

dc\_1016\_15

**A Kárpát-medence és DK-Európa késő pleniglaciális és holocén  
vegetációfejlődése különös tekintettel a gyors felmelegedési és lehűlési  
hullámokra mutatott vegetációs válaszokra**

**MTA doktori értekezés  
tézisei**

**Magyari Enikő**

**2015**

## Bevezetés, célkitűzések

Ismereteink a Föld szárazulatainak pleisztocén és holocén növénytakaró változásaira vonatkozóan nagyon nagymértékben két tudományterület kutatási eredményeire támaszkodnak: a **pollen analízisre** és a **növényi makrofossziliák** vizsgálatára. Mindkét tudományterület lendületes fejlődésen esett át a 20. század második felében. Ez a lendületes fejlődés a Kárpát-medencében is nyomkövethető, elsősorban az 1950-es évektől kezdődően, ugyanakkor a radiometrikusan korolt, többváltozós, korrelációs és idősorozati elemzésekre is lehetőséget adó pollenszelvények száma elhanyagolható volt egészen az 1990-es évekig.

Ha végigtekintünk a pollen analitikai kutatások közelmúltbeli történetén, akkor azt láthatjuk, hogy a kutatások az elmúlt évtizedekben három jelentős irányvonal mentén rendeződtek.

1. Hosszú távú ökológiai irányú vizsgálatok, ahol a kutatások a növényzet klímaváltozásra és emberi hatásra adott válaszreakciójának tempóját, a növényi cönózisok átalakulásának/szukcessziójának menetét vizsgálják, a pollen akkumulációs ráták alkalmazásával pedig a populációméret növekedés sebességét illetve a populációk összeomlásának idő- és mennyiségbecslését is lehetővé tették (pl. Magyarai et al., 2011, 2012).
2. Pollen alapú kvantitatív klímarekonstrukciók (Davis et al. 2003), melyek elsősorban a holocén és későglaciális időszak vonatkozásában adnak pontos becsléseket, a fosszilis és modern pollen együttesek, és utóbbiakhoz rendelt klímparaméterek összevetése révén.
3. Kvantitatív tájrekonstrukciók, melyek népszerűvé is tették ezt a tudományterületet mind a régészek, mind a természetvédők (, mind a nagyközönség körében (Gaillard et al., 2015).

Fiatalként a fentebb írt kutatási irányvonalak első és második pontjának megvalósítására törekedtem. Nagydoktori értekezésem ezt igyekeztem összegezni néhány a vezetésemmel készült dél-kelet és közép-kelet európai esettanulmány kapcsán. Ezek a kutatások módszertan élvonalába tartozó adatelemzési és mintavételi technikákat alkalmazó munkák hozzájárultak a térség elmúlt közel 30000 évének vegetációdinamikai rekonstrukciójához, különös tekintettel a gyors klímaváltozásokra adott növényzeti válaszreakciókra. A gyors klímaváltozások növényzeti hatásainak tanulmányozása különös aktualitást nyer a napjainkban zajló globális felmelegedés kapcsán, mely a későglaciális és kora-holocén felmelegedés léptékével összevethető amplitúdójú, viszont alacsonyabb alaphőmérsékletekről indul. Társaimmal közösen folytatott kutatómunkám hozzájárult a térségi klímaváltozási trendek és növényi válaszreakciók felderítéséhez.

Végezetül, a paleoökológiai kutatások nemzetközi trendjét követve, kutatásaim során, törekedtem a multi-proxi szemlélet alkalmazására a tavi és lápi üledékek vizsgálatában. Az egykori élővilág és klíma rekonstrukciójához szükséges és előnyös, ha több proxy (a múltbeli környezet és élővilág

egyres elemeinek rekonstruálására alkalmazott módszer) együttes vizsgálatával törekszünk a folyamatok megértésére. A PROLONG és CARPENVCHANGE projektek (www.paleo.hu/magyar) kapcsán szerveződő, elsősorban biológiai és kémia proxik vizsgálatára szerveződő kutatócsoport elmúlt éveiben közölt publikációi különösen a Retyezát-hegység és az Csomád-hegycsoport Szent-Anna tavának üledék feldolgozásai kapcsán különösen jól példázzák a multi-proxi szemlélet fontosságát és előnyeit (pl. Magyar et al., 2009a, 2012; Korponai et al., 2011; Buczkó et al., 2012, 2013; Braun et al., 2013). A disszertációban számos következtetés ilyen multi-proxi megközelítésen alapul.

## **Módszerek**

A disszertáció részletesen öt üledékgyűjtő medence vizsgálati eredményeit tárgyalja (Ezero-láp: Trák-alföld, Bulgária; Szent-Anna tó: Csomád-hegycsoport, Románia, Brazi-tó és Gales-tó: Retyezát-hegység, Déli-Kárpátok, Románia, Sarló-hát: Polgár-Tiszagyulaháza, Magyarország).

A tanulmányozott tavak és lápok üledékeinek fúrása Orosz, Livinstone és módosított Kullenberg fúrókkal történt, melyek mindegyike bolygatatlan magmintát ad. A fúrások többségét Dr. Barun Mihály vezetésével végeztük.

Az üledékmagok kormeghatározása AMS  $^{14}\text{C}$  mérésekkel történt, melyeket a lengyelországi Poznani és a debreceni (ATOMKI) Radiokarbon Laboratóriumokban végeztek. A disszertációban bemutatott feldolgozások kormodellezéséhez minden esetben több (leggyakrabban >10) radiokarbon adatot használtunk fel. Változatos görbeillesztési módszereket illetve a Bayes-féle kormodellezést alkalmaztuk. Az üledékeken szerves anyag (izzítási veszteség), mágneses szuszceptibilitás valamint több esetben főelem analízist végeztünk (ICP-AES, ITRAX).

A fő biológiai proxik módszerünk a pollen analízis volt, melyet 1-8 cm mintavételi közönként vett részmintákon alkalmaztunk. Ezen kívül, minden bemutatott üledéken növényi makrofosszília és néhány esetben antrakológiai valamint sztóma vizsgálatot is végeztünk. A vegetáció szukcessziók rekonstrukciója e három módszeren alapszik.

A Brazi-tó későglaciális pollen alpú klímarekonstrukciója a modern analóg módszeren alapszik. Ezen kívül az őskörnyezet rekonstrukciók során több esetben figyelembe vettük a diatóma, főelem analízis és az árvaszúnyog analízisek eredményeit is.

Mivel a pollen analízis során többváltozós és idősorozati elemzésekre alkalmas mennyiségi adatokat kaptunk, a dolgozat változatos adatelemzési technikákat mutat be, melyek nagy részét a Psimpoll, Canoco és R programokkal készült.

A dolgozatban és tézisfűzetben szereplő koradatok kalibrált BP (before present: 1950 előtt) korokat jelentenek.

### Új tudományos eredmények

1. A bulgáriai Trák-alföld későglaciális tavi üledékeinek vizsgálatával célunk az volt, hogy képet alkossunk a terület későglaciális és koraholocén növényzeti összetételéről, és teszteljük a keleti fajok glaciális expanziójával kapcsolatos hipotézist, miszerint a balkán flóra pontikus elemei, különös tekintettel a fás szárúakra, optimális környezeti feltételeket találtak maguknak a Trák-alföldön a würm eljegesedés stadiális és interstadiális fázisaiban egyaránt, és terjedésük a Balkánon nyugati irányba a pleisztocén glaciálisában intenzív volt (Magyari et al., 2008). Pollen, növényi makrofosszília és faszén vizsgálatok alkalmazásával megállapítottuk, hogy a későglaciális felmelegedés kezdetén, kb. 14700 éve a területet döntően melegkontinentális sztyep vegetáció borította, melyben ugyanakkor kedvező mezo- és mikroklímájú területeken jelentős szerepet töltöttek be a fák. Kimutattuk a keleti osrofa (*Celtis tournefortii*) és görög boróka (*Juniperus excelsa*) jelenlétét a sztyep dominálta környezetben. Mindkét fa és cserjefaj karakterisztikus eleme a mai anatóliai erdős sztyepeknél, a mai dél-balkán flóra keleti elemei közé sorolódnak. Mellettük, a rózsafélék almafélék és mandulafélék alcsaládjába (Rosaceae Maloideae és Prunoideae) tarozó famaradványok, valamint éger (*Alnus*) és kőris (*Fraxinus*) famaradványok is előkerültek, melyek lombhullató galériaerdők és orientális elemekben gazdag alacsony fás erdős sztyepekre utaltak az eljegesedés végén a térségben. Az orientális flóraelmek gazdagsága támogatta Turill (1929) hipotézisét, miszerint ezek a fajok DK-Európát Törökország felől a Trák-alföld érintésével érték el a glaciálisok hűvös-száraz időszakában, amikor a mai anatóliai erdős sztyep vegetáció kiterjedése DK-Európában jelentős volt.
2. Nagy időfelbontású pollen, sztóma és növényi makrofosszília vizsgálatokat alkalmazva tanulmányoztuk a vegetáció választ a Déli-Kárpátok Retyezát-hegységében a későglaciális és koraholocén időszak gyors felmelegedési hullámaira. A Brazi- és Gales-tavak (1740 és 1990 m) üledékeit felhasználó vizsgálat (Magyari et al., 2009b, 2012, 2013) bizonyította, hogy a hegység északi oldalán a fahatár már a későglaciális felmelegedés kezdetén (14700 év) elérte az 1750 - 1800 métert; alkotói a vörösfenyő (*Larix decidua*), törpefenyő (*Pinus mugo*) és lucfenyő (*Picea abies*) voltak. Ezeknek a fajoknak a megjelenése ilyen nagy tengerszint feletti magasságokban a későglaciális felmelegedés legelején, arra utalt, hogy a hegységben glaciális refúgiumaik voltak. A fiatal driász (GS-1: 12800-11700

évek) lehűlés a regionális növénytakaróban sztyeppesedéshez vezetett, azonban a fahatár magassági helyzetében és faji összetételében csak minimális változást tapasztaltunk. A fák és cserjék gyakorisága csökkent 1740 méteren, ugyanakkor a fajgazdagság tovább nőtt a cirbolyafenyő (*Pinus cembra*) érkezésével. Ezek az adatok támogatják a klímamodellek térségünkre vonatkozó megállapításait, miszerint a fiatal driász lehűlés során a vegetációs periódusban akkumulált hőösszeg csak kis mértékben csökkent. A pollenösszetétel változása ugyanakkor felhívta a figyelmet regionálisan az ariditás fokozódására. A kora holocén felmelegedés során a fahatár 11000 évvel ezelőtt már elérte a 2000 métert (magasabban volt, mint jelenleg). *P. mugo*, *P. cembra* és *P. abies* alkotta. Ebből a nyári középhőmérsékletek gyors emelkedésére következettünk. A jelenlegi bükkös öv felső részében előforduló jegenyefenyő (*Abies alba*) 10600 és 10300 évek közt kimutatható volt 1740 és 2000 méteres magasságban is, ami a faj hőmérsékleti tűrőképességét figyelembe véve a mainál kb. 2,8 °C-al magasabb júliusi középhőmérsékletekre utalt a térségben.

3. Az erdélyi Csomád-hegycsoport Szent-Anna tavának üledékvizsgálata lehetővé tette az utolsó eljegesedés maximális lehűlési időszakának (LGM) növényzeti vizsgálatát (Magyari et al., 2014a). Megállapítottuk, hogy a Keleti Kárpátok közepes tengerszint feletti magasságaiban, valamint a környező síkságokon a boreális erdős sztyep növényzet az eljegesedés maximumán is fennmaradt (fontos fás alkotója *Pinus*, *Betula*, *Salix*, *Populus* és *Picea* fajok voltak). Nagyobb tengerszint feletti magasságokban borókás (*Juniperus sp.*) cserjések jellemezték a tájat. Megállapítottuk továbbá, hogy a térség vegetációja a globális eljegesedés maximumára kismértékű átalakulással reagált csupán. 22900 és 19150 évek közt ez erdőégek gyakorisága növekedett, mely ellentétes a globális trenddel. Az erdőtüz aktivitás növekedése extrém kontinentalitásra, meleg és száraz nyarakra utalt. A térség sajátossága a kontinentális sztyepei vegetáció expanziója az LGM-et követően, ~19150 évtől, majd a boreális túlevelű erdők expanziója *Pinus* és *Betula* fajokkal 16300 évtől. A növényi makrofossziliák a kráterben (950 m) a fák első megjelenését 15150 évvel ezelőttre tették. *Betula nana*, *Betula pubescens*, majd *Pinus sylvestris* és *Larix decidua* kolonizált a lejtőkön. A pollenszelvényben továbbá az LGM idején folyamatosan detektáltuk a mérsékeltövi lombosfák pollenjeit, amiből ezen taxonok Keleti-Kárpátok és Erdélyi-medencebéli refúgiális populációira következtettünk (*Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*).
4. A Kárpáti Régió késő pleniglaciális (LPG: 26500-15000 évek közt) növényzetének pontosabb jellemzést célozta az a tanulmányunk, melyben 3 régióbeli pollenszelvény mintáit többváltozós statisztikai módszerek alkalmazva vetettünk össze az Altáj és Szaján hegységekből származó felszíni pollen mintákkal, hasonlóságok és analógiák után kutatva

(Magyari et al., 2014b). Megállapítottuk, hogy az LPG pollen együtteseknek vannak statisztikusan szignifikáns analógiái Dél-Szibériában, de az analóg párok száma alacsony, és az LGM idején a legtöbb esetben a mai nedves füves rétsztyepek és száraz sztyepek vegetációival kaptunk analógiát. Fás vegetáció típusok (kontinentális és szubóceáni hemiboreális erdők, kontinentális tajga) csak néhány esetben adódtak analógnak 16000 és 23000 évek közt, majd 16000 évet követően egyre gyakrabban. Ezek az eredmények arra utaltak, hogy a Kárpáti Régió tájait a késő pleniglaciálisban száraz sztyepek dominálták a többletvíz-mentes élőhelyeken, míg az árterekben és talajvízhatásos élőhelyeken nedves füves rétek és rétsztyepek alakultak ki, és jellemző volt a fűfélék (Poaceae) dominanciája. Fás növényzet, a folyóvölgyekben, ártereken, északi lejtőkön és elszórtan a löszplatókon alakulhatott ki. Domináns taxonjai a *Larix sp.*, *Pinus sylvestris*, *Pinus mugo*, *Pinus cembra*, *Picea abies*, *Betula pendula/pubescens*, *B. nana*, *Juniperus*, *Hippophaë rhamnoides*, *Populus*, *Salix* és *Alnus* voltak. A térségi pollendiagramokra továbbá általánosan jellemző a mérsékeltövi lombhullató fák pollenjeinek jelenléte (*Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Fagus* és *Fraxinus excelsior*), amiből ezen taxonok LGM refúgiumaira következettünk.

5. A későglaciális időszakra vonatkozóan kvantitatív klímarekonstrukciókat végeztünk a Déli-Kárpátok Retyezát-hegységének Brazi-tavi pollenzelvényén, melynek eredményeit összevetettük ugyanazon tavi szelvényen fosszilis árvaszúnyog együttesek alapján végzett rekonstrukciókkal (Tóth et al., 2012; Magyari et al., 2014c). Megállapítottuk, hogy a legjelentősebb eltérés az árvaszúnyog és pollen alapú júliusi középhőmérséklet rekonstrukció tekintetében a későglaciális felmelegedés mértékében van (Pollen(eurázsiai): 1,5°C; Chiro: 2,8°C), mely kissé magasabb az árvaszúnyogok alapján, ugyanakkor mindkét rekonstrukció a klímamodell (Renssen és Isarin, 2001) által jelzett 4°C alatti hőmérsékletemelkedést jelez a GS-2/GI-1 átmenet idején. A fiatal driász (GS-1) tekintetében az árvaszúnyog és eurázsiai pollen alapú júliusi középhőmérséklet rekonstrukció megerősíti a modellkísérleteket, miszerint Közép-Kelet és Dél-kelet Európában a nyári lehűlés mértéke 2°C alatt volt (Pollen(eurázsiai): 2°C; Chiro: 0-1°C). Ugyanakkor a pollen alapú klímarekonstrukció rávilágít arra, hogy a fiatal driász stadiális kezdetén az éves csapadékmennyiség csökkenésének mértéke ~600-700 mm volt, az aktuális és potenciális evapotranspiráció (E/EP) aránya 30-50%-al csökkent, a leghidegebb hónap középhőmérséklete 15°C-al, míg az 5°C feletti napok hőösszege 500°C-al csökkent. Összességében azt mondhatjuk, hogy az észak-atlanti tengeri szállítószalagban bekövetkező perturbációk esetén a Kárpáti Régió a nyári/júliusi középhőmérsékletek tekintetében gyengén reagál (ez fontos a holocén gyors

klímaváltozások esetén is, melyek szintén az észak-atlanti szállítószalagon keresztül fejtették ki a hatásukat Európa éghajlatára). Ugyanakkor a téli hőmérsékletek és csapadékmennyiség erőteljesen csökkentek. Emellett a diatóm alapú pH rekonstrukciók bizonyították a szezonális eltolódását, a téli félév hosszának növekedését a fiatal driászban (Buczko et al., 2012).

6. Térségi összegzést végeztünk a kelet-közép és dél-kelet európai régió eljegesedés maximumát követő növénytakaró változásinak áttekintésére (Feurdean et al., 2014). Megállapítottuk, hogy az ürmös és füves sztyep növényzeti formációk aránya északról (20%) dél felé (90%) haladva jelentősen nőtt a térségben 20000 és 14700 évek közt, a 45° É-től délre fekvő területek (Trák-alföld, Rila-hegység) mutatták a legerőteljesebb kontinentalitást, erősen a hozzáférhető nedvesség által limitált növényzeti formációkkal, azaz a térségben ebben a késő pleniglaciális időszakban kimutatható egy É-D irányú sztyep gradiens. Megállapítottuk továbbá, hogy mérsékeltövi lombhullató fák nagyobb populációi a 46-os földrajzi szélességtől délre helyezkedtek el ebben az időszakban.
7. Holocén vegetációdinamikai vizsgálataink során teszteltük a Nagyalföld holocén erdőborításának változását (Magyari et al., 2010). Megállapítottuk, hogy a Nagyalföld nagy részét az emberi hatások fokozódásáig (kb. 3000 év) lomblevelű erdős sztyeppek borították. Cáfoltuk azt a nézetet, miszerint a Nagyalföldön a holocén boreális fázisában klimatikus sztyeppek alakultak ki. Ezzel szemben megállapítottuk, hogy a klimatikus sztyep vegetáció kiterjedése 11400-9900 évek közt (~preboreális) volt a legnagyobb, majd ezt követően csökkent.
8. Pollen, növényi makrofosszília és régészeti ásatásokról előkerült faszén összeteket összevetve (Magyari et al., 2010, Moskal-Hoyo, 2013) Polgár-Tiszagyulaháza térségében megállapítottuk, hogy a közép neolitikus időszakban (7250-6950 évek közt), mely jó egyezést mutat a holocén klímaoptimum idejével, szubmediterrán tölgyes erdős sztyeppek jellemezték az Észak-alföld lösz és homok teraszait. Ezek szubmediterrán tölgy fajok mellett húsos somot (*Cornus mas*) is tartalmaztak. A térségi vizsgálatok alapján valószínűsíthető, hogy a szubmediterrán tölgyes erdős sztyeppek öve elérte a Nagyalföld északi részét.
9. A Nagyalföld és az Északi-középhegység radiokarbon kronológiával rendelkező holocén pollenszelvényeit többváltozós statisztikai módszerekkel összevetve megalkottuk a térségi regionális pollenzónák rendszerét, melyet összevetettünk az eddig érvényben lévő, klasszikus holocén erdő történeti fázisokkal (fenyő-nyír, mogyoró, tölgy, bükk 1 és bükk 2 fázisok), és javaslatot tettünk annak módosítására az új eredmények tükrében. A vizsgált

térségben a holocén erdő szukcessziós változások időpontjai 10100, 8300, 5800 (5200), 4100 (3700) és 3100 évnek adódtak.

### Felhasznált irodalom

- Braun, M., Hubay, K., Magyari, E.K., Veres, D., Papp, I. & Bálint, M. (2013) Using linear discriminant analysis (LDA) of bulk sediment geochemistry data to reconstruct Lateglacial climate change in the South Carpathian Mts. *Quaternary International* 293: 114–122.
- Buczko K., Magyari E.K., Braun, M. & Bálint, M. (2013) Diatom-inferred lateglacial and Holocene climatic variability in the South Carpathian Mountains (Romania). *Quaternary International* 293: 123–135.
- Buczko, K., Magyari, E.K., Hübener, T., Braun, M., Bálint, M., Tóth, M. & Lotter, A.F. (2012) Responses of diatoms to the Younger Dryas climatic reversal in a South Carpathian mountain lake (Romania). *Journal of Paleolimnology* 48(2):417-431.
- Davis, B. A. S., Brewer, S., Stevenson, A. C., Guiot, J. & Data Contributors (2003) The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* 22(15-17): 1701-1716.
- Feurdean, A., Persoiu, A., Tanțău, I., Stevens, T., Marković, S., Magyari, E.K., Onac, B.B., Andric, M., Connor, S., Galka, M., Hoek, W.Z., Lamentowicz, M., Sümegei, P., Persoiu, I., Kolaczek, P., Petr Kuneš, P., Marinova, E., Slowinski, M., Michczyńska, D., Stancikaite, M., Svensson, A., Veski, S., Fărcaș, S., Tămaș, T., Zernitskaya, V., Timar, A., Tonkov, S., Tóth, M; Willis, K.J., Plóciennik, M. & Gaudenyi, T. (2014) Climate variability and associated vegetation response throughout Central and Eastern Europe (CEE) between 60 and 8 ka. 2014. *Quaternary Science Reviews* 106: 206–224
- Gaillard, M.J. & LandCover6k Interim Steering Group members (2015) LandCover6k: Global anthropogenic land-cover change and its role in past climate. *PAGES Magazine* 23(1): 38-39.
- Korponai, J., Magyari, E.K., Buczko, K., Iepure, S., Namiotko, T., Czako, D., Kövér, Cs. & Braun, M. (2011) Cladocera-response to Late Glacial to Early Holocene climate change in a South Carpathian mountain lake. *Hydrobiologia* 676(1): 223–235.
- Magyari, E.K., Chapman, J.C., Gaydarska, B., Marinova, E., Deli, T., Huntley, J.P., Allen, J.R.M. & Huntley, B. (2008a) The ‘oriental’ component of the Balkan flora: evidence of expansion into south-east Europe via the Thracian Plain during the last glacial stage. *Journal of Biogeography* 35(5): 865–883.
- Magyari, E. K., Buczko, K., Jakab, G., Braun, M., Pál, Z. & Karátson, D. (2009a) Palaeolimnology of the last crater lake in the Eastern Carpathian Mountains - a multiproxy study of Holocene hydrological changes. *Hydrobiologia* 631: 29-63.
- Magyari, E.K., Braun, M., Buczko, K., Hubay, K. & Bálint, M. (2009b) Radiocarbon chronology and basic characteristics of glacial lake sediments in the Retezat Mts (S Carpathians, Romania): a window to Lateglacial and Holocene climatic and palaeoenvironmental changes. *Central European Geology* 52(3–4): 225–248.
- Magyari, E.K., Chapman, J.C., Passmore, D.G., Allen, J.R.M., Huntley, J.P. & Huntley, B. (2010). Holocene persistence of wooded steppe in the Great Hungarian Plain. *Journal of Biogeography* 37: 915–935.
- Magyari, E.K., Major, Á., Bálint, M., Nédli, J., Braun, M., Rác, I. & Parducci, L. (2011) Population dynamics and genetic changes of *Picea abies* in the South Carpathians revealed by pollen and ancient DNA analyses. *BMC Evolutionary Biology* 11: 66.
- Magyari, E.K., Jakab, G., Bálint, M., Kern, Z., Buczko, K. & Braun M. (2012) Rapid vegetation response to lateglacial and early Holocene climatic fluctuation in the South Carpathian Mountains (Romania). *Quaternary Science Reviews* 35(5):116–130.



- Magyari, E.K., Demény, A., Buczkó, K., Kern, Z., Vennemann, T., Fórizs, I., Vincze, I., Braun, M., Kovács, J.I., Udvardi, B. & Veres, D. (2013) A 13,600-year diatom oxygen isotope record from the South Carpathians (Romania): reflection of winter conditions and possible links with North Atlantic circulation changes. *Quaternary International* 293: 136–149.
- Magyari, E.K., Kuneš, P., Jakab, G., Sümegei, P., Pelánková, B., Schäbitz, F., Braun, M. & Chytrý, M. (2014a) Last glacial maximum vegetation in East Central Europe: are there true analogues in Siberia? *Quaternary Science Reviews* 95: 60–79.
- Magyari, E. K., Veres, D., Wennrich, V., Wagner, B., Braun, M., Karátson, D., Pál, Z., Ferenczy, Gy., St-Onge, G., Rethmayer, J., Francois, J-P. & Schäbitz, F. (2014b) Vegetation and environmental responses to climate forcing during the last glacial maximum and deglaciation in the East Carpathians: attenuated response to maximum cooling and increased biomass burning. *Quaternary Science Reviews* 106: 278-298.
- Magyari E., Peyron O., Tóth M., Heiri O. & Braun M. (2014c) Későglaciális pollen és árvaszúnyog alapú klímarekonstrukció a Retezat hegységben. Lateglacial pollen and chironomid based climate reconstruction in the Retezat Mountains. In: Magyari E. (szerk.): Késő negyedkori kvantitatív környezeti és klímarekonstrukciók a Déli-Kárpátokban (Late Quaternary Qualitative environmental and climate reconstructions in the South Carpathians) PROLONG PROJEKT előadói absztraktkötete. p. 22.
- Moskal-del Hoyo M. (2013) Mid-Holocene forests from Eastern Hungary: new anthracological data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 193: 70–81.
- Renssen, H. & Isarin, R.F.B. (2001) The two major warming phases of the last deglaciation at ~ 14.7 and ~ 11.5 ka cal. BP in Europe: climate reconstruction and AGCM experiments. *Global and Planetary Change* 30: 117-153.
- Tóth, M., Magyari, E., Brooks, S.J., Braun, M., Buczkó, K., Bálint, M. & Heiri, O. (2012) A chironomid-based reconstruction of late glacial summer temperatures in the southern Carpathians (Romania). *Quaternary Research* 77(1): 122-131.
- Turrill, W.B. (1929) *The plant life of the Balkan Peninsula: a phytogeographical study.* Clarendon Press, Oxford.