

DÉLKY LETOROSTŮ VINNÉ RÉVY JAKO POMŮCKA PRO REKONSTRUKCI JARNÍCH TEPLŮT VZDUCHU V 18. STOLETÍ

Jaroslav Střeščík
József Verő

ABSTRACT

Lengths of new grapevine sprouts were measured systematically in Kőszeg, Hungary, since 1740 on the same day each year (24th April). They exhibit a good correlation with the average air temperatures in April and in some extent in March, the best correlation 0.6 being found for weighted average $(March+2\times April)/3$. Climatological data taken from Budapest, Vienna and Prague show that the correlation decreases with the increasing distance. With square roots of the lengths instead of proper lengths one arrives to values higher by about 0.05 for all stations. Prolonged course of spring temperatures and grapevine sprouts is very similar. Especially good agreement appears in extremes: very long grapevine sprouts correspond to very high spring temperatures and vice versa. There is a negative correlation between these lengths and the relative air humidity or cloudiness. These results confirm the relatively lower temperatures in the 19th century and warm decades to the end of the 18th century; moreover, they suggest that the warm period could be prolonged into the past at least till 1740. This statement agrees with other temperature reconstructions.

Úvod

Instrumentální data teplot vzduchu na jednotlivých stanicích jsou k dispozici za poměrně krátkou dobu. Počátek pozorování na většině stanic ve střední Evropě spadá do druhé poloviny 18. století, např. Praha-Klementinum od r. 1775, Budapešť od r. 1780, Ženeva od r. 1753 apod. (Bradley, 1992). Řady jen o málo delší než 200 let poskytují málo možností pro stanovení a prokázání dlouhodobých zákonitostí či korelací s jinými dostatečně dlouhými řadami pozorování jiných jevů. Z těchto důvodů jsou velmi žádané jakékoli nepřímé odhady povrchových teplot vzduchu dále do minulosti na základě nepřímých pozorování a přírodních archivů (např. Jacoby and D'Arrigo, 1989). Každá tato rekonstrukce ovšem má své omezení např. na region, z něhož data pocházejí, na roční dobu, k níž se údaje vztahují, a také přesnost bývá různá. Lze proto konstatovat, že nezávislých rekonstrukcí klimatických dat do doby před pravidelným instrumentálním pozorováním není nikdy dost.

Data a zpracování

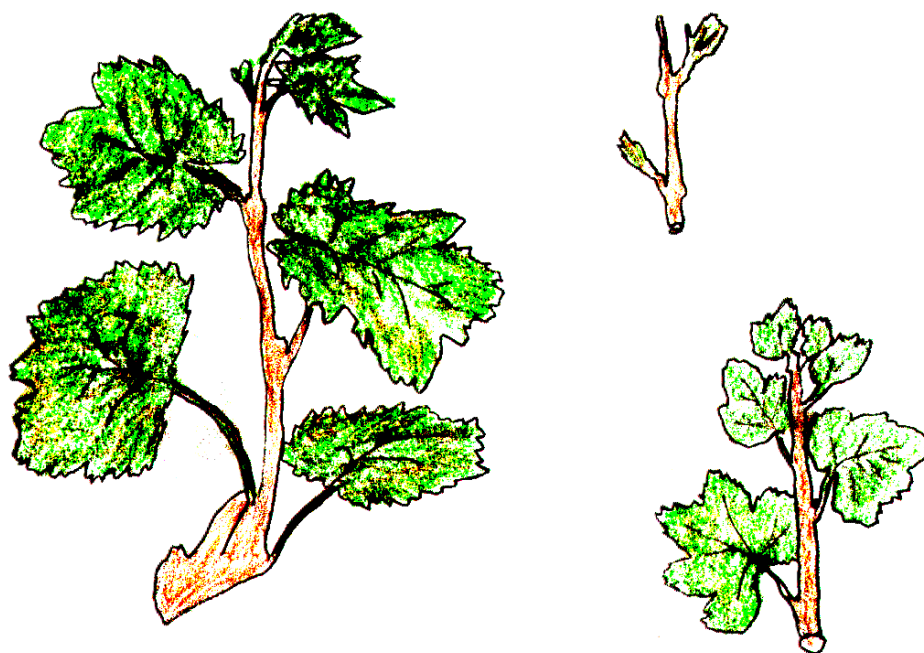
V tomto příspěvku budeme vycházet z měřených délek výhonků (letorostů) vinné révy. Data pocházejí z městečka Kőszeg v západním Maďarsku nedaleko rakouských hranic, kde maďarská nížina přechází v kopcovitý terén. I když nejde o vyhlášenou

vinařskou oblast, udržela se zde do dnešní doby zajímavá lidová tradice. Každý rok v den sv. Jiří (24. dubna) se zde koná slavnost, při níž prochází městem krojovaný průvod, v němž místní chasníci přinášejí letorosty vinné révy utržené na okolních vinicích. Ty pak skončí v místním muzeu, kde je malíř překreslí ve skutečné velikosti na papír. Kresby jsou uchovávány v muzeu už od r. 1740 do dneška bez přerušování. Letorosty jsou vždy zachyceny ve skutečné velikosti. Kromě kreseb jsou uchovávány údaje o sklizni a produkci vína, poznámky o charakteru počasí, zvláště o výjimečných povětrnostních událostech atd. Např. v r. 1929 je poznamenáno, že krutá zima (v tomto roce byl také zaznamenán teplotní rekord v ČR: -41,2 °C) způsobila velké škody na vinicích, mnoho keřů pomrzlo a sklizeň byla mimořádně chudá. Všechny tyto údaje jsou psány samozřejmě maďarsky a ručně, starší záznamy jsou špatně čitelné. Reprodukci některých kreseb uvádíme na obr. 1.

Délka zmíněných letorostů bývá různá. V některých letech jsou na větvích pouze nerozvinuté pupeny, jindy stačily nové větve narůst až do délky přes 30 cm. Po dvě staletí byly tato kresby uchovávány v muzeu a téměř nikdo mimo město o nich nevěděl. Teprve koncem třicátých let 20. století ředitel muzea Aladár Visnya tyto kresby proměřil a data předal meteorologickému ústavu v Budapešti.

Meteorolog Zoltán Berkes pak porovnal změřené délky s teplotami vzduchu pozorovanými v Budapešti a ve Vídni. Výsledky jsou publikovány dvojjazyčně, maďarsky a německy (Berkes, 1942). Od té doby opět na tomto tématu nikdo nepokračoval. Berkesovy výsledky ukázaly zajímavé korelace. Dnes jsou k dispozici údaje za dalších 60 let, což je roz-

hodně velmi cenný materiál pro další práce. Délky letorostů pro léta 1740–1939 jsou publikovány v Berkesově práci. Délky pro léta 1900–1998 první autor tohoto článku proměřil na místě z originálních kreseb, které jsou uloženy v muzeu ve vitríně (období 1900–1939 pro porovnání s publikovanými daty).



Obr. 1. Reprodukce některých kreseb letorostů vinné révy v Kőszegu (podle Berkes, 1942, dodatečně kolorováno). Vlevo z roku 1894, vpravo nahoře 1879, vpravo dole 1827.

Berkes ve své práci upozorňuje na možné nehomogenity, které mohou snížit přesnost nalezených výsledků. Měření se tradičně provádělo vždy ve stejný den v roce, po této stránce je tedy vše v pořádku. Avšak v okolí se pěstují různé odrůdy vinné révy, z nichž některé raší dříve a jiné později, a tím mohou být údaje ovlivněny. Letorosty pocházejí z různých lokalit v okolí, kde rychlost růstu nemusí být stejná. Naštěstí bylo v každém roce zakresleno více větví z různých vinic a příslušejících různým odrůdám (vždy nejméně pět), a to vše je dokumentováno. Nejvíce pěstované odrůdy a nejčastěji zakreslené jsou burgundské a modrá frankovka. Ty také mívají nejdelší letorosty, obvykle stejně dlouhé. Berkes použil právě tyto délky. Pokud v některém roce tyto odrůdy nebyly zakresleny, použil jiných odrůd (např. třetí nejčastěji měřená odrůda riesling) a porovnáním délek

u jednotlivých odrůd v jiných letech odhadl odpovídající délku letorostů burgundského. Berkes porovnal změřené délky letorostů s teplotami vzduchu pozorovanými v Budapešti a ve Vídni. Teploty měřené přímo v Kőszegu byly k dispozici jen za velmi krátké období. Ukázalo se, že pro všechny varianty teplot (popsány níže) vycházely korelace s teplotami v Budapešti vyšší než s teplotami ve Vídni. Vídeň je sice vzdušnou čarou mnohem blíže, je však oddělena horami a leží v klimaticky odlišné oblasti než Kőszeg nebo Budapešť. Berkes použil také měřené teploty z pražského Klementina. Korelace s klementinskými teplotami je ovšem ještě nižší vzhledem k vzdálenosti.

3. Výsledky

Přidání dalších téměř 60 let k dosavadní řadě umožní zpřesnit publikované výsledky.

V našem přehledu se zaměříme i na jiné kombinace klimatologických dat. Cílem je co nejlépe stanovit, čím je ovlivněn růst letorostů vinné révy v jarních měsících a tedy co přesně můžeme z naměřených délek rekonstruovat. Nejdůležitější hodnoty korelačních koeficientů jsou uvedeny v Tab. 1. Hodnoty statisticky významné jsou vyznačeny tučně. Teploty byly brány ze stanic Budapešť, Vídeň, Praha a Ženeva. Ve sloupcích jsou korelace s teplotami březnovými (III), dubnovými (IV), s průměrem březen+duben (P) a s váženým průměrem, kde březnové teploty byly vzaty s poloviční vahou než dubnové (VP). Právě pro tuto kombinaci vyšly korelační koeficienty nejvyšší. Jistě proto, že dubnové teploty ovlivní růst vinné révy více než březnové. V tabulce lze pozorovat, jak hodnoty korelačních koeficientů klesají se vzdáleností stanice od Kőszegu. Celkově jsou všechny korelace nižší, než jaké uvádí Berkes, a to i pro data za období jím použité. Berkes zřejmě použil jako dubnové teploty průměr pouze do 23. 4., což je správnější než za celý kalendářní měsíc. Tuto variantu můžeme provést ověřit pouze pro data z pražského Klementina, odkud máme k dispozici též denní hodnoty. Výsledky pro takto spočítané průměry za duben a obdobně sestavené průměry P a VP) jsou uvedeny zvlášť v Tab. 1 a označeny Praha-23.

Tyto korelační koeficienty jsou skutečně vyšší než pro případ, kdy byl použit duben jako kalendářní měsíc. Korelace s únorovými teplotami se pohybují mezi 0,10–0,15 a jsou pod úrovní 95% významnosti. Jiné možné kombinace vážených průměrů teplot březnových, dubnových a případně i únorových přinesly korelační koeficienty nižší než jsou v posledním sloupci Tab. 1. Dále, na rozdíl od výsledků Berkesových, jsou poměrně malé rozdíly mezi korelačními koeficienty pro Budapešť a pro Vídeň.

V pražském Klementinu se sledují také denní maximální a noční minimální teploty a jsou k dispozici od r. 1775 stejně jako denní průměry. Z těchto denních hodnot jsme spočetli měsíční průměry a jejich hodnoty porovnali s délkami letorostů vinné révy. Také pro tyto teploty jsme použili variantu dubnových průměrů pouze do 23. 4. Všechny korelační koeficienty jsou uvedeny v Tab. 1 v dolních řádcích. Porovnáním s hodnotami pro průměrné denní teploty (výše) zjistíme, že pro maximální denní teploty vycházejí korelace o něco málo vyšší než pro denní průměry, pro noční minima naopak nižší, avšak stále významné. Lze předpokládat, že pro maximální denní teploty v Budapešti by vyšly korelace také o něco vyšší než pro denní průměry.

Tab 1. Korelace délky letorostů vinné révy s průměrnými měsíčními teplotami vzduchu.

Veličina	Stanice	Období	III	IV	P	VP
teplota prům.	Budapešť	1780-1998	0,382	0,468	0,560	0,577
	Vídeň	1775-1998	0,382	0,454	0,542	0,552
	Praha	1775-1998	0,350	0,440	0,498	0,510
	Ženeva	1753-1998	0,242	0,409	0,415	0,446
	Praha-23	1775-1998	0,350	0,494	0,534	0,554
teplota max.	Praha	1755-1998	0,353	0,443	0,505	0,515
	Praha-23	1775-1998	0,353	0,495	0,540	0,555
teplota min.	Praha	1775-1998	0,308	0,354	0,417	0,425
	Praha-23	1775-1998	0,308	0,397	0,441	0,455

Použití korelačních koeficientů mlčky předpokládá, že vztah mezi korelovanými veličinami je lineární. To však není v tomto případě zcela splněno. Je zřejmé, že růst je nejprve velmi pomalý, pak se po určité době stále zrychluje. Takže rozdíl v délce 0 cm a 1 cm

odpovídá poměrně velkému rozdílu teplot, avšak délkám 30 cm a 35 cm již tak velký teplotní rozdíl neodpovídá. Je proto na místě korelovat teploty nikoliv se skutečnou délkou letorostů, ale např. s jejím logaritmem nebo odmocninou apod., čímž se variace

u dlouhých letorostů v dimenzích 20, 30, 40 cm snižuje. Nebo naopak porovnávat délky letorostů s kvadrátem teploty vzduchu. V Tab. 2 jsou uvedeny korelační koeficienty mezi druhou odmocninou délky letorostů a průměrnými teplotami stejnými jako

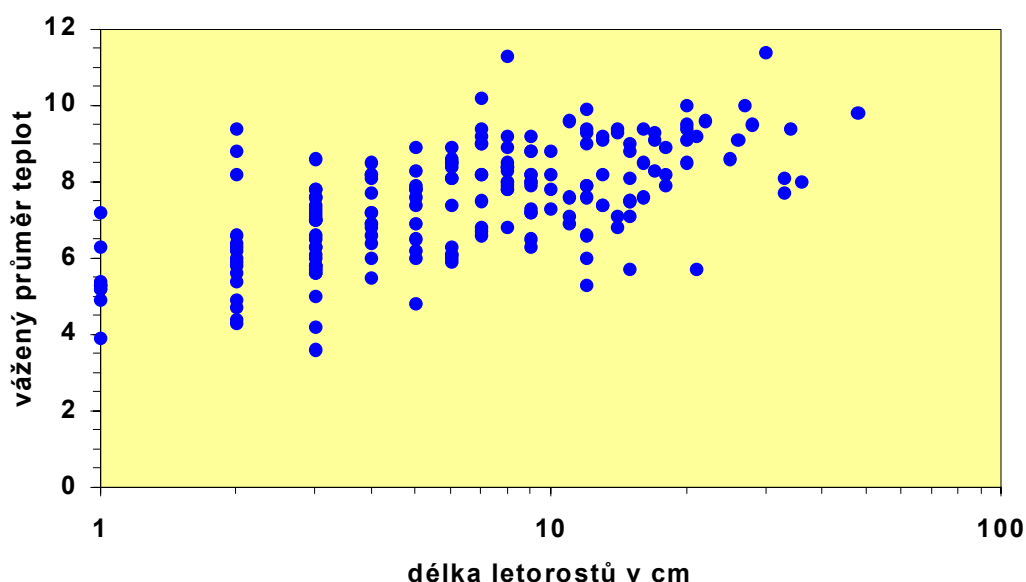
v Tab. 1. Na obr. 1 je pak ukázána korelace délek letorostů v logaritmickém měřítku s váženým průměrem teplot (sloupec VP) v Budapešti. Nulové délky jsou zde vynechány. Je vidět, že po této úpravě je vztah téměř lineární.

Tab 2. Korelace druhých odmocnin délek letorostů vinné révy s průměrnými měsíčními teplotami vzduchu.

Veličina	Stanice	Období	III	IV	P	VP
teplota prům.	Budapešť'	1780-1998	0,421	0,514	0,616	0,634
	Videň	1775-1998	0,428	0,499	0,600	0,611
	Praha	1775-1998	0,411	0,490	0,569	0,577
	Ženeva	1753-1998	0,305	0,447	0,483	0,505
	Praha-23	1775-1998	0,411	0,539	0,601	0,617
teplota max.	Praha	1755-1998	0,413	0,495	0,578	0,585
	Praha-23	1775-1998	0,413	0,545	0,610	0,623
teplota min.	Praha	1775-1998	0,374	0,413	0,497	0,506
	Praha-23	1775-1998	0,374	0,457	0,522	0,534

Pro porovnání délek letorostů vinné révy se srážkovými úhrny za měsíce březen či duben nejsou k dispozici dostatečně dlouhé řady z blízkých stanic. Nejbližší stanice pro tento účel je Klagenfurt (pozorování od r. 1813), Praha (od r. 1805), Ženeva (od r. 1826) a snad

ještě Budapešť' (od r. 1841). Provedeme-li podobné korelace pro všechny kombinace měsíců apod. jako jsme provedli pro teploty, nenalezneme nikde korelaci vyšší než 0,1, a to je hluboko pod 95% hladinou významnosti.



Obr. 1. Porovnání délek letorostů vinné révy s váženým průměrem teplot za březen a duben v Budapešti. Vodorovná osa pro délky je v logaritmickém měřítku.

Tabulka 3. Korelace druhých odmocnin délek letorostů vinné révy s některými dalšími veličinami.

Veličina	Stanice	Období	III	IV	P	VP
srážky	Praha	1805-1998	-0,026	-0,018	-0,030	-0,026
	Klagenfurt	1817-1987	-0,040	-0,090	-0,088	-0,094
	Ženeva	1826-1989	-0,008	0,052	0,027	0,039
oblačnost	Praha	1775-1998	-0,017	-0,166	-0,102	-0,128
oblačnost	Praha-23	1775-1998	-0,017	-0,184	-0,116	-0,144
rel. vlhkost	Praha	1845-1998	-0,140	-0,181	-0,177	-0,187
rel. vlhkost	Praha-23	1845-1998	0,140	-0,195	-0,200	-0,208
<i>aa</i>	Země	1868-1998	0,028	0,015	0,024	0,022
<i>W</i>	Slunce	1740-1998	-0,007	0,012	0,003	0,006

Poněkud nadějnější jsou porovnání s průměrnou oblačností nebo vlhkostí vzduchu. Data průměrné denní oblačnosti z pražského Klementina jsou k dispozici od r. 1775, data relativní vlhkosti vzduchu až od r. 1845. Korelační koeficienty mezi délkami letorostů vinné révy a průměrnými měsíčními hodnotami oblačnosti a relativní vlhkosti vzduchu jsou uvedeny v Tab. 3, která je uspořádána stejně jako Tab. 2. Také zde byly pozorovány poněkud vyšší korelace pro druhé odmocniny délek letorostů, naznačující, že ani v tomto případě přímá závislost není lineární, proto v Tab. 2 uvádíme hodnoty právě pro druhé odmocniny. Hodnoty v některých sloupcích přesahují mez 99% významnosti, v jiných alespoň mez 95% významnosti. Nepatrné hodnoty pro března způsobí, že pro období zahrnující též března (sloupce P a VP) není korelace vyšší než pro samotný duben. Korelační koeficienty odmocnin délek s oblačností a vlhkostí vzduchu jsou záporné. To proto, že vyšší oblačnost a vyšší relativní vlhkost vzduchu v těchto měsících obvykle souvisí s chladnějším počasím.

Co se týče sluneční aktivity, měsíční hodnoty Wolfových čísel slunečních skvrn jsou k dispozici pro celé období. Korelace s délkami letorostů vinné révy však je nepatrná. Pro jakoukoli kombinaci měsíců zůstávají hodnoty korelačních koeficientů nižší než 0,1, častěji se pohybují jen kolem 0,05. Ani pro geomagnetickou aktivitu, kde index *aa* je k dispozici až od r. 1868, nenalezneme nikde korelační koeficient vyšší než 0,13, přičemž ovšem mez 99% významnosti je v tomto případě 0,25.

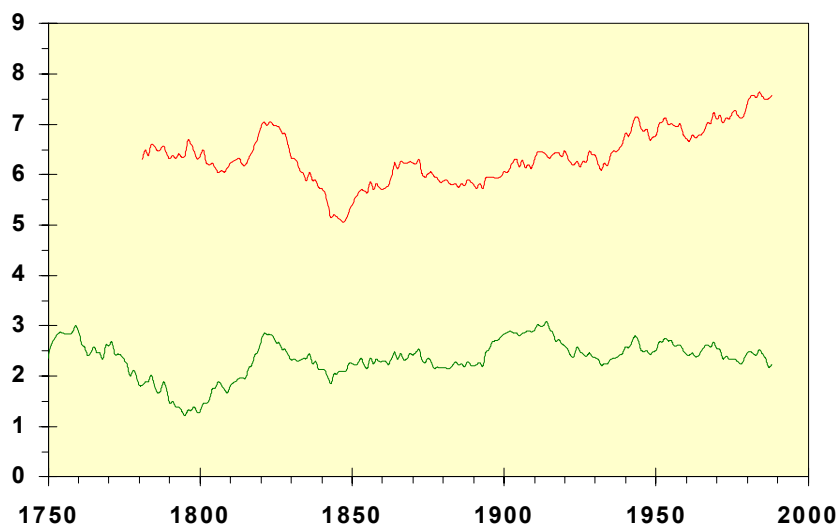
Diskuse

Na závěr si ještě ukážeme průběh délek letorostů a průběh jarních teplot vzduchu na společných obrázcích. Na obr. 3 je ukázán dlouhodobý chod délek letorostů a jarních teplot vzduchu za celé období, křivky jsou zde vyhlazeny jakožto klouzavé průměry za 21 let. Údaje o teplotě zde pocházejí z pražského Klementina. Použitý je vážený průměr teplot březnových a dubnových, přičemž průměr teplot dubnových je počítán pouze ze dní do 23. 4. Místo samotných délek letorostů jsou použity jejich druhé odmocniny, protože ty vykazují vyšší korelaci s teplotou vzduchu. Obrázek ukazuje vcelku dobrou shodu dlouhodobého chodu obou křivek (velké extrémy na počátku 19. století, stejně tak řada drobnějších extrémů ve 20. století). Délka letorostů nereaguje na pozvolný růst teploty vzduchu ve druhé polovině 20. století, průměr za posledních 50 let zůstává stále stejný. Křivka teplot naznačuje vyšší teploty na samém počátku pozorování, tj. ke konci 18. století, rovněž křivka délek směrem k levému okraji obrázku stoupá. To lze chápat mj. jako potvrzení, že údaje o teplotách v 18. století, poukazující na teplé období 1780–1800, jsou reálné. Letorosty jsou poměrně dlouhé i v dekadách předcházejících, kdy již není k dispozici instrumentální měření teplot vzduchu. Z toho se dá usuzovat, že také v období 1740-1780 byly jarní teploty většinou poměrně vysoké, určitě vyšší než v 19. století a možná ještě vyšší než v letech 1780-1800.

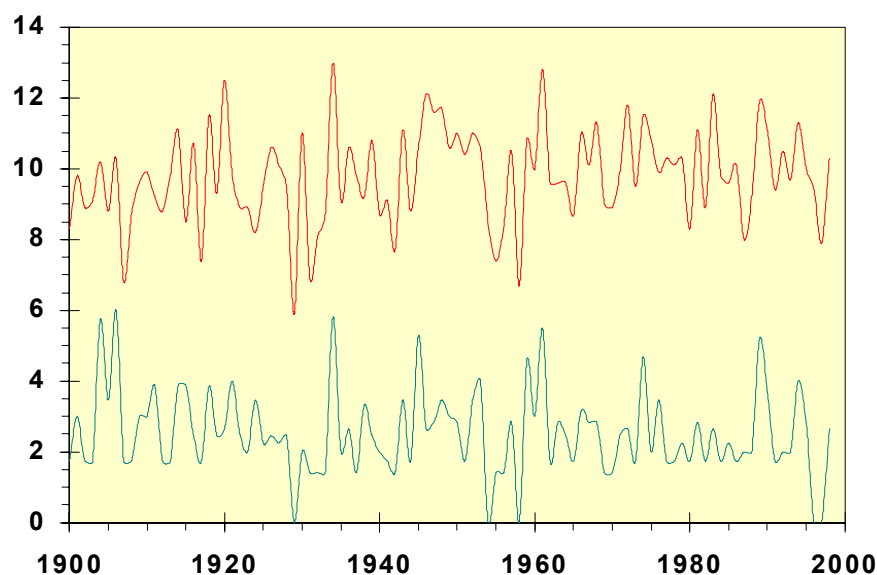
Tento výsledek souhlasí s rekonstruovaným průběhem teplot na základě letokruhů stromů

v Kanadě a ve Skandinávii podle Jacoby a D'Arrigo (1989) a s průběhem teplot ve Švýcarsku odvozeným ze starých kronik (Pfister, 1993). Také v těchto údajích je zřejmé maximum na přelomu 18/19. století, které pokračuje s malými výkyvy dále do minulosti a vytváří tak řadu lokálních maxim v letech 1720–1780. Větší minimum se objevuje v letech 1700–1720, není však tak hluboké jako minimum v 19. století. Korelační koeficient mezi teplotami rekonstruovanými podle Jacoby a D'Arrigo a délkami letorostů vinné révy je však pouze 0,15, mezi délkami letorostů a odhadem teplot ve Švýcarsku je 0,27. Při použití druhé odmocniny délek letorostů vzroste korelační koeficient na 0,17, resp. na 0,31. Korelační koeficient mezi křivkami na obr. 3 (vyhlazenými) je 0,25. Všechny tyto hodnoty však vyhovují požadavku statistické významnosti. Na obr. 4 jsou zobrazeny jarní teploty v Budapešti (vážené průměry teplot březno-

vých a dubnových – odpovídá sloupci VP v tabulkách) a druhé odmocniny délek letorostů vinné révy, bez vyhlazení. Pro větší přehlednost a rozlišovací schopnost v časové ose je nakreslena jen část období spadající do 20. století. Obrázek ukazuje dobrou shodu v polohách extrémů – mimořádně chladným jarním měsícům odpovídá malá nebo i nulová délka letorostů (např. 1929, 1958 aj.), naopak v mimořádně teplých jarních měsících byly letorosty podstatně delší (např. 1934, 1961, 1989 aj.). Kvantitativně to ovšem tak přesně nevyhází – většímu extrému v teplotách nemusí vždy odpovídat stejně velký extrém v délkách letorostů (1982, 1991). Korelační koeficient mezi nevyhlazenými křivkami na obr. 4 je roven 0,63 a stejnou hodnotu má za celé období. Důvodem vyšších korelací pro nevyhlazená data jsou zřejmě nápadné extrémy na obě strany, shodné u obou veličin. U vyhlazených dat, mezi něž lze počítat i teploty rekonstruované, tento faktor odpadá.



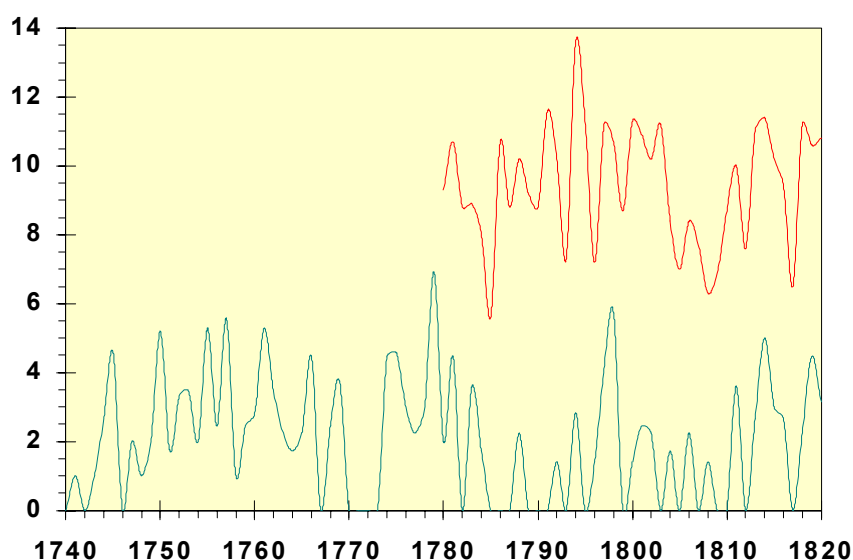
Obr. 3. Průběh druhých odmocnin délek letorostů vinné révy v Kószegu (dole) a jarních teplot v pražském Klementinu (vážený průměr března + 2x duben do 23.4., nahoře), vyhlazeno klouzavými průměry za 21 let.



Obr. 4. Průběh druhých odmocnin délek letorostů vinné révy v Kőszegu (dole) a jarních teplot v Budapešti (vážený průměr březen + 2x duben, nahoře) ve 20. století.

Na obr. 5 jsou zobrazeny tytéž veličiny pro konec 18. století a začátek 19. století. Stejně jako na obr. 4 se shodují polohy jednotlivých extrémů, i když ne vždy jim odpovídá stejná amplituda. Zřejmé je teplé období 1780-1800 vystřídané krátkých ochlazením v první dekádě 19. století. Přesvědčivé jsou celkově

delší letorosty v celém období 1740-1780, snad kromě samotného začátku a krátkého období kolem r. 1770. To by nasvědčovalo vyšším teplotám v těchto dekádách, alespoň co se týče jarních měsíců, ve shodě s údaji podle Jacoby and D'Arrigo (1989) a Pfister (1993) pro jiné oblasti na Zemi.



Obr. 5. Průběh druhých odmocnin délek letorostů vinné révy v Kőszegu (dole) a jarních teplot v Budapešti (vážený průměr březen + 2x duben, nahoře) v 18. a na počátku 19. století.

Literatura

Berkes, Z. (1942): Éghajlatingadozások tükrözödése a Kőszegi szőlőhajtások hoszában – Spiegelung der Klimaschwankungen in dem Längenwachstum der Weinreben-Triebe in Kőszeg. A Magyar királyi földmivelésügyi minisztérium fennhatósága alatt álló Magyar kir. orsz. meteorológiai és földmágnassági intézet kisebb kiadványai, új sorozat 15. szám – Kl. Veröff. der dem

- Kgl. Ung. Ministerium für Ackerbau unterstehenden Kgl. Ung. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Neue Reihe No 15, S. 3-17.
- Bradley, R. (1992): Climate since AD 1500 Database. IGBP PAGES / World Data Center A for Paleoclimatology Data Contribution Series # 92-015.
- Jacoby, G. C., D'Arrigo, R. (1989): Reconstructed Northern Hemisphere annual temperature since 1671 based on a high-latitude tree-rings from North America. *Climatic Change* 14, 39-45.
- Pfister, C. (1993): Historical weather indices from Switzerland. IGBP PAGES/World Data Center A for Paleoclimatology Data, Contribution Series # 93-027. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

Adresy autorů:

RNDr. Jaroslav Střeščík, CSc.
Geofyzikální ústav AV ČR
Boční II 1401
141 31 Praha 4
jstr@ig.cas.cz

Dr. József Verő
Geofizikai és geodéziai kutató intézet MTA
Csatka utcza 6
9401 Sopron
MAĎARSKO
vero@ggki.hu