

A bükkábrányi eltemetett miocén erdő komplex vizsgálata  
A K 73195 sz. OTKA pályázat zárójelentése

Kázmér Miklós  
témavezető  
ELTE Őslénytani Tanszék  
mkazmer@gmail.com

Összefoglalás

A Földön valaha talált legnagyobb, faanyagában megőrződött, álló erdő került elő a Mátrai Erőmű Rt. bükkábrányi bányájában 2007 nyarán. A külszíni fejtésben, közvetlenül a lignitréteg tetején tizenhat fatörzset ástak ki a bányászok a fedő homokréteg alól. Átmérőjük 1,8 és 3.6 m között változott. Általában 6 méter magasságig őrződtek meg a homokba temetődve. A kőszénmocsár kb. 7 millió évvel ezelőtt a Pannon-tó megemelkedő vízszintje következtében 'megfulladt'. A 20 m mély tavat lassan feltöltötték egy délről északra vándorló delta homokrétegei. Azóta mindvégig víz alatt voltak a fák; az oxigénszegény környezet tette lehetővé a faanyag megőrződését (Kázmér, 1978).

Az erdő kora

A bányában semmiféle, részletesebb korhatározásra alkalmas ősmaradvány nem került elő. Radiometrikus kor meghatározásra alkalmas vulkáni tufarétegre sem bukkantunk. Ezért mélyfúrási és szeizmikus szelvények segítségével korreláltuk a Pannon-medence, esetenként csak nagyobb távolságban feltárt, ismert korú rétegeivel. Ezzel a módszerrel 7.5-6,8 millió évesnek bizonyult a bányászott lignit és így az erdő (MAGYAR et al., 2012).

Fajösszetétel

A bükkábrányi erdő fafajok szerinti összetételét és ökológiai viszonyait az Erdei Boglárka által vezetett konzorciális társpályázat keretében vizsgálták (OTKA K 73.199). Feltehetően két, kohalt faj: *Taxodioxyton germanicum* (a *Sequoia* rokona) és

*Glyptostroboxylon* sp. (a ma is élő *Glyptostrobus* rokona). Eredményeik több publikációban jelentek meg (ERDEI et al. 2009; CSÁSZÁR et al., 2009; ERDEI & MAGYARI, 2011).

### A fák kora

A feltárás és a mintavétel során még látható és megszámlálható évgyűrűk sajnos a tárolás során igen hamar eltűntek. Oxidációs folyamatok indultak meg a faanyagban, és ezek a világos színű, halvány sárga korai pásztát és a sötétbarna késői pásztát összemosták. Kísérleteket végzünk az oxidáció visszafordítására és az évgyűrűk lemérésére. Jelenleg egyelőre csak a terepi számolások állnak rendelkezésünkre. Ezek szerint a fák életkora a 400 és 1000 év között volt.

### Környezeti viszonyok ez erdő élete során

A *Glyptostrobus*-erdő mocsárban élt. Tájképi megjelenése leginkább a floridai mocsárciprus (*Taxodium*) erdőkéhez hasonlított: hatalmas, felkopaszodott törzsek, 1-1,5 m mély vízben álltak.

Egy szerencsés mintavétel során több mm széles évgyűrűk kerültek elő. Évgyűrűnként többször tíz minta cellulóztartalmának  $\delta^{13}\text{C}$  szénizotóp-elemzése jelentős éven belüli változékonyságot, erős évszakosságot mutatott ki (SCHUBERT & JAHREN, 2009, személyes közlés).

### Az erdő szerkezete

A bükkábrányi miocén korú fosszilis erdő leírására az erdészetben szokásos számítási módszereket vettük igénybe. Eredmények:

Az állománysűrűség: 36 törzs / hektár. A törzsek 3-16 m távolságra nőttek egymástól. Átmérőjük mellmagasságban 137-től 248 cm-ig terjedt. A törzs alapterülete a földfelszínen 3,46-8,44 négyzetméter per törzs. Így az erdő hektáronkénti alapterülete 240 négyzetméter per hektár. A törzsek számított magassága 44-52 m lehetett. Az erdőben foglalt teljes számított biomassza 1400 tonna per hektár (ágakkal és lombkoronával együtt). Az éves nettó elsődleges produktivitás 2,5 tonna per hektár.

Megállapítható, hogy a bükkábrányi erdő fái egy korosztályt alkottak. Bár az állománysűrűség igen alacsony a kortárs (harmadidőszaki) fosszilis erdőkhez képest, a biomassa számított mennyisége és az éves produktivitás jelentősen meghaladta azokét(Kázmér, 2011).

#### A fák megtartási állapota – elektronmikroszkópos vizsgálat

A tizenhat törzs változatos állapotban került elő. Volt közöttük teljesen ép törzs, volt korhadt, üreges példány, volt olyan, amelynek csak az oldalában volt nagy odú, és olyan is, amelynek csak az alsó, mintegy fél métere maradt meg. Találtunk egyetlen kidőlt, a szénbe (tőzegládba) ágyazódott, hatalmas törzset is. Kisebb, néhány méteres töredékek is heverték a szén legfelső rétegébe ágyazva. Közel párhuzamos, észak-déli irányítottságuk esetleg egyazon vihar okozta törésekre enged következtetni.

A faanyag több esetben már elvesztette a cellulóz meghatározó részét (farontó gombák hatására). A csak lignint tartalmazó fa szilánkjai a nyári tűző napsütésen szinte a szemünk láttára görbültek karikába (KÁZMÉR, 2007).

Farontó rovarok nyomát is megtaláltuk egyes törzseken: 1-2 mm átmérőjű, szögelete nyílások formájában. Ezek feltűnő módon a törzsek aljától kb. 1,3 m magasságban kezdődtek, a fák tövét hajdan elborító víz tükrét jelölve.

A faanyag sejtszerkezetét pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk a Miskolci Egyetem Földtan-Teleptani Tanszékén. A nagy víztartalmú faanyagot kézzel összeszorítva vizet lehetett kipréselni, kiszárítva viszont szilánkokra esett szét. Ezért többféle mintaelőkészítési technológiát is megvizsgáltunk. Három módszert teszteltünk: (1) vákuumban műgyantával impregnáltuk a mintákat, (2) az alufóliába csomagolt mintákat 400°C-on kemencében elszenesítettük, (3) a szenesítéses módszert arany gőzöléssel kombináltuk. A három módszer közül a szenesítéses adta a legjobb képet, de a szenesítés során egyes részek kiéghetnek, összeolvadhatnak. Ezért először széngőzöléssel vizsgáljuk a törött fafelületet, majd ugyanazt a felületet vizsgáltuk meg szenesítés után és a felvételeket együtt értelmeztük. A három irányú (keresztmetszeti, sugárirányú és húrirányú) orientált metszeteket pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk.

A keresztmetszeti képeken a korai-késői fa átmenetét, az évgűrű szerkezetét, a sugárirányú metszeten a kereszteződési mezők szerkezetét (pl. sejtfal-vastagodási típusok, gödörkék elhelyezkedése) lehet látni.

Megfigyeltük, hogy az élő fára ható feszültség milyen elváltozásokat okoz: nyomottfa mikroszkópos jeleit találtuk. Egyes sejtekben megfigyelhető volt, hogy a sejtfaalak szokásos rétegeire még egy réteg rakódott. Ennek spirális a lefutása a sejtek harántfalán látható. A tracheidák S<sub>2</sub> rétegén a mikrofibrillák szöge megközelíti a 45°-ot is. Ilyenkor a sejtek cellulóztartalma kisebb, mint a lignintartalma. A nyomottfát a – melyet a faipar súlyos fahibaként tart számon – a mintapéldány függőlegestől eltérő helyzete okozhatta.

A bányából előkerült, kiszáradó fából elpárolgó póruszvíz felületi feszültsége különféle alakváltozási jelenségeket hozott létre. Az évgűrűk korai pásztajának vékony sejtfaalak összeroppannak, megcsavarodnak. A késői pászta vastagfalú sejtjei viszont sértetlenül vészelték át a kiszáradást.

A minták felszínén sugaras gipszet és jarositot, valamint piritet találtunk (KISS, 2009).

### Betemetődés

A pannon lignit közvetlen fedőjében több méter magasságig megőrződött, szálaban álló erdő arra utal, hogy valamilyen okból hirtelen megnövekedett a Pannon-tó vízszintje által meghatározott akkommodációs tér. Ennek magassága a törzsek 6 m magasságig megőrződött részét is meghaladta. Az egyelőre nem ismert sebességű vízszintnövekedés maximális értékét a tavat feltöltő delta homlokmezének függőleges magasságával tudjuk rögzíteni: ennek értéke 20 m.

Az esetenként erősen korhadt, üreges fatörzsek megőrződése a vízszint gyors növekedését jelzi. Lassú vízszintemelkedés esetén a hullámverés károsan befolyásolta volna a *Glyptostrobis*-törzsek állékonyságát.

Jelenleg két elképzelésünk van a vízszintemelkedés okára. (1) Az éghajlat csapadékosabbá vált a Pannon-tó vízgyűjtőjén. (2) Tektonikus muzgás hatására (Bükkábrány a Vatta-Maklári-árok tengelyvonalában helyezkedik el) történő lezökkenés (hatalmas paleoföldrengés). A vidéket behálózó szeizmikus szelvényhálózaton Petrik Attila (személyes közlés, 2012) szerint közeli, jelentős elvetésű törésvonalak ismerhetők fel. Ezek a miocénban is aktív Közép-magyarországi vetőrendszer elemei. A bányaterület alatt a Vatta-maklári-árok transzteniós medencéjét határolják. A szeizmikán látható elvetések több tíz kilométeres törésvonalakat rajzolnak ki, melyek akár 20 m-es elvetést is mutatnak. A bánya területén hajdan külszínen is látható törések - emennyiben egy ütemben aktiválódtak –, >7-es magnitúdójú rengéseket hoztak létre. Ezek a szeizmikus események talajfolyósodást okoztak

és hozzájárultak a szénréteg gyüredezettségének létrejöttéhez. Ilyen dimenziójú törések mentén a kéreg középső részén pattannak ki földrengések.

Mivel a lignit legalább két, álló fákat is tartalmazó réteggel szomszédos, a rengések valószínűleg évezredek időintervallumokban tértek vissza (KÁZMÉR, 2010).

Eredeti lelőhelyükön száiban megőrződött fosszilis erdőket nem egyszer írtak le mint hatalmas múltbéli földrengések bizonyítékai (ATWATER & YAMAGUCHI 1990, *Geology* 19, 706-709; GASTALDO et al. 2004. *AAPG Studies in Geology* 51, 219-238).

Álló fatörzsek tetszőleges magasságig megőrződhetnek, amennyiben tó vagy tenger szintje alá süllyednek és gyorsan betemetődnek. Faanyaguk addig őrződik meg, amíg a befoglaló kőzet pórusvize oxigénmentes környezetet biztosít. A fá egyidejű elhalása a gyors, szeizmikus eredetű süllyedés bizonyítéka. A törzsek megőrződött magassága és a betemető üledéktakaró geometriája alapján mérhető a vető menti lezökkenés mértéke. Szeizmikus szelvényekből a vető hossza állapítható meg. Mindezekből megbízhatóan lehet következtetni a földrengés magnitúdójára.

## Diagenézis

A betemetődési és diagenetikus folyamatok vizsgálata még a kezdetén tart. Előzetes eredményeink szerint összetett degradációs folyamatok érték a törzseket azt követően is, hogy a Pannon-tó megemelkedett felszíne alá kerültek.

A gombakárosodást szenvedett, cellulózt vesztett törzsek korhadása a víz alatt megállt. Itt viszont bakteriális lebontás következett anoxikus körülmények között (HÁMOR-VIDÓ et al. 2009).

A tavat feltöltő homokos delta réteglemezei között az erdő törmelékanyaga halmozódott fel: ágtöredékek, kéregmaradványok, levelek, tobozok, és vízzel telített, az aljzatra süllyedt uszadékfa.

A korhadt fák üregeit homok töltötte ki. A teljes betemetődést követően is tovább folyt a Pannon-medence üledékképződése, és még többször tíz méter üledék rakódott le, immár deltasíksági körülmények között. A lignitréteget fedő rétegsorból a negyedidőszaki lepusztulás hatására mindössze 60 méternyi homokos fedő maradt meg. Ennek súlya is bőségesen elegendő volt a mocsári üledékek és a fák összepréselésére. Bár a Pannon időszaki tőzeg tömörödésére nincs közvetlen adatunk, a szapropélbe temetett, ellapított törzsek 1 : 10

arányú elliptikus keresztmetszete az eredeti rétegvastagság egytizedére csökkenésére enged következtetni.

Az álló törzsek – első látásra legalábbis – nem szenvedtek függőleges irányú kompaktiót. Részletes vizsgálat derítette ki, hogy a törzsek néhány százaléknyi hosszirányú tömörödése fényes vetőtükrökkel kísért belső vetők és a fa felszínére merőleges redőtengelyek menti gyűrődések mentén ment végbe. Valószínűleg már ezután keletkeztek azok a nyílt hasadékok, amelyekben fennőtt piritkockák foglalnak helyet.

A fák szapropélbe ágyazott gyökérszálai a törzsekről normál vetők mentén lenyíródott a szapropél egy nagyságrenddel nagyobb tömörödése következtében. A törzs és a szén közötti fényes vetőtükrök körbeveszik a törzset.

A mocsárban felszabadult kén és a talajvíz vastartalma kölcsönhatásba lépett és piritkiválást eredményezett. A felnyílt hasadékokban fennőtt kockák, míg elszórtan a faanyagban több milliméteres, bennőtt kockák nőttek. Röntgenfluoreszcens méréssel cinktartalmat is kimutattunk, mely valószínűleg a kísérő, csekély mennyiségű szfaleritből származik.

Komputertomográfus vizsgálat a törzs tengelyirányával párhuzamos csatornában piritereket mutattunk ki (KÁZMÉR et al., 2008). Ezek eredetének értelmezése még várat magára.

Néhány törzs felszínéhez pirittel cementált homokkő 'lepények' tapadtak, szabálytalan, nem egyszer lyukas alakzatokban.

A fák kompaktiója és a viszonylag csekély piritesezés a 7 millió évvel ezelőtti betemetődés és a negyedidőszak között zajlott le. Feltehetően a pliocén követően a Pannon-medence inverziójával kapcsolatban megindult a Bükk kiemelkedése. A középső pleisztocénre (VIRÁG, 2008) már a fedő rétegsor jelentős része lepusztult, és csak a ma is látható 40 méternyi pannon homok maradt meg. Erre rakódott még mintegy 20 méternyi záporpatak-üledék és lösz a középső- és késő-pleisztocénben.

A negyedidőszakban történhetett, hogy a pannon homokot addig kitöltő, oxigénmentes, valószínűleg felszálló víz helyébe oxigéntartalmú, leszálló víz került. Ez oxidálta, nyom nélkül eltüntette a fáknek a felső részét; mindössze a lignitleptől számított, mintegy 6 méternyi magasságban őrződött meg szerves anyag. A szénfedő homokréteg mai színe hűen tükrözi ezt a folyamatot. A sötétbarna-fekete lignit fölött 6 méternyi szürke homok, majd efölött a kvarter fedőig sárgásbarna- vörösbarna homok következik.

A bányászat tárta fel a 7 millió év során magyrészt védett helyzetben lévő erdőt. A levegő és a forró nyári nap hatására megindult a gyors kiszáradás: a törzsek felülete

megrepedezett, apró darabokra, töredezett, peregni kezdett. Kisebb-nagyobb darabok váltak le a törzsek tetejéről. Ez elsősorban a már a betemetődéskor korhadó fákat érintette.

### Hasznosítás

Az őserdő megtalálása hatalmas szenzáció volt idehaza és a világszerte egyaránt. A médiaérdeklődés a Science folyóirattól (ANONYMOUS, 2007) az RTL Klubig terjedt. A júniusi előkerülés után négy hónappal, októberben egy Google-keresés 400.000 honlapot mutatott ki, amelyek valamilyen szinten bemutatták a lelet jelentőségét. A mindvégig szakmailag igen korrekt média-tálalásban legnagyobb szerepe HABLY Lillának, a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytára Igazgatójának volt, aki az egy szakmai bizottság nevében megfogalmazta az első hivatalos sajtóközleményt.

A szakmailag hiteles információ minden eszközzel való terjedése hatékonyan szolgálta a színvonalas természettudományos ismeretterjesztés ügyét (KÁZMÉR, 2007). A leletek előkerülését övező nemzeti és nemzetközi lelkesedés tette lehetővé, hogy a bányából kikerülő fátörzsek rögtön két hazai múzeumban is otthonra találjanak. A miskolci Herman Ottó Múzeumban külön épület készült, melyben rozsdamentes acél tartályokban, cukoroldatban várják az évekig is eltartó teljes átítatódást. Eközben a fák által inspirálva új múzeumszárny építése indult meg, melynek elkészültekor a fák és környezetük a modern múzeumpedagógiai elveknek megfelelően lesznek bemutatva.

Az ipolytarnóci kiállítóhelyen úgyszintén külön épület készült a fák bemutatására. Más konzerválási elvek mentén, műgyantás injektálással a törzsek azonnal bemutathatóvá váltak és a mai napig jelentős számú látogatót vonzanak.

A leletek megtalálásakor a helyszíni bemutatás, sőt még egy őslénypark ötlete is felmerült (CSÁSZÁR et al., 2009).

A megkezdett munka a fentiekben vázolt kérdések megválaszolására tovább folyik.

### Köszönetnyilvánítás

A bükkábrányi őserdő feltárásért a Mátrai Erőmű Bükkábrányi Szénbányájának vezetését, különösen MATA Tibor igazgatót, és a bánya munkatársait, különösen SZOMOR László bányamérnököt illeti köszönet. A leletek megmentésében VERES Jánosnak, a miskolci

Herman Ottó Múzeum régészének vannak múlhatatlan érdemei. Ők a legnehezebb kezdeteknél álltak helyt, óvták és védték ezt az egyedülálló leletegyüttest és lehetővé tették a tudományos vizsgálatot. A fák további sorsának igazgatásában több tíz, ha nem több száz embernek volt és van nélkülözhetetlen szerepe. Mindannyiukat illeti ez a köszönet.

#### Hivatkozások

- ANONYMOUS (2007): Forest primeval. – *Science* 317, p. 877 (17 August 2007).
- CSÁSZÁR G., ERDEI, B., KÁZMÉR, M., MAGYAR, I. (2009): A possible Late Miocene fossil forest paleopark in Hungary. – *In*: LIPPS, J.H. & GRANIER, B. (eds): *PaleoParks – The protection and conservation of fossil sites worldwide*. – *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology: Book 2009/3, Chapter 11*, 121–133
- ERDEI, B., DOLEZYCH, M., HABLY, L. (2009): The buried Miocene forest at Bükkábrány, Hungary. – *Review of Palaeobotany and Palynology*, 155, 69-79.
- ERDEI, B., MAGYARI, E. (2011): Late Miocene plant remains from Bükkábrány, Hungary. – *Studia Botanica Hungarica* 42, 135-151.
- GRYC, V. & SAKALA, J. (2010): Identification of fossil trunks from Bükkábrány newly installed in the visitor centre of the Ipolytarnóc Fossils Nature Reserve (Novohrad-Nógrád Geopark) in Northern Hungary. – *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 58/5, 117-122, Brno.
- HÁMOR-VIDÓ, M., HOFMANN, T., ALBERT, L. (2009): In situ preservation and paleoenvironmental assessment of Taxodiaceae fossil trees in the Bükkalja Lignite Formation, Bükkábrány open cast mine, Hungary. – *International Journal of Coal Geology* 81/4, 203-210.
- KÁZMÉR Miklós (2007): A bükkábrányi őserdő. – *A Földgömb* 2007/8, 30-39.
- KÁZMÉR, M. (2008): The Miocene Bükkábrány Fossil Forest in Hungary – field observations and project outline. – *Hantkeniana* 6, 229 – 244, 22 figs, Budapest.
- KÁZMÉR, M. (2010): Erect fossil forests and coseismic subsidence in the Pannonian Basin – ruptured fault dimensions and earthquake magnitude. – *Submarine Palaeoseismology: The Offshore Search for Large Holocene Earthquakes Conference*, 11-16 September 2010, Obergurgl, Austria, [p. 40]
- KÁZMÉR, M. (2011): Structure of the 7 Ma Bükkábrány fossil forest in Hungary. – *Japanese Journal of Historical Botany* 19/1-2, 47-54, Tokyo.



KÁZMÉR, M., FÖLDES, T., JÓZSA, S. & MORGÓS, A. (2008): The Bükkábrány fossil forest in Hungary – alterations in wood since 7 Ma. – 8th International Organization of Palaeobotany Conference, August 30–September 5, 2008, Bonn, Germany. Abstract volume. – Terra Nostra 2008/2, p. 138.

KISS ÁKOS (2009): Álló óriások. A bükkábrányi ősfák szövetvizsgálata. TDK dolgozat. Miskolci Egyetem, Földtan-Teleptani Tanszék. Témavezető Zajzon Norbert. 40 p.

KISS Ákos & KÁZMÉR Miklós (2009): A bükkábrányi ősfák szövetvizsgálata. – 12. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés. Sopron, 2009. május 28-30. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető, pp. 24-25.

VIRÁG Attila (2008): Ormányosleletek (Mammalia, Proboscidea) a bükkábrányi lignitösszlet fedő rétegsorából. - Ifjú Szakemberek Ankétja, 2008., Baja