

A triász és a jura időszak határán lezajlott globális krízis és annak nyomai magyarországi rétegsorokban

HAAS János¹, GYŐRI Orsolya¹, KOCSIS T. Ádám^{2,3}, LANTOS Zoltán⁴, PÁLFY József^{3,5}

¹MTA–ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c
(haas@caesar.elte.hu; gyori.orsi@gmail.com)

²GeoZentrum Nordbayern, Department of Geography and Geosciences, Universität Erlangen-Nürnberg, Loewenichstraße 28, 91054 Erlangen, Németország (adam.kocsis@fau.de)

³MTA–MTM–ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

⁴Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, 1145 Budapest, Columbus utca 17–23 (lantos.zoltan@mbfisz.gov.hu)

Global crisis at the Triassic-Jurassic boundary and its stratigraphic record in Hungary

Abstract

The mass extinction at the end of the Triassic Period was one of the largest extinction events in the Phanerozoic and it was the result of a global environmental crisis. In connection with this, the last two decades have seen increasing research efforts to gain more knowledge and thus a better understanding of this event. These efforts have included detailed studies of numerous stratigraphic sections worldwide. The review presented here attempts to summarize the major results of multi-faceted international research on the stratigraphic and fossil record of the end-Triassic event, discussing proposed cause-and-effect relationships and possible scenarios. In addition, there is also an overview of studies made in recent decades on the Triassic-Jurassic boundary sections in Hungary, with an emphasis on their relevance to global research into the Triassic-Jurassic boundary.

Keywords: global environmental crisis, mass extinction, Triassic-Jurassic boundary

Összefoglalás

A triász időszakot lezáró tömeges kihalás egyike a fanerozoikum legnagyobb kihalási eseményeinek, amelyet globális környezeti krízis idézhetett elő. Kutatása az elmúlt két évtizedben vált intenzívvé és azóta szerte a világon, számos szelvény részletes vizsgálatával folyik. A szemle jellegű cikk célja a környezeti krízis közetekben megőrződött nyomainak felderítését célzó rendkívül kiterjedt és szerteágazó kutatások fontosabb eredményeinek és a folyamatokat kiváltó okok értelmezésének áttekintése, valamint a hazai triász-jura határképződmények jelentőségének és a szelvények vizsgálatával eddig szerzett ismereteknek az összegző bemutatása.

Tárgyszavak: globális környezeti krízis, tömeges kihalás, triász-jura határ

Bevezetés

A földtani kutatások eredményeként régóta tudjuk, hogy voltak a Föld történetében olyan, viszonylag rövid idejű környezeti krízisek, amelyek az élővilág igen jelentős megváltozását eredményezték, amikor tömegesen haltak ki fajok, nemzetségek, sőt a szervezetek nagyobb csoportjai is. Ezek a krízisek nemegyszer döntően megváltoztatták az élővilág fejlődésének további menetét. Bolygónk történetét szakaszokra tagolják és ily módon a földtörténetben mérőföldköveknek tekinthetők. Azt, hogy az ősmaradványegyüttesekben hirtelen, jelentős változások vannak már a 19. század első felében felismerték. Ezeknél a változásoknál vonták meg a földtörténeti időszakok határát és az 1820–1840 között elnevezett időszakok (pl.: szilur, devon, triász, jura, kréta) máig érvényben vannak. 1841-ben John PHILLIPS

javasolta az állatvilág fejlettségén alapuló tagolást, megalkotva a paleozoikum, mezozoikum és kainozoikum terminusokat (MORRELL 2001).

A földtörténet legutolsó, mintegy fél milliárd évének legnagyobb tömeges kihalási eseményeit RAUP & SEPKOSKI (1982) az ősmaradvány anyag korszerű elemzésével mutatta ki. A kihalási ráta változásait ábrázoló diagramjukon öt fel-tűnő kihalási csúcs jelentkezik: az ordóvícium végén, a késő-devonban, a perm végén, a triász végén és a kréta végén. Az öt legnagyobb közt van a tehát a paleozoikum-mezozoikum és a mezozoikum-kainozoikum határa is. Ez jól mutatja, hogy az élővilág összetételének változásai ezeknél a fordulópontoknál olyan erőteljesek voltak, hogy azokat a rétegtan kialakulásának hajnalán is felismerhették a rétegsorok tagolásán fáradozó kutatók.

ALVAREZ et al. (1980) hatalmas figyelmet kiváltó tanul-

mánya a mezozoikum végi kihalást aszteroida-beccsapódásra vezette vissza. Mivel a későbbiekben is számos bizonyíték támasztotta alá ALVAREZ hipotézisét (SCHULTE et al. 2010), a kutatók jelentős csoportja azt feltételezte, hogy valamennyi nagy krízis égitest-beccsapódás hatására bekövetkezett, az élővilág számára kedvezőtlen környezeti változások sorozatára vezethető vissza (RAMPINO et al. 1997, RAUP 1992). A fanerozoikumban a legnagyobbnak tekinthető, a paleozoikumot lezáró krízis beható tanulmányozása azonban nem támasztotta alá ezt a feltételezést. A Manicouagan krátert létrehozó beccsapódást hozták összefüggésbe a határeseménnyel (OLSEN et al. 1987). A beccsapódás során képződött olvadékközetek U–Pb kormeghatározása azonban a határesemény idejénél 10 millió évvel idősebb kort adott (HODYCH & DUNNING 1992) és a beccsapódás jelzőjének tekintett irídiumkoncentráció is több nagyságrenddel kisebb volt a kréta-paleocén határnál észlelnél. Ugyanakkor egyre inkább alátámasztást nyert az az elképzelés, hogy a perm végi tömeges kihalást, az azzal egy időben hatalmas tömegű anyagot felszínre hozó szibériai platóbazalt-vulkanizmushoz lehetne kötni (RENNE & BASU 1991, SOBOLEV et al. 2011). Ezzel párhuzamosan merült fel az az elképzelés, hogy a triász-jura határon észlelt tömeges kihalást ugyancsak egy rendkívül kiterjedt magmáfeltörési eseménnyel, a Közép-Atlanti magmás provincia (KAMP) vulkanizmusával lehetne kapcsolatba hozni (MARZOLI et al. 1999, PÁLFY et al. 2000, HESSELBO et al. 2002). Az ezredforduló tájékán ezzel került a triász végi kihalási esemény is a kutatók érdeklődésének előterébe.

Szemle jellegű tanulmányunk célja kettős. Egyrészt a rendelkezésre álló bőséges irodalom alapján áttekintést kívánunk adni a triász időszakot lezáró globális környezeti krízissel és az ahhoz köthető tömeges kihalással kapcsolatos kutatások fontosabb eredményeiről és a határesemény értelmezésével kapcsolatos jelenlegi elképzelésekről. Másrészt be kívánjuk mutatni a hazai triász-jura határszelvények vizsgálatának eddigi eredményeit, hiszen olyan szelvényekkel is rendelkezünk, amelyek fontos információkkal szolgálhatnak a földtörténetben jelentős fordulatot hozó globális események megértéséhez, illetve azok regionális és lokális hatásainak értelmezéséhez.

A triász és a jura időszak határának kérdése

A határesemények áttekintése előtt nem kerülhető meg az a kérdés, hogy hogyan áll a határ megvonásának kérdése, mi a határmegvonás alapja, melyek a rétegtani határ korrelálásának problémái és az sem, hogy hogyan viszonyul a rétegtani határ a környezeti krízishez és az ahhoz köthető tömeges kihalási eseményhez. A mai kronosztratigráfiai rendszerben az egységek határának megvonása a globális sztratotípus szelvény és pont (GSSP) elvén alapul (REMANE 2003). Ennek lényege, hogy szóba jöhető szelvényekre vonatkozó kutatási adatok áttekintését követően az illetékes szakembereknek egy formalizált egyeztetési és szavazási eljárásrend keretében döntést kell hozniuk, hogy egy adott

egység alsó határát mely szelvény, mely pontjánál definiálják. Ide kerül az „aranyzó”, és ezután ez az etalon, a Földön valamennyi szelvény esetében a határt ehhez a ponthoz kell viszonyítani. A határsztratotípus kiválasztásának fontos alapelve a rétegsor folyamatossága, zavartalansága (tektonikai, szedimentológiai szempontból), a legkülönbözőbb rétegtani módszerekkel (biosztratigráfia, kemosztratigráfia, magnetosztratigráfia, szekvenciasztratigráfia, radiometrikus kormeghatározás stb.) történő korrelálhatósága, és a kutatók számára való hozzáférhetősége is. A szelvényen belül a pontot többnyire a kronosztratigráfiai egység legalsó szakaszát definiáló biozóna alsó határánál rögzítik. Ha a szelvény és a pont kiválasztása jól sikerül, akkor azzal a rétegtani határ egyértelműen megadható és ez reményt adhat a legkülönbözőbb környezetekben létrejött rétegsorok krono-korrelációjára. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a biosztratigráfiai alapú pontkijelölés miatt, éppen a nagy krízisek esetében a rétegtani határ nem feltétlenül pontosan egyidejű a határesemény(ek) időpontjával.

Évtizedes szakmai vitát és szavazások sorát követően, a jura alsó határának hivatalos, a Nemzetközi Rétegtani Bizottság által jóváhagyott definiálása 2009-ben megtörtént. A sztratotípust Ausztriában, az Északi-Mészkőalpok területén Kuhjochnál jelölték ki, az „aranyzóget” a *Psiloceras spelae tirolicum* első előfordulásának szintjéhez rögzítették (HILLEBRANDT et al. 2013). Sajnos a kijelölt szelvény aligha tekinthető optimálisnak. Bár a szükséges biosztratigráfiai és geokémiai vizsgálatokat elvégezték, de a szerkezetföldtani kutatás elmaradt. A közelmúltban elvégzett részletes szerkezetföldtani vizsgálatok arra az eredményre vezettek, hogy a kijelölt szelvény erősen tektonizált, és egyes, a határ szempontjából kritikus fontosságú részei, tektonikai okok miatt, hiányoznak (PALOTAI et al. 2017). Így tehát a szelvény nem tekinthető folyamatosnak és nem teljesen felel meg a sztratotípus szelvényekre vonatkozó szigorú kívánalmaknak. A sztratotípussal kapcsolatos problémák azonban nem akadályozzák számottevően a határesemény vizsgálatát, hiszen a rendelkezésre álló rétegtani eszközökkel a szelvények egymással való korrelációja kielégítően megoldható.

Változások az élővilágban

Jelenlegi ismereteink szerint a triász időszakot lezáró tömeges kihalás a fanerozoikum egyik legnagyobb kihalási rátájával jellemezhető eseménye volt (ALROY 2008, 2014). Az ökológiai szempontból kedvezőtlen hatások, mint a globális felmelegedés és az óceán savasodása (l. alább) elsősorban a tengeri ökoszisztémát sújthatták, továbbá az ősmaradványok megőrződésének feltételei is jellemzően a tengerekben kedvezőbbek. Az ősmaradvány-együttesek összetételében jelentkező változásokat globális (pl. a Paleobiology Database, KOCSIS et al. 2015) illetve taxonspecifikus adatsorok elemzésével tudjuk felmérni.

Kevésbé ismert az eseménynek a tápláléklánc alapját adó, az elsődleges produkciót végző szervezetekre gyakorolt hatása. Habár a triász vége előtt a mésvázú nanno-

plankton szervezetek diverzitása és gyakorisága viszonylag alacsony volt (BOWN et al. 2004), az eddigi kutatások lecsökkenő produktóról (CLÉMENCE et al. 2010) és lokálisan megfigyelhető kihalásokról (VAN DE SCHOOTBRUGGE et al. 2007) számoltak be. A planktonikus szervezetek közül egyedül a radiolariák rendelkeznek a globális elemzésekhez megfelelő mértékű diverzitással és megőrződési potenciállal. Ebben a csoportban jelentős mértékű kihalás igazolható. A csoportra jellemző kova vázanyag miatt a kihalást aligha okozhatta óceánsavasodás, sokkal valószínűbb az, hogy a tengervíz megemelkedett hőmérsékletének lehetett meghatározó szerepe (KOC SIS et al. 2014).

A nektonikus szervezetek közül a triász-jura határhoz kötődő kihalás során teljesen eltűnt a Conodont csoport, és jelentős taxonómiai átrendeződés zajlott le az ammoniteszeken belül is (GUEX et al. 2012). Habár a jelenlegi adatbázis-alapú tanulmányok fokozatos diverzitáscsökkenésről számolnak be mindkét csoport esetében (BRAYARD et al. 2009, ORCHARD 2010), az esemény értelmezése az előfordulás-alapú Paleobiology Database segítségével mindeddig nem történt meg, így feltehető, hogy a háttérhez képest megemelkedett kihalások (különösen az ammoniteszek esetében) a Signor-Lipps hatás miatt (SIGNOR & LIPPS 1982) nem mutathatók ki.

Mivel a mezozoikumi bentosz közösségek magasabb rendű taxonjai a modern ökoszisztémákban is jelentős számban vannak jelen, azok fiziológiájáról, élőhely-preferenciáiról, illetve ökológiai körülményeiről sokkal többet tudunk, mint a nektonikus élőlények paramétereiről. Ezeket a változókat felhasználva az előfordulási adatbázisok elemzésekor betekintést nyerhetünk a kihalási események mechanizmusába és feltárhatóvá válnak azok ok-okozati összefüggései. Bár egy klasszikus északi-mészalkai szelvényben óceánsavasodással összefüggésbe hozható változásokat figyeltek meg a kagylógyűteseken (MCROBERTS et al. 2012), a kihalási eseményt nem sikerült a váz anyagának megváltozásával magyarázni. Ezzel szemben a partközeli élőhelyű és a zátonyszervezetek körében észlelt kihalások emelkedése statisztikailag igazolható (KIESSLING et al. 2007). A triász-jura tömeges kihalási esemény feltehetően a földtörténet egyik legnagyobb zátonykrízisével esett egybe (KIESSLING & SIMPSON, 2011). Emelett tömegesen tűntek el különösen vastag mészvázat elválasztó (hiperkalcifikáló) fajok a Scleractinia, Bivalvia, Gastropoda csoportokban, míg egyes nem mészvázú formák számottevő veszteségek nélkül átvészelték a megváltozott környezeti állapotokat (pl. Lingulidae brachiopoda csoport). A korallokat érintő szignifikáns kihalást LATHUILIÈRE & MARCHAL (2009) független elemzése is alátámasztotta, ami a trópusi affinitással rendelkező csoportok szelektív eltűnése mellett (KIESSLING & ABERHAN, 2007) ugyancsak megerősíti a hőmérséklet változásának szerepét a kihalások magyarázatában.

A szárazföldi élővilágban is nyomon követhető a két időszak határán bekövetkezett környezetváltozás. A növényvilág reakciója mind palinológiai, mind paleobotanikai adatok segítségével kimutatható. Jelentős palinológiai változásokról számoltak be Marokkóból és Észak-Amerikából a Közép-Atlanti magmás provinciához (KAMP) köthető

rifitmedencék rétegsoraiban (CIRILLI 2010). Különös ismertetőjegye a határeseménynek a „triász-jura spóra csúcs” (FOWELL et al. 1994), amelynek jelenlétét később további szelvényekből is megerősítették. A spóra csúcs és a tengeri Prasinophyta algák gyakorisági csúcsának egybeesését érvként használták fel annak bizonyítására, hogy a szárazföldi és a tengeri ökoszisztémák zavara hasonló időpontban történhetett (GÖTZ et al. 2009). Ez a jelenség azonban pl. a St. Audrie's Bay szelvényben, ciklikusan visszatérően jelentkezik (BONIS et al. 2010a). CIRILLI (2010) összefoglaló munkájában emellett érvel, hogy a késő-triász során fokozatos változások játszódtak le, és klímavezérelt ciklikus vegetációváltozások jellemezték a triász-jura határintervallumot.

A paleobotanikai adatok nem jeleznek szignifikáns kihalást a határintervallumban, de számos területen (pl. Kelet-Grönlandon, HARRIS 1937) találtak lokális flóracicserélődésre utaló nyomokat. MCELWAIN et al. (1999) levélmaradványok ezreinek vizsgálata alapján érveltek az ökoszisztéma összeomlása mellett. A relatív gyakoriság-eloszlások megváltozása alapján valószínűsíthető a diverzitás csökkenése a triász-jura határon, amely egybeesik a sztómasűrűség alapján számolt légköri CO₂-koncentráció hirtelen növekedésével (MCELWAIN et al. 2007, 2009; STEINTHORTSDOTTIR et al. 2011), ami megerősíti a globális felmelegedés szerepét a kihalási eseménysorozatban. Ezzel szemben az európai kontinentális területekről származó palinológiai és paleobotanikai adatok nem utalnak az ökoszisztéma jelentős érintettségére (BARBACKA et al. 2017). Ennek alapján tehát megkérdőjelezhető a megfigyelt változások globális jellege.

A szárazföldi gerincesek jelentős faunaváltására utaló jelek is megfigyelhetők a jó rétegtani felbontású észak-amerikai rétegsorokban (OLSEN et al. 2002). Globális elemzések alapján feltételezhető, hogy a triász-jura határ fordulópont volt az őshüllők fejlődéstörténetében. A korábban nagyobb taxonómiai és morfológiai diverzitással rendelkező Crurotarsi csoport szerepét a dinoszauruszok vették át (BRUSATTE et al. 2008), a mezozoikum hátralevő részében uralva a szárazföldi ökoszisztémákat.

Változások az üledékképződésben

Számos tengeri rétegsor esetében észlelhető litológiai változás a triász-jura határ közelében, de vannak olyan folyamos rétegsorok is, ahol fokozatos, trendszerű változás észlelhető, vagy egyáltalán nincs lényegesebb változás. Részletes elemzést igényel az egyes rétegsorokban megfigyelhető litológiai változások jellegének kiderítése, tehát annak megállapítása, hogy a változások trendszerűek, ciklusosak, vagy egy-egy rövid idejű eseményhez köthetők. Az elemzések azt mutatják, hogy általában mindezek együtt vannak jelen. Nem egyszerű a szelvényekben megfigyelt jelenségek értelmezése, hiszen azok számos tényező együttes hatását tükrözik. Ezek közül a tengerszint és a klíma változásai tekinthetők meghatározónak. Mindezekre szuperponálódik az a hatás, amit a tömeges kihalásokhoz veze-

tő környezeti krízis idézett elő. Ami a klímát illeti, azt globálisan a melegházi (greenhouse) klímaállapot és a megamonsoon-rendszer hatása határozza meg. A nyugati Tethys és Peri-Tethys régióban a nori legvégén a klíma humidá vált, ami a legtöbb medencében a nagy mennyiségű terrigén anyag beszállítódásához vezetett. A tengerszintváltozás leglényegesebb eleme, hogy a késő-rhaeti alacsony tengerszintű szakasz után a jura korai szakaszát tengerszint-emelkedés jellemzi.

A medence rétegsorokat illetően a litológiai változások elsősorban a finom terrigén sziliciklasztos komponens (agyag, kőzetliszt) és a szervesanyag-tartalom változásaiban nyilvánulnak meg. A határintervallumban sok szelvényben megjelenő szerves anyagban gazdag agyagos-karbonátos kőzetfajtákra a vékony lemezes kőzetszerkezet jellemző. Mindez anoxikus lerakódási környezetet jelez. Nyugat-Európa, Észak- és Dél-Amerika területének kiterjedt self-medencéiben ismertek ilyen rétegsorok.

Az Anglia délnyugati és Wales déli részén húzódó, részletesen és sokoldalúan vizsgált, viszonylag sekély medencében, illetve annak rámpa jellegű peremén lerakódott rétegsorok határszelvényei fontos adatokat szolgáltatnak a határ intervallumban lezajlott üledékköltési változásokat és azok értelmezését illetően. HESSELBO et al. (2004) a határszelvények litológiai változásait elsősorban a tengerszintváltozásokra vezette vissza. A rhaeti késői szakaszában, relatív vízszintemelkedés következményeként nagy elterjedésű feketepala képződött, amire a tengerszint-emelkedés megállását követően felfelé durvuló, partközeli üledéksor következik. A határ az ezt követő vízszintemelkedés során lerakódott sziliciklasztos-karbonátos rétegcsoporton belül vonható meg, amire a hettangi legalsó részét képviselő karbonátrámpa üledékei következnek.

A vastag karbonátplatform-rétegsorok folyamatos és jelentős aljzatsüllyedést jeleznek. Az egészséges platformok üledékképződése az első-, másod- és harmadrendű tengerszint változásokkal lépést tud tartani (SCHLAGER 1981, GOLDHAMMER et al. 1993). A megfulladt karbonátplatformok fölött lerakódott hemipelágikus, majd pelágikus rétegsorokban az átöröklött (pl. Adnet), vagy lokális szerkezetalakulás hatására kialakult aljzati tagolódás hosszú időn keresztül, akár a jura végéig megőrződött és alapvetően befolyásolta az üledékképződés jellegét (VÖRÖS & GALÁ CZ 1998). A áramlatok által söpört tenger alatti magaslatokon vékonyabb, kondenzált és hézagos rétegsorok, míg a hátságok közötti medencékben vastagabb és folyamatosabb pelágikus összletek rakódtak le (GALÁ CZ & VÖRÖS 1972, BERNOULLI & JENKYNYS 1974). A hátságok peremét áthalmazott biodetrituszos mészkövek, szinszediment breccsák és üledékes telérek megjelenése jellemzi (GALÁ CZ 1988, VÖRÖS 1991).

Az alpi térségben a késő-triász-kora-jura szedimentáció jellegét egyrészt a Neotethys perem extenziója és a későbbi Alpi Tethys riftesedése során létrejövő extenziós medencék kialakulása, másrészt a klimatikus viszonyok és a tengerszintváltozások határozták meg. Az extenzióval és blokk-tektonikával jellemezhető kora- és középső-liászban (pl. BERNOULLI & JENKYNYS 1974) azonban a megfulladás

időpontjai az egyes platformszegmensekben nem estek egybe az extenziós tektonikai aktivitás intenzitásának lokális csúcspontjaival (BERTOTTI et al. 1993). A riftesedésnek, illetve az ehhez kapcsolható szerkezetalakulásnak tehát meghatározó szerepe lehetett abban, hogy a megfulladás a platform mely részeit érintette, annak idejét azonban más tényezők (pl. tengerszintváltozás, a víz átvilágított-ságának változása, karbonátermelő szervezetek) is lényegesen befolyásolhatták (PICOTTI & COBIANCHI 1996).

Az Alpi Tethys riftesedésének megindulásához köthetően a nori középső részén az Északi-Mészkőalpok nagy kiterjedésű Dachsteini platformjának belső része medencévé vált (Seefeld F., "Plattenkalk"), amelyben azt követően agyagos-karbonátos rétegsorok rakódtak le (Kösseni Formáció). A késő-rhaetiben azonban a Kösseni-medence jelentős részein ismét karbonátplatformok alakultak ki, míg egyes gyorsabban süllyedő medencerészekben a Kösseni Formáció képződése a rhaeti legkésőbbi szakaszáig folytatódott (GAWLICK et al. 1999). A platformok megfulladása a rhaeti végén következett be (GAWLICK et al. 1999). A medence területeken a Kösseni Formációra éles határral szürke, tűzköves mészkő és márga váltakozásából álló rétegcsoport következik (a Kendelbach Formáció Tiefengraben Tagozata). Ezen belül jelölték ki a triász-jura határt a Kuchjoch sztratotípus szelvényében. A Kendelbachi Formációt a sinemuri Adnétai Mészkő fedő (GAWLICK et al. 2009, HILLEBRANDT et al. 2013).

Az Északi-Mészkőalpok területének jelentős részét a késő-rhaetiben ismét karbonátplatformok foglalták el. A megfulladást követően a zátonyokkal szegélyezett platformok előtéri lejtőjére késő-hettangi, az Adnétai Formáció csoportba tartozó vörös gumós, hemipelágikus mészkő, míg a platformok tetején a Dachsteini Mészkő zátonyképződményeire üledékhézaggal crinoideás mészkő ("Hierlatzbasiskalk") települt (BÖHM et al. 1999, BÖHM 2003). BÖHM et al. (1999) értelmezése szerint a megfulladást a rhaeti legvégén feltehetően szárazra kerüléshez köthető erózió előzhette meg, és ezt követte a triász-jura határkrízissel egy időben indult vízszintemelkedés, amellyel a lecsökkenő karbonátprodukciónak nem tudott lépést tartani.

A Déli-Alpok nyugati részén (Lombardia) a noriban kialakult, gyorsan süllyedő medencékben a rhaetiben humidá váló klímán szerves anyagban gazdag, agyagos kőzetek (Riva di Solto Formáció), majd a késő-rhaetiben márga és *Megalodon*-féle kagylókat tartalmazó, sekélytengeri mészkő ciklusos váltakozásából felépülő rétegsorok (Zu Formáció) képződtek. A határ az erre következő, sötétszürke, vékonyréteges, márgával közberétegzett mészkő (Malanotte Formáció) bázisánál vonható meg (GALLI et al. 2007). Erre sekélytengeri, alsó részén ooidos, grainstone szövetű platformkarbonát-egység (Conchodon Dolomit Formáció) progradál.

A Lombard-medencétől keletre elhelyezkedő Velencei-karbonátplatformon a kora-jurában számottevően megváltozott a karbonátüledéket létrehozó ökológiai rendszer összetétele, de a platform megfulladása csak az aaleni elején következett be (COBIANCHI & PICOTTI 2001). Az ettől nem messze található Trento-platform nyugati peremének kora-sinemuri

megfulladását egy közeli vetőzóna aktivitásának tulajdonítják. A platform többi része szigetplatformként élt tovább (PICOTTI & COBIANCHI 1996, COBIANCHI & PICOTTI 2001). A késő-pliensebachiban a szerkezeti mozgások hatására a platform kibillent (ZEMPOLICH 1993) és tengerszintcsökkenést követően rámpává alakult (COBIANCHI & PICOTTI 2001). Végül megfulladása csak a bajociban következett be (ZEMPOLICH 1993, COBIANCHI & PICOTTI 2001). A Trento-platformtól a Belluno-árok elválasztott Friuli-platform a krétáig, sőt a kapcsolódó Adriai–Dinári-platform egészen a paleogénig fennmaradt (BOSELLINI et al. 1981, ČADJENOVIC et al. 2008).

Hasonló megfulladásos, üledékhézag határ ismert a Dunántúli-középhegységben is, a Gerecse körzetében. A Dunántúli-középhegység délnyugati részén azonban a triászban indult platformépülés a jurában is folytatódott. A riftesedést okozó extenzió, a tengerszintváltozások, a szén- és a foszforciklusban, illetve a Pangea feldarabolódása következtében megváltozó áramlási rendszerekben bekövetkező óceanológiai változások, klimatikus és ökológiai események, kihalások valószínűleg együtt, egymással kölcsönhatásban okozhatták a platformok megfulladását (BICE & STEWART 1990, ZEMPOLICH 1993, COBIANCHI & PICOTTI 2001, BERNOULLI 2001).

Kemosztratigráfia a triász-jura határ környékén

Egyes tömeges kihalási események és szénizotóp-anomáliák időbeli egybeesését már az 1980-as években kimutatták, elsőként a kréta végi, majd a perm végi események kapcsán (HOLSER et al. 1996). A visszatérően jelentkező kapcsolat azt sejteti, hogy mindkét jelenség háttérben közös kiváltó okok, az élővilágot és a szénkörforgást átrendező gyors és nagyléptékű környezetváltozások állhatnak. A triász-jura határról a 2000-es évek elején sikerült csak meggyőzően igazolni a triász végi kihalással egyidős negatív szénizotóp-anomáliát: az áttörést hozó szelvények között a kanadai Queen Charlotte-szigetek (WARD et al. 2001) és angliai St Audrie's-öböl (HESSELBO et al. 2002) mellett a csővári Vár-hegy szelvénye is fontos adatokkal szolgált (PÁLFY et al. 2001). Mindhárom szelvényben jelentkezik — közvetlenül a triász-jura határ alatt — egy éles és rövid negatív szénizotóp-anomália, amit az angliai szelvényben egy, fő szénizotóp-anomáliának nevezett, elnyújtott kilengés követ az alsó-hettangiban. Az elmúlt 15 évben több tucat szelvényt vizsgáltak világszerte, melyek alapján mára a triász-jura határ körüli szénizotóp-anomáliák léte igazoltnak tekinthető, de a képet helyi és regionális eltérések és az elsőként leírt egyszerű mintázatnál összetettebb lefutású görbék bonyolítják. Az ellentmondások feloldása fontos célkitűzés, hiszen a szénizotóp-anomáliák a rétegtani korreláció fontos eszközévé váltak (LINDSTRÖM et al. 2017). Tisztázásra vár többek között az egyes rhaeti szelvényekben felismert „előfutár” anomália (RUHL & KÜRSCHNER 2011) reprodukálhatósága, a hettangi különböző szintjeiben helyenként kimutatott markáns pozitív anomáliák mibenléte

(WILLIFORD et al. 2007, VAN DE SCHOOTBRUGGE et al. 2008), illetve az egyes szerzők által a hosszan tartó perturbáció jelének tartott, a fő anomáliák között látszólag megjelenő kisebb anomáliák valódisága (BARTOLINI et al. 2012, LINDSTRÖM et al. 2017).

A csővári Vár-hegy szelvényének jelentősége nem csak abban áll, hogy az elsők közé tartozott a triász végi szénizotóp-anomália kimutatásában, hanem az első olyan adatsort is szolgáltatott, amely a karbonátban ($^{13}\text{C}_{\text{karb}}$) és a szerves anyagban ($^{13}\text{C}_{\text{org}}$) egyaránt, párhuzamosan jelezte a $-3,5\%$, illetve -2% , mértékű eltolódást a biosztratigráfiai korlátokkal azonosított határintervallum mintegy 2 m vastag szakaszán (PÁLFY et al. 2001). A karbonátot ért mérsékelt diagenetikus felülírás okozta zaj ellenére a két görbe nagyfokú hasonlósága megerősíti az anomália elsődleges jelként való értelmezését. Ezt támogatja az is, hogy a $^{13}\text{C}_{\text{org}}$ nem korrelál sem a teljes szervesanyag-tartalom, sem a hidrogénindex változásaival. A nagy negatív kilengés a kezdeti szénizotóp-anomáliával, egy kisebb negatív anomália a rhaetiben pedig az „előfutár” anomáliával párhuzamosítható. A fő negatív anomáliának megfeleltethető eltolódást ezzel szemben a későbbi, a vizsgált szelvény szakaszt fölfelé további 20 m-rel, a középső-hettangiig bővítő kutatás sem talált, viszont a markáns kezdeti anomália megnövelt felbontású vizsgálatával rövidtávú oszcillációk sorozatát tárta fel (PÁLFY et al. 2007a). A Vár-heggyel átellenben a pokol-völgyi kőfejtő 16 m vastag felső rhaeti rétegsorát KORTE & KOZUR (2011) vizsgálták, és bár egy enyhe, 1% körüli negatív eltolódást és az azt lépcsőzetesen követő $\sim 2\%$ -es pozitív eltolódást regisztráltak, ezek megfeleltethetősége a vár-hegyi szelvényvel nem egyértelmű. A szénizotóp-adatokon kívül a pokol-völgyi kőfejtő rhaeti conodontáin mért ^{87}Sr – ^{86}Sr adatok hozzájárultak a Sr-izotópsztratigráfia referenciagörbéje triász végi szakaszának kalibrálásához (KORTE 1999, KORTE et al. 2003).

Összességében, egyrészt a triász-jura átmenet szénizotóp-anomáliái fontos szerepet játszanak a rétegtani korrelációban, aminek jelentőségét tovább növeli a közelmúltban az ausztriai Kuhjoch szelvényében kijelölt GSSP (HILLEBRANDT et al. 2013) részletesen tanulmányozott szénizotóp-sztratigráfiája (RUHL et al. 2009). Másrészt az üledékes rétegsorokban megőrződött szénizotóp-összetételbeli változások a szénkörforgás zavarait jelzik, a légkör, az óceán, a bioszféra és a litoszféra szorosan összekapcsolt alrendszerének az egyensúlyi állapotból való kizökkenése révén. Ezek összefüggéseinek feltárása intenzíven folyik, a triász-jura határ körüli események láncolatának jobb megértése reményében. További magyarországi triász-jura határszelvények kemosztratigráfiai vizsgálata is folyamatban van (KOVÁCS 2016).

A triász végi kihalás és a környezeti változások lehetséges okai

A triász végi, a fanerozoikum „öt nagy” tömeges kihalása között a folyamatait és okait tekintve sokáig a kevésbé

feltártak közé tartozott, amiben az időről időre megjelent áttekintő tanulmányok is egyetértettek (pl. HALLAM 1990, 2002, TANNER et al. 2004). A részben magyar kezdeményezésre és vezetéssel 2001–2005 között zajlott IGCP 458 projekt során (HESSELBO et al. 2007) és az azóta eltelt időben azonban mind több kérdésre formálódik válasz, ha nem is érve még el a kutatói közösség teljes konszenzusát (PÁLFY & KOCSIS 2014).

A triász-jura határ tengeri rétegsorait számos helyen szakítja meg üledékhézag, ami miatt korán felmerült a kihalások oknyomozásában egykor leggyakrabban hangoztatott érv, a hirtelen tengerszintváltozások, azaz gyors egymásutánban zajló regresszió–transzgresszió páros lehetősége (HALLAM & WIGNALL 1999), ahol az utóbbi hozzájárulhatott a tengerfenéki anoxikus vízréteg kialakulásához is (WIGNALL & BOND 2008). Bár a hettangiban az epikontinentális tengerekben sokfelé rakódtak le anoxikus aljzatra utaló üledékek (VAN DE SCHOOTBRUGGE et al. 2013), sőt biomarkerek a fotikus zónát is elérő anoxiára is utalnak (RICHOSZ et al. 2012), közvetlenül a triász-jura határ közelében csak helyi jelentőséggel és korlátozott elterjedésben ismertek szerves anyagban gazdag üledékes képződmények (BONIS et al. 2010b). Ennél meggyőzőbbek a számos tanulmány által szolgáltatott bizonyítékok a határ körüli gyors klímaváltozásra. Lehűlést a légkörbe kerülő SO_2 -ből képződő szulfátaeroszolok indíthatnak el, amire geokémiai (VAN DE SCHOOTBRUGGE et al. 2009) és paleobotanikai adatok is utalnak (BACON et al. 2013). Még nagyobb jelentősége van a gyors és nagymértékű CO_2 -növekedés vezérelte felmelegedésnek (MCELWAIN et al. 1999, SCHALLER et al. 2011). A légkörből a tengerbe oldódó CO_2 óceánsavasodáshoz vezetett, ami krízist okozott a mézsvázú szervezetek sorában és a karbonátképződésben (HAUTMANN 2004), melyet egyre több bizonyíték támaszt alá (GREENE et al. 2012). HUYNH & POULSEN kísérletei azt mutatták, hogy a légköri CO_2 négyszeres növekedése gyakori száraz, meleg napokhoz, intenzív hőingadozáshoz, továbbá az óceánokban vízrétegződés kialakulásához vezet (HUYNH & POULSEN 2005), ily módon mind a szárazföldi, mind a tengeri élővilágra hatással van.

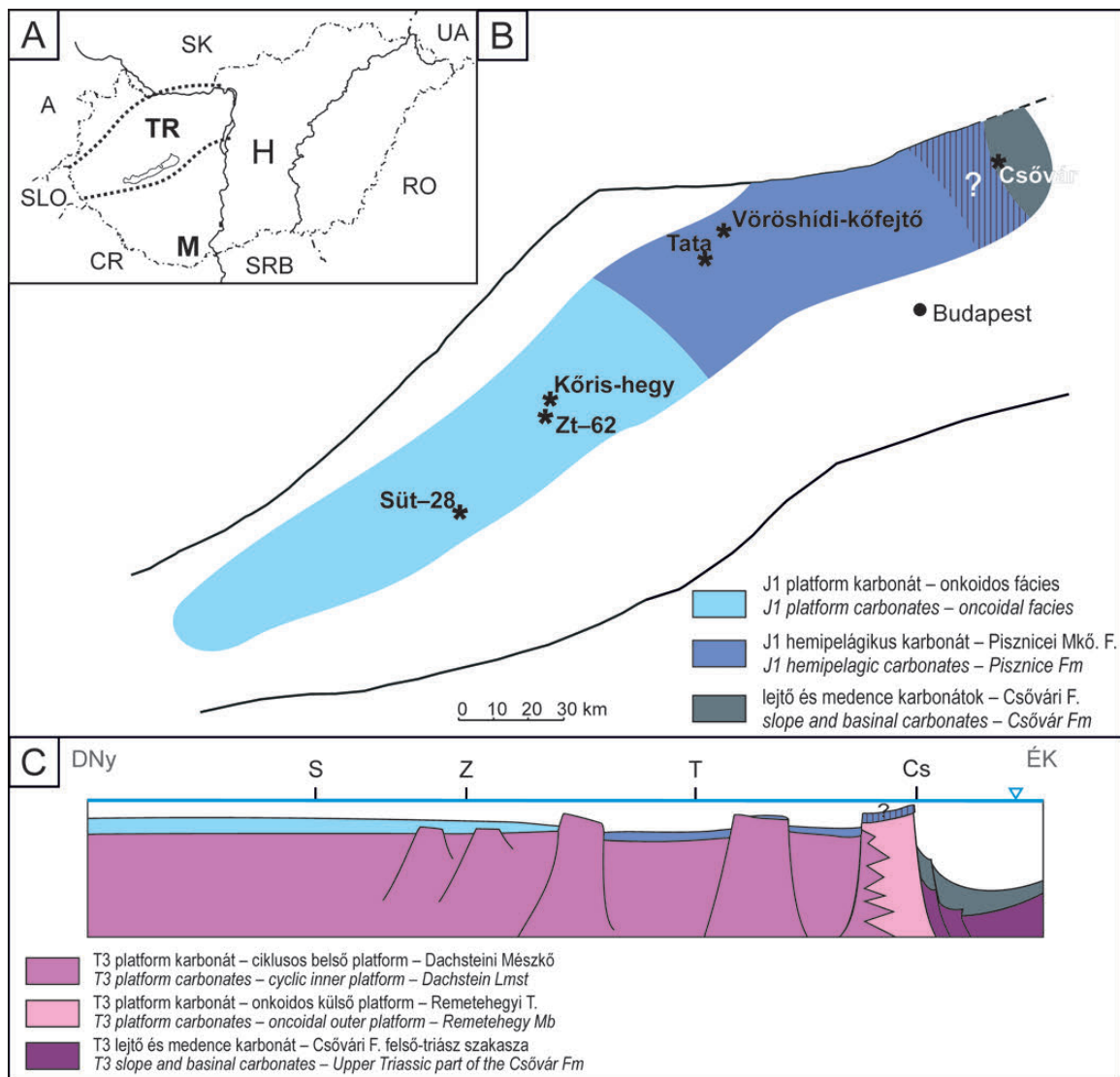
Míg az itt felsorolt környezetváltozásokat a triász végi kihalás közvetlen kiváltó okainak tekintik és szerepükről, egyenként vagy különböző kombinációkban, élénk vita folyik, az ezekhez vezető távolabbi okok tisztázására is sok kutatás irányult. A kréta végi kihalást égitest-becsapódással magyarázó Alvarez-hipotézis sikerén felbuzdulva a triász végi kihaláshoz is keresték és megtalálni vélték az impaktra utaló bizonyítékokat (OLSEN et al. 2002). Az irídiumanomália nagysága azonban nem meggyőző, a Newark-medencén kívül megbízhatóan reprodukálni pedig nem sikerült, mindössze egy szintén szerény dúsulást jelentettek Japán egy mélytengeri rétegsorából (HORI et al. 2007). Annál inkább sikeresnek bizonyult az a kutatási vonal, ami nagy magmás provincia vulkáni tevékenységét jelöli meg a környezetváltozások láncolatát kiváltó oknak. MARZOLI et al. (1999) kormeghatározásai mutattak rá a Közép-Atlanti magmás provincia (KAMP) hatalmas kiterjedésére, ami a tengeri rétegsorokban definiált triász-jura határ korával jó

egyezést mutatott (PÁLFY et al. 2000). A mind pontosabbá váló U–Pb kormeghatározások megerősítették a tengeri kihalás (SCHOENE et al. 2010) és a vulkanizmus (BLACKBURN et al. 2013) időbeli egyezését. A vulkáni kigázosodás mértékét újszerű geokémiai vizsgálatok is alátámasztják (CALLEGARO et al. 2014), valamint a légköri szén-dioxid szintjének megugrását is mind megbízhatóbban ismerjük (STEINTHORSDOTTIR et al. 2011). A vulkanizmus klímára gyakorolt hatása azért lehetett jelentős, mert egyrészt hirtelen indult meg, másrészt egyenlítő-közeli pozíciója a felszínre került hatalmas mennyiségű bazalt gyors mállását eredményezte (COHEN & COE 2007). Az éghajlatmódosító gázok nem csak közvetlenül eredtek a KAMP kigázosodásából és a felszínre került kőzetek mállásából. Emellett a tengeraljzati üledékben csapdázódott metán-hidrátoknak a fokozatos felmelegedéstől beinduló disszociációjából (BEERLING & BERNER 2002), illetve a szervesanyag-tartalmú üledékes kőzetekbe nyomuló szubvulkáni intrúziók révén képződő termogén metánból (DAVIES et al. 2017), illetve ezek légköri oxidációjakor keletkező szén-dioxidból vezethető le a szuperüvegház-felmelegedés szcenáriója. Ennek legmarkánsabb geokémiai bizonyítékai a negatív szénizotóp-anomáliák. A KAMP és a kihalás egyidejűségét pedig az Északi-Mészkőalpok egy tengeri rétegsorában közvetlenül, vulkáni eredetű agyagásványok, és vulkáni porból hullott szferulák és mafikus ásványok segítségével is lehetett igazolni (PÁLFY & ZAJZON 2012).

A triász végi kihalás és környezetváltozás jelenség-együttese tehát jól értelmezhető a KAMP vulkanizmusa által kiváltott globális légköri, óceáni és élővilágbeli változások láncolataként. Ezzel beleillik a nagy magmás provinciákhoz kapcsolódó, vulkanizmus által kiváltott környezeti krízisek és tömeges kihalások sorozatába. A magmatizmus és a kihalás közötti ok-okozati kapcsolat, melyet először az időbeli egybeesésük alapján valószínűsítettek (COURTILLOT & RENNE 2003), egyre több esettanulmány alapján olyan általános érvényű modellnek bizonyult (WIGNALL 2001), melyet sokrétű kutatások mind jobban megerősítettek (BOND & GRASBY 2017). A hazai vizsgálatok rámutattak, hogy a globális változások nyomait a magyarországi rétegsorok is magukban hordozzák.

Magyarországi határszelvények

Magyarország területén is találhatók olyan rétegsorok, amelyek magukban foglalják a triász-jura határintervallumot (1. ábra, A). Ezek közül a Dunántúli-középhegységi szerkezeti egység ÉK-i részén, a Csővár melletti Vár-hegyen feltárt szelvény nemzetközileg is jelentős, különböző szempontok szerint, számos módszer alkalmazásával részletesen vizsgált és az eredményekről jelentős számú publikáció született. A Dunántúli-középhegységi-egység azért is kiemelkedő jelentőségű a triász-jura határ tekintetében, mert az egységen belül a határ merőben különböző öskörnyezeti tartományokat képviselő rétegsorokban ismert. Míg a csővári szelvény platform előtéri lejtő és medence környezetet, a



1. ábra. A) A cikkben említett magyarországi triász-jura határszelvények földrajzi helyzete. TR = Dunántúli-középhegység, M = Mecsek. B) A Dunántúli-középhegység késő-hettangi környezeti egységeit bemutató ösföldrajzi vázlat, a legfontosabb határszelvények helyzetének feltűntetésével. C) A legfelső triász és legalsó jura formációkat és a késő-hettangi üledékképződési környezeteket bemutató elvi szelvény. S = Süt-28 fúrás, Z = Zt-62 fúrás, T = Tata, Cs = Csővár

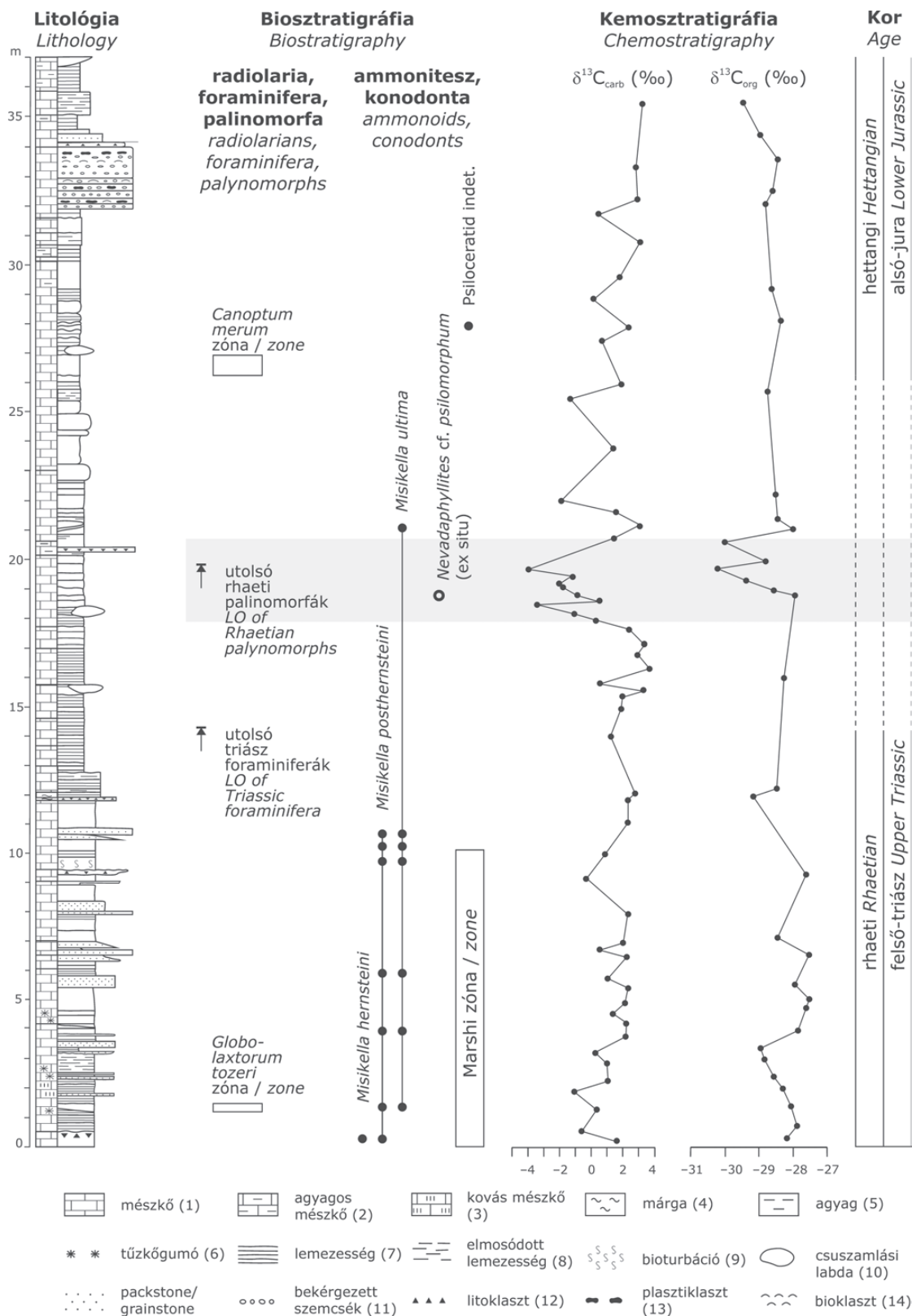
Figure 1. A) Geographic position of the Hungarian Triassic-Jurassic boundary sections referred to in the present paper. TR = Transdanubian Range, M = Mecsek Mountains, B) Palaeogeographic reconstruction showing the Late Hettangian environmental units within the Transdanubian Range Unit and the position of the most important boundary sections. C) Conceptual cross-section displaying the uppermost Triassic and the lowermost Jurassic formations and the Late Hettangian depositional environments. S = Süt-28 borehole, Z = Zt-62 borehole, T = Tata, Cs = Csővár

Gerecse szelvényei a triász Dachsteini platform tektonikusan tagolódó, majd megfulladó külső részét, a bakonyi határszelvények pedig a platform belsejének a jura korai szakaszában is platformként továbbélő részét reprezentálják (1. ábra, B, C). A triász időszak végén a Dunántúli-középhegységi-egység a Neotethys-óceán peremén létrejött széles karbonát-platfornon helyezkedett el. A Tiszai-egység Mecseki-zónája az addigra erősen lepusztult variszkuszi hegységvonulatok déli előterében helyezkedett el, ahol egy gyorsan süllyedő medencében, a késő-triászban, majd a kora-jura kezdetén folyóvízi, delta, majd tengerparti lápi környezetben kőszénrétegekkel tagolt sziliciklasztos üledékek rakódtak le. A Mecsekben tehát a triász-jura határán lezajlott környezeti krízis szárazföldi-tengerparti környezetben megőrződött nyomait

lehet fellelni. E rétegsorok felszíni előfordulásai sajnos ma már csak korlátozottan hozzáférhetők, de a közelmúltban a határintervallum tanulmányozása céljából két komlói kőszénkutató fúrás (K-137 és K-176) rétegsorának részletes vizsgálatára nyílt lehetőség (RUCKWIED et al. 2008). Az eddigi vizsgálatok szerint a mikroflóraegyüttesben, akárcsak a makroflórában, nem volt egyértelműen kimutatható tömeges kihalás (RUCKWIED et al. 2008, BARBACKA et al. 2017).

Csővár

A csővári Vár-hegy déli lejtője ma már a triász-jura határ nemzetközileg is számon tartott szelvénye (2. ábra). A



2. ábra A csővári Vár-hegy triász-jura határszelvényének rétegsora és a fontosabb korjelző ősmaradványok elterjedésére alapozott bio- és kronosztratigráfiai besorolása, a szénizotóp görbe feltüntetésével. A triász-jura határintervallumban a markáns negatív szénizotóp-anomália szintjét szürke sáv jelöli (PÁLFY et al. 2001, 2007 és GÖRTZ et al. 2009 nyomán).

Figure 2. Integrated bio-, chrono- and carbon isotope chemostratigraphy of the Triassic-Jurassic boundary section of the Vár-hegy (Castle Hill) at Csővár. The grey band marks the pronounced negative carbon isotope anomaly in the Triassic-Jurassic boundary interval (after PÁLFY et al. 2001, 2007 and GÖRTZ et al. 2009).

Legend: 1 - limestone, 2 - argillaceous limestone, 3 - siliceous limestone, 4 - marl, 5 - clay, 6 - chert nodules, 7 - lamination, 8 - obscured lamination, 9 - ioturbation, 10 - slump ball, 11: coated grains, 12 - lithoclasts, 13 - plasticlasts, 14 - bioclasts

Pokol-völgy talpától a várromig természetes kibukkanásokban és az azokat összekötő mesterséges árkolásban a legfelső triász–alsó-jura rétegsor többé-kevésbé folyamatosan vizsgálható. A feltárások a Csővári Mészkkő Formáció felső szakaszát képviselik, amelyet korábban triász korúnak tartottak (VADÁSZ 1910, DETRE 1981, BALOGH 1981). A formáció magasabb részének kora-jura voltát először KOZUR (1993) mutatta ki radiolariák alapján.

A Csővári Mészkkő Formációnak a határintervallumot magában foglaló felsőbb része proximális és disztális lejtőlábi, illetve medenceüledékként rakódott le (HAAS et al. 1997). A gyakori üledéksuszamlásos szerkezetek a lejtő menti üledékmozgás bizonyítékai. A proximális turbiditnek értelmezett rétegek közege alsó része uralkodóan crinoidea váztöredékből álló gradált kalkarenitből épül fel, ami fölfelé kalkarenitbe és kalcilutitba megy át. A lemezes szerkezetet mutató disztális turbiditciklusok kalkaleurit- és kalcilutitlemezek váltakozásából állnak. A turbidites rétegek karbonátszemcséket és mészszipot tartalmazó zagyárból, intraplatform medencében ülepedhettek le (HAAS & TARDY-FILÁCSZ 2004). A turbiditek között radiolariás és szivacsstűs, medence fáciesű rétegek találhatók. A méteres nagyságrendű ciklicitást mutató fáciesváltozások orbitális meghatározottságú, valószínűleg excentricitási ciklusokhoz köthető, euszatikus vízszintingadozásokat jeleznek (HAAS et al. 2010).

A Vár-hegy déli oldalában szelvény szerinti mikro- és makrofauna-gyűjtés és integrált sztratigráfiai vizsgálatok történtek (PÁLFY et al. 2001, 2007a). A szórányosan előforduló ammoniteszek közül a *Nevadaphyllites*, *Psiloceras* és *Waehneroceras* szukcessziója jelzi a hettangi emelet alsó két standard zónáját, a Planorbis és Liasicus zónákat. A radiolaria-fauna újrávizsgálatát DOSZTÁLY L., majd OZSVÁRT P. végezte, kimutatva a legelső hettangi *Canoptum merum* zónát. KOZUR & MOCK (1991) *Neohindeodella detrei* néven új, legidősebb jura korúnak tartott conodonta fajt írt le a formáció *Choristoceras* fajjal igazolt felső-triász és a fent említett radiolariákkal datált alsó-jura közötti átmeneti részéből. A triász-jura határ helyzetét alulról a *Misikella* conodonta nemzetség fajainak (*hersteini*, *posthersteini*, *ultima*) egymás utáni eltűnésével jellemezhetjük (PÁLFY et al. 2007a). A határ megvonásában segítséget nyújt a triászra jellemző *Aulotortus* foraminiferafajok és *Rhaetipollis germanicus*, ill. *Riccisporites tuberculatus* pollenfajok kimaradása, majd a jurára utaló *Involutina liassica* foraminifera fellépése (GÖRÖG in PÁLFY et al. 2007a, GÖTZ et al. 2009).

A *Choristoceras* és *Misikella* tartalmú, legfelső-triász (felső-rhaeti) rétegek és a legmélyebb helyzetű hettangi radiolariák között mintegy 5 m, folyamatosnak látszó lejtőlábi és medence fáciesű rétegsor települ, amelyből diagnosztikus ősmaradvány nem került elő. Közvetlenül e szint alatt, karbonátban és szerves anyagban is mért markáns negatív ¹³C csúcs jelentkezik, amely megbízható kemosztratigráfiai korrelációt tesz lehetővé a közvetlenül a rhaeti-hettangi határ alatt világszerte kimutatott és a triász-jura határ ismérveként tekintett szénizotóp-anomáliával. A triász végi eseménnyel való korrelációt a sporomorpha vizs-

gálatok által jelzett, egyidejű spóra és Prasinophyta alga felszaporodás is megerősíti (GÖTZ et al. 2009).

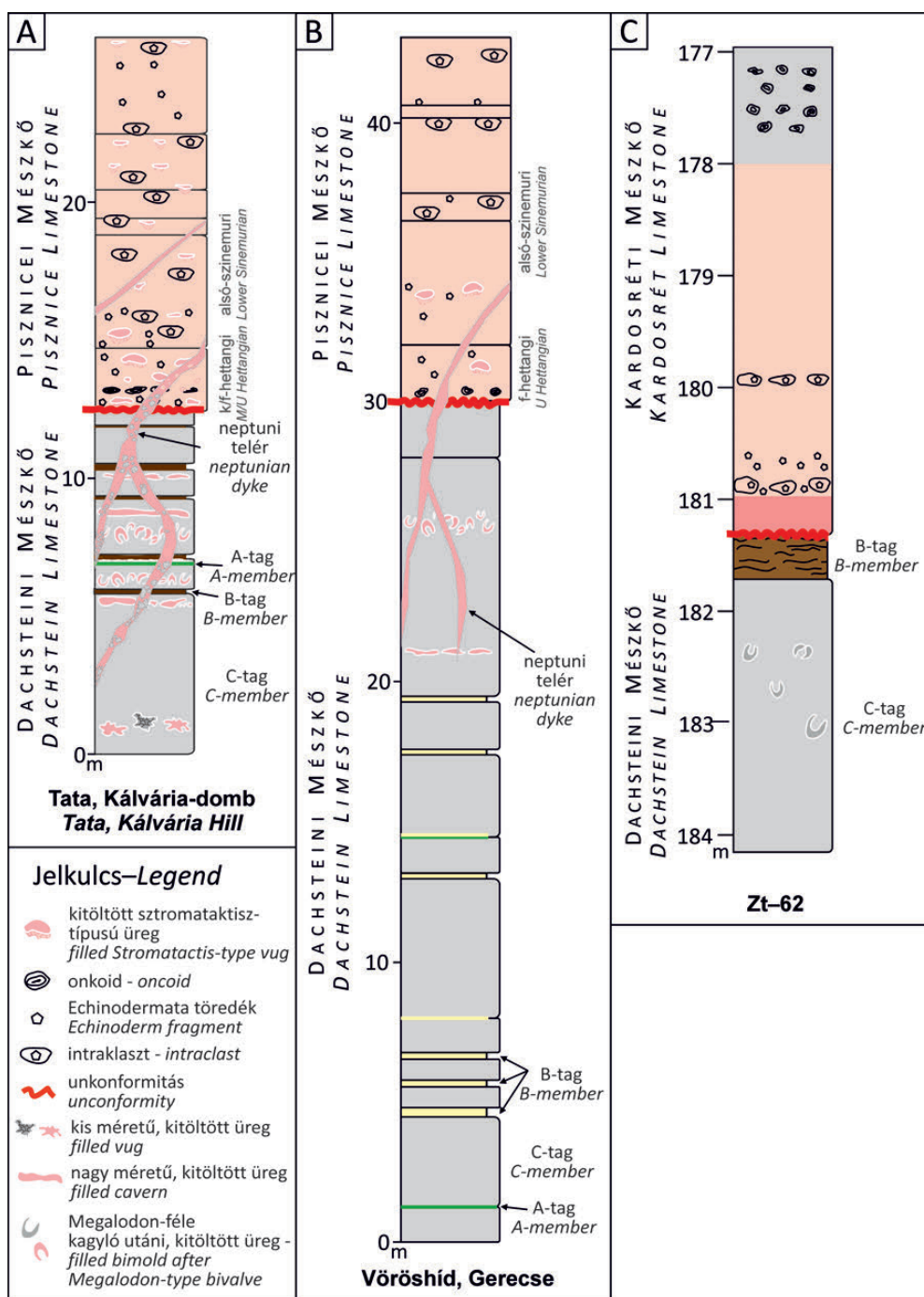
A csővári szelvény olyan szempontból is kiemelkedő jelentőségű, hogy ősföldrajzi helyzete miatt (platformelőtéri lejtő és hemipelágikus medence) lehetőséget kínál a sekélytengeri és a pelágikus fossziliák együttes megjelenésére, és ezáltal biosztratigráfiai korrelációjukra, ami más módszerekkel szinte megoldhatatlan problémát jelent. Ezen túlmenően a palinológiai vizsgálatok lehetőséget teremtettek a szárazföldi és a tengeri fossziliákon alapuló biosztratigráfia-beosztások közvetlen összevetésére is. A viszonylag közletről származtatható sporomorphák és szárazföldről származó fitoklasztkok kimutatása a határintervallumban a platform egyes, kiemeltebb helyzetű részeinek szárazra kerülését is bizonyítja (HAAS et al. 2010).

Tata, Gerecse

A Gerecse hegység területén, a Vöröshídi-kőfejtőben, valamint a tatai Kálvária-dombon táruul fel laterálisan is nyomozható kiterjedésben a triász és a jura képződmények részletesen vizsgált határa. Mindkét szelvényben a platform környezetben képződött Dachsteini Mészkkőre éles határral hemipelágikus Pisznicei Mészkkő települ (FÜLÖP 1975, MINDSZENTY 1992, HAAS 1995), azaz megfulladási rétegsort látunk. Tatán a jura rétegsor (3. ábra, A) néhány deciméter vastagságú, halvány rózsaszín, crinoideás wackestone szövettű mészkkőpaddal kezdődik, amire centiméteres onkoidszemcséket, mikrobás kéreggel bevont brachiopodákat és ammoniteszeket is tartalmazó pad következik (MINDSZENTY 1992, HAAS 1995). Ammoniteszek alapján a legelső rétegek kora középső–késő-hettangi (PÁLFY et al. 2007b), a jura rétegsor tehát jelentős, több millió éves üledékhézaggal települ a felső-triász, rhaeti korú mészkkő erodált felszínére. A hátságperemi és medence környezetben lerakódó folyamatos jura előfordulások néhány millió éves hézagaival szemben a Gerecse nyugati részének hátsági, hézagos rétegsoraiban esetenként a malm rétegek települnek közvetlenül a triászra (VIGH 1935).

A triász összlet legfelső és a jura rétegsor legelső része számos oldódási, repedésképződési és cementációs esemény nyomait őrzi (3. ábra A, és 4. ábra, A, B). A kálvária-dombi felső-triász mészkkőben megjelenő kisebb pórusok és üregek ciklikus szárazra kerülés során képződtek, a részletes petrográfiai, ásványtani és geokémiai vizsgálatok tanúsága szerint (MINDSZENTY 1992, GYÓRI 2014). A tengerszintesést követően, a tengeri ősmaradványok (*Megalodon*-féle kagylók és foraminiférák) aragonitváza a felszín közelében kioldódott, biomold üregeket hagyva hátra. Az alacsony tengerszintű periódusokban az üledék felszínét peritidális környezetben mikrobás szövetek borította be, melynek felszínközeli diagenezise során fenesztrális pórusok jöttek létre. A ciklusokat elválasztó diszkonformitási felszínhez köthető meteorikus lencsében kisebb, szabálytalan alakú üregek alakultak ki.

A jura bázisrétege Tatán nagyon kis szögben (1–2°) met-



3. ábra A) A triász-jura határt magában foglaló rétegsor a tatai Kálvária-dombon. B) A triász-jura határt magában foglaló rétegsor a Vöröshídi-kőfejtőben, C) A triász-jura határt magában foglaló rétegsor a Zirc Zt-62 számú fúrásban

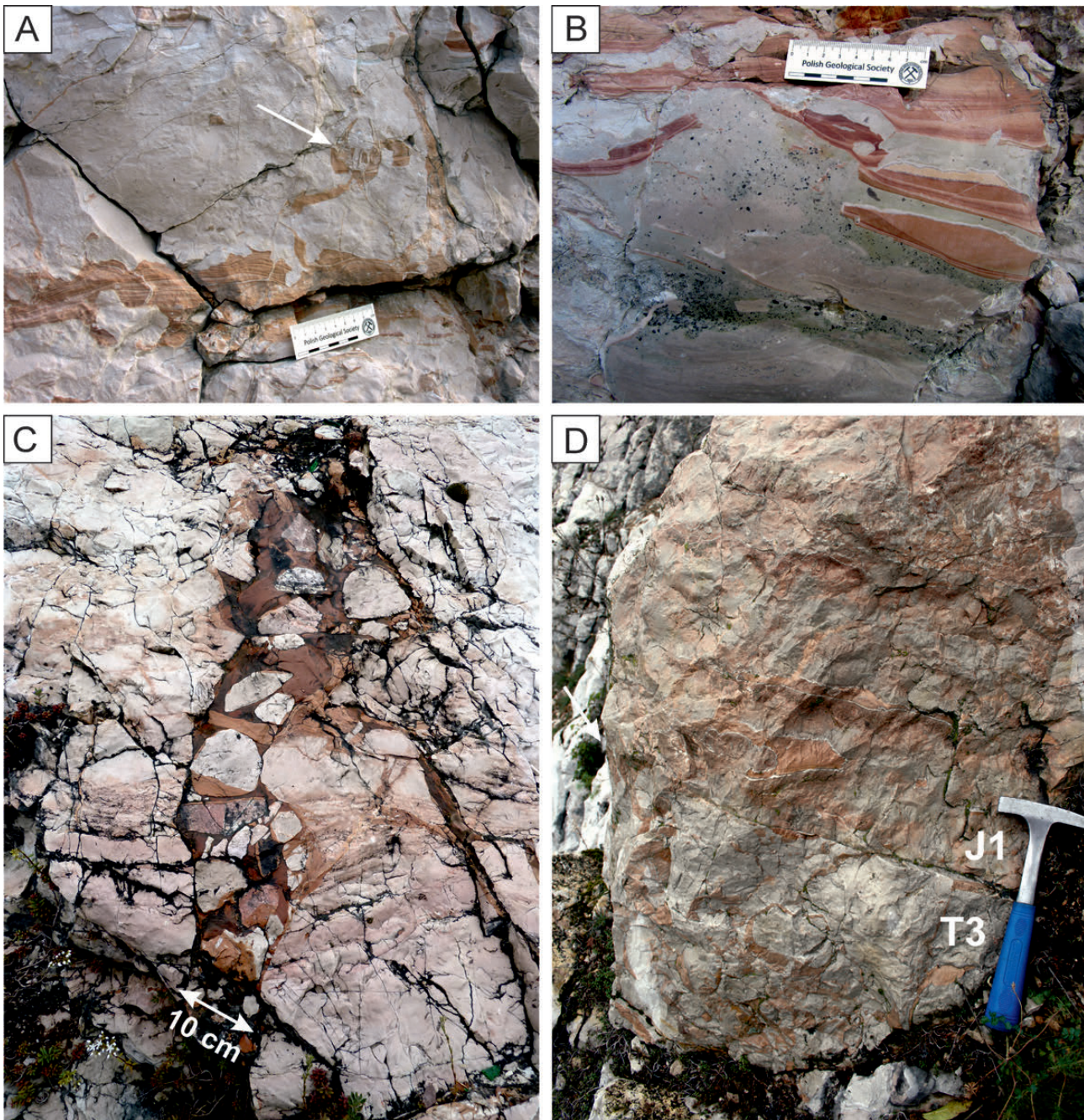
Figure 3. A) The Triassic-Jurassic boundary interval in the section of Tata, Kálvária Hill, B) The Triassic-Jurassic boundary interval in the Vöröshíd Quarry, C) The Triassic-Jurassic boundary interval at Zirc in core Zt-62

szi a feké Dachsteini Mészke felszínét. A nagy kiterjedésű kőfejtőben a Dachsteini Mészke rétegeinek azonosítása a határfelület mentén 1,3 m-es szintbeli különbség felismerését tette lehetővé (HAAS 1995). Mindez a platform mészkő közötté válását követő igen kisfokú kibillenését és emiatt egyenlőtlen erózióját jelenti a megfulladást megelőzően. Feltételezhető tehát, hogy legalábbis ezen a területen, a triász-jura határ közelében a platform rövid időre szárazulatra

került (MINDSZENTY 1992, LANTOS 2004, GYŐRI 2014). A meteorikus lencse kitüntetett felszínein (a vadózus és freatikus zóna határán, valamint az édesvíz és a sós víz határán) ható oldódás nagyobb, több méter széles, elnyúlt üregeket hozott létre (3 ábra, A). A kitettség egyéb nyomait a szárazulati epizódot követő transzgressziós esemény eltüntette: az üregek falán izopach, szálás tengeri kalcitcement vált ki, az üledék/kőzetfelszín pedig szubmarin erózió alakította.

Az extenziós tektonika felerősödését jelzi a neptuni telérek (3. ábra, A és 4. ábra, C) megjelenése a hettangisínemuri során (LANTOS 2004). Ezek mentén a felső-triász kőzetben lévő üregek vörös mikrittel töltődtek fel, ami rész-

ben a legidősebb jura üledékből származik (LANTOS 2004). A kora-jurában folytatódó tektonikai aktivitás epizodikusan felerősödő jellegéről (a neptuni telérek mellett) az alsó-jura rétegekben megfigyelt sztrömataktisz-típusú üregek is ta-



4. ábra. Üledékföldtani bélyegek a triász-jura határ közelében, a gerecsei karbonátos rétegsorokban. A) *Megalodon*-féle kagylók utáni (nyílal jelölt) és hosszabb elnyúlt üregek a felső-triász Dachsteini Mészköben, izopach, szálas kalcitkéreggel és többgenerációs, rózsaszín, vékonylemezes mikrittel kitöltve (Tata, Kálvária-domb). B) Szabálytalan alakú, oldott üregek a Dachsteini Mészköben, izopach, szálas kalcitokkal és többgenerációs rózsaszín-vörös, vékonylemezes mikrittel kitöltve (Tata, Kálvária-domb). C) Neptuni telér Dachsteini Mészköben, melynek kitöltése vörös mikrit mátrixban megjelenő felső-triász és alsó-jura mészkőklasztok (Tata, Kálvária-domb). D) A felső-triász és alsó-jura kőzetek határa a Gerecse Vöröshídi-kőfejtőjében, *Megalodon*-féle kagylók utáni üregek az előbbi, szabálytalan, oldott üregek az utóbbi kőzetben, mindkettőben vékonyabb izopach, szálas kalcit és rózsaszín mikrit kitöltés

Figure 4. Sedimentary features in carbonate strata near the Triassic-Jurassic boundary from the Gerecse Hills. A) Biomolds after *Megalodon*-type bivalves (marked by arrow) and vugs-cavities in the Upper Triassic Dachstein Limestone filled by isopachous fibrous calcite layer and multiple generation pink laminated micrite (Tata Kálvária Hill). B) Vugs in the Dachstein Limestone filled by isopachous fibrous calcite and multiple generation red laminated micrite - (Tata, Kálvária Hill). C) Neptunian dyke in Dachstein Limestone, filled by red micrite matrix and Upper Triassic and Lower Jurassic limestone clasts (Tata, Kálvária Hill). D) Boundary between the Upper Triassic and Lower Jurassic limestone in the Vöröshíd Quarry, Gerecse Mts. Note the biomolds after *Megalodontid* bivalves in the Upper Triassic and the vugs in the Lower Jurassic limestone, both filled by thinner isopachous calcite layer and pink micrite

núskodnak. Ezeket nem csak elmetszették és feltöltötték a neptuni telérek, mint a triász mészkőben megjelenő üreget, de genetikai kapcsolatban is állhattak velük. A sztromatiktisz-típusú üregek a telérek felső elvégződési zónájában jöhettek létre, a még kevésbé litifikált üledékben (LANTOS 2004, GYŐRI 2014).

A szöveti jellegek és a bioklaszt- (elsősorban crinoidea-) tartalom változásai, valamint a megfigyelt agyagközök alapján felismert üledékes ciklusok segítségével Tata, Tölgyhát és a tardosi Bánya-hegy medence összeletai meglepően jól korrelálhatók voltak egymással. Hasonló rétegsor tárul fel a Tardos–Süttő közötti út menti Vöröshídi-kőfejtőben is (KONDA, 1987). Itt is felismerhetőek a tatai triász-jura határ mentén megjelenő üreg- és telértípusok, de a feltételezhetően hosszabb szárazulati eseményhez köthető oldott üregek, valamint a szerkezetalakuláshoz és aljzati tagolódáshoz kapcsolódó neptuni telérek is kisebb számban és méretben jelennek meg itt (3. ábra, B és 4. ábra, D).

Bakony

A Bakonyban a triász-jura határ platformkarbonát rétegsoron belül vonható meg. A lofer-ciklusos rhaeti Dachsteini Mészkő enyhén hullámos felszínére települ a ciklicitást már nem mutató Kardosréti Mészkő. Az Északi-Bakonyban, Zirc mellett mélyített Zt-62 jelű fúrásban feltárt rétegsor tekinthető a jelenleg ismert legjobb határszelvénynek, amit kiegészít a Kőrös-hegy felszíni szelvénye. A Déli-Bakonyban jellegében hasonló rétegsort tárt fel a sümegi Süt-28 jelű fúrás (HAAS et al. 1984). A rétegek meredek dőlése és a rétegsort sűrűn átszelő neptuni telérek miatt azonban ez a szelvény nem alkalmas a határ jellegének pontosabb felderítésére.

A Zt-62 jelű fúrásban (3. ábra, C) a Dachsteini Mészkő legfelső szakaszán 4–5 m vastagságú, *Megalodon*-féle kagylómaradványokat tartalmazó, a szubtidális zónában lerakódott mészkőpadok váltakoznak néhány deciméter vastagságú, árapályövi sztromatolitrétegekkel és ritkán a ciklusokat elválasztó hullámos határok fölötti, fekete breccsát tartalmazó, vékony, szupratidális környezetben képződött rétegekkel. A legutolsó lofer-ciklus legfelső eleme 30 cm-es sztromatolitréteg. Ennek felszíne enyhén hullámos eróziós felület, a karsztosodás minden nyoma nélkül. Erre 2 m vastagságban, rózsaszínű bioklasztos, peloidos wackestone szövetű mészkő települ, szivacsstűkkel, ostracodákkal, crinoidea váztöredékekkel. Erre világosszürke onkoidos, wackestone szövetű mészkő következik, egyes rétegekben szivacsstűkkel, ami a Kardosréti Mészkő legjellemzőbb kifejlődésének tekinthető. A peritidális környezetben képződött kőzetfajták kimaradása a Kardosréti Mészkőben a lofer-ciklusos Dachsteini Mészkőnél mélyebb, de még a jól átvilágított övben folyó üledékképződést jelent, ahol a rövid időtartamú vízszintcsökkenések során sem alakult ki árapálysíksági környezet.

A Kőrös-hegy szelvényében a Dachsteini Mészkő legfelső része szórványosan *Megalodon*-féle kagylókat tartal-

maz, mikrofauna-tartalma szegényes (CSÁSZÁR & ORAVECZNÉ SCHEFFER 1987). A határ alatti rétegben a foraminifera-együttesben a *Triasinák* mellett agglutinált formák is találhatóak és meglehetősen sok algamaradvány is. A határfelszínen jól megfigyelhető a bioerózió nyoma. Az azt fedő réteg onkoidos packstone szövetű, *Involutina liassica* foraminiferával.

A Kardosréti Mészkő korbesorolását nehezíti, hogy rétegeiből ammonitesz mindezülig nem került elő, hettangi besorolását települési helyzete indokolja. Pontosabb korbesorolást a számos lelőhelyről feldolgozott brachiopoda fauna sem tett lehetővé (DULAI 2002). A tafonómiai vizsgálatok azonban kimutatták, hogy a sinemuri–pliensbachi során markánsan jellemző, hátságokra és hátságok közötti medencékre tagoló aljzatmintázat halványan már a hettangi során is jelentkezett. A kialakuló medenceterületeken 50–150 m-re becsült vastagságú képződmény (BENCE et al. 1990) lerakódása az aljzati különbségeket már nem tudta teljesen elfedni. Felfelé a Pisznicei Mészkőbe vékony, folyamatos átmenettel megy át, vagy éles határ mentén érintkezik. A fedő Pisznicei Mészkőből a Bakony területén nem ismert ősmaradvánnyal bizonyított hettangi korú előfordulás, bár a Lókúti-dombon BENCE et al. (1990) szerint kora felső-hettangi–alsó-sinemuri. Itt a határ felett 10 m-rel előkerült ammonitesz-fauna igazolta a kora-sinemuri kort (GÉCZY 1971, DULAI 2002).

Összefoglalás

A triász időszakot lezáró kihalási esemény egyike a fanerozoikumban kimutatott öt legnagyobb kihalási rátával jellemezhető tömeges kihalási eseménynek. A hatások elsősorban tengeri rétegsorokban mutathatók ki, a környezeti krízis feltehetően elsősorban a tengeri ökoszisztémát károsíthatta. A szárazföldi élővilágban is felismerhetők jelentős környezetváltozás nyomai, de a hatás sokkal kevésbé látszik markánsnak.

Számos tengeri rétegsorban figyeltek meg számottevő litológiai változásokat a határ közelében. Ezek egy része trendszerű, más része ciklusos jellegű és vannak rövid idejű eseményeket tükröző változások is. Csak igen részletes elemzéssel deríthető ki, hogy ezek a jelenségek tengerszint-változásra, klímaváltozásra esetleg ezek együttes hatására vezethetők-e vissza és, hogy összefüggésben vannak-e a tömeges kihalást eredményező környezeti krízissel.

A 2000-es évek elején sikerült igazolni a triász végi kihalással egyidejű negatív szénizotóp-anomáliát. Ez döntő jelentőségű a kronosztratigráfiai korreláció szempontjából, továbbá egyértelműen jelzi a szénháztartás zavarait a Föld külső, egymással szoros kapcsolatban lévő szféráiban.

A jelenlegi ismeretek szerint, a triász végi környezeti krízis legvalószínűbb kiváltó oka a Közép-Atlanti magmás provincia hatalmas területre kiterjedő intenzív vulkanizmus lehetett, ami globális légköri, óceáni és élővilágbeli változások láncolatát indíthatta el.

A triász-jura határon lejátszódott globális változások

nyomai hazai szelvényekben is megőrződtek. Ezek közül a viszonylag mély tengermedencében lerakódott csövíri szelvény nemzetközileg is kiemelkedő jelentőségű. A gerecei és a bakonyi szelvények a sekély karbonátplatformok reagálásának lehetőségeit példázzák. A mecseki szelvények a tenger melléki–szárazföldi üledékgyűjtők határszelvényeinek kutatására adnak lehetőséget.

Köszönetnyilvánítás

Ez a dolgozat a MINDSZENTY Andrea professzor asszony 70. születésnapja alkalmából elhangzott előadásokból kiindulva készült, kifejezve a szerzők tiszteletét és nagyrabecsülését életműve, azon belül a triász–jura határ kutatásában játszott szerepe iránt, és háláját a geológus nemzedékek számára átadott tudásáért és a szűnni nem akaró inspirációért. Ez a tanulmány az MTA–MTM–ELTE Paleontológiai Kutatócsoport 257. publikációja.

Irodalom — References

- ALROY, J. 2008: Dynamics of origination and extinction in the marine fossil record. — *PNAS* **105/Supplement 1**, 11536–11542. <https://doi.org/10.1073/pnas.0802597105>
- ALROY, J. 2014: Accurate and precise estimates of origination and extinction rates. — *Paleobiology* **40/3**, 374–397. <https://doi.org/10.1666/13036>
- ALVAREZ, L., ALVAREZ, W., ASARO, F. & MICHEL, H. 1980: Extraterrestrial cause for the Cretaceous–Tertiary extinction. — *Science* **208**, 1095–1108. <https://doi.org/10.1126/science.208.4448.1095>
- BACON, K. L., BELCHER, C. M., HAWORTH, M. & McELWAIN, J. C. 2013: Increased atmospheric SO₂ detected from changes in leaf physiognomy across the Triassic–Jurassic boundary interval of East Greenland. — *PLoS one* **8/4**, e60614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060614>
- BALOGH, K. 1981: Correlation of the Hungarian Triassic. — *Acta Geologica Hungarica* **24/1**, 3–48.
- BARBACKA, M., PACYNA, G., KOCSIS, Á. T., JARZYŃKA, A., ZIAJA, J. & BODOR, E. 2017: Changes in terrestrial floras at the Triassic–Jurassic Boundary in Europe. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **480**, 80–93. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.05.024>
- BARTOLINI, A., GUÉX, J., SPANGENBERG, J., SCHOENE, B., TAYLOR, D., SCHALTEGGER, U. & ATUDOREI, V. 2012: Disentangling the Hettangian carbon isotope record: Implications for the aftermath of the end-Triassic mass extinction. — *Geochemistry Geophysics Geosystems* **13**, Q01007. <https://doi.org/10.1029/2011GC003807>
- BEERLING, D. J. & BERNER, R. A. 2002: Biogeochemical constraints on the Triassic–Jurassic boundary carbon cycle event. — *Global Biogeochemical Cycles* **16/3**, 10–36. <https://doi.org/10.1029/2001gb001637>
- BENCE G., BERNHARDT B., BIHARI D., BÁLINT CS., CSÁSZÁR G., GYALOG L., HAAS J., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KÉRI J., KÓKAY J., KONDA J., LELKESNÉ F. GY., MAJOROS GY., PEREGI ZS., RAINCSÁK GY., SOLTÍ G., TÓTH Á., TÓTH GY. 1990: *A Bakony hegység földtani képződményei. Magyarázó a Bakony hegység fedetlen földtani térképéhez 1: 50 000*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest pp. 119 p.
- BERNOULLI, D. 2001: Mesozoic–Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. — In: VAI, G. B. & MARTINI, I. P. (eds): *Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*. Kluwer, Dordrecht, 307–326. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9829-3_18
- BERNOULLI, D. & JENKYN, H. C. 1974: Alpine, Mediterranean and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. — In: DOTT, R. H. & SHAVER, R. H. (eds): *Modern and ancient geosynclinal sedimentation. SEPM Special Publication* **19**, 129–187. <https://doi.org/10.2110/pec.74.19.0129>
- BERTOTTI, G., PICOTTI, V., BERNOULLI, D. & CASTELLARIN, A. 1993: From rifting to drifting: tectonic evolution of the South-Alpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous. — *Sedimentary Geology* **86/1**, 53–76. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90133-P](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90133-P)
- BICE D. M. & STEWART K. G. 1990: The formation and drowning of isolated carbonate seamounts: tectonic and ecological controls in the northern Apennines. — *IAS Special Publications* **9**, 145–168. <https://doi.org/10.1002/9781444303834.ch6>
- BLACKBURN, T. J., OLSEN, P. E., BOWRING, S. A., MCLEAN, N. M., KENT, D. V., PUFFER, J., MCHONE, G., RASBURY, E. T. & ET-TOUHAMI, M. 2013: Zircon U–Pb geochronology links the end-Triassic extinction with the Central Atlantic Magmatic Province. — *Science* **340/6135**, 941–945. <https://doi.org/10.1126/science.1234204>
- BOND, D. P. G. & GRASBY, S. E. 2017: On the causes of mass extinctions. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **478**, 3–29. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.11.005>
- BONIS, N. R., RUHL, M. & KURSCHNER, W. M. 2010a: Milankovitch-scale palynological turnover across the Triassic–Jurassic transition at St. Audrie’s Bay, SW UK. — *Journal of the Geological Society* **167/5**, 877–888. <https://doi.org/10.1144/0016-76492009-141>
- BONIS, N. R., RUHL, M. & KURSCHNER, W. M. 2010b: Climate change driven black shale deposition during the end-Triassic in the western Tethys. — *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **290/1–4**, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.06.016>
- BOSELLINI, A., MASETTI, D. & SARTI, M. 1981: A Jurassic “Tongue of the Ocean” infilled with oolitic sands: The Belluno Trough, Venetian Alps, Italy. — *Marine Geology* **44/1**, 59–95. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(81\)90113-4](https://doi.org/10.1016/0025-3227(81)90113-4)
- BOWN, P., LEES, J. & YOUNG, J. 2004: Calcareous nannoplankton evolution and diversity through time. — In: THIERSTEIN, H. & YOUNG, J. (eds): *Coccolithophores*. Springer, Berlin & Heidelberg, 481–508. https://doi.org/10.1007/978-3-662-06278-4_18

- BÖHM, F. 2003: Lithostratigraphy of the Adnet Group (Lower to Middle Jurassic, Salzburg, Austria). — In: PILLER, W. E. (ed.): *Stratigraphia Austriaca*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 231–268.
- BÖHM, F., EBLI, O., KRYSZYN, L., LOBITZER, H., RAKÚS, M. & SIBLÍK, M. 1999: Fauna, stratigraphy and depositional environment of the Hettangian-Sinemurian (Early Jurassic) of Adnet (Salzburg, Österreich). — *Abhandlungen der geologischen Bundesanstalt* **56/2**, 143–271.
- BRAYARD, A., ESCARGUEL, G., BUCHER, H., MONNET, C., BRUHWILER, T., GOUEMAND, N., GALFETTI, T. & GUEX, J. 2009: Good genes and good luck: Ammonoid diversity and the end-Permian mass extinction. — *Science* **325/5944**, 1118–1121. <https://doi.org/10.1126/science.1174638>
- BRUSATTE, S. L., BENTON, M. J., RUTA, M. & LLOYD, G. T. 2008: Superiority, competition, and opportunism in the evolutionary radiation of dinosaurs. — *Science* **321/5895**, 1485–1488. <https://doi.org/10.1126/science.1161833>
- ČADJENOVIĆ, D., KILIBARDA, Z. & RADULOVIĆ, N. 2008: Late Triassic to Late Jurassic evolution of the Adriatic Carbonate Platform and Budva Basin, Southern Montenegro. — *Sedimentary Geology* **204/1**, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.12.005>
- CALLEGARO, S., BAKER, D. R., DE MIN, A., MARZOLI, A., GERAKE, K., BERTRAND, H., VITI, C. & NESTOLA, F. 2014: Microanalyses link sulfur from large igneous provinces and Mesozoic mass extinctions. — *Geology* **42/10**, 895–898. <https://doi.org/10.1130/g35983.1>
- CIRILLI, S. 2010: Upper Triassic-lowermost Jurassic palynology and palynostratigraphy: A review. — In: LUCAS, S. G. (ed.): *The Triassic timescale*. Geological Society, London, Special Publications **334**, The Geological Society Publishing House, Bath, 285–314. <https://doi.org/10.1144/sp334.12>
- CLÉMENCE, M.-E., GARDIN, S., BARTOLINI, A., PARIS, G., BEAUMONT, V. & GUEX, J. 2010: Benthic-planktonic evidence from the Austrian Alps for a decline in sea-surface carbonate production at the end of the Triassic. — *Swiss Journal of Geosciences* **103/2**, 293–315. <https://doi.org/10.1007/s00015-010-0019-z>
- COBIANCHI, M. & PICOTTI, V. 2001: Sedimentary and biological response to sea-level and palaeoceanographic changes of a Lower–Middle Jurassic Tethyan platform margin (Southern Alps, Italy). — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **169/3**, 219–244. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00217-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00217-6)
- COHEN, A. S. & COE, A. L. 2007: The impact of the Central Atlantic Magmatic Province on climate and on the Sr- and Os-isotope evolution of seawater. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 374–390. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.036>
- COURTILLOT, V. & RENNE, P. R. 2003: On the ages of flood basalt events. — *Comptes Rendus Geoscience* **335/1**, 113–140. [https://doi.org/10.1016/s1631-0713\(03\)00006-3](https://doi.org/10.1016/s1631-0713(03)00006-3)
- CSÁSZÁR G. & ORAVECZNÉ SCHEFFER A. 1987: *Bakony, Bakonybél, Kőrös-hegy*. — Magyarország geológiai alapszelvényei. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- DAVIES, J. H. F. L., MARZOLI, A., BERTRAND, H., YOUNI, N., ERNESTO, M. & SCHALTEGGER, U. 2017: End-Triassic mass extinction started by intrusive CAMP activity. — *Nature Communications* **8**, 15596. <https://doi.org/10.1038/ncomms15596>
- DETRE Cs. 1981: A Duna-balparti triász rögök rétegtani helyzete. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentés 1979-ről*, 81–86.
- DULAI, A. 2002: A Dunántúli-középhegység hettangi és kora-sinemuri (kora-jura) brachiopoda faunája I. — *A Bakony természettudományi kutatásának eredményei* **26**, Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, 112 p.
- FOWELL, S. J., CORNET, B. & OLSEN, P. E. 1994: Geologically rapid Late Triassic extinctions: Palynological evidence from the Newark Supergroup. — In: KLEIN, G. D. (ed.): *Pangea: Paleoclimate, tectonics, and sedimentation during accretion, zenith, and breakup of a supercontinent*. Geological Society of America Special Paper **288**, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 197–206. <https://doi.org/10.1130/spe288-p197>
- FÜLÖP J. 1975: Tatai mezozoós alaphegység-rögök. — *Geologica Hungarica, Series Geologica* **16**, 1–228.
- GALÁCZ, A. 1988: Tectonically controlled sedimentation in the Jurassic of the Bakony Mountains (Transdanubian Central Range, Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* **31/3–4**, 313–328.
- GALÁCZ, A., VÖRÖS, A. 1972: A bakony-hegységi jura fejlődéstörténeti vázlata a főbb üledékföldtani jelenségek kiértékelése alapján. — *Földtani Közlemények* **102**, 122–135.
- GALLI, M. T., JADOU, F., BERNASCONI, S. M., CIRILLI, S. & WEISSERT, H. 2007: Stratigraphy and palaeoenvironmental analysis of the Triassic–Jurassic transition in the western Southern Alps (Northern Italy). — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 52–70. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.023>
- GAWLICK, H.-J., FRISCH, W., VECSEI, A., STEIGER, T. & BÖHM, F. 1999: The change from rifting to thrusting in the Northern Calcareous Alps as recorded in Jurassic sediments. — *Geologische Rundschau* **87/4**, 644–657. <https://doi.org/10.1007/s005310050237>
- GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SCHLAGINTWEIT, F., SUZUKI, H., FRISCH, W., KRYSZYN, L., BLAU, J. & LEIN, R. 2009: Jurassic tectonostratigraphy of the Austroalpine domain. — *Journal of Alpine Geology* **50**, 1–152.
- GÉCZY, B. 1971: Ammonite faunae from the Lower Jurassic standard profile at Lókút, Bakony Mountains, Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös nominate, Sectio Geologica* **15**, 47–76.
- GOLDHAMMER, R. K., LEHMANN, P. J. & DUNN, P. A. 1993: The origin of high-frequency platform carbonate cycles and third-order sequences (Lower Ordovician El Paso Group, West Texas): Constraints from outcrop data and stratigraphic modeling. — *Journal of Sedimentary Petrology* **63**, 318–359.
- GÖTZ, A. E., RUCKWIED, K., PÁLFY, J. & HAAS, J. 2009: Palynological evidence of synchronous changes within the terrestrial and marine realm at the Triassic/Jurassic boundary (Csővár section, Hungary). — *Review of Palaeobotany and Palynology* **156/3–4**, 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.04.002>
- GREENE, S. E., MARTINDALE, R. C., RITTERBUSH, K. A., BOTTJER, D. J., CORSETTI, F. A. & BERELSON, W. M. 2012: Recognising ocean acidification in deep time: An evaluation of the evidence for acidification across the Triassic–Jurassic boundary. — *Earth-Science Reviews* **113/1–2**, 72–93. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.03.009>

- GUEX, J., SCHOENE, B., BARTOLINI, A., SPANGENBERG, J., SCHALTEGGER, U., O'DOHERTY, L., TAYLOR, D., BUCHER, H. & ATUDOREI, V. 2012: Geochronological constraints on post-extinction recovery of the ammonoids and carbon cycle perturbations during the Early Jurassic. — *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **346**, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.04.030>
- GYÖRI O. 2014: *Paleofluidum-áramlási események nyomozása dunántúli-középhegységi mezozoos karbonátokban*. — PhD értekezés, ELTE, Budapest, 147+XXI pp.
- HAAS J. 1995: Az Északi Gerecse felsőtriász karbonát platform képződményei. — *Földtani Közlöny* **125**, 259–293.
- HAAS, J. & TARDY-FILÁČZ, E. 2004: Facies changes in the Triassic-Jurassic boundary interval in an intraplatform basin succession at Csővár (Transdanubian Range, Hungary). — *Sedimentary Geology* **168/1–2**, 19–48. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.03.002>
- HAAS J., JOCHÁNE EDELENYI E., GIDAI L., KAISER M., KRETZOI M. & ORAVECZ J. 1984: Sümeg és környékének földtani felépítése. — *Geologica Hungarica, Series Geologica* **20**, 1–353.
- HAAS, J., TARDI-FILÁČZ, E., ORAVECZ-SCHEFFER, A., GÓCZÁN, F. & DOSZTÁLY, L. 1997: Stratigraphy and sedimentology of an Upper Triassic toe-of-slope and basin succession at Csővár, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **40/2**, 111–177.
- HAAS, J., GÖTZ, A. E. & PÁLFY, J. 2010: Late Triassic to Early Jurassic palaeogeography and eustatic history in the NW Tethyan realm: New insights from sedimentary and organic facies of the Csővár Basin (Hungary). — *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **291/3–4**, 456–468. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.014>
- HALLAM, A. & WIGNALL, P. B. 1999: Mass extinctions and sea-level changes. — *Earth-Science Reviews* **48**, 217–250. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(99\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00055-0)
- HALLAM, A. 1990: The end-Triassic mass extinction event. — In: SHARPTON, V. L. & WARD, P. D. (eds): *Global catastrophes in Earth history; An interdisciplinary conference on impacts, volcanism, and mass mortality*. Geological Society of America Special Paper **247**, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 577–583. <https://doi.org/10.1130/spe247-p577>
- HALLAM, A. 2002: How catastrophic was the end-Triassic mass extinction? — *Lethaia* **35**, 147–157. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2002.tb00075.x>
- HARRIS, T. M. 1937: The fossil flora of Scoresby Sound East Greenland. Part 5: Stratigraphic relations of the plant beds. — *Meddelelser om Groenland* **112/2**, 1–112.
- HAUTMANN, M. 2004: Effect of end-Triassic CO₂ maximum on carbonate sedimentation and marine mass extinction. — *Facies* **50**, 257–261. <https://doi.org/10.1007/s10347-004-0020-y>
- HESSELBO, S. P., ROBINSON, S. A., SURLYK, F. & PIASECKI, S. 2002: Terrestrial and marine mass extinction at the Triassic–Jurassic boundary synchronized with major carbon-cycle perturbation: A link to initiation of massive volcanism? — *Geology* **30/3**, 251–254. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0251:TAMEAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0251:TAMEAT>2.0.CO;2)
- HESSELBO, S. P., ROBINSON, S. A. & SURLYK, F. 2004: Sea-level change and facies development across potential Triassic–Jurassic boundary horizons, SW Britain. — *Journal of the Geological Society, London* **161/3**, 365–379. <https://doi.org/10.1144/0016-764903-033>
- HESSELBO, S. P., MCROBERTS, C. A. & PÁLFY, J. 2007: Triassic–Jurassic boundary events: Problems, progress, possibilities. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.020>
- HILLEBRANDT, A. V., KRYSZYN, L., KÜRSCHNER, W. M., BONIS, N. R., RUHL, M., RICHÓZ, S., SCHOBEN, M. A. N., URLICHS, M., BOWN, P. R., KMENT, K., MCROBERTS, C. A., SIMMS, M. & TOMÁŠOVÝCH, A. 2013: The Global Stratotype Sections and Point (GSSP) for the base of the Jurassic System at Kuhjoch (Karwendel Mountains, Northern Calcareous Alps, Tyrol, Austria). — *Episodes* **36/3**, 162–198.
- HODYCH, J. P. & DUNNING, G. R. 1992: Did the Manicouagan impact trigger end-of-Triassic mass extinction? — *Geology* **20**, 51–54. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1992\)020<0051:DTMITE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1992)020<0051:DTMITE>2.3.CO;2)
- HOLSER, W. T., MAGARITZ, M. & RIPPERDAN, R. L. 1996: Global isotopic events. — In: WALLISER, O. H. (ed.): *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer, Berlin, 63–88. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79634-0_6
- HORI, R. S., FUJIKI, T., INOUE, E. & KIMURA, J.-I. 2007: Platinum group element anomalies and bioevents in the Triassic–Jurassic deep-sea sediments of Panthalassa. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 391–406. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.038>
- HUYN, T. T. & POULSEN, C. J. 2005: Rising atmospheric CO₂ as a possible trigger for the end-Triassic mass extinction — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **217/1–4**, 223–242. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.12.004>
- KIESSLING, W. & ABERHAN, M. 2007: Environmental determinants of marine benthic biodiversity dynamics through Triassic–Jurassic time. — *Paleobiology* **33/3**, 414–434. <https://doi.org/10.1017/s0094837300026373>
- KIESSLING, W. & SIMPSON, C. 2011: On the potential for ocean acidification to be a general cause of ancient reef crises. — *Global Change Biology* **17/1**, 56–67. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02204.x>
- KIESSLING, W., ABERHAN, M., BRENNEIS, B. & WAGNER, P. J. 2007: Extinction trajectories of benthic organisms across the Triassic–Jurassic boundary. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **224**, 201–222. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.029>
- KOCSIS, Á. T., KIESSLING, W. & PÁLFY, J. 2014: Radiolarian biodiversity dynamics through the Triassic and Jurassic: implications for proximate causes of the end-Triassic mass extinction. — *Paleobiology* **40/4**, 625–639. <https://doi.org/10.1666/14007>
- KOCSIS T. Á., SÁGHI K. & PÁLFY J. 2015: A Paleobiology Database szerepe a modern őslénytani kutatásban. — *Földtani Közlöny* **145/1**, 85–98.
- KONDA J. 1987: Magyarország geológiai alapszélvényei: Gerecse, Süttő, Vöröshídi-kőfejtő. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- KORTE, C. 1999: ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-, ¹⁸O- und ¹³C-evolution des triassischen Meerwassers: geochemische und stratigraphische Untersuchungen an Conodonten und Brachiopoden. — *Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten* **52**, 1–171.

- KORTE, C. & KOZUR, H. W. 2011: Bio- and chemostratigraphic assessment of carbon isotope records across the Triassic-Jurassic boundary at Csővár quarry (Hungary) and Kendlbachgraben (Austria) and implications for global correlations. — *Bulletin of the Geological Society of Denmark* **59**, 101–115.
- KORTE, C., KOZUR, H. W., BRUCKSCHEN, P. & VEIZER, J. 2003: Strontium isotope evolution of Late Permian and Triassic seawater. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* **67/1**, 47–62. [https://doi.org/10.1016/s0016-7037\(02\)01035-9](https://doi.org/10.1016/s0016-7037(02)01035-9)
- KOVÁCS ZS. 2016: *A triász-jura határ a Dunántúli-középhegységben és korrelációs lehetőségei szénizotóp-sztratiográfia alapján.* — MSc diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 93 p.
- KOZUR, H. 1993: First evidence of Liassic in the vicinity of Csővár (Hungary), and its paleogeographic and paleotectonic significance. — *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* **136/1**, 89–98.
- KOZUR, H. & MOCK, R. 1991: New Middle Carnian and Rhaetian conodonts from Hungary and the Alps. Stratigraphic importance and tectonic implications for the Buda Mountains and adjacent areas. — *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* **134/2**, 271–297.
- LANTOS Z. 2004: *Liász neptuni telérek és átülepített medenceüledékek nyomában: karbonátszedimentológiai esettanulmányok.* — PhD értekezés, ELTE, Budapest, 141 + XI p.
- LATHUILICRE, B. & MARCHAL, D. 2009: Extinction, survival and recovery of corals from the Triassic to Middle Jurassic time. — *Terra Nova* **21/1**, 57–66. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2008.00856.x>
- LINDSTRÖM, S., VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., HANSEN, K. H., PEDERSEN, G. K., ALSÉN, P., THIBAUT, N., DYBKJÉR, K., BJERRUM, C. J. & NIELSEN, L. H. 2017: A new correlation of Triassic–Jurassic boundary successions in NW Europe, Nevada and Peru, and the Central Atlantic Magmatic Province: A time-line for the end-Triassic mass extinction. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **478**, 80–102. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.12.025>
- MARZOLI, A., RENNE, P. R., PICCIRILLO, E. M., ERNESTO, M., BELLINI, G. & DE MIN, A. 1999: Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. — *Science* **284/5414**, 616–618. <https://doi.org/10.1126/science.284.5414.616>
- MC ELWAIN, J. C., BEERLING, D. J. & WOODWARD, F. I. 1999: Fossil plants and global warming at the Triassic-Jurassic boundary. — *Science* **285/5432**, 1386–1390. <https://doi.org/10.1126/science.285.5432.1386>
- MC ELWAIN, J. C., POPA, M. E., HESSELBO, S. P., HAWORTH, M. & SURLYK, F. 2007: Macroecological responses of terrestrial vegetation to climatic and atmospheric change across the Triassic/Jurassic boundary in East Greenland. — *Paleobiology* **33/4**, 547–573. <https://doi.org/10.1666/06026.1>
- MC ELWAIN, J. C., WAGNER, P. J. & HESSELBO, S. P. 2009: Fossil plant relative abundances indicate sudden loss of Late Triassic biodiversity in East Greenland. — *Science* **324/5934**, 1554–1556. <https://doi.org/10.1126/science.1171706>
- MCR OBERTS, C. A., KRYSZYN, L. & HAUTMANN, M. 2012: Macrofaunal response to the end-Triassic mass extinction in the west-Tethyan Kössen basin, Austria. — *Palaios* **27/9**, 607–616. <https://doi.org/10.2110/palo.2012.p12-043r>
- MINDSZENTY A. 1992: *Diagenézistörténeti vizsgálatok a tatai Kálvária-domb felső-triász szelvényében.* — Kutatási jelentés, Budapest. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár: VBK.1558, 20 pp.
- MORRELL, J. 2001: Genesis and geochronology: the case of John Phillips (1800–1874). — *Geological Society, London, Special Publications* **190/1**, 85–90. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.2001.190.01.07>
- OLSEN, P. E., SHUBIN, N. H. & ANDERS, M. H. 1987: New Early Jurassic tetrapod assemblages constrain Triassic–Jurassic tetrapod extinction event. — *Science* **237**, 1025–1029. <https://doi.org/10.1126/science.3616622>
- OLSEN, P. E., KENT, D. V., SUES, H.-D., KOEBERL, C., HUBER, H., MONTANARI, A., RAINFORTH, E. C., FOWELL, S. J., SZAJNA, M. J. & HARTLINE, B. W. 2002: Ascent of dinosaurs linked to an iridium anomaly at the Triassic-Jurassic boundary. — *Science* **296/5571**, 1305–1307. <https://doi.org/10.1126/science.1065522>
- OLSEN, P. E., KOEBERL, C., HUBER, H., MONTANARI, A., FOWELL, S. J., ET-TOUHAMI, M. & KENT, D. V. 2002b: Continental Triassic–Jurassic boundary in central Pangea: Recent progress and discussion of an Ir anomaly. — In: KOEBERL, C. & MACLEOD, K. G. (eds): *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. Geological Society of America Special Paper **356**, Geological Society of America, Boulder, 505–522. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2356-6.505>
- ORCHARD, M. J. 2010: Triassic conodonts and their role in stage boundary definition. — In: LUCAS, S. G. (ed.): *The Triassic timescale*. Geological Society, London, Special Publications **334**, The Geological Society Publishing House, Bath, 139–161. <https://doi.org/10.1144/sp334.7>
- PÁLFY, J. & KOCSIS, T. Á. 2014: Volcanism of the Central Atlantic Magmatic Province as the trigger of environmental and biotic changes around the Triassic-Jurassic boundary. — In: KELLER, G. & KERR, A. C. (eds): *Volcanism, Impacts and Mass Extinctions: Causes and Effects*. Geological Society of America Special Paper **505**, Geological Society of America, Boulder, CO, 245–261. [https://doi.org/10.1130/2014.2505\(12\)](https://doi.org/10.1130/2014.2505(12))
- PÁLFY, J. & ZAJZON, N. 2012: Environmental changes across the Triassic-Jurassic boundary and coeval volcanism inferred from elemental geochemistry and mineralogy in the Kendlbachgraben section (Northern Calcareous Alps, Austria). — *Earth and Planetary Science Letters* **335**, 121–134. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.01.039>
- PÁLFY, J., MORTENSEN, J. K., CARTER, E. S., SMITH, P. L., FRIEDMAN, R. M. & TIPPER, H. W. 2000: Timing the end-Triassic mass extinction: First on land, then in the sea? — *Geology* **28/1**, 39–42. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28%3C39:ttemef%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28%3C39:ttemef%3E2.0.co;2)
- PÁLFY, J., DEMÉNY, A., HAAS, J., HETÉNYI, M., ORCHARD, M. & VETŐ, I. 2001: Carbon isotope anomaly and other geochemical changes at the Triassic-Jurassic boundary from a marine section in Hungary. — *Geology* **29/11**, 1047–1050. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2001\)029<1047:CIAAOG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<1047:CIAAOG>2.0.CO;2)
- PÁLFY, J., DEMÉNY, A., HAAS, J., CARTER, E. S., GÖRÖG, Á., HALÁSZ, D., ORAVECZ-SCHEFFER, A., HETÉNYI, M., MÁRTON, E., ORCHARD, M. J., OZSVÁRT, P., VETŐ, I. & ZAJZON, N. 2007a: Triassic-Jurassic boundary events inferred from integrated stratigraphy of the Csővár section, Hungary. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 11–33. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.021>

- PÁLFY J., DULAI A. & SZENTE I. 2007b: Kálvária-dombi kőfejtő nyugati udvara. — In: PÁLFY J. & PAZONYI P. (szerk.): *Őslénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben*. Hantken Kiadó, Budapest, 41–44.
- PALOTAI, M., PÁLFY, J. & SASVÁRI, Á. 2017: Structural complexity at and around the Triassic–Jurassic GSSP at Kuhjoch, Northern Calcareous Alps, Austria. — *International Journal of Earth Sciences* **106/7**, 2475–2487. <https://doi.org/10.1007/s00531-017-1450-4>
- PICOTTI, V. & COBIANCHI, M. 1996: Jurassic periplatform sequences of the Eastern Lombardian Basin (Southern Alps): The deep-sea record of the tectonic evolution, growth and demise history of a carbonate platform. — *Memorie di Scienze Geologiche (Padova)* **48**, 171–219.
- RAMPINO, M. R., HAGGERTY, B. M. & PAGANO, T. C. 1997: A unified theory of impact crises and mass extinctions: Quantitative tests. — *Annals of the New York Academy of Sciences* **822/1**, 403–431. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1997.tb48358.x>
- RAUP, D. M. 1992: Large-body impact and extinction in the Phanerozoic. — *Paleobiology* **18/1**, 80–88. <https://doi.org/10.1017/s0094837300012227>
- RAUP, D. M. & SEPKOSKI, J. J., Jr. 1982: Mass extinctions in the marine fossil record. — *Science* **215**, 1501–1503. <https://doi.org/10.1126/science.215.4539.1501>
- REMANE, J. 2003: Chronostratigraphic correlations: their importance for the definition of geochronologic units. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **196/1–2**, 7–18. [https://doi.org/10.1016/s0031-0182\(03\)00310-9](https://doi.org/10.1016/s0031-0182(03)00310-9)
- RENNE, P. R. & BASU, A. R. 1991: Rapid eruption of the Siberian Traps flood basalts at the Permo-Triassic boundary. — *Science* **253**, 176–179. <https://doi.org/10.1126/science.253.5016.176>
- RICHOZ, S., VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., PROSS, J., PUTTMANN, W., QUAN, T. M., LINDSTROM, S., HEUNISCH, C., FIEBIG, J., MAQUIL, R., SCHOUTEN, S., HAUZENBERGER, C. A. & WIGNALL, P. B. 2012: Hydrogen sulphide poisoning of shallow seas following the end-Triassic extinction. — *Nature Geoscience* **5**, 662–667. <https://doi.org/10.1038/ngeo1539>
- RUCKWIED, K., GÖTZ, A. E., PÁLFY, J. & TÖRÖK, Á. 2008: Palynology of a terrestrial coal-bearing series across the Triassic/Jurassic boundary (Mecsek Mts., Hungary). — *Central European Geology* **51/1**, 1–15. <https://doi.org/10.1556/ceugeol.51.2008.1.1>
- RUHL, M. & KÜRSCHNER, W. M. 2011: Multiple phases of carbon cycle disturbance from large igneous province formation at the Triassic–Jurassic transition. — *Geology* **39/5**, 431–434. <https://doi.org/10.1130/g31680.1>
- RUHL, M., KUERSCHNER, W. M. & KRZYSTYN, L. 2009: Triassic–Jurassic organic carbon isotope stratigraphy of key sections in the western Tethys realm (Austria). — *Earth and Planetary Science Letters* **281/3–4**, 169–187. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.02.020>
- SCHALLER, M. F., WRIGHT, J. D. & KENT, D. V. 2011: Atmospheric pCO₂ perturbations associated with the Central Atlantic Magmatic Province. — *Science* **331/6023**, 1404–1409. <https://doi.org/10.1126/science.1199011>
- SCHLAGER, W. & GINSBURG, R. N. 1981: Bahama carbonate platforms — The deep and the past, *Marine Geology* **44/1–2**, 1–24. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(81\)90111-0](https://doi.org/10.1016/0025-3227(81)90111-0)
- SCHOENE, B., GUEX, J., BARTOLINI, A., SCHALTEGGER, U. & BLACKBURN, T. J. 2010: Correlating the end-Triassic mass extinction and flood basalt volcanism at the 100 ka level. — *Geology* **38/5**, 387–390. <https://doi.org/10.1130/G30683.1>
- SCHULTE, P., ALEGRET, L., ARENILLAS, I., ARZ, J. A., BARTON, P. J., BOWN, P. R., BRALOWER, T. J., CHRISTESON, G. L., CLAEYS, P., COCKELL, C. S., COLLINS, G. S., DEUTSCH, A., GOLDIN, T. J., GOTO, K., GRAJALES-NISHIMURA, J. M., GRIEVE, R. A. F., GULICK, S. P. S., JOHNSON, K. R., KIESSLING, W., KOEBERL, C., KRING, D. A., MACLEOD, K. G., MATSUI, T., MELOSH, J., MONTANARI, A., MORGAN, J. V., NEAL, C. R., NICHOLS, D. J., NORRIS, R. D., PIERAZZO, E., RAVIZZA, G., REBOLLEDO-VIEYRA, M., REIMOLD, W. U., ROBIN, E., SALGE, T., SPEIJER, R. P., SWEET, A. R., URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., VAJDA, V., WHALEN, M. T. & WILLUMSEN, P. S. 2010: The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous–Paleogene boundary. — *Science* **327/5970**, 1214–1218. <https://doi.org/10.1126/science.1177265>
- SIGNOR, P. W. & LIPPS, J. H. 1982: Sampling bias, gradual extinction patterns and catastrophes in the fossil record. — In: SILVER, L. T. & SCHULTZ, P. H. (eds): *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth*. Geological Society of America Special Paper **190**. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 291–296. <https://doi.org/10.1130/spe190-p291>
- SOBOLEV, S. V., SOBOLEV, A. V., KUZMIN, D. V., KRIVOLUTSKAYA, N. A., PETRUNIN, A. G., ARNDT, N. T., RADKO, V. A. & VASILIEV, Y. R. 2011: Linking mantle plumes, large igneous provinces and environmental catastrophes. — *Nature* **477/7364**, 312–316. <https://doi.org/10.1038/nature10385>
- STEINTHORSDDOTTIR, M., JERAM, A. J. & McELWAIN, J. C. 2011: Extremely elevated CO₂ concentrations at the Triassic/Jurassic boundary. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **308/3–4**, 418–432. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.05.050>
- TANNER, L. H., LUCAS, S. G. & CHAPMAN, M. G. 2004: Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions. — *Earth-Science Reviews* **65/1–2**, 103–139. [https://doi.org/10.1016/s0012-8252\(03\)00082-5](https://doi.org/10.1016/s0012-8252(03)00082-5)
- VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., TREMOLADA, F., ROSENTHAL, Y., BAILEY, T. R., FEIST-BURKHARDT, S., BRINKHUIS, H., PROSS, J., KENT, D. V. & FALKOWSKI, P. G. 2007: End-Triassic calcification crisis and blooms of organic-walled ‘disaster species’. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 126–141. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.026>
- VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., PAYNE, J. L., TOMASOVYCH, A., PROSS, J., FIEBIG, J., BENBRAHIM, M., FOLLM, K. B. & QUAN, T. M. 2008: Carbon cycle perturbation and stabilization in the wake of the Triassic–Jurassic boundary mass-extinction event. — *Geochemistry Geophysics Geosystems* **9/4**, 1–16. <https://doi.org/10.1029/2007GC001914>
- VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., QUAN, T. M., LINDSTROM, S., PUTTMANN, W., HEUNISCH, C., PROSS, J., FIEBIG, J., PETSCHICK, R., ROHLING, H. G., RICHOZ, S., ROSENTHAL, Y. & FALKOWSKI, P. G. 2009: Floral changes across the Triassic/Jurassic boundary linked to flood basalt volcanism. — *Nature Geoscience* **2**, 589–594. <https://doi.org/10.1038/ngeo577>
- VAN DE SCHOOTBRUGGE, B., BACHAN, A., SUAN, G., RICHOZ, S. & PAYNE, J. L. 2013: Microbes, mud and methane: cause and consequence of recurrent Early Jurassic anoxia following the end Triassic mass extinction. — *Palaeontology* **56/4**, 685–709. <https://doi.org/10.1111/pala.12034>
- VADÁSZ E. 1910: A Duna-balparti idősebb rögök őslénytani és földtani viszonyai. — *Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **18/2**, 101–171.

- VIGH G. 1935: Adatok a Gerecse-hegység nyugati részének földtani ismeretéhez. — *Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1925–28-ról*, 87–100.
- VÖRÖS, A. 1991: Hierlatzkalk – a peculiar Austro-Hungarian Jurassic facies. — In: LOBITZER H. & CSÁSZÁR G. (eds): *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich – Ungarn*. Wien, I: 145–154.
- VÖRÖS, A., GALÁ CZ A. 1998: Jurassic palaeogeography of the Transdanubian Central Range (Hungary). — *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia* **104/1**, 69–84.
- WARD, P. D., HAGGART, J. W., CARTER, E. S., WILBUR, D., TIPPER, H. W. & EVANS, T. 2001: Sudden productivity collapse associated with the Triassic-Jurassic boundary mass extinction. — *Science* **292/11**, 1148–1151. <https://doi.org/10.1126/science.1058574>
- WIGNALL, P. B. 2001: Large igneous provinces and mass extinctions. — *Earth-Science Reviews* **53/1–2**, 1–33. [https://doi.org/10.1016/s0012-8252\(00\)00037-4](https://doi.org/10.1016/s0012-8252(00)00037-4)
- WIGNALL, P. B. & BOND, D. P. G. 2008: The end-Triassic and Early Jurassic mass extinction records in the British Isles. — *Proceedings of the Geologists Association* **119**, 73–84. [https://doi.org/10.1016/s0016-7878\(08\)80259-3](https://doi.org/10.1016/s0016-7878(08)80259-3)
- WILLIFORD, K. H., WARD, P. D., GARRISON, G. H. & BUICK, R. 2007: An extended organic carbon-isotope record across the Triassic-Jurassic boundary in the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **244/1–4**, 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.06.032>
- ZEMPOLICH, W. G. 1993: The drowning succession in Jurassic carbonates of the Venetian Alps, Italy: A record of supercontinent breakup, gradual eustatic rise, and eutrophication of shallow-water environments. — In: LOUCKS, R. G. & SARG, J. F. (eds): *Carbonate Sequence Stratigraphy: Recent Developments and Applications*. American Association of Petroleum Geologists Memoir **57**, 63–105.
- Kézirat beérkezett: 2017. 10. 27.