

EGY FESTETT TÁBLAKÉP FAANYAGÁNAK VIZSGÁLATA NAGY FELBONTÁSÚ DIGITÁLIS FÉNYKÉP FELHASZNÁLÁSÁVAL

DENDROLOGICAL INVESTIGATION OF THE WOOD OF A PANEL PAINTING ASSISTED BY DIGITAL IMAGE

ÁRVAI MÁTYÁS¹, KOHÁN BALÁZS², KERN ZOLTÁN³

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék és Budapest Tree-Ring Laboratory, Őslénytani Tanszék, Budapest

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Környezet és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest

³ MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest

E-mail: matyas.arvai@gmail.com, kern@geochem.hu

Abstract

This short paper summarizes experience gain during dendroanatomical and dendrochronological study of the wooden material of a panel painting assisted by digital image analysis. Primary aims were to identify the species, the origin of the wooden material and the classical dendrochronological assessment. Hidden surfaces were polished and documented using a high resolution DSLR camera. The analysis of the images has been performed using ArcMap 10.3 software. Because only few (max 17) rings have been found in the samples, traditional dendrochronological analysis practically failed. However, dendroanatomical analysis revealed the wood is black locust (Robinia pseudoacacia). Black locust had been introduced to Hungary at the end of the 18th century. Its spreading period started from the late 1820s. Considering the total number of tree rings (17), the estimated pith offset (+5 years), and the sapwood corrections (+2 years) the earliest potential felling date of the tree was probably after 1853 AD. Therefore panel painting was prepared not before the second half of the 19th century.

Up to our knowledge this research is the first attempt for dendrochronological analysis of a panel painting using digital images in Hungary. The methodological message of the present results is, in agreement with previous observations, that the photography-assisted method could indeed be a viable approach for wood identification and dendrochronology.

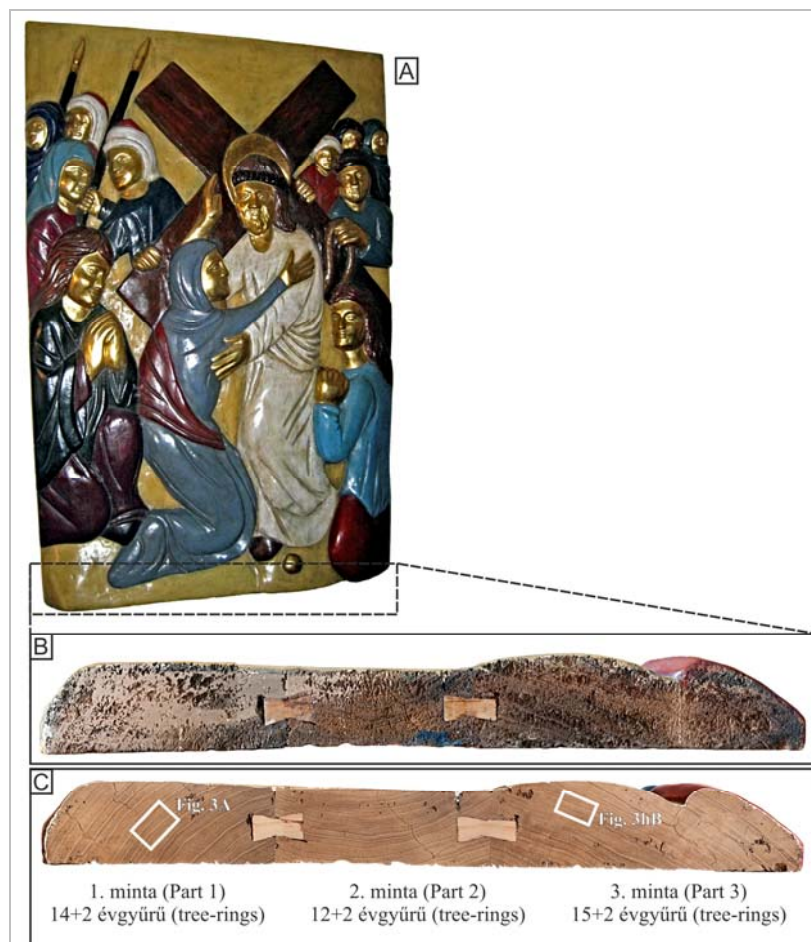
Kivonat

A rövid tanulmány egy táblakép faanyagának vizsgálata során nyert tanulságokat foglalja össze. Az alapkérdés a táblakép keletkezése lett volna dendrokronológiai módszerrel. Az évgyűrűszerkezet vizsgálatánál törekedtünk a műtárgy legcsekélyebb mértékű roncsolására. A táblakép alsó élén políroztuk a három faelemet. A polírozott felületekről fényképet készítettünk és a fotókon képelemző programot használva számoltuk, valamint mértük az évgyűrűket, illetve a nagy nagyítással készített képeket használtuk a fafaj meghatározásnál is.

A képek feldolgozásakor kiderült, hogy a faelemek meglehetősen csekély számú évgyűrűt tartalmaznak (max. 17 évgyűrű), sőt mivel az előzetes információkkal szemben a fafaj sem tölgynek, hanem fehér akácnak (Robinia pseudoacacia) bizonyult, így érdemi dendrokronológiai vizsgálatra nem nyílt lehetőség. Azonban a fafaj meghatározás mégis közelebb vezetett a táblakép lehetséges keletkezésének behatárolásához. A fehér akác behurcolása Magyarországra a 18. század végén történt. Alföldi elterjesztése pedig az 1820-as évek második felétől lendült fel. A faanyagban található 17 évgyűrűt, illetve további korrekciók miatt legalább 26 évet figyelembe véve a táblakép faanyaga biztosan nem lehet 1853 AD előtti kivágás, így a táblakép készítési dátuma legkorábban a 19. század második felére tehető. Tudásunk szerint ez a munka az első hazai táblaképen digitális fotó felhasználásával végzett dendrokronológiai elemzési kísérlet. S bár valódi dendrokronológiai elemzésre nem volt alkalmas a faanyag, de a fafaj meghatározás mégis hozzásegített a táblakép keletkezési dátumának tisztázásához. További hasznos módszertani tapasztalat, hogy a nagyfelbontású fényképezés és az erre épülő digitális képelemzés alkalmazható mérési megoldásnak bizonyult mintavétellel nem károsítható műtárgyak dendrokronológiai vizsgálatához.

KEYWORDS: PANEL PAINTING, BLACK LOCUST, *ROBINIA PSEUDOACACIA*, TREE RING, MODERN TIMES

KULCSSZAVAK: TÁBLAKÉP, AKÁC, *ROBINIA PSEUDOACACIA*, ÉVGYÜRŰ, ÚJKOR



1. ábra:
Krisztus keresztútjának VIII. állomását ábrázoló festett táblakép felújított állapotában (A; fotó: Aczél Ádám); A táblakép alsó éle csiszolás előtt (B) és csiszolás után (C), valamint az egyes mintadarabok által tartalmazott évgyűrű-számok. A '+2' azt jelzi, hogy a minta mindkét végén egy-egy részlegesen tartalmazott évgyűrű is volt, amelyeket a mérésekből kihagytunk.

Fig. 1.:
The panel painting which present the VIIIth station of passion of Christ (A); The panel painting bottom edge before polishing (B) and the polished wooden surface (C) and the numbered boards with ringcounts. '+2' mean incomplete, hence unmeasured rings at both ends of the sequences

Bevezetés

Faanyagú műtárgyak valószínűsíthető keletkezési dátumának meghatározásánál (pl. Eckstein et al. 1986, Grissino-Mayer et al. 2004, Čufar et al. 2010, Matskovsky et al. 2016), vagy a faanyag származási helyének nyomozásánál (Bridge 2012, Haneca et al. 2005) kiemelkedő lehetőségeket kínál a faanyag dendrokronológiai vizsgálata. Bizonyos esetekben a fafajmeghatározás is érdekes részletekkel gazdagíthatja a művészettörténeti értelmezést (Bauch & Eckstein 1981). Azonban művészeti alkotások esetében az évgyűrűvizsgálatok sokszor komoly kihívásokba ütköznek, hiszen a műtárgyból a méréshez szükséges mintavétel általában megoldhatatlan. Ilyenkor vagy különlegesen átalakított mérőeszközre lehet szükség, vagy fényképfelvétel készítése után a digitális (vagy digitalizált) állományt felhasználva, képelemző programmal történhet a dendrokronológiai vizsgálat. Bár a fénykép-alapú dendrokronológiai elemzések lehetőségét már az első dendrokronológiai konferencián hangsúlyozták (Glock 1934) érdemi alkalmazásuk csupán a digitális technológiák előretörésével az elmúlt évtizedben indult el (Myhr et al. 2007, Thun & Alsvik 2009, Helama et al. 2016).

Érdemi dendrokronológiai vizsgálatra hazánkban pillanatnyilag csak tölgy minták esetén kínálkozik lehetőség, mert ez az egyetlen fafaj, amelyből elfogadhatóan hosszú és jól reprezentált kronológiák érhetőek el Magyarországról (Kern 2014). A leghosszabb hazai tölgy kronológia az 1370-1994 AD időszakot fogja át (Grynaeus 2011) de a Bakony-Balaton régióra (Kern et al., 2009) vagy a Nyírségre (Kern et al. 2013) is állnak rendelkezésre 250 évet meghaladó hosszúságú tölgykronológiák. Ezekon kívül több évszázados, de a kronológiai skálához még pontosan nem illesztett ún. lebegő kronológia is készült ebből a fafajból az elmúlt évtizedek szisztematikus dendroarcheológiai kutatásainak eredményeként (Grynaeus 2015).

Egy magángyűjtő adott felkérést egy, a Keresztút VIII. stációját ábrázoló táblakép faanyagának dendrokronológiai vizsgálatára. Az alapkérdés a táblakép keltezése volt. Az előzetes információ szerint a faanyag tölgy és akár a több száz éves kort se tartotta kizárhatónak a műgyűjtő (Aczél Róbert szóbeli közlése 2015). A remélt eredmények jelentősége abban állt, hogy fontos körülmény lett volna a kép feltételezhető készítésének dátumát (esetleg helyét) körvonalazni.

Dendrokronológiai módszerek alkalmazására táblaképek keltezésére és a faanyag eredetének megismerésére sok példa ismeretes Nyugat-Európából (pl. Fletcher 1974, Bauch & Eckstein 1981, Kuniholm 2000, Fraiture 2009) valamint a Balti partvidékről (pl. Klein & Wazny 1991, Läänelaid & Nurkse 2006). Európában az első táblaképről készített fényképfelvételen végzett dendrokronológiai vizsgálatról szóló tanulmányt, amely sikeres keltezést is eredményezett, pedig egészen frissen közölték (Helama et al. 2016). Szűkebb környékünkről a közelmúltban számoltak be az első eredményes táblaképen végzett dendrokronológiai kutatásokról (Krapiec & Barniak 2007, Tóth et al. 2012). Magyarországon táblaképre végzett dendrokronológiai vizsgálatra nagyon kevés példa ismeretes. Ezekről Morgós 2007 történeti áttekintéséből nyerhetünk információt:

Szabó Zoltán egy németalföldi tölgyfára festett tempera táblaképet (Ismeretlen 19. sz.-i festő: Ausztriai Margit portréja, mérete: 66,2 x 51,2 cm, Keresztény Múzeum, Esztergom, lelt. sz.: 59.987.) – a fatábla hátoldali szélének megmetszése és az évgyűrűszélességek kimérése után – a délnémet kronológia segítségével próbált keltezni.

Peter Klein keltezni tudta egy magyar mester jegenyefenyő táblára festett „Szent Katalin esküvője” c. táblaképet (lelt. sz.: MNG 52.657.) (Klein 1995).

Szabó Zoltán mérési eredményei publikálatlanok maradtak, Peter Klein munkájáról két tömör sor maradt fent egy több mint 20 évvel ezelőtt megjelent amerikai múzeumi kiadványban (Morgós 2007), így ezek az adatok sajnos napjainkra gyakorlatilag hozzáférhetetlenek.

Országhatárainkon belül azonban, tudomásunk szerint, táblaképen még digitális fotókat felhasználó dendrokronológiai vizsgálatot nem készítettek.

Anyag és módszer

A táblakép leírása és a minta előkészítés

A mintegy 133 x 90 cm-es festett táblakép Krisztus keresztútjának VIII. állomását (stációját) ábrázolja (**1. ábra**). A valószínűleg többször átfestett táblakép három faelemének alsó felét políroztuk fel az évgyűrűelemzésekhez, mert ez bizonyult a legcsekélyebb kártétellel járó beavatkozásnak. A csiszoláshoz szalagcsiszolót használtunk fokozatosan finomodó csiszolópapírokkal, egészen addig, amíg a sejtszerkezet tisztán láthatóvá nem vált. A minta előkészítéséhez, illetve a kiértékelés későbbi feladatainál az ELTE, Öslénytani Tanszékén működő Budapest Tree-Ring Laboratory (Kázmér & Gryneaus 2003) eszközeit használtuk.

A táblakép felpolírozott alsó éle fölé mérőszalagot fektettünk, majd nagy felbontású fényképeket

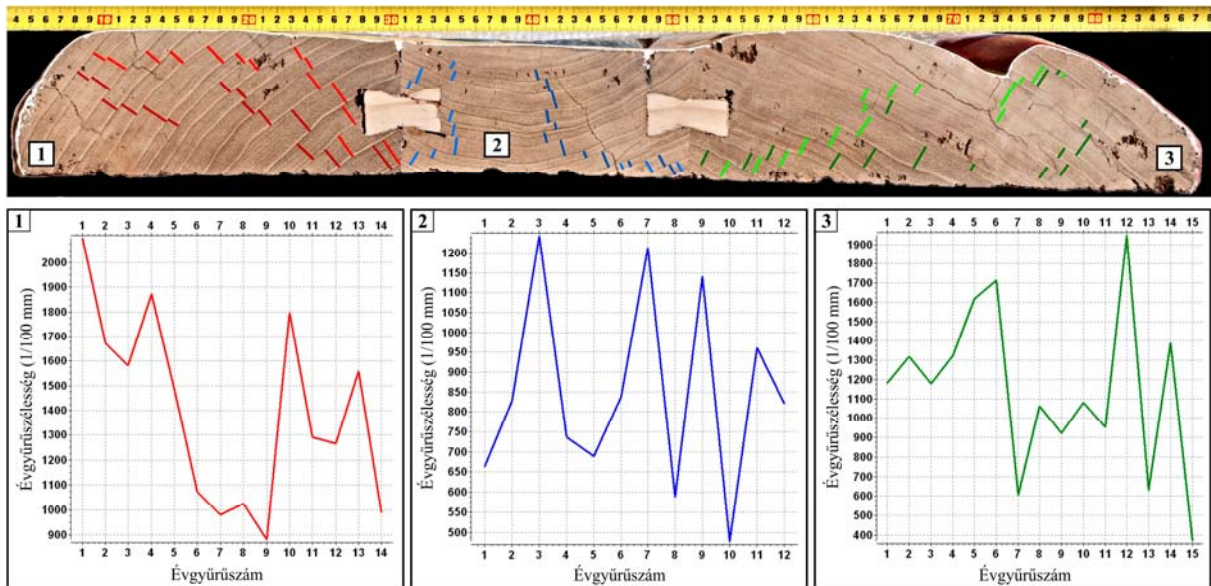
készítettünk (**1. ábra**) és a fotókon képelemző programot használva számoltuk és mértük az évgyűrűket. A nagy nagyítással készített képeket használtuk a fafaj meghatározásnál is. Ezek a lépések megfelelnek a hasonló vizsgálatoknál alkalmazott módszertannak (Myhr et al. 2007, Helama et al. 2016).

Digitális képelemzés

A nagy felbontású képek készítéséhez Nikon D300 DSLR-t használtunk Nikkor 16-85 VR zoom optikával. Az így elkészített 12 megapixeles képeken a méréseket ArcMap 10.3 szoftverrel végeztük el. A felmérési jegyzőkönyv valamint a képeken elhelyezett mérőszalag segítségével tudtuk meghatározni a minta teljes hosszát és vastagságát. A fotót egy milliméter alapú derékszögű koordináta-rendszerbe helyeztük, amelynek kezdőpontja (origó) a kép bal alsó sarka volt. Így az X tengely a kép hosszanti alsó éléhez, az Y tengely pedig a kép rövidebbik bal éléhez illeszkedett. A koordináta-rendszer X és Y tengelyének végpontjának az értékét milliméterben kifejezve a szoftverben manuálisan adtuk meg. A megadott végpontok értékei pedig a mintát ábrázoló képkivágat megfelelő oldalainak hosszúságának felelt meg. A pontosság ellenőrzés során 0,03 mm-es értéket kaptunk (RMS hiba). Az egyes mérési sugarakhoz tartozó mért szakaszok helyét a könnyebb ellenőrizhetőség kedvéért a mintákon belül ábrázoltuk (**2. ábra**). Az évgyűrűszélesség adatokat az egyes *shape* fájlok attribútum táblázatába kerültek. Az így kapott adatsorok CSV formátumban menthetők el, amelyek további átalakítás után kompatibilissé váltak az általunk használt, dendrokronológiai elemzésekre szolgáló TSAP Win 4.68 (Rinn, 2005) szoftverrel.

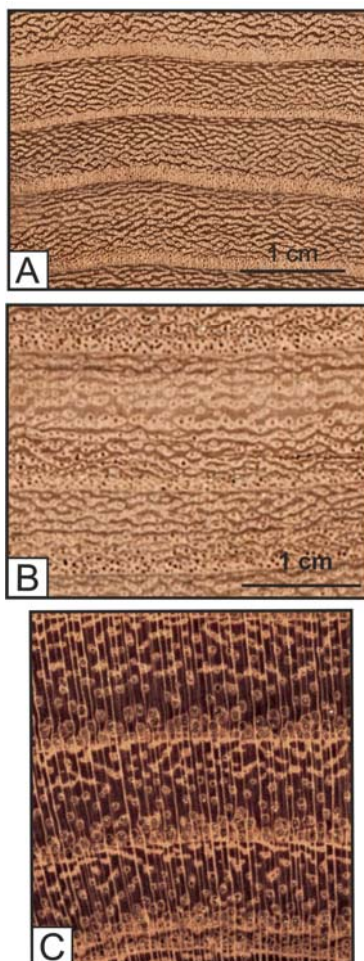
Eredmények és megvitatásuk

A képek feldolgozásakor hamar kiderült, hogy a faelemek meglehetősen csekély számú évgyűrűt tartalmaznak (max. 17 évgyűrű, **2. ábra**). Sajnos, a faanyag nem tölgynek bizonyult (**3. ábra**); ez a fafaj lenne ugyanis az egyetlen, amelyből elfogadhatóan hosszú és jól reprezentált kronológiák érhetőek el Magyarországról. Így a műtárgy érdemi dendrokronológiai vizsgálata gyakorlatilag meghiúsult. Ennek ellenére a fafaj meghatározás - meglepő fordulattal - mégis közelebb vezetett a lehetséges keletkezési dátum behatárolásához. Ugyanis a táblakép faanyagát faanatómiai képadatbázisok (Schweingruber & Landolt 2006, Wheeler 2011) áttekintése után az edények elhelyezkedése és a bélsugarak morfológiája alapján fehér akácnak (*Robinia pseudoacacia*) tudtuk azonosítani (**3. ábra**).



2. ábra: A táblakép alsó, felcsiszolt felületéről készült mintafotó, és az egyes elemeken ArcGIS szoftverrel meghatározott évgyűrűszélességi idősorok megjelenítése. A mintafotón végzett évgyűrűszélesség méréseket (piros, kék és zöld vonalak) valamint az egyes famintákhoz tartozó évgyűrűszélesség görbéket azonos szín mutatja, valamint az azonos sorszám is jelöli.

Fig. 2: The polished edge of the panel painting with the tree-ring width measurements performed by the ArcGIS software. Red, blue and green lines mark the position of the measurements, and the derived average tree-ring width curves are plotted with the same colour below the corresponding board, and tagged using the same Arabic numeral.

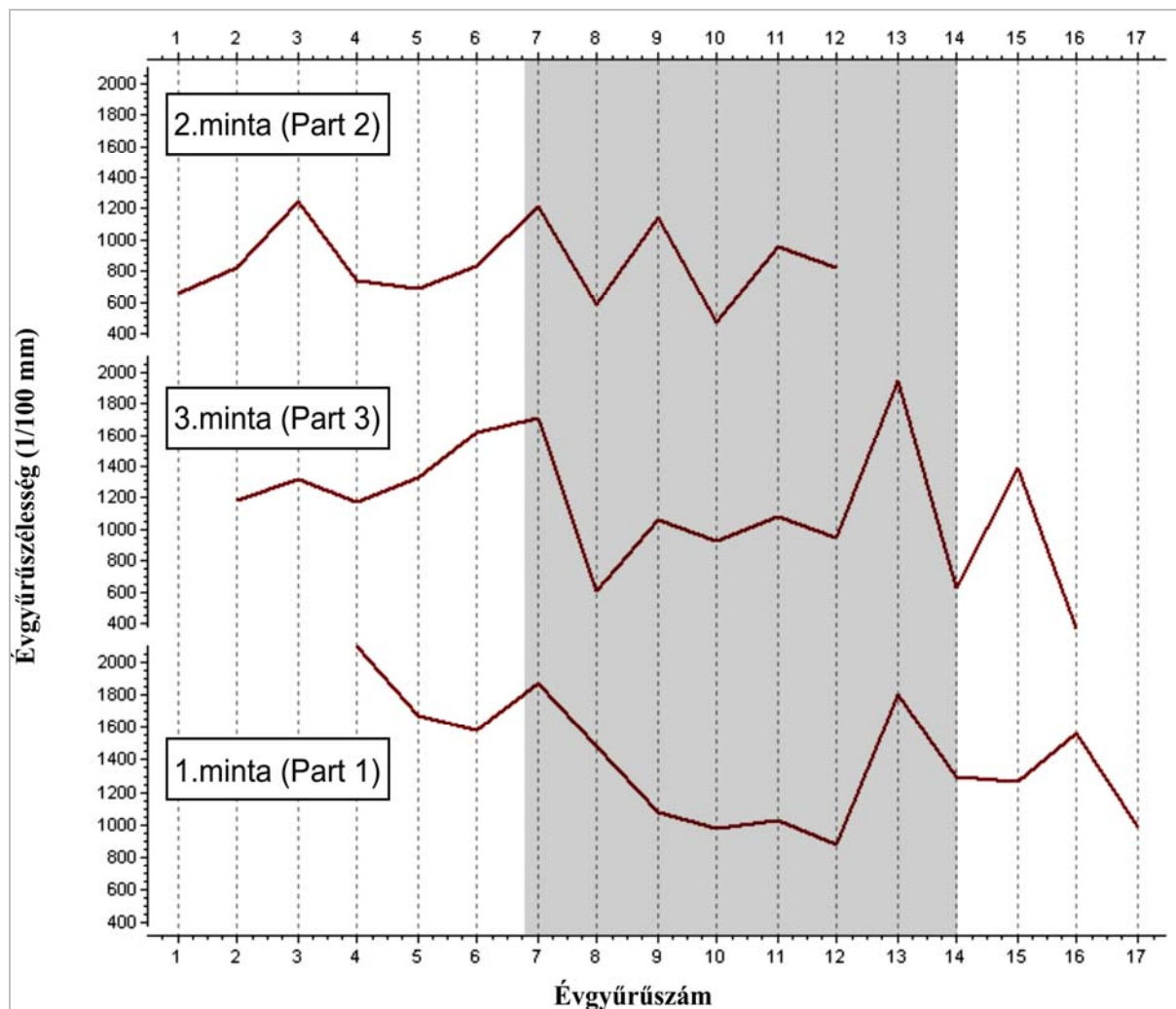


3. ábra: A táblaképet alkotó faanyag megcsiszolt felületének két kinagyított része (A, B) (a pontos helyek a 1. ábrán fel vannak tüntetve) Összehasonlításképp egy akác sejtszerkezetéről készült mikroszkópos referencia kép (C; forrás: Bill Bryan - insidewood.lib.ncsu.edu)

Fig. 3.: The polished radial sections from Part 1 (A), and Part 2, (B) (for location see Fig. 1). A microscopic reference image for the cell structure of the black locust (C; Bill Bryan – insidewood.lib.ncsu.edu)

A fehér akác a Kárpát-Pannon régióban nem őshonos faj (Bartha et al. 2006). Első telepítése hazánkban először 1750-ben Komárom mellett történt, majd jelentősebb mértékű alföldi elterjesztése a 19. században vett lendületet. Az első mezővédő akác erdősávot 1827-ben létesítették Pustavacs környékén, majd 1830 és 1848 között Mezőhegyes környékén folytattak nagyobb telepítést. Ásotthalom táján is ültettek nagyobb területre akácot a futóhomok megkötésére és fásítási célból (Bartha et al. 2006). Így az akácra festett táblakép esetében a több száz éves eredetet kizárhattuk.

A táblakép három elemének évgyűrűszélesség idősorai között sikerült elfogadható szinkronhelyzetet találni (4. ábra).



4. ábra: A három minta átlagos évgyűrűszélességi görbéinek a legtöbb egyezést mutató, egymáshoz viszonyított pozíciói, kiemelve a minták görbéiben mutatkozó legjellemzőbb mintázat (szürke sáv)

Fig. 4.: The relative position of tree-ring width curves obtained from the three boards. The characteristic common pattern is marked by grey background

Jobb az egyezés a 2. és a 3. minta között. Az 1. minta évgyűrűszélesség adatai is elfogadhatóan illeszkednek az előbbi kettőhöz, a 4. évet kezdőpontnak választva, bár a 16. évben ellentétes mintázatot látunk. Meg kell jegyeznünk, hogy a kevés évgyűrűre tekintettel csupán a vizuális szinkronizálás eszközével dolgozhattunk: a klasszikus dendrokronológiai kiértékelő statisztikák alkalmazására nem nyílt lehetőség. Az évgyűrűk görbületének a mértéke alapján sorrendiséget állítottunk fel a minták között, így kaptuk, hogy a bélhez legközelebb a 2. minta, majd a 3. és végül az 1. minta következik. Egymáshoz viszonyított pozíciójukat a jellemző évgyűrű szélességi mintázat jelölte ki, amely a 7. és a 14. gyűrű közé esett (**4. ábra**). Ezen szakaszon a minták évgyűrű növekménye azonos évben csökkennek le, azonos ideig marad alacsony növekedésű, és egyazon évben ugrik meg újra. A szinkronizáció alapját ez a

közös mintázat adta, azonban a kevés évgyűrűszám miatt statisztikai alapú ellenőrzésre nem volt lehetőség.

A szinkronizált adatok alapján megállapítható, hogy a táblakép faanyagában 17 darab évgyűrű mérhető. Emellett mind a bél felőli, mind pedig a kéreg felőli oldalon 1-1 nem teljes évgyűrű látható (**1. és 2. ábra**). A bél nem volt azonosítható egyetlen mintában sem. Az évgyűrűk íveltsége alapján, összhangban a szinkronizálás eredményével, a 2. jelű középső elem tartalmazta a bélhez legközelebbi évgyűrűket. A bél hiányzó évgyűrűk számát koncentrikus körök manuális illesztésével (Applequist 1958) 5-nek becsültük. A mintákban csak geszt-gyűrűket azonosítottunk. Azonban az akácra jellemző szíjács évgyűrűszám 2-6 (Molnár & Bariska 2002). Azaz a mintákban látható 19 évgyűrűn felül az öt, a bél hiányzó évgyűrűt, és a minimális 2 szíjács évgyűrűt feltételezve a táblakép

anyagát szolgáltató példány legkevesebb 26 éves lehetett. Megjegyezzük, hogy ez az eredmény jól közelíti az akác vágásérettségi korát, amely 30-35 év (Nagy 2009). Ez az egyezés egyfajta megerősítés az alkalmazott becslések reális voltára. Ha a legkorábbi alföldi telepítési hullámból (1827) származó faanyagot feltételezünk, akkor az előbbi minimum 26 éves becslést figyelembe véve a táblakép faanyaga biztosan nem lehet 1853 előtti kivágás, így a táblakép készítési dátuma legkorábban a 19. század második felére tehető.

A vizsgálat tanulságai, távolibb analógiák

Hazai faanyagú tárgyi emlékek keltezési célú vizsgálatához hasznos tapasztalat, hogy amennyiben a faanyag fehér akácnak azonosítható, a faj behurcolására rendelkezésre álló történeti adatok még akkor is szolgáltatnak egyfajta alsó korlátot a mintát adó faanyag keletkezési korára, s ezáltal a vizsgált tárgyi emlék készítési dátumára, ha a kinyerhető évgyűrűszám nem elegendő a hagyományos dendrokronológiai eszköztár alkalmazásához. Ennek jelentősége abban áll, hogy noha az akác behurcolt faja a hazai flórának, de az alföldfásítási törekvések nyomán napjainkra a leggyakoribb fafajjává vált a hazai erdőállományban (Balogh et al. 2008). Kedvező mechanikai tulajdonságai miatt felhasználása változatos (Molnár & Bariska 2002), így az utóbbi 200 év faanyagú tárgyi emlékeinek körében számíthatunk gyakori felbukkanására.

A digitális fotón történő mérés további előnye – túl azon, hogy a lehető legkevesebb roncsolással járó vizsgálati módszer műtárgyak esetében –, hogy a mérés a későbbiekben ellenőrizhető, így minimalizálni lehet a mérési hibákból adódó pontatlanságokat a későbbi vizsgálatok során.

Érdekes megemlíteni, hogy hasonló antropogén hatásokra átformált regionális faállomány-összetétel jelentette időszakok elkülöníthetőségét más régiókban is felismerték. A régészeti helyszínek és történelmi épületek famaradványainak elemzése alapján arra következtettek, hogy az ókorban a kalábriai fenyő (*Pinus brutia*) hiányzott Izrael természetes vegetációs tájképéből (Biger & Liphshitz 1991). Az elmúlt 200 évben a kalábriai fenyő az erdőállomány egyre gyakoribb elemévé vált a Földközi-tenger keleti medencéjében.

A relatív keltezés megbízható módszerének találták, hogy amennyiben egy épület faanyagában kalábriai fenyőt lehet azonosítani akkor az építési dátum legkorábban 19. századi lehet (Biger & Liphshitz 1991).

Záró gondolatként pedig – összhangban Helama et al. (2016) megállapításával –, azt emelnénk ki, hogy túl azon, hogy a faanyagú művészettörténeti objektumok digitális képelemző eszközökkel

támogatott évgyűrűelemzése egy jelentős perspektívát ígérő irányvonal, a fotódokumentáció a digitális képi archiválás, illetve jövőbeni ismételt dendrokronológiai kiértékelés céljait is szolgálja.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük szépen Aczél Ádámnak és Aczél Róbertnek, amiért felhívták figyelmünket a műtárgy elemzésében rejlő lehetőségekre valamint, hogy hozzáférést biztosítottak a táblakép faanyagához. Köszönettel tartozunk bírálóinknak, Morgós Andrásnak és Kázmér Miklósnak konstruktív lektori véleményükért. Köszönet az MTA „Lendület” program támogatásáért (LP 2012 27/2012). Ez a közlemény a 2ka Palaeoclimatology Kutatócsoport 35. számú publikációja és a Budapest Tree-Ring Laboratory 29. számú publikációja.

Irodalomjegyzék

- APPLEQUIST, M. B. (1958): A simple pith locator for using with off-center increment cores. *Journal of Forestry* 56–141.
- BALOGH, L., DANCZA, I. & KIRÁLY, G. (2008): Preliminary report on the grid-based mapping of invasive plants in Hungary. In: Rabitsch, W., F. Essl & F. Klingenstein (eds.): *Biological Invasions – from Ecology to Conservation. Neobiota* 7 105–114.
- BARTHA, D., CSISZÁR, Á. & ZSIGMOND, V. (2006): Fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.). – In: Botta-Dukát, Z. & Mihály, B. (eds.) *Biológiai inváziók Magyarországon – Özönnövények II (Biological invasions in Hungary – Invasive plants II). A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei* Budapest, 10 37–67.
- BAUCH, J., & ECKSTEIN, D. (1981): Woodbiological investigations on panels of Rembrandt paintings. *Wood science and technology* 15/4 251–263.
- BIGER, G., & LIPHSCHITZ, N. (1991): The recent distribution of *Pinus brutia*: a reassessment based on dendroarchaeological and dendrohistorical evidence from Israel. *The Holocene* 1/2 157–161.
- BRIDGE, M. (2012): Locating the origins of wood resources: A review of dendroprovenancing. *Journal of Archaeological Science* 39/8 2828–2834.
- ČUFAR, K., BEUTRING, M. & GRABNER, M. (2010): Dendrochronological dating of two violins from private collections in Slovenia. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 91 3–10.
- ECKSTEIN, D., WAZNY, T., BAUCH, J. & KLEIN, P. (1986): New evidence for the dendrochronological dating of Netherlandish paintings. *Nature* 320 465–466.

- FLETCHER, J. (1974): Tree ring dates for some panel paintings in England. *The Burlington Magazine* **116/854** 250–258.
- FRAITURE, P. (2009): Contribution of dendrochronology to understanding of wood procurement sources for panel paintings in the former Southern Netherlands from 1450 AD to 1650 AD. *Dendrochronologia* **27/2** 95–111.
- GLOCK, W. S. (1934): Report on the first tree ring conference. *Tree-Ring Bull.* **1** 4–6.
- GRISSINO-MAYER, H. D., SHEPPARD, P. R. & CLEAVELAND, M. K. (2004): A dendroarchaeological re-examination of the “Messiah” violin and other instruments attributed to Antonio Stradivari. *Journal of Archaeological Science*, **31/2** 167–174.
- GRYNAEUS, A. (2011): Dendroclimatologiam facere, necesse est! Dendrokronológia és/vagy dendroklimatológia? In: KÁZMÉR M. (ed.): *Környezettörténet 2. Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében. Hantken Kiadó, Budapest, 185–193.*
- GRYNAEUS, A. (2015): *Miről mesélnek a régi fák évgyűrűi? (Régészet, dendrokronológia, klímátörténet).* Budapest, Archeolingua, 243 p., ISBN 978-963-9911-66-6
- HANECA, K., ČUFAR, K. & BEECKMAN, H. (2009): Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science* **36** 1–11.
- HANECA, K., WAZNY, T., VAN ACKER, J. & BEECKMAN, H. (2005): Provenancing Baltic timber from art historical objects: success and limitations. *Journal of Archaeological Science*, **32/2** 261–271.
- HELAMA, S., LÄÄNELAID, A., SANTALA, M. & TANHUANPÄÄ, A. (2016): Dendrochronological dating of wooden artifacts by measuring the tree rings using magnifying glass and photography-assisted method: an example of a Dutch panel painting. *Archaeological and Anthropological Sciences* **8/1** 161–167.
- KÁZMÉR M. & GRYNAEUS A. (2003): The Budapest Tree-Ring Laboratory. *Association for Tree-Ring Research, Newsletter* **1** 5–6.
- KERN Z. (2014): Kormeghatározás és éghajlatrekonstrukció faévgyűrűk segítségével. *Erdészeti Lapok* **149/10** 328–331.
- KERN Z., GRYNAEUS A. & MORGÓS A. (2009): Reconstructed August–July precipitation for Southern Bakony Mountains (Transdanubia, Hungary) back to AD 1746 based on ring widths of oak trees. *Időjárás* **113/4** 299–314.
- KERN Z., PATKÓ, M., KÁZMÉR, M., FEKETE, J., KELE, S. & PÁLYI, Z. (2013): Multiple tree-ring proxies (earlywood width, latewood width and $\delta^{13}\text{C}$) from pedunculate oak (*Quercus robur* L.), Hungary. *Quaternary International* **239** 257–267.
- KLEIN, P. & WAZNY, T. (1991): Dendrochronological analyses of paintings of Gdansk painters of the 15th to the 17th century. *Dendrochronologia* **9** 181–191.
- KLEIN, P. (1995): Dendrochronological Analyses of panel paintings, In: DARDES, K. and ROTHE, A. (eds.): *The structural conservation of panel paintings*, Proceedings of a symposium at the J. Paul Getty Museum, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 39–54.
- KRAPIEC, M. & BARNIAK, J. (2007): Dendrochronological dating of icons from the Museum of the Folk Building in Sanok. *Geochronometria* **26/1** 53–59.
- KUNIHOLM, P. I. (2000): Dendrochronology (tree-ring dating) of panel paintings. In: TAFT, W. S. Jr. & MAYER, J. W. (eds.) *The science of paintings*. New York: Springer, 206–215.
- LÄÄNELAID, A. & NURKSE, A. (2006): Dating of a 17th century painting by tree rings of Baltic oak. *Baltic Forestry* **12/1** 117–121.
- MATSKOVSKY, V., DOLGIKH A. & VORONIN K. (2016): Combined dendrochronological and radiocarbon dating of three Russian icons from the 15th–17th century. *Dendrochronologia* **39** 60–68. [doi:10.1016/j.dendro.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.10.002)
- MOLNÁR S. & BARISKA M. (2002): *Magyarország ipari fái.* Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 210 p.
- MORGÓS A. (2007): Faanyagok kormeghatározása – A dendrokronológia és a magyarországi helyzet (The dating of wood – Dendrochronology and the situation of dendrochronology in Hungary), In: GÖMÖRI J. (ed.): *Az erdő és a fa régészete és néprajza - Archaeology and Ethnography of Forest and Wood*, Sopron, 31–88.
- MYHR, K., THUN, T. & HYTTEBORN, H. (2007): Dendrochronological dating of wooden artefacts using photography. *Norwegian Archaeological Review*, **40/2** 179–186.
- NAGY CS. (2009): *Erdészeti növénytan.* FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 152 p.
- RINN F. (2005): *TSAP reference manual.* Frank Rinn, Heidelberg, 110 p.
- SCHWEINGRUBER F. H. & LANDOLT W. (2006): The DendroPic Database, WSL., <http://www.wsl.ch/dendropro/dendropicdb/index.php> (utolsó belépés: 2016.01.10.)

STOKES, M. A. & SMILEY, T. L. (1968): *An introduction to tree-ring dating*. The University of Chicago Press, Chicago, IL, 73 p.

THUN, T. & ALSVIK, E. (2009): Dendrochronological dating of four chests: A surprising result. *Dendrochronologia* **27/1** 71–74.

TÓTH B., BOTÁR I. & GRYNÆUS A. (2012): A csíkszentdomokosi "Mária megkoronázása" táblakép dendrokronológiai vizsgálata. *A Csíki Székely Múzeum Évkönyve* **8** 151–158.

WHEELER, E. A. (2011): InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. *IAWA Journal* **32/2** 199–211.