

Mihályi Krisztián¹ – Dr. Gucsik Arnold² – Dr. Szabó József³

A földi meteoritkráterek átmérő szerinti eloszlásai

1. Bevezetés

A meteoritkráterek a Naprendszer szilárd felszínű égitest-felszínein a legáltalánosabb felszíni formaelemnek tekinthetők. A Hold felszínének kráterstatisztikai vizsgálati eredményeit összevetve a radiometrikus kormeghatározások eredményeivel (a mintákat az Apollo-program missziói hozták a Földre) megállapítást nyert, hogy a becsapódások száma kb. 3,8 milliárd évvel ezelőtt viszonylag hirtelen lecsökkent és az addigiakhoz képest igen alacsony szinten stabilizálódott (BÉRCZI SZ. et al. 2005), ami – feltételezett, kisebb kilengésekkel – máig is tart. Az ezt megelőző időszakot (~4,2-3,8 milliárd év között) a *Late Heavy Bombardment [LHB]* korszakának hívják (BOTTKE, W. F. et al. 2007). Hasonló eredmények adódtak egyéb égitestek vizsgálatából is, úgyhogy ez a hirtelen lecsökkenés a Naprendszer nagyobb részére is jellemző lehetett (JONES, B. W. 1984). A kráterképződési ráta az LHB korszaka alatt kb. 20 000-szerese lehetett a mainak (MORBIDELLI, A. 2007). A meteoritkráterek átmérő szerinti eloszlásai különböznek a légkört nélkülöző, ill. a légkörrel rendelkező égitesteken. Előbbi esetben gyakoriságuk az egyre kisebb átmérők felé haladva növekszik, ennek oka az, hogy a légkör hiányában nincs, ami lefékezze és közegellenállásával esetleg fel is emésze a becsapódó testet. Emiatt a légkör nélküli égitestek krátereinek átmérő szerinti eloszlásai tükrözik azt a tényt, miszerint minél kisebb egy, a bolygóközi térben keringő test (kisbolygó, üstökösmag, törmelék, por) mérete, a Naprendszerben annál nagyobb számban van jelen (JONES, B. W. 1984). A légkörrel rendelkező égitesteken is növekszik a meteoritkráterek száma az egyre kisebb átmérők felé haladva, azonban csak egy bizonyos pontig: az a határ, amelynél kisebb meteoritkráterek már nem fordulhatnak elő, mert az annál kisebb krátert kialakító testeket a légkör felemészti, az ún. „cut-off size”, amelyet magyarra leginkább „kritikus alsó mérethatárként” vagy „levágási határként” (BÉRCZI SZ. et al. 2005) lehet lefordítani. Ez az érték mindenek előtt az adott égitest felszíni gyorsulásától, ill. az atmoszféra vastagságától, sűrűségétől és szerkezetétől függ, és nem utolsósorban magától a becsapódó meteorit vagy üstökös anyagi minőségétől. A felszíni erózió azonban módosíthatja (látszólag a nagyobb átmérők felé tolhatja) ezt az értéket, a kisebb kráterek ui. földi körülmények között gyorsabban pusztulnak.

2. Jelen tanulmány célja

Az Earth Impact Database [EID] által nyilvántartott 174 darab, bizonyítottan becsapódásos eredetű kráterre vonatkozó átmérőadatokat grafikus feldolgozása és azokból a lehetséges következtetések levonása. Az EID eredeti kráterbeosztásai módosítva lettek: eredetileg valamennyi oroszországi kráter Ázsiához került besorolásra, a módosított beosztás szerint viszont Oroszország európai részének krátereit Európához kerültek.

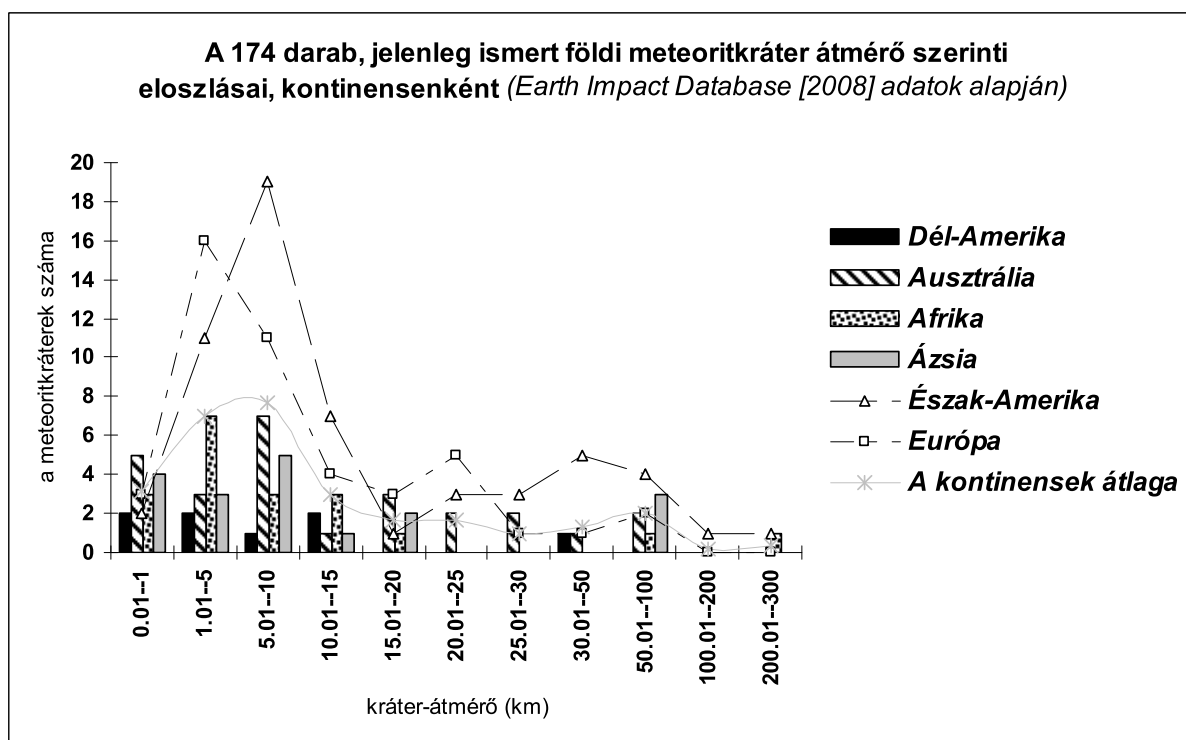
¹ Mihályi Krisztián *Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen*
E-mail: k.mihalyi@freE-mail.hu

² Dr. Gucsik Arnold *Max Planck Institute for Chemistry, Department of Geochemistry, Mainz, Germany*
E-mail: gucsik@mpch-mainz.mpg.de

³ Dr. Szabó József *Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen*
E-mail: wagner@tigris.klte.hu



1. ábra. A jelenleg ismert földi meteoritkráterek. (BÉRCZI SZ. et al. 2005)

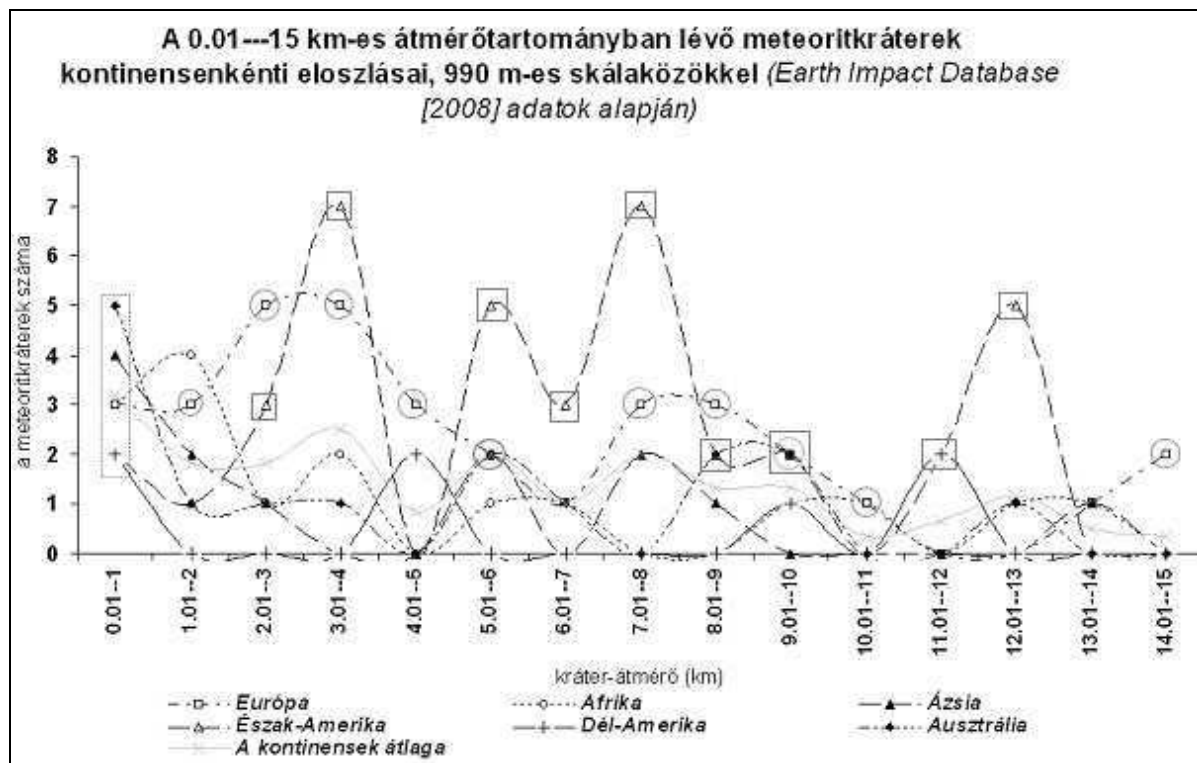


2. ábra. A földi meteoritkráterek átmérő szerinti eloszlásainak összesítő ábrája. (módosított Earth Impact Database [2008] adatok alapján, MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008)

Amint a 2. ábra is mutatja, a méret szerinti eloszlásoknál két kontinenscsoportot lehet elkülöníteni: *Európa* és *Észak-Amerika* alkotja az egyiket, a másikba pedig *Afrika*, *Ausztrália*, *Dél-Amerika* és *Ázsia* tartozik. Figyelembe véve, hogy az 5-15 km-es átmérőtartományba tartozó, fő különbséget okozó *Észak-Amerikai* és *Európai* kráterek nagy része a két kontinens jég által letarolt pajzsterületein (Kanadai-, ill. Balti-pajzs) találhatóak és egy-két kivételtől eltekintve jóval a jégkorszak előtt keletkeztek (Earth Impact Database [2008] kor adatok alapján), felmerülhet a pleisztocén jégtakarók exhumáló szerepe. Ezt a feltételezést tovább erősíti az a tény, hogy a jelenleg üledékekkel befedett *Ukrán-pajzs* is megnő a kráttersűrűség, csak itt a kráterek is az ún. eltemetett meteoritkráterek közé tartoznak (maguk a kráterek a pajzsba mélyülnek). Az összehasonlításokhoz figyelembe kell venni a nagyobb méretkategóriák felé növekvő átmérő-tartományokat is. A krátermezők kráterei (pl. a *Kaali-*, *Morasko-* vagy *Henbury* krátermezők) egy darab, 1 km alatti kráterként szerepelnek, ui. azokat egy-egy test légkörbe lépése eredményezte, és nagy valószínűség szerint, ha nem töredezik szét a légkörön való áthaladás során (egy darabban csapódik be), akkor sem hozott volna létre 1 km-nél nagyobb krátert.

Feltűnő még a 0.01-1 km átmérő kategória viszonylagos kiegyenlítetttsége (2. ill. 3. ábrák), ahol Európa és Észak-Amerika még nem bír kitüntetett szereppel (3 ill. 2 darab kráter). Összevetve ezt azzal a ténnyel, hogy az 1 km-nél kisebb kráterek döntő többsége (két kivételtől eltekintve) valamennyi kontinensen a pleisztocén után keletkezett (*Earth Impact Database [2008] adatok alapján*), valószínűsíthető az ilyen kisméretű kráterek (összesen 19 darab) erózióval szembeni korlátozott ellenállóképessége.

Mivel a legjelentősebb különbségek az 1.01-15 km-es kategóriában vannak, érdemes ezt egy részletesebb ábrán is bemutatni (3. ábra): a finomabb skálabeosztások esetén látható, hogy az Észak-Amerika és Európa fő eloszlási jellegzetességét hordozó tartomány hogyan válik több csúccsal rendelkezővé.

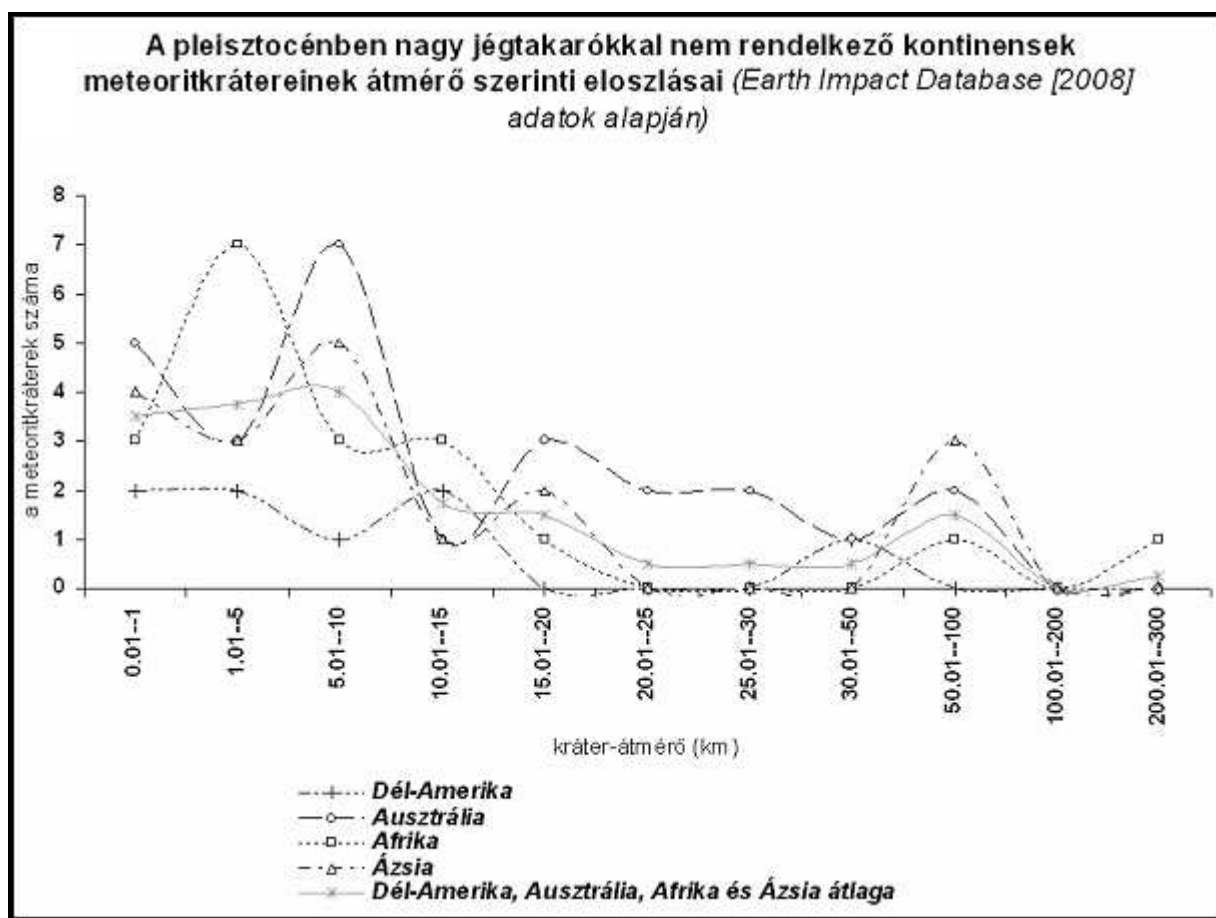


3. ábra. A legjellemzőbb különbséget okozó kategóriák részletes eloszlásai. A nagyobb szürke körök Európa, a szürke négyzetek Észak-Amerika átlag feletti értékeit emelik ki. A pontozott keretben a 0.01-1 km kategória egységesebb eloszlásai láthatóak (ld. még: a szövegben). (módosított *Earth Impact Database [2008] adatok alapján*, MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008)

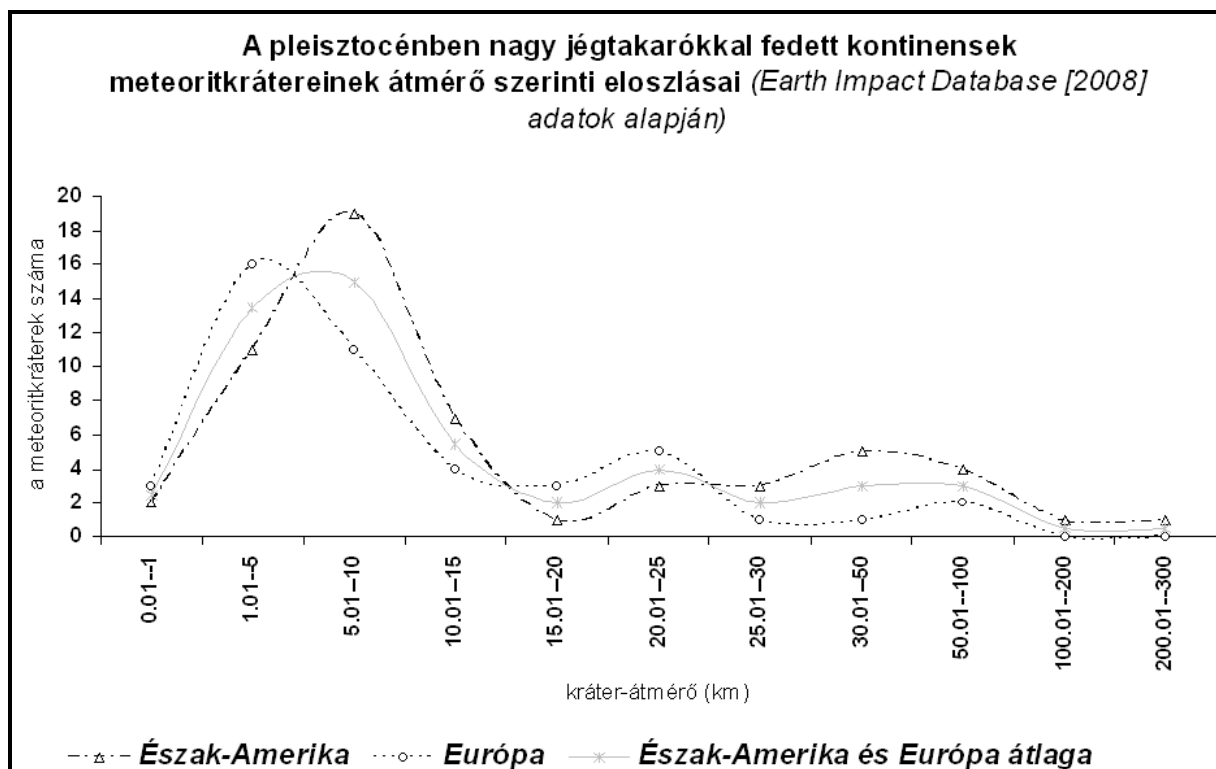
A továbbiakban érdemes a két kontinenscsoportot külön-külön is megvizsgálni (4. és 5. ábrák). A pleisztocénben jobbra jégmentes kontinensek (4. ábra) eloszlásai kevésbé vannak összhangban egymással, habár eloszlásuk a 15 km feletti kategóriákban kissé egységesebb tendenciákat követ. Ezzel ellentétben, a jég által letarolt pajzsterületek uralta eloszlások Európa és Észak-Amerika esetében (5. ábra) minden kategóriában jobb összhangban vannak egymással. Ezt összevetve a Kanadai-, ill. a Balti-pajzs területének különbségeivel, megállapítható, hogy közel azonos becsapódási gyakorisággal számolva, az eloszlás nem egyensúlyi (a *kráter/km²* arányok eltérőek), ami még további, eddig fel nem derített meteoritkráterek léteire vagy teljesen lepusztult (eltűnt) kráterekre utal. Hasonló aránytalanságok a többi kontinens vonatkozásában is kimutathatóak. Megemlíthető, hogy egyes modellek szerint, a becsapódási valószínűség nem egységes (csak a becsapódó testek homogén űrbéli eloszlása esetén lenne az), hanem a földrajzi szélesség függvénye. A Föld

esetében a pólusra vonatkoztatott becsapódás-valószínűségi ráta ~10%-kal kisebb, mint az egyenlítőn számított (LE FEUVRE, M. – WIECZOREK, M. A. 2008).

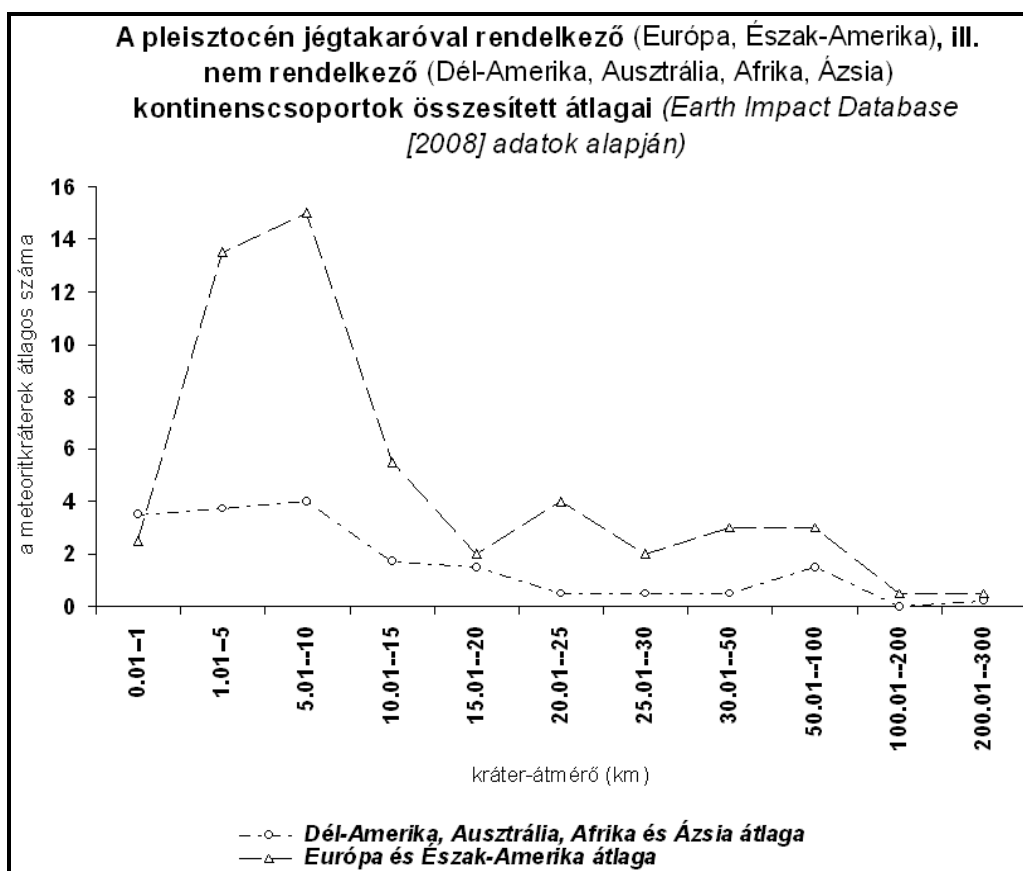
Ausztrália, Ázsia, Afrika és Dél-Amerika helyenként kusza eloszlásaira további magyarázatot adhatnak a kontinensek között- és az azokon belül megfigyelhető változatos éghajlati, növényzeti és egyéb természeti viszonyok. Az 1. ábrán látható, hogy a trópusok vidéke szinte krátermentes, ami összefüggésben lehet a természetes növényzettel és a gyors felszín-újraképződéssel is. Az Antarktisz is krátermentesnek tűnik, azonban a Wilkes-land jégtakarója alatt, a kontinentális aljzatban egy ~500 km átmérőjű, koncentrikus elrendeződésű gravitációs anomáliát fedeztek fel 1962-ben (ez az ún. *Wilkes-land anomália*). Az anomáliatérképek, alapján akár meteoritkráter is lehetne (az eddig ismert legnagyobb a Földön). Fúrásminták hiányában azonban ez nem bizonyítható (WEIHAUPT, J. G. 1976).



4. ábra. A jelentős pleisztocén jégtakarók nélküli kontinensek eloszlási görbéi. (módosított Earth Impact Database [2008] adatok alapján, MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008)



5. ábra. A jelentős pleisztocén jégtakarókkal rendelkező kontinensek eloszlási görbéi. (módosított Earth Impact Database [2008] adatok alapján, MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008)



6. ábra. A két jellegzetes kontinenscsoport átlagainak összehasonlító ábrája. (módosított Earth Impact Database [2008] adatok alapján, MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008)

3. Összefoglalás

Amint a 2-6. ábrák bemutatják, a földi meteoritkráterek eloszlásai nem teljesen véletlenszerűek, sőt, a kisszámú fennmaradt kráter és a változatos földi eróziós viszonyok ellenére bizonyos fokig még ma is őrzik a Naprendszer eredeti kráterképződési és eloszlási törvényeit. A méret szerinti eloszlásokat összevetve a kor szerinti eloszlásokkal (amelyek azonban a korértékek bizonytalanságai miatt kevésbé pontosak) további érdekes következtetések vonhatóak le (MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008): a kor szerinti eloszlásoknál is elkülöníthető a két jellegzetes kontinenscsoport (*Európa és Észak-Amerika* az egyikben, ill. *Afrika, Ázsia, Dél-Amerika és Ausztrália* a másikban). Az első csoport (Európa és Észak-Amerika) kor grafikonjai – az átmérő grafikonokhoz hasonlóan – jobban hasonlítanak egymásra, mint a második csoport (Afrika, Ázsia, Dél-Amerika és Ausztrália) kor szerinti grafikonjai. Valamennyi kontinens krátereinek kor szerinti grafikonjait együtt ábrázolva azonban néhány helyen hullámhegy és hullámvölgy csoportok jellegzetes átfedései figyelhetők meg, egyszerre akár 4-5 kontinens esetében is, eltérő amplitúdókkal. Néhány hullámhegy-csoport átfedésben van kisebb-nagyobb kihálási periódusokkal (pl. felső kréta) is.

A kor szerinti eloszlások másik jellegzetessége a lehetséges jég általi exhumációhoz köthető (MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008). Ennek értelmében Európa és Észak-Amerika meteoritkrátereinek szinte minden földtörténeti időszakhoz kötődően számbeli fölényt élveznek a másik négy, pleisztocén jégtakaró nélküli kontinenshez képest, kivéve magát a pleisztocént: a Balti-pajzson nincs a jégkorszak ideje alatt képződött kráter, és a Kanadai-pajzson is csak kettő van, még ugyanezen két kontinens jégtakaróitól délre eső területein előfordulnak a jégkorszakban keletkezett kráterek, csak úgy, mint Afrika, Ausztrália, Ázsia és Dél-Amerika esetében is. Ez arra utal, hogy becsapódások valószínűleg lehettek ezen a két pajzsterületen is, csak a helyenként több ezer méteres vastagságú jégpajzsot nem tudták átütni. Ez további kérdéseket vet fel a jelenkori jégtakarókra történő, esetleges becsapódásokat, ill. azok lehetséges nyomait illetően.

Az eloszlási grafikonok által sugallt következtetéseket összevetve a meteoritkráterekre vonatkozó egyéb adatokkal (geológiai, morfológiai, vízrajzi-hidrogeológiai) (MIHÁLYI K. 2008) a meteoritkráterek képződésére és lepusztulására vonatkozó ismeretek tovább bővíthetők. Az egyéb égitestek meteoritkrátereinek morfológiai jellemzőivel és méret szerinti eloszlásaival is érdemes további összehasonlításokat végezni (a kormeghatározások azonban már elég körülményesek és anyagminták nélkül abszolút korok sem határozhatóak meg). Ezen ismeretek segíthetnek eddig ismeretlen eredetű formák beazonosításában, esetenként újabb földi meteoritkráterek kimutatásában (MIHÁLYI K. – GUCSIK A. 2008) és (MIHÁLYI K. 2008). Az újabb kráterek felfedezése érdekében érdemes lenne a kutatásokat a jelenleg kevésbé ismert óceán- és tengeralfjatzatokra is kiterjeszteni, ui. jelenleg mindössze néhány szubmarin kráter ismert, azok is a selfterületekről.

Irodalom

- BÉRCZI SZ. – HARGIAI H. – GUCSIK A. – HORVAI F. – ILLÉS E. – KERESZTURI Á. – NAGY SZ. J. (2005) A Naprendszer kisenciklopédiája: a Naprendszer formakincse (1) – Becsapódások folyamata, nyomai és hatásai. ELTE TTK – MTA Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport (KAVÜCS), 5., 11., 17. p.
- BOTTKE, W. F. – LEVISON, H. F. – NESVORÝ, D. – DONES, L. (2007) Can planetesimals left over from terrestrial planet formation produce the lunar Late Heavy Bombardment? *Icarus* 190, 203 p.
- JONES, B. W. (1984) *The Solar System*. Pergamon Press, 207., 301. p.
- LE FEUVRE, M. – WIECZOREK, M. A. (2008) Nonuniform cratering of the terrestrial planets. *Icarus* 197, 291 p.
- MIHÁLYI, K. (2008) Hydrogeological features of terrestrial meteorite craters. *Acta GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography, Series Vol. 3.* (in press)

- MIHÁLYI, K. – GUCSIK, A. (2008) Distributions of the currently known terrestrial impact structures. 71st Annual Meeting of the Meteoritical Society, Matsue, Japan, poster session
- MORBIDELLI, A. (2007) Impacts in the primordial history of terrestrial planets. *C. R. Geoscience* 339, 906 p.
- SPRAY, J. (2008) Earth Impact Database, website: <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/index.html>
- WEIHAUPT, J. G. (1976) The Wilkes Land anomaly: Evidence for a possible hypervelocity impact crater. *Journal of Geophysical Research*, Volume 81, Issue B32, 5651 p.