

# Letokruhy dubu jako řez časem

## I. Středozápad kontinentu Evropy

Chronologie letokruhů dřevin neboli dendrochronologie je založena na posloupnosti charakteristik (obvykle šířek) letokruhů. Posledních 40–50 let doznává mimořádný rozvoj především část, která se věnuje rekonstrukci klimatu v holocénu, se zřetelem i na střednědobé a krátkodobé výkyvy, u nichž je někdy zjišťována vazba na celé spektrum událostí geofyzikálního, ale také společenského charakteru. Pokus najít či odhadnout prapočátek této erupce poznání nás dovádí do začátku 70. let 20. století. V r. 1968 byly nezávisle na sobě založeny dvě laboratoře, které se naplno „rozjely“ počátkem 70. let. Jednou z nich bylo pracoviště Ernsta Hollsteina při Zemském muzeu v Trevíru, druhou založili Michael G. L. Baillie a Jonathan R. Pilcher při Queen's University v Belfastu. Početní odchovanci první laboratoře vytvořili první dendrochronologický průřez celým holocémem a ještě úsekem závěru glaciálu, končící letokruhem 10461 př. n. l., který poskytl nejstarší přesně datovanou celulózu pro korekci radiouhlíkového datování. Druhá letokruhová řada, zpracovaná pro Irsko, sice dosahuje „pouze“ do roku 5289 př. n. l., ale její průběh odhalil několik zvláštních období, která budou popsána v příští části článku. Nositeli letokruhů obou studií jsou duby (*Quercus*), vesměs z podrodu *Quercus* s druhy nerozlišitelnými na základě anatomické stavby dřeva. V tomto dílu se zaměříme na tvorbu té první, delší chronologie dubu středozápadu Evropy.

Vstupními daty jsou šířky letokruhů. Jejich posloupnost na ose času nese název letokruhová řada. Jejím obvyklým grafickým zobrazením je letokruhová křivka (obr. 2) s vodorovnou osou (x) jako osou času, jejíž jednotkou je rok, a s kolmou osou (y) hodnot šířek letokruhů s obvyklou jednotkou 0,01 mm. Vzhledem k tomu, že šířka letokruhů podstatně závisí na proměnlivé složce prostředí příslušného roku (zejména klimatu), jsou letokruhové řady, resp. křivky jednotlivých stromů (v rámci druhu dřeviny a oblasti) vzájemně podobné. Tato podobnost se významně zvýší, pokud namísto dat jednotlivých stromů pra-

cujeme s průměrnými hodnotami celých souborů jedinců (porostů nebo celých oblastí) vztahujícími se vždy k určitému roku. Dojde totiž k výmazu individuálních odchylek jedinců a k zesílení společného signálu. Letokruhové řady vztahující se k druhu dřeviny v rámci širší oblasti, vytvořené i ze stovek jedinců, nazýváme letokruhovými chronologiemi (podrobněji viz Živa 2002, 6: 249–252). Na zmíněné podobnosti je založena celá dendrochronologie. Jejím základním úkonem je vzájemná synchronizace dvou letokruhových řad – cross-dating (křížové datování). Dlouhé chronologie získáváme postupnou synchronizací řad,

počínaje absolutně datovanou řadou z živých stromů a na ni navazujícími řadami ze starších a ještě starších objektů (obr. 3). Aritmetický průměr hodnot mnoha překrývajících se synchronních řad v rámci určitého území nazýváme standardní chronologií území. Pokud synchronní systém tvoří objekty o neznámém absolutním datování (chybí návaznost na řadu z živých stromů), zavádí se pro něj relativní letopočet a chronologii označujeme jako plovoucí.

### První evropské pokusy

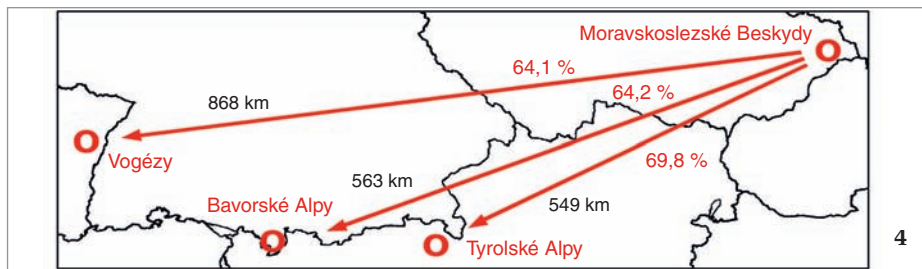
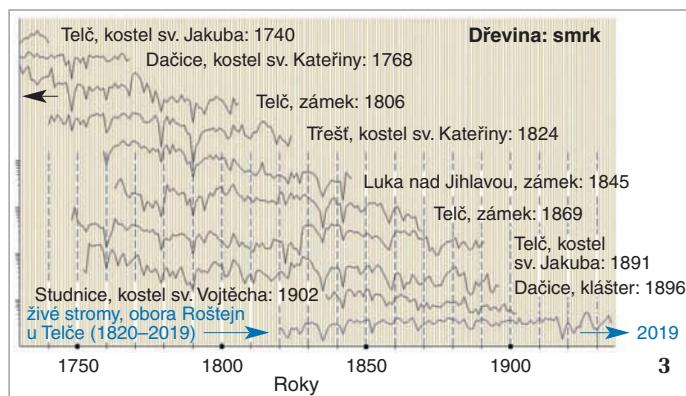
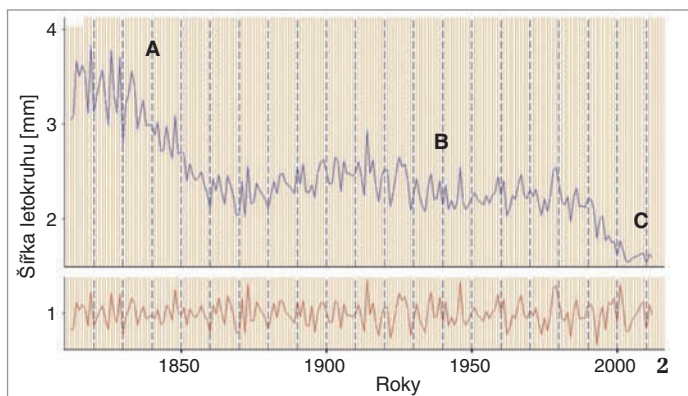
Evropská historie dendrochronologie začíná 30. lety 20. století. Inspirací byly výsledky zakladatele oboru, astronoma Andrewa Ellicotta Douglasse (1867–1962), v USA, které zahrnovaly chronologii živých stromů borovice těžké (*Pinus ponderosa*) od současnosti do r. 1284, prodlouženou křížovým datováním s řadami z dávných indiánských osad do r. 701 n. l., a chronologii živých stromů sekvojovce obrovského (*Sequoiadendron giganteum*) dosahující až do r. 1303 př. n. l. Pominu-li pokusy nizozemského astronoma Jacoba Cornelia Kapteyna, který si již koncem 19. století povšíl vztahu klima–letokruhy, autorem prvního pokusu ověřit si, zda a jak platí Douglassova zjištění v Evropě, byl pracovník Botanického muzea v Oslu Sigurd Aanstadt. Pokus provedl v oblasti Solør v jihovýchodním Norsku r. 1930. Vstupní standard mu poskytl několik desítek asi 70letých stromů z 6 porostů a předmětem datování se staly místní stavby, vše z borovice. Výsledkem bylo datování vzniku objektů, přesněji kácení zdrojových stromů. Nejstarší letokruh získané průměrné letokruhové řady nesl datum 1549. Závěr práce byl ohromující – skupina mladých stromů a čtyři stavební objekty umožnily proniknout skrze letokruhy až do poloviny 16. století! Evropanem, který téma otevřel na široké bázi s ideou tvorby co nejdříve chronologie, byl německý botanik Bruno Huber (1899–1969). Základní otázka zněla: Jak velké by měly být oblasti, v jejichž rámci by mohly být sestavovány standardy letokruhových chronologií? Odpověď nemohly podat ani americké, ani skromná norská studie. Přinesla ji práce jeho asistentky Hildegardy Müller-Stollové, realizovaná v letech 1942–43 a publikovaná r. 1951. Zpracovala data z pěti navzájem vzdálených lokalit, vesměs v jedlobukovém stupni, a dospěla ke zjištění, že nejvyšší geografickou telekonekci (blíže viz obr. 4) vykazala jedle bělokora (*Abies alba*).

### Odbočka do prehistorie

V r. 1941 definuje Huber svůj cíl. Je jím Tausendjährige Eichenchronologie (tisíciletá chronologie dubu), sestavená z letokruhů nejstarších živých dubů a z časově navazujícího materiálu z nejrůznějších stavebních objektů. Navzdory tomu ale veškerou pracovní kapacitu válečných let věnuje chronologii nákolních sídel (viz dále a obr. 12) z materiálu uloženého v depozitářích muzeí. Plovoucí letokruhové

1 Městečka v blízkosti německého Spessartu využívala dub pro hrázdění, krovy i stropy a stala se zdrojem pro první dlouhou regionální chronologii letokruhů dubu (*Quercus* spp.). Miltenberg





řady několika z nich z eneolitu a doby bronzové přinesly zatím netušený obraz vzniku a postupné výstavby těchto sídel, a dokonce u dvou objektů, vzdálených od sebe 280 km, synchronizovaly jejich vznik a postupný rozvoj.

#### Začátek: Hesensko

S koncem války začíná Huber plnit svůj program. Přechází do Mnichova, buduje laboratoř při tamní univerzitě a volí oblast pro vznik budoucí dlouhé chronologie dubu – Hesensko a přilehlou část Bavorska. Oblast přežila války historické i tu poslední bez újmy na stavbách, často z hrázdného zdiva. Zároveň má další příznivou zvláštnost – převážujícím materiálem stropů i krovů je dřevo dubu, na rozdíl od větších částí Bavorska (a třeba i Čech), kde naprosto převažovala jedle. K oblasti patří i doubravy Spessartu. Jejich nejstarší stromy poskytly řadu 1370–1955, na ni s bohatým překrytím navázalo dřevo z domů

a kostelů městeček, mimo jiné Büdingenu, Gelnhausenu a Miltenbergu (obr. 1 a 5, na mapě zeleně). Nejstarší letokruhy poskytly baziliku ve Steinbachu (1070), Ilbenstadtu (942) a jeden neobvyklý nález uložený hluboko pod dosud používaným mostkem přes potok ve vsi Bösgesäss, stopy jeho dávného předchůdce – kůly s letokruhovou řadou 1075–1177. Celá Huberova chronologie měla nakonec rozmezí 942–1955 a počínaje pozdním středověkem byla proložena více než 50 souběžnými řadami.

#### Pokračování: Germania Romana

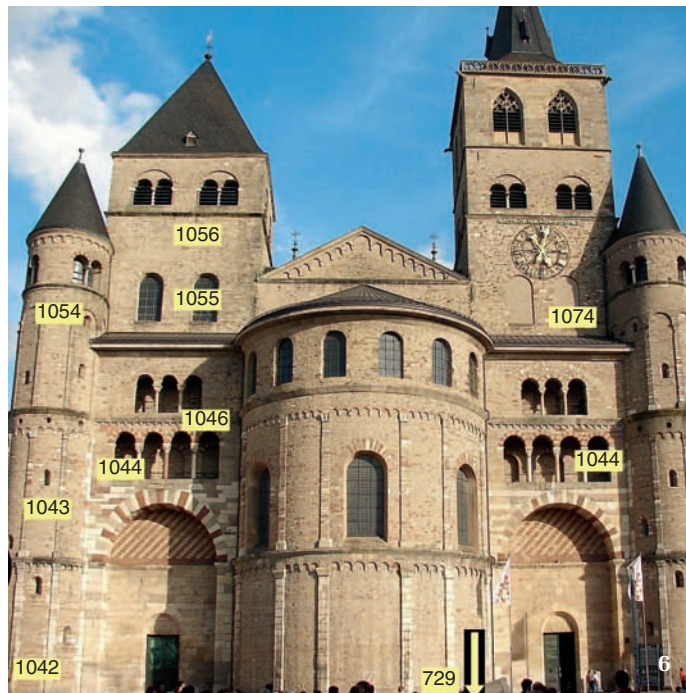
Pokračovatelem Hubera se stal v úvodu zmíněný Ernst Hollstein (1918–1988). Uvědomil si, že Trevír v Porýní-Vestfálsku (založen r. 17 př. n. l. císařem Augustem jako Augusta Treverorum) má velký potenciál dalšího rozšíření chronologie dubu, stejně jako celá provincie Germania Romana, jejímž centrem byl. Mělo to svou logiku.

2 V letokruhové křivce lze rozlišit dvě složky: vysokofrekvenční (kolísání „z roku na rok“), ta je pro chronologii signálem, je společná všem jedincům v oblasti, a nízkofrekvenční – dlouho- nebo střednědobé kolísání, které je zpravidla šumem, protože vyjadřuje zvláštnosti jedince, např. růstovou křivku (zmenšující se šířka letokruhů s rostoucím stářím stromu, A), změny způsobené konkurencí jedinců či pěstebními zásahy (B) nebo efekt nemoci předcházející úhyn (C). Signál lze vyčistit odstraněním nízkofrekvenční složky (dole, červeně). Zjednodušenou

3 Tvorba standardní chronologie. Tak vznikala naše chronologie smrku ztepilého (*Picea abies*). Na chronologii živých stromů staré obory Roštejn u Telče navazovaly letokruhové řady starších a starších objektů (zatím do r. 1011).

4 První hodnocení telekonekce letokruhových řad – shody signálů napříč zeměpisnou vzdáleností lokalit (Müller-Stollová 1951). Z jedlobukového vegetačního stupně (jedle, smrk a buk) vykazala nejvyšší telekonekci jedle bělokorá (*Abies alba*; míra hodnocena procentem souběžnosti úseků). To inspirovalo myšlenku Mitteleuropäische Tannenchronologie (středoevropské chronologie jedle) Huberova žáka B. Beckera, realizovanou až r. 1970.

5 Ernst Hollstein zjišťuje, že území využitelné pro jednotnou chronologii





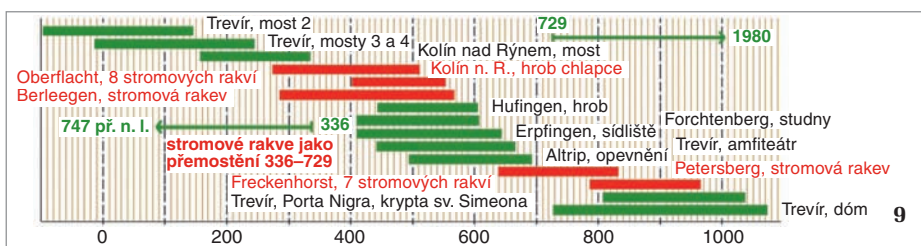
dubu daleko přesahuje region začátků B. Hubera (zeleně). Chronologie Evropa – středozápad se vztahuje k celému území mapy. Červeně nálezy stromových rakví (Baumsarg) Merovejců, dynastie vládnoucí v 5.–8. století franské říši, na území dnešní Francie a západního a středního Německa. Svě významnější příslušníky pohřbívali do vydlabaných dutin v podélně rozpůleném a opět uzavřeném dubovém kmenu, jehož obě čela zůstala zachována. Díky této pokladnici dat byla nakonec mezera stěhování národů překlenuta (blíže na obr. 9).

**6** Datování průběhu stavby trevírského dómu, katedrály svatého Petra, v letech 1042–74 chronologií zazděných zbytků lešení – Hollsteinův mistrovský kousek (dnes praxe používaná pro datování našich hradů). Archeologové ale objevili pozůstatky předchozího chrámu a tím se středověká chronologie protáhla do tehdy nejstarší meze, r. 729.

**7** Porta Nigra, snad nejslavnější antická památka Trevíru. Byla zbudována r. 170 n. l., neposkytla však Hollsteinovi žádné letokruhy z doby původu. Ale něco přece. Počátkem 11. století se v ní nechal zadržet poustevník Simeon, aby si s okolním světem ponechal jen nejnütnější kontakt. Po jeho smrti r. 1035 byla část brány dočasně přestavěna na kostel s klášterem. Tyto akce zanechaly letokruhovou stopu z let 809 až 1038. Teprve nedávno odkryl výzkum i stopu anticko: duby pro odvodnění stavby byly káceny v zimě 169/170 n. l. (Neyses-Eiden a Rzepecki 2019), která rok vzniku brány potvrdila.

**8** Trevírský amfiteátr poskytl svými dřevěnými podzemními konstrukcemi letokruhové řady 70–286 n. l.

**9** Velké mezery. Dark Ages – temný věk, anglický termín pro období stěhování



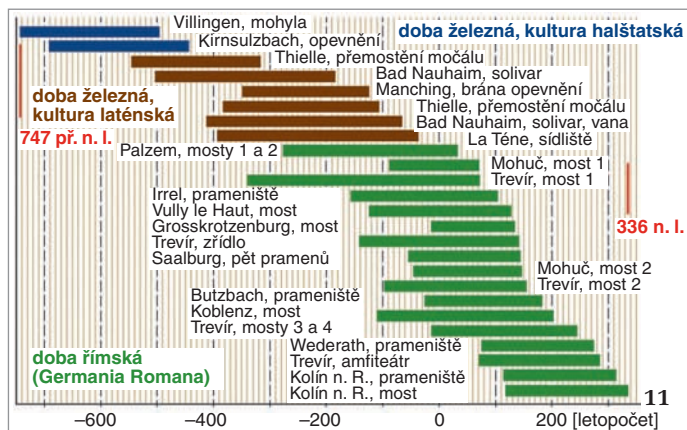
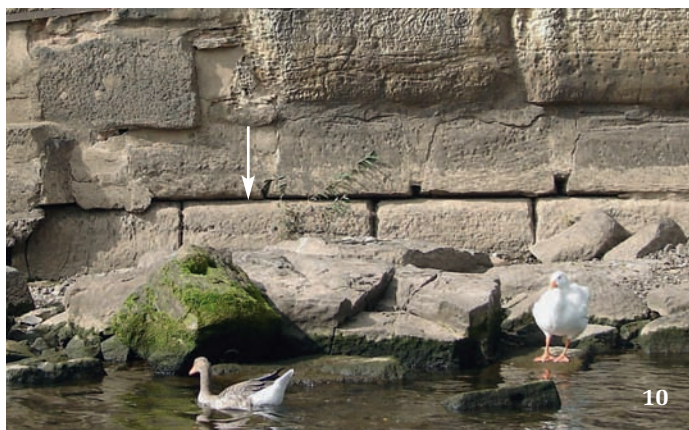
národů, je pro sestavování chronologií plně na místě. Historické prameny jsou chudé nebo žádné. Postupně se ukazovalo, že přínosné jsou pozůstatky merovejské kultury – stromové rakve. Nakonec vyplnily obě mezery temného věku.

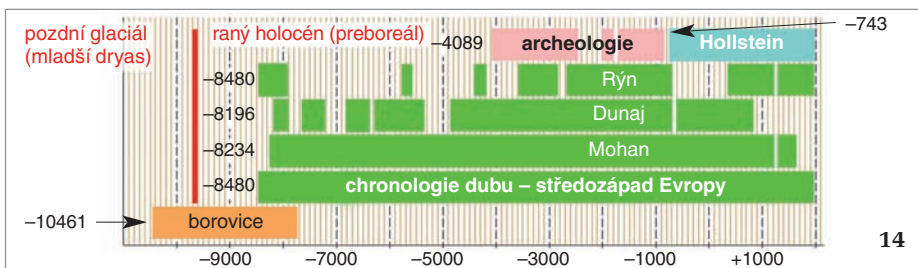
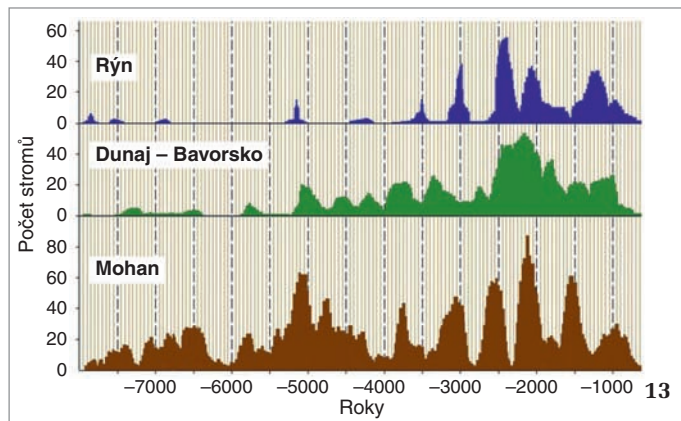
**10** Trevírský Římský most, mnohokrát rekonstruovaný, spočívá dodnes na základech z r. 157 n. l. Nejbližší okolí bylo zdrojem mnoha dřevěných artefaktů, jejichž funkci Hollstein dlouho nechápal. Šlo o systém dvou bariér vyplněných udusaným jílem, které zajistily odvodnění pro položení základních kamenů (šipka) na skalní podklad. Je zajímavé, že stejný systém izolace zjistil Tomáš Kyncl na stěně nádrží u keltského sídla Vladař na Karlovarsku, stáří datováno do r. 463 př. n. l. (Chytráček a kol. 2012).

**11** Starověká větve Hollsteinovy chronologie zabírala roky 1 až 1083 relativního letopočtu, od konce kultury halštatské do pozdní doby římské. V grafu již datováno absolutně. Ukázalo se, že bohatství dat velmi závisí na objektech spjatých s vodou – 11 mostů, úpravy pramenišť, solivar s obrovskou vanou z kmene dubu, nákolní stavby u jezer a močálů.

Zatímco Huber zvolil malou „dubovou oblast“ pro spolehlivý začátek, následovat muselo poznání skutečného plošného rozsahu možné chronologie dubu, a hlavně

zpracování její historicky nejstarší vrstvy. Hollstein v první řadě zjišťuje, že areál vhodný pro tvorbu standardní chronologie dubu je mnohem větší než ten Huberův (obr. 5). Absolutně datovaný mladší větví řady dosahuje r. 729 (trevírský dóm, obr. 6), hlavní a největší úsilí však věnuje sestavení starší, dlouho jen plovoucí větve – chronologii doby římské a starších období (obr. 11). Snad nejslavnější památka římského Trevíru, Porta Nigra (obr. 7), neposkytla žádné dřevo z doby svého vzniku, amfiteátr (obr. 8) dodal plovoucí chronologii 216 letokruhů postupné tvorby podzemního zákulisí. Celá starší větve má nakonec rozpětí 1 083 let a během její tvorby se naskytly dvě příležitosti ji „přivázat“ na absolutní datování pomocí historických dat. Tento způsob sestavení absolutně datované řady je však přípustný jen jako pracovní hypotéza. Z Historie římského historika Publia Cornelia Tacita (napsal ji v letech ca 100–110 n. l.) víme, že v r. 71 n. l. se Trevír pokusili přepadnout povstalci z kmene Batavů; na nedávno postaveném mostě (pontem noviter erectam) došlo k bitce, při níž byli poraženi. Zajímavá možnost, jak ukotvit plovoucí chronologii. Jenže mosty byly postupně zbudovány celkem čtyři. O který z nich šlo? A jakou dobu znamená Tacitovo „noviter“? Druhý případ vypadal nadějněji. V Kolíně nad Rýnem (tehdy Colonia





12 Pozůstatky nákolních podalpských sídel představují unikátní zdroj letokruhových řad minulosti. Osady byly budovány v zóně na pobřeží nebo mělké vody jezer, domy stály na kůlech. Vůdčím motivem byla asi snadná obživa rybolovem a lovem v úživné blízkosti. Doposud 111 známých lokalit najdeme v podhůří Alp v širokém obvodu jejich severního, západního a jižního okolí. Existence sídel zahrnuje zhruba období let 5000 až 500 př. n. l., tedy konec neolitu, eneolitu, dobu bronzovou a počátek doby železné. Těžiště však leží v eneolitu (4000 až 2500 př. n. l.). Právě toto období se zapsalo do tvorby dlouhé chronologie (viz obr. 14). Obrovskou předností byla zachovalost dřeva trvale uloženého v anaerobním prostředí mokrého substrátu. Pestré zastoupení dřevin nebylo sice pro tvorbu dlouhé chronologie dubu příznivé, plovoucí chronologie ale dokázaly odhalit časové vztahy uvnitř i vně lokality. Jisté však je, že pouhým zpracováním těchto sídel by chronologii dubu nešlo vytvořit, byly nutné další zdroje. Hvězdičky – jednotlivá sídla, kroužky – sídla zpracovaná ve 40. letech B. Huberem. Mimo jiné synchronizoval výstavbu sídla Thayngen na Bodamském jezeře se vzdáleným sídlem na Burgäschisee a postup tvorby sídla na Federsee.

Claudia) byly nalezeny dubové pozůstatky ve své době nejdelšího mostu, jehož stavba započala r. 310 n. l. Zahájení stavby bylo spojeno s účastí císaře Konstantina a chvalořečí rétora Eumenia, tudíž je vše v záznamech přesně datováno. Navíc mají tyto pozůstatky velmi zachovalé podkory, tedy běl a zbytky kůry. Hollstein celou plovoucí chronologii rázem hypoteticky ukotvil v čase. Její první rok (z mohyly ve Villinguenu) nám získal datum 759 př. n. l. Okamžitě následovaly námítky historiků i archeologů – mnoho dat jim připadalo až příliš starých, byla odhadována chyba 20 až 30 let. Další vývoj po překlenutí všech mezer jim dal za pravdu. Nejstarší letokruh mohyly Villingen patří r. 743 př. n. l. Avšak to nejzajímavější je, že duby pro stavbu kolínského mostu byly káceny až r. 336, tedy 26 let po slavnostním zahájení, ale bitka na trevírském mostě (obr. 10) se odehrála skutečně ještě v roce výstavby 71 n. l. Překlenutím mezer mezi plovoucí římskou a pevnou mladší větvi byla získána nepřerušovaná, 2 722 let trvající chronologie dubu 743 př. n. l. až 1980 n. l. – konečný velký výsledek hlavně archeologů, kteří postupně poznávali, po jakém materiálu je třeba pátrat (obr. 9).

### Jak dále?

Sedmdesátými lety 20. století skončila éra zakladatelů a vyčerpaly se „snadné“ cesty, založené na materiálu v objektech vyspělé civilizace. Rozšířil se počet pracovišť a technické možnosti zpracování dat, a hlavně se zdokonalila metoda datování pomocí radiouhlíku. Začalo být jasné, že vývoj se bude ubírat přinejmenším dvěma směry:

- dřevo z kulturních vrstev, zkoumaných archeology,
- subfossilní dřevo z přírodních zdrojů.

Pro první postup existovala rozsáhlá nabídka, dávno rozpracovaná archeologicky a vyzkoušená generací zakladatelů (nákolní podalpská sídliště, obr. 12). Nabídky se chopili zejména Hermann Schwabedissen, Burkhard Schmidt a André Billamboz. Datování, byť zpočátku plovoucí, bylo vel-

kým přínosem pro archeologii. Tvorbu chronologie dubu touto cestou ale omezovaly překážky – v materiálu převládala eneolit (4000 až 2500 př. n. l.) a v bohatém zastoupení dřevin dub často nebyval dominantou.

Druhý naznačený směr, zahájený r. 1971, se ukázal přímou cestou – vzniku chronologie dubu. Zdrojem byly kmeny uvolňované často při těžbě šterkopiesku v někdejších terasách velkých řek. Metoda byla prostá: kmen byl přibližně datován pomocí radiouhlíkové metody, data uložena. Jakmile se nahromadilo mnoho dat z přibližně téže doby, následoval pokus o jejich synchronizaci. Výsledkem byla postupně houstnoucí skupina plovoucích chronologií. Cílem bylo vyplnit mezery mezi nimi a nakonec i mezeru vůči absolutně datované nejmladší části. Toho se podařilo dosáhnout až po více než 20 letech usilovné práce. Zpracováno bylo více než 10 tisíc kmenů (obr. 13). Největší podíl mají laboratoře univerzit v Hohenheimu (B. Becker, M. Friedrich, M. Spurk) a Göttingenu (A. Delorme, H. H. Leuschner). Výsledkem se stala chronologie dubu od r. 8480 př. n. l. do současnosti. Období let 8200–8500 př. n. l. je jejím absolutním počátkem, odpovídá době návratu dubu z jeho glaciálních refugií, jak ho detekujeme z pylových analýz. Ve starších ložiscích kmenů v terasách řek se nachází už jen borovice. Společná 538letá přítomnost kmenů obou dřevin umožnila synchronizovat jejich chronologie a získat absolutně datovanou chronologii borovice pro období 10461 až 7942. Tím byla společná chronologie pro obě dřeviny prodloužena na celý holocén plus ještě asi 800 let mladšího dryasu, závěru doby ledové, na délku 12 460 let (obr. 14). Stala se nejdelší letokruhovou chronologií světa, a tudíž nejstarším základem pro korekce radiouhlíkového datování (Friedrich a kol. 2004). Nahradila do té doby nejdelší chronologii borovice dlouhověké (*P. longeva*; 7 104 let, Ferguson 1969).

Použitá literatura uvedena na webu Živý.

13 Početnost zdrojů (stupeň proložení) chronologie subfossilních kmenů z říčních teras Rýna, Dunaje a Mohanu, stav po vytvoření absolutně datované řady (Becker 1993). Ukazovalo se, že kmeny nebyly většinou příliš staré, průměrné stáří 176 let, medián 150 let. Nápadná je nerovnoměrnost v čase. Několik „nepřeklenutelných“ mezer (např. kolem let 7500–7600, 4100–4300) odolávalo téměř 20 let, k cíli nakonec vedla chronologie Mohanu a jeho přítoků Isaru a Lahnu. Bez nich by asi výsledku nebylo dosaženo dodnes.

14 Dlouhá chronologie dubu a borovice v r. 2003. Syntézou veškerého materiálu byla získána chronologie dubu od r. 8480 př. n. l. do současnosti. Nejbohatší zdroj poskytl šterkopieský povodí Mohanu, zřejmě je i uplatnění materiálu z nákolních osad a příspěvek zakladatelů, čerpající z objektů středoevropské kultury. Spolehlivé připojení chronologie borovice raného holocénu celek prodloužilo do r. 10461 př. n. l., tedy až do pozdního glaciálu. Všechny orig. a snímky: J. Kyncl