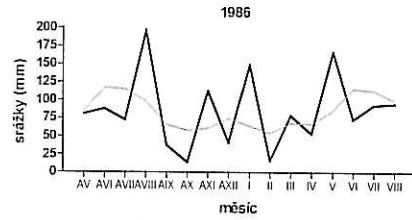
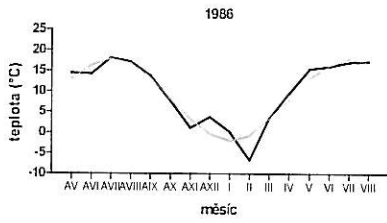
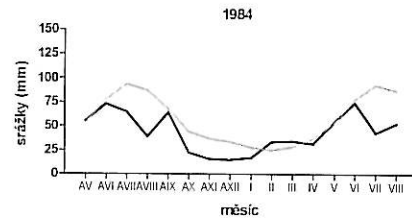
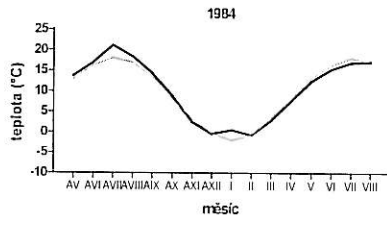
Obr. 5. 1: Průběh teplot ze stanic České Budějovice, Husinec, Churáňov za období 1953 – 2000.

Obr. 5. 2: Průběh teplot a srážek pro hlavní významné roky.

V jednotlivých grafech je pro srovnání vynesena průběh měsíčních hodnot od května předchozího roku do srpna stávajícího roku (tučně) s průměrem každé měsíční řady za celé období měření klimatických údajů (slabě). Pro teploty byla použita řada z Českých Budějovic za období 1886 – 2000. Pro srážky byla použita řada dle příslušnosti k nadmořské výšce. Srážková řada VSP4 (1953 – 2000) byla použita pro roky 1929, 1931, 1954, 1963, 1964, 1965, 1969, 1974, 1976, 1980, 1986, 1996. Srážková řada NP3 (1942 – 2000) byla použita pro roky 1971, 1976, 1984, 1992, 1997, 2000. Srážková řada Českých Budějovic (1876 – 2000) byla použita pro rok 1932. Záhloví každého grafu se vztahuje k významnému roku.







Tab. 5.1: Klimatická interpretace vybraných významných roků, které byly na lokalitách nejčastěji zjištěny, na základě Obr. 5.2 v této příloze.

významný rok	negativní významné roky
nízké polohy	
1971	nízké srážky téměř za celé období (od května 1970 do srpna 1971)
1976	nízké srážky od února do července + vyšší teploty v červnu a červenci 1976, vysoké teploty v září 1975
1984	nízké srážky v červnu až srpnu 1984 a téměř za celé období 1983
1992	nízké srážky od května do srpna + vyšší teploty za stejné období (hl. srpen)
2000	nízké srážky od května do srpna v 2000 i 1999, vyšší teplota od května do srpna 2000
střední polohy	
1964	nízké teploty v prosinci a lednu + nízké srážky od prosince do února, nízké v teploty v červnu + nízké srážky v červenci
1976	nízké srážky od ledna do června + vyšší teploty v červnu a červenci 1976, vysoké teploty v září 1975
1986	nízké teploty v únoru, kterým předcházela teplejší prosinec a leden + nízké srážky v únoru, nízké srážky v červnu a červenci
vysoké polohy	
1929	nízké teploty v lednu a únoru
1954	nízké teploty v lednu, únoru a červenci, nízké srážky od srpna 1953 do března 1954
1965	nízké teploty už od února do srpna, vysoké srážky v květnu
1974	vysoké teploty v lednu až dubnu, nízké teploty od května do července + vysoké srážky od dubna do srpna
1980	nízké teploty od dubna do srpna
1996	nízké teploty od ledna do března + nízké srážky
pozitivní významné roky	
nízké polohy	
1932	vysoké srážky v květnu
1997	vysoké srážky za celé období v předchozím roce, vysoké srážky v červenci a srpnu
vysoké polohy	
1931	vysoké teploty v květnu a červnu
1963	vysoké teploty v červnu a červenci, nízké srážky v červenci a srpnu, ale nízké teploty v prosinci a březnu? – vztah nejasný
1969	vysoké teploty v květnu a červnu, nízké srážky v květnu a červenci