

Visegrád pusztulása az oszmán-török hódoltság előtt – az 1541-es földrengés történeti és archeoszeizmológiai nézőpontból

KÁZMÉR Miklós¹, AL-TAWALBEH, Mohammad^{1,2}, GYÓRI Erzsébet³, LASZLOVSZKY József⁴, GAIDZIK, Krzysztof⁵

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, Budapest, mkazmer@gmail.com, Orcid: 0000-0003-1092-1316

²Ministry of Education, Irbid, Jordan, moh_tawalbeh89@yahoo.com

³HUN-REN FI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest, gyori@seismology.hu

⁴Department of Medieval Studies, Central European University, Budapest, Hungary – Vienna, Austria, Laszlovj@ceu.edu

⁵Institute of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec, Poland, krzysztof.gaidzik@us.edu.pl

Destruction of Visegrád before the Ottoman occupation – historical and archaeoseismological data on the 1541 earthquake

Abstract

The Danube Bend was the site of the proposed Nagymaros dam, part of the Gabčíkovo–Nagymaros hydropower complex in Slovakia and Hungary. The dam was designed in the 1970s to resist intensity VI seismic events. We present historical and archaeological evidence for an intensity IX earthquake on 21 August 1541, which destroyed buildings in the royal town of Visegrád. Evidence includes vertical fissures cutting through the 30 m high, 13th century donjon Salamon Tower, built on hard rock. Some parts of the 15th century Franciscan friary situated in the town of Visegrád, built on the alluvial plain, collapsed due to liquefaction of the subsoil. The date of a potentially responsible earthquake on 21 August 1541 was recorded in a sermon of the eyewitness Lutheran minister Péter Bornemisza, living at Pest, 35 km away. Taken by the Ottoman army in 1544, the royal town and the palace of Visegrád lost strategic importance, never to be rebuilt. Photographs and drawings of the donjon made three centuries later faithfully reflect the status of 16th century seismic damage, corroborated by modern archaeological excavations in the ecclesiastic complex. Investigations in historical seismology and archaeoseismology are essential components during planning of critical facilities.

Keywords: archaeoseismology, historical seismology, Visegrád

Összefoglalás

A Duna-kanyar lett volna a helyszíne a tervezett nagymarosi duzzasztógátnak, a bős–nagymarosi vízerőműrendszer legelső tagjának. A gátat az 1970-es években tervezték olyan stabilra, hogy ellenálljon VI-os intenzitású földrengéseknek. Magyarországon eddig még nem alkalmazott eljárással történeti följegyzéseket, fényképeket és rajzokat, valamint régészeti ásatások adatait sorakoztatjuk fel annak igazolására, hogy 1541. augusztus 21-én egy IX-es intenzitású rengés pusztította el Visegrádot. Bizonyítékaink között vannak a Salamon-tornyot kettévágó hasadék és a királyi palota szomszédságában egykor állt ferences kolostor maradványain felismerhető deformációs jelenségek. A Salamon-tornyóról a 19. század végén készült rajzok és fényképek hűen dokumentálják a 16. századi földrengéskárokat. A pontos datáláshoz a rengés során tönkrement ferences kolostor – régészeti ásatásokkal megtámogatott – története szolgált adalékokat. A királyi palotára és a kolostorra vonatkozó történeti dokumentáció elemzésével megállapítottuk, hogy Visegrád katasztrófájáért korábban a települést pusztító nagy árvizek mellett az a rengés lehetett felelős, amelyet 1541. augusztus 21-én Pesten élt át Bornemisza Péter, későbbi lutheránus püspök. Visegrádot 1544-ben elfoglalta a török, ezáltal megszűnt stratégiai jelentősége; a pusztuló és romos épületeket és a várost nem építették újjá. A történeti és régészeti kutatások eredménye ismét felhívja a figyelmet arra, hogy kritikus létesítmények tervezésénél elengedhetetlen feltétel a környezet történeti-szeizmológiai és archeoszeizmológiai vizsgálata.

Tárgyszavak: archeoszeizmológia, történeti szeizmológia, duzzasztógát

Bevezetés

A Duna-kanyarban vágja át Európa második legnagyobb folyója a Magyar-középhegységet. A 200 méter mélyre bevágódott meder a hegység kiemelkedésének ütemében ma is mélyül (RUSZKICZAY-RÜDIGER et al. 2005, KARÁTSON et al. 2006). A térképi nézetben U alakú folyómeder ma még ismeretlen tektonikai folyamatok eredőjeként alakulhatott ki (1. ábra). A szűkület mint egy duzzasztógát ideális színpontja már jó évszázada foglalkoztatja a vízépítő mérnökök fantáziáját. A terv majdnem valóra vált, amikor Csehszlovákia és Magyarország 1977-ben szerződést kötött a Bős–Nagyymaros vízerőmű-komplexum megépítésére. Ebben Nagymaros és Visegrád között gáttal zárták volna el a Dunát. A viszszaduzzasztott területre érkezett volna a csúcserőműként működő bőszi duzzasztó napi kétszeri árhulláma, illetve egy kisebb erőművet építettek volna magába a gátba.

A terület földrengés-veszélyeztetettségét akkoriban minimálisnak tartották, mert sem a modern, műszeres korból, sem történeti adatok alapján nem volt ismert olyan rengés, amely esetleg veszélyeztette volna a tervezett létesítményeket (RÉTHLY 1952, ZSÍROS 2000). A tervezéskor figyelembe vett, mértékadó intenzitás VI-os volt az MSK-64 skálán (MISTÉTH 1987).

A megindult építkezést végig követték a földtani (BENCE et al. 1991, KOPÁS & CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY 1999) és mérnökgeológiai vizsgálatok (GÁLOS et al. 1988). Sem a megelőző vizsgálatok során, sem az alapárok kiásásakor nem találtak földrengési tevékenységre utaló nyomot. Ennek ellenére az 1980-as évek végén aggodalmak merültek föl a gát szeizmikus biztonságát illetően (CSEREPES et al. 1989). A hivatalos vizsgálat (BIZOTTSÁG 1989) megállapította, hogy a tervezés során nem készült korszerű szeizmológiai kutatás. A Geofizikai Intézet által időközben rohamtempóban elkészített szakvéleményt, mely szerint IX-es intenzitású esemény bekövetkeztére kellene méretezni az erőművet, a vízépítő mérnökök elhárították a közeli, középkori erődtípusok épségére hivatkozva (MISTÉTH 1994). Végül a bekövet-

kező politikai változások következtében, de részben azokat kezdeményezve Magyarország kihátrált a szerződésből. A bőszi erőmű és csatolt műtárgyai megépültek – akkor már – Szlovákiában, a nagymarosi gát ügye pedig *ad acta* került. A politikai, gazdasági, környezetvédelmi és műszaki viták azóta sem zárultak le. Ezek friss összefoglalását adja a gáttal pártolva ZSUFFA et al. (2023) és ellenezve REYNOLDS (2020) tanulmánya. Jelen tanulmányunkban történeti és régészeti adatokat tárunk az olvasó elé egy archeoszeizmológiai vizsgálat eredményeként, melyben bemutatjuk, hogy Visegrád középkori épületei mikor és milyen mértékű földrengési károsodást szenvedtek.

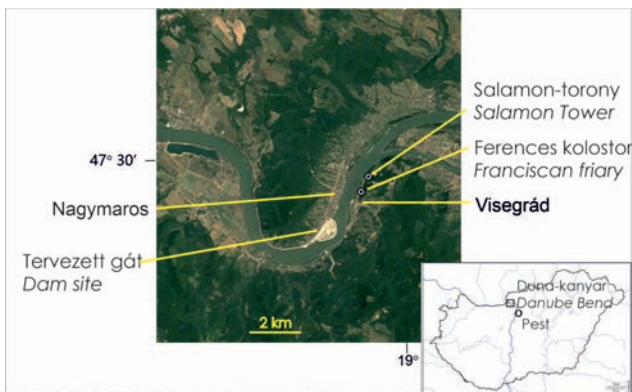
Módszerek

Két épületet tanulmányoztunk részletesebben: az úgynevezett Salamon-tornyot és a volt ferences kolostort. Mindkettő a Duna partján, a hajdani királyi palota közelében áll. Figyelembe vettünk a városban álló más épületekre vonatkozó történeti adatokat is. A régészeti ásatások során feltárt talajrétegeket a rajtuk álló épületalappal összefüggésben értékeltük. Archeoszeizmológiai terepi vizsgálataink során az épületeken vagy azok megmaradt részein észlelt sérülési bélyegeket azonosítottuk, fölmértük és leírtuk. Ahol restaurálás és újjáépítés során ezeket eltarták, ott archív rajzokat és fényképeket tanulmányoztunk. Rajzokkal és fotókkal dokumentáltuk a megfigyeléseket. Sorozatfelvételekből háromdimenziós modelleket készítettünk az Agisoft Metashape szoftverrel (FORLIN et al. 2017). A falak és sérüléseik irányát és dőlésszögét lézer távmérővel, mérőszalaggal, dőlésmérővel, kitűzőléccel és lézerszintezővel mértük meg. Új módszert fejlesztettünk ki a jellegtelenn, de erősen deformált padlószint fölmérésére. Négyzethálóban fölfektetett, 10×10 cm-es rácspontra állított mérőléc osztásait lézeres szintező segítségével olvastuk le. ArcGIS 10-ben végzett TIN interpolációval készült a 3D modell. Az ESI-2007 környezeti szeizmicitási skálát alkalmaztuk a rengés intenzitásának megállapítására (MICHETTI et al. 2007). A sérülési mintázatokat az Archeoszeizmológiai Adatbázisban található fényképekkel vetettük össze (KÁZMÉR & GAIDZIK 2023).

Eredmények és értékelésük

Visegrád és a Duna-kanyar

A Duna két oldalán, egymással szemben mintegy 600 méterre található a bal parton Nagymaros község és a jobb parton Visegrád városa (1. ábra). A 13. és a 16. század között Visegrád egyike volt a Magyar Királyság uralkodói székhelyeinek, sőt a 14. században fővárosi szereppel is bírt. Nagymaros virágzó kereskedelmi település volt a középkorban. A 16. század közepétől, az oszmán-török hódítástól kezdve Visegrád elvesztette korábbi jelentőségét, és gazdasági élete lehanyaglott. Sohasem nyerte vissza korábbi szerepkörét. A nagy építkezések megszűntek, az épületeket elhagyták, anya-



1. ábra. A Duna-kanyar Google Earth felvételén 1994. december 31-én. A folyó medrében látható a nagymarosi gát építését szolgáló körtöltés (később elbontották) és a vizsgált középkori épületek helye

Figure 1. Site of the proposed Nagymaros dam and medieval archaeological sites at Visegrád. Vintage Google Earth image, dated 31 December 1994. The dam construction site is still visible, removed later

gukat kitermelték, egy részüket pedig a hegyoldal törmeléke és földcsuszamlások betemették (IVÁN 2004).

Visegrád és Nagymaros egyaránt a Duna legalsó, pleisztocén teraszára épült, de házsorai felhúzódtak a szomszédos hegyek lejtőire is (PÉCSI 1959). Kutatásaink során Visegrád kevés, akárcsak részleteiben fennmaradt középkori épületét vizsgáltuk: a Salamon-tornyot, amely egy 13. századi lakótorony, a királyi palotakomplexumot és a szomszédos ferences kolostort. Vizsgálataink arra irányultak, hogy esetleges múltbéli földrengések nyomaira találjunk (KÁZMÉR et al. 2019, 2021), illetve hogy magyarázatot kapjunk a ferences kolostor régészeti feltárása során megfigyelt, nagymértékű szintsüllyedésre.

Salamon-torony

A Salamon-torony miocén korú andezit piroklastikum kőanyagából épült (TÖRÖK 2008). Visegrád városától délre áll egy meredek, andezit agglomerátumból álló hegyoldalon, mintegy 35 méterre a Duna fölött. A hajdani lakótorony megnyúlt hatszög alaprajzú: 30 m hosszú észak-déli irányban és 17 m széles erre merőlegesen. Ma 30 méteres magasságig állnak falai (2. ábra).

Történetét IVÁN (2004) alapján az alábbiakban foglaljuk össze. A Salamon-torony és környezete volt a visegrádi erődrendszer alsó vára, melyet a Duna folyami és parti úti forgalmának ellenőrzésére építettek. IV. Béla király a 13. század közepén építtette a tatárjárás után kiépült dunai védővonal egyik legfontosabb elemeként (LASZLOVSKY 2021). Belsejét a 14. században átalakították uralkodó rezidencia céljára. Ezt követően, tönkremenetelig csak katonai célokra használták.

A lakótorony belseje öt emeletre tagolódik. A falak min-



2. ábra. V alakú sérülés a Salamon-torony déli sarkában, az I. Ferdinánd csapatai által vezetett várostrom eredménye. Az 1540. október 12-én bekövetkezett omlás feltárta a lakótoronyt mind a hat emeletét. A szemlélővel szembenéző, keleti oldalon az ablakok vonalában végigfutó, függőleges repedés látható – ez erős földrengés nyoma, mely az ostrom okozta sérülésektől függetlenül keletkezett. BESZÉDES Sándor felvétele 1870-ben (Forster Központ Fotótára 52495N) (Bozóki 2014, 2. ábra)

Figure 2. V-shaped collapse damaged all six floors of Salamon Tower as seen in 1870. View from east. The collapse scar on the left was caused by cannonfire on 12 October 1540. Note the vertical fracture along the vertical row of windows – this is an indication of severe seismic shaking. Photograph by Sándor BESZÉDES (Photo Archives of Forster Centre 52495N) (Bozóki 2014, fig. 2)



3. ábra. A Salamon-torony nyugati oldalán, a teljes 35 méteres magasságon, az ablakok vonalában végigfutó, függőleges hasadék: erős földrengés bizonyítéka. GREGUS Antal ceruzarajza 1872-ből (Forster Központ Fotótára 55908N) (Bozóki 2014, 4. ábra)

Figure 3. Vertical fissure across all six floors on the western facade of Salamon Tower, a clear signal of severe seismic shaking. Pencil drawing by Antal GREGUS in 1872 (Photo Archives of Forster Centre 55908N) (Bozóki 2014, fig. 4)

denhol egyenletesen 3,5 m vastagok, kivéve az északi és a déli sarkot, ahol 8 métereseek. A nyugati és a keleti falban minden szinten egy-egy faragott kőelemekkel kialakított ablaknyílást találunk. A déli sarok 8 méteres falában volt hajdan az emeletekre vezető lépcső. A déli sarok helyén néhány évtizede még egy hatalmas omlás volt látható, mely révén a torony egész belseje feltárult (2. ábra). Ezt – köztes, fából készült megoldások után – ma 20. századi, kő és beton kiegészítés takarja (LŐVEI 2014). Valamennyi még álló falat függőleges hasadékok szelnek át (3, 4. ábra).



4. ábra. A Salamon-torony észak felől. Az ék alakban összefutó, ablaktalan falak középvonalában jól látszik egy-egy függőleges hasadék. Jakob ALT grafikája 1821–1826-ból (Bozóki 2014)

Figure 4. Salamon Tower from north. Both windowless walls bear a vertical fissure, down to the middle of the height; these are potential markers of earthquake shaking. Etching by Jakob ALT, ca. 1821–1826 (Bozóki 2014)

A déli sarok omlása az 1540-es ostrom következménye. Ennek során I. Ferdinánd magyar király csapatai négy napon át ágyúzták a tornyot, benne a Szapolyai Jánoshoz hű védősereggel. Az utolsó napon az öt emelet magas fal leomlott, és a várvédők megadták magukat. A négy évvel későbbi török foglalás eredményeképpen az építmény elvesztette stratégiai jelentőségét, ezért sem a lakótornyot, sem az azt körülvevő alsóvárat nem építették többé újjá.

A 19. században, amikor még a királyi rezidencia emléke nem halványult el, különféle restaurálási módokkal kísérleteztek. Eleinte követ és fát, később, az 1970-es években az akkor divatos vasbeton pótlást alkalmazták. A homlokzati kőpótlás és a vakolás lényegében minden katonai vagy természeti eredetű sérülést eltüntetett (BOZÓKI 2005, 2014). Ezeket ezért elsősorban a 19. századi rajzokon, felméréseken és fényképeken lehet tanulmányozni. Az ily módon meg-



5. ábra. Magas, karcsú tornyokat hosszában kettéhasító, földrengés okozta sérülések. A) A 2012-es földrengésben megsérült templomtorny (Finale Emilia, Emilia-Romagna tartomány, Olaszország) (ACITO et al. 2014, 2a ábra). B) Az 1880-as földrengésben hosszában végighasadott torony (Szent Márk-templom, Zágráb, Horvátország) (KOZÁK & ČERMÁK 2010, 105. ábra). C) A 2009-es, Mw 6,3-as földrengésben megsérült harangtorony (L'Aquila, Olaszország) (PRECIADO et al. 2020, 10. ábra). D) A 14. században épült Mansourah-mecset minaretje az algériai Tell-hegységben, a marokkói határ közelében, erősen szeizmikus zónában. A metszet az 1870-es években készült (MORENA 2015, 1. ábra)

Figure 5. Earthquake-induced vertical fissures along slender, tall towers. A) Bell tower damage in the 2012 earthquake (Finale Emilia, Emilia-Romagna, Italy) (ACITO et al. 2014, fig. 2a). B) The 1880 earthquake vertically cut through the bell tower of St. Marcus church in Zagreb, Croatia (KOZÁK & ČERMÁK 2010, fig. 105). C) Bell tower damaged in the 2009 earthquake, Mw 6,3 (L'Aquila, Italy) (PRECIADO et al. 2020, fig. 10). D) Minaret of the 14th century Mansourah mosque in the Tell Mts, Algeria, near the Moroccan border, standing in a strongly seismic zone. Graphic probably from the 1870s (MORENA 2015, fig. 1)

őrződött információ az 1544-es török foglalást közvetlenül megelőző idők állapotát mutatja (2–4. ábra), és alkalmas archeoszeizmológiai vizsgálatokra.

A leginkább föltűnő sérülés az 1540-es ostrom következtében leomlott sarok helye (IVÁN 2004). A 2. ábra fényképét és a 3. ábra rajzát megfigyelve láthatjuk, hogy vannak a tornyon az ostromhoz nem köthető sérülések is. A keleti, hegy felőli és a nyugati, Duna felőli homlokzat közepén, mind az öt emeleten, az ablakok sorát követve végighúzódnak egy-egy függőleges hasadék (2, 3. ábra). Ezeken kívül az északi sarkot bezáró két, ablak nélküli falat is félmagasságig végigtartja egy-egy hasadék (4. ábra). Földrengés által megrongált tornyok, legyenek akár lakó- vagy temetkezési helyek, vagy templomtornyok, gyakran viselnek hasonló sérüléseket, általában az egymással szemben álló falak középvonalában (5. ábra). A tunéziai Sousse várának (*kasbah*) saroktornya a 859-es földrengésben repedt végig (BAHROUNI et al. 2020, 4.2 ábra). Az angliai Broadstairs Szent Péter-templomának tornya az 1580-as rengés nyomait viseli (MUSSON 2007, 10. ábra). A Fülöp-szigeteki Manila Szent Ágoston-templomának az 1880-as rengésben megsérült tornyával egyetemben (SAITA et al. 2004, 5b ábra) valamennyien jól mutatják a jelenséget. Nemesgyzer a végighasadt tornyoknak egyik fele leomlott, míg a másik állva maradt: az olaszországi Emilia-Romagna-tartománybeli Finale Emilia óratornya 2012-ben szenvedett hasonló sérülést (5. A ábra) (ACITO et al. 2014). Míg a Salamon-torony déli sarkának leomlása történeti forrásokkal pontosan dokumentált, a többi függőle-

ges hasadék mind olyan falat szel át, melyek az ágyútűztől védettek voltak. Ezért gondoljuk úgy, hogy ezeket a hasadékokat földrengés okozta.

A ferences kolostor

A visegrádi királyi palota tőszomszédságában található a kolostor régészeti feltárt maradványai (BUZÁS et al. 1995). Zsigmond király alapította 1424–1425-ben az obszerváns ferences rend számára (LASZLOVSKY 2009). A Duna legalsó teraszára épült a kelet-nyugati tájolású, Szűz Máriának szentelt gótikus templom és az északon hozzá csatlakozó, négyzet alaprajzú kolostorépület. Mátyás király fedezte a 1470–1480-as renoválás és megnagyobbítás költségeit. A 16. század elején (Jagelló-kor) pedig további átépítésekre került sor. Szokatlan részlete az épületnek, hogy a kerengő északi szárnya szélesebb volt, mint a többi; itt egy sor vörösmárvány oszlop tartotta a kéthajós boltozatot. Utóbbi II. Ulászló (1490–1516) idején építették. A kerengő boltozata fölött helyezkedtek el a szerzetesek cellái. Mára csak legfeljebb 2,5 m magas falak maradtak meg egyes épületrészeknél a kolostorból, ezért elsősorban a teljes területen feltárt járszintet vizsgáltuk (6. ábra).

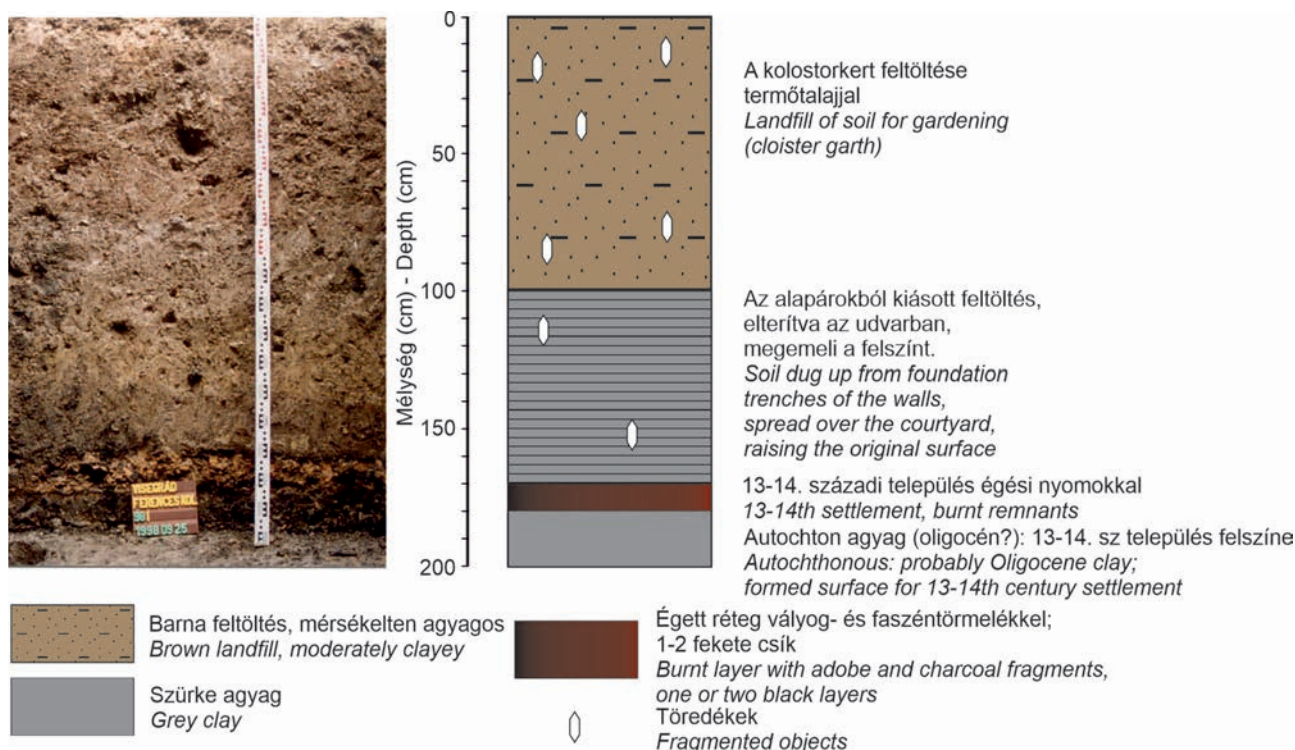
Altalaj

A kolostor közvetlenül a tőle keletre húzódó hegy lejtőjének lábához épült. A legfeljebb 2 m mélységig hatoló egyik régészeti szonda rétegsorában a hajdani Duna-terasz-



6. ábra. A visegrádi ferences kolostor alaprajza (KISS & LASZLOVSKY 2013 után, módosítva). A déli fal 3 m magas, a többi legfeljebb 1–1,5 m. A négyzetek és a beléjük irt számok a továbbiakban közölt fényképeket jelzik. 8 - a kerengő déli szárnya: padlózata 10–20 cm-t süllyedt, hullámasan. 9–10 - a 80 cm-t elérő süllyedés helyszíne. 11 - a lesüllyedt és megbillent lépcsőfokok. 12 - a falba mélyedő gerendafészek a lesüllyedt padlószint fölött

Figure 6. Franciscan friary at Visegrád. Ground-floor plan of the cloister (after KISS & LASZLOVSKY 2013, modified). The southern wall is 3 m high, other walls are less than 1–1.5 m high. Numbers in rectangles refer to the photo sites below. 8 - floor of the rectangular, covered cloister walk has subsided by about 10–20 cm in average. 9–10 - site of 80 cm subsidence in the NW corner of the cloister walk. 11 - subsided stairs. 12 - beam holes to support a wooden floor



7. ábra. A kolostor udvarán mélyített szonda rétegsora (lásd még I. táblázat)
Figure 7. Excavated profile of subsoil at probe in the cloister garth (see also Table I)

nak sem homok-, sem kavicsos üledékét nem találták meg, hanem 1.8 m mélyséig csak feltöltést (7. ábra, I. táblázat). A régészeti feltárás eredményeképpen a kolostorépület több részéről is rendelkezünk információval, amelyek a középkori település, majd a 15. században épült kolostor rétegsorait mutatják. Az udvar 5 m mély kútját feltárták: olyan bőséges mennyiségű vizet szolgáltatott, hogy az ásás folyamán mindvégig szivattyúzni kellett. Azóta is folyamatosan áll benne a víz, amelynek szintje a Duna vízszintváltozásait is követi. A kolostor főfalai autochthon agyagon állnak.

A kerengő sérülései

Az udvart körülvevő, négyszög alaprajzú kerengő padlóját habarcsba ágyazott téglá burkolta. Eredetileg vízszintes, sík felszíne ma különféle deformációs bélyegeket hordoz (8. ábra). Néhol csak 15 centiméterrel, egyes részei vi-

szont akár 80 centiméterrel is az eredeti járószint (az alapfalak teteje, felmenő falak alsó szintje) alá süllyedtek. Az északnyugati sarokban, kb. 40 m²-es területen hatalmas üreg képződött: derekáig ér a benne állónak (6. ábra, 8. és 9. lelőhely; 9. ábra). A részletes topográfiai felmérés alapján készült, háromdimenziós modell azt mutatja, hogy a megsüllyedt, de megőrződött padlószint alól mintegy 14 m³ anyag hiányzik: ekkora a gödör térfogata (9, 10. ábra).

A megsüllyedt terület nyugati oldalán két lépcsőfok vezetett a szomszédos refektórium bejáratához (5. ábra, 8. lelőhely; 11. ábra). A lépcsők és az alattuk lévő padlószint egyaránt megsüllyedt, és oldalra, észak felé dőlt. Ennek következtében a lépcső jobb oldali vége 70 cm-rel van mélyebben, mint eredeti helyzete. A szomszédos, falba mélyedő lyukak valószínűleg gerendafészkek: a süllyedést követő javítás során ideiglenes fapadlót építettek; ezt tartották a gerendák (6. ábra, 12. lelőhely; 12. ábra).

I. táblázat. Régészeti szonda rétegsora a visegrádi ferences kolostor udvarán (1998)

Table 1. Stratigraphy of an archaeological probe in the courtyard of the Franciscan friary (1998)

Mélység	Megfigyelés	Értelmezés
0,0–1,0 m	Barna feltöltés építési törmelékkel. Mérsékelt agyagos.	Talaj a kolostorudvar művelhetővé tételére.
1,0–1,7 m	Zöld agyag kevés építési törmelékkel. Anyagában megegyezik a legalsó agyaggal.	A falak alapárkából kiásott talaj, elterítve az udvaron. Megemelte az eredeti terepszintet.
1,7–1,8 m	Égett réteg vályog- és faszéndarabokkal, 1–2 fekete réteg.	13–14. századi település égésnyomokkal.
1,8–2,0 m	Zöld, zsíros agyag, lelet nélkül.	Autochthon agyag, valószínűleg oligocén. A 13–14. századi település simított felszíne.



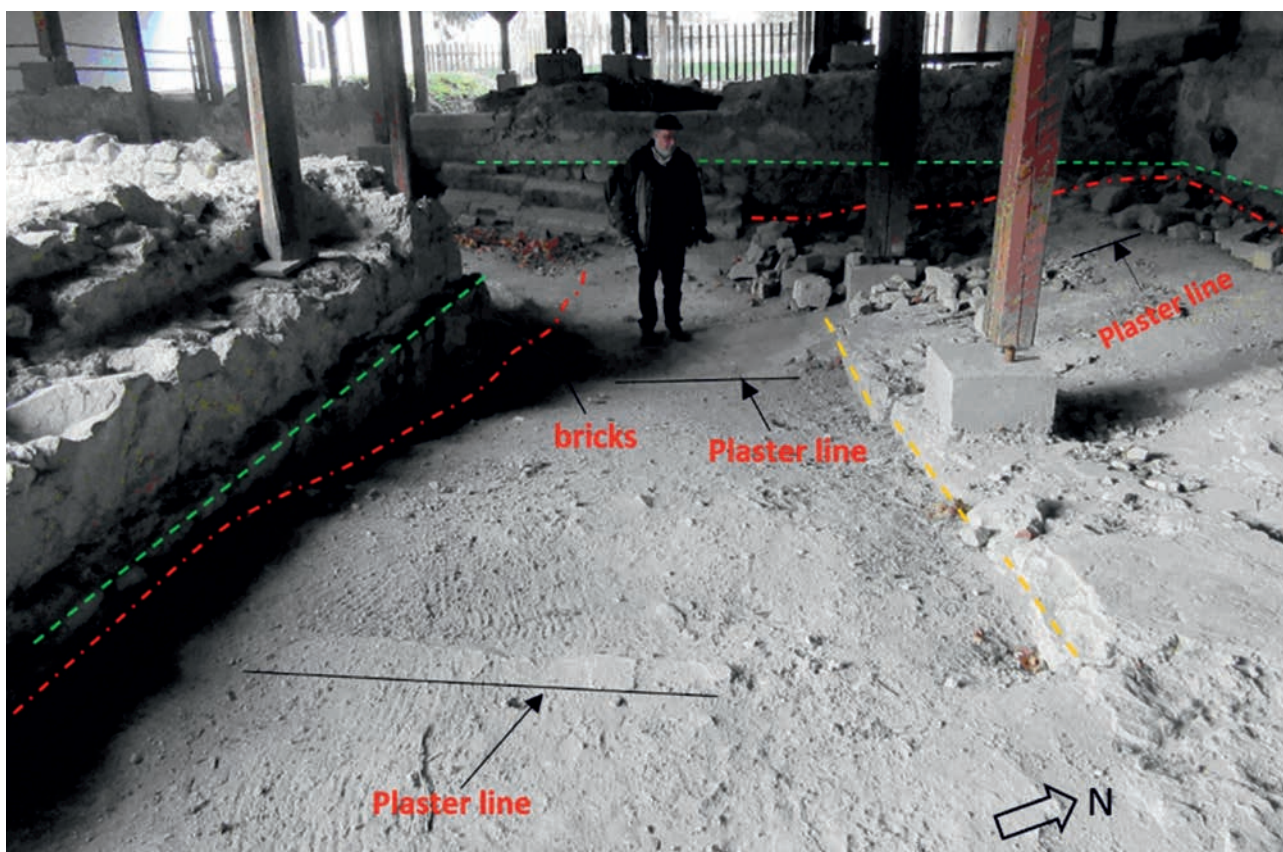
8. ábra. Hullámosan deformálódott és megsüllyedt padló a kerengő déli szárnyában, nyugatról nézve. Az eredeti téglaburkolatot fölszedték; most az ágyazóhabarcs felszíne látható. Ez a 6. ábrán jelölt 8. sz. helyszín. Az Archeoseizmológiai Adatbázis (ADB) #6699 sz. fényképe

Figure 8. Undulating floor in the southern sector of the cloister walk. Originally covered by bricks, now the underlying plastered surface is visible. View to east. Site 8 on Fig. 6. Archaeological Database (ADB) photo #6699

Értelmezés

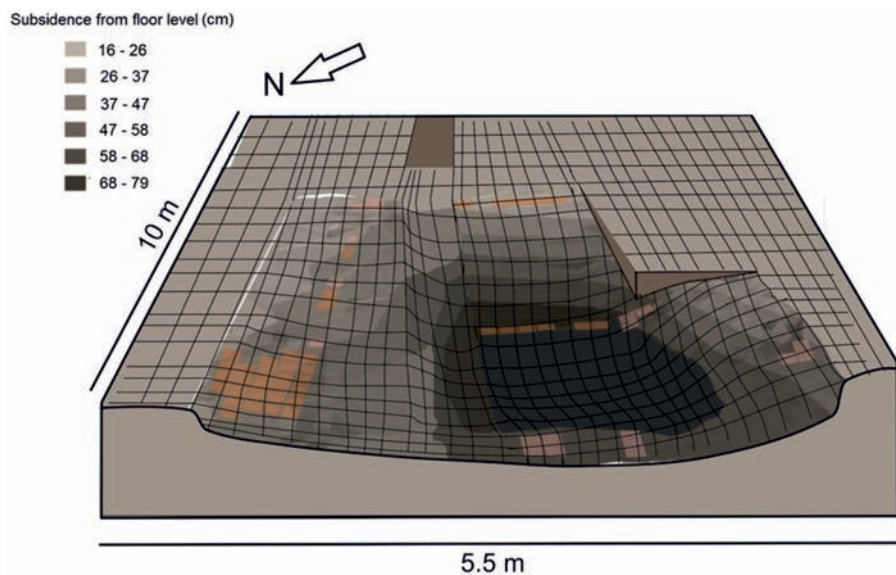
Árvíz vagy földrengés? A károsodás mechanizmusa

Az 1990-es régészeti feltárások során a sérüléseket, a különféle deformációkat és a megmaradt falakban megfigyelhető sérüléseket pontosan rögzítették (BUZÁS et al. 1995, HALÁSZ & MORDOVIN 2002, LASZLOVSZKY & ROMHÁNYI 2003). Ezeket a régészetben bevett módon katonai műveletek, a felhagyást követő természetes pusztulás és az épületek kőbányaként való felhasználása nyomainak tulajdonították. Később KISS & LASZLOVSZKY (2013a, b) fölvetették, hogy a Duna megnövekedett árvízszintje szerkezeti károsodásokat okozhatott a kolostorban a kora 16. században. Ezekről az árvizekről részletes történeti és kevesebb régészeti dokumentáció maradt fenn. KISS Andrea (2012, 2019) később újabb tanulmányokban és nagy jelentőségű monográfiájában bizonyította a 16. században megfigyelhető egyre súlyosabb árvizek meglétét. Ugyanakkor tudjuk a dunai árvizekről, hogy ezek többnyire néhány napig, esetleg 1–2 héti tartanak csak, legalábbis napjainkban. Tönkretethetik az elá-



9. ábra. A kerengő megsüllyedt padozata az északnyugati sarokban, kelet felől nézve. Az eredeti padlószintet vízszintes, szaggatott zöld vonal jelöli a baloldali falon. A megsüllyedt padló helyzetét dőlt, szaggatott vörös vonal jelzi. A süllyedés legnagyobb mértéke 80 cm, ahol a régész áll. Néhány habarcsba ágyazott burkolati téglá még látható. A védőtetőt tartó faoszlopok az eredeti boltozatot tartó kőoszlopok helyén állnak. Sárga vonal jelöli a jobb oldali, kéthajójú kerengőszárny középső oszlopsorához tartozó, a padlóval együtt megsüllyedt alapfalat. A megdőlt és megsüllyedt lépcsők (11. ábra) láthatók a háttérben. Ez a 6. ábra 8–9 sz. lelőhelye. ADB #6705. sz. fénykép. Bricks – megőrződött téglaburkolat. Plaster line: a téglaburkolat fektetőhabarcsának felületét jelző vonal

Figure 9. Subsided floor of the cloister walk in the northwestern corner. Original floor level marked on left with a green, horizontal, dashed line. Subsided floor marked with inclined, red dashed line. Maximum subsidence is 80 cm, where person stands. A few floor bricks, embedded in mortar, are still in place. Wooden columns, supporting protective roof of the excavated area, replace stone columns, which supported a double vault. The latter collapsed during shaking, due to subsidence of its foundation (raised, between aisles). Subsided, tilted stairs visible behind person (see Fig. 11). View to west. Sites 8–9 on Fig. 6. ADB photo #6705



10. ábra. A kerengő északnyugati sarkában a padlózat mélyedése háromdimenziós modellen, a nyugati fal felől nézve. A rácsháló jelzi az alakot, a szürke színskála a mélységet. Rózsaszín jelöli a megőrződött téglaburkolatot. Narancsszín: habarcs. A gödör térfogata 14 m^3 , ennyi talaj mosódott ki a padlószint alól a földrengés keltette talajfolyósodás során

Figure 10. 3D model of 0.8 m deep depression in NW corner of cloister. View to east. Grid shows the shape, grey tint marks depth. Pink: preserved bricks. Orange: plaster. Total calculated volume of ejected material is ca 14 m^3 in this part of the cloister



11. ábra. Megsüllyedt és megdőlt lépcsőfokok a kerengő nyugati falánál. A lépcső a refektóriumba vezetett. A lépcső teteje eredetileg a vízszintes, szaggatott vonal magasságában volt; onnét süllyedt 70 cm-t. A háromdimenziós modell a structure-from-motion technikával készült. A 6. ábra 11. sz. lefolyhelye. ADB #6724

Figure 11. Tilted and subsided stairs 70 cm below thresholds of the doors in the western wall of cloister walk. Top of the stairs was at the upper dashed line before subsidence. 3D model by structure-from-motion photography. View to SW. Site 11 on Fig. 6. ADB photo #6724



12. ábra. Gerendafészkek a ferences kolostor kerengőjének északkeleti sarkában. A megsüllyedt lépcsőfokok fölé vésett lyuk egyértelműen jelzi, hogy a gerendák beillesztésére, a padló készítésére a földrengés után volt szükség. Ez a 6. ábrán látható 12. sorszámú helyszín. ADB #6707

Figure 12. Holes for beams: one above the subsided stairs(!), indicating it was carved after subsidence. There is another in the wall in the back. Beams supported a wooden floor, put above the useless stairs. Site 12 on Fig. 6. ADB photo #6707

rasztott épületben a bútorzatot, esetleg a falakat borító vakolatréteget, de nem okoznak szerkezeti károsodást sem a téglala-, sem a kőfalakban. A vályogházak azonban szinte azonnal összedőlnek, amint árvíz éri őket. A ferences kolostor faragott kövekből, gondosan épült, jelentős alapfalakkal rendelkezett. Nem is lehetett volna másképp egy királyi pénzből, a királyi palota tőszomszédságában álló épület esetében. Hasonlóképpen, gyakori árvizek sújtották a folyó mentén lejjebb, a Buda melletti Nyulak-szigetén (mai Margit-sziget) álló, úgyszintén királyi alapítású, domonkos apácakolostort. A 13. századtól kezdve fennmaradt elbeszélő forrásokból tudjuk, hogy egyes nagy áradások, a 15. század végétől pedig egyre gyakrabban jelentkező és súlyos árvizek megzavarták a kolostor lakóinak mindennapi életét, de épületkárokról nem maradtak fenn feljegyzések (VADAS 2013). Valószínűleg az árvízveszély okozta, hogy több épületmaradványon is megfigyelhető a padlószint újjáépítése, de magasabb szinten, ahogy ez a visegrádi királyi palota és a ferences kolostor ásatásánál is jelentkezett. Az utóbbinál az árvizek egyre fokozódó hatását mutatja, hogy a folyóhoz közeli oldalon egy nagy méretű pincét betömtek a 16. század elején, és helyette a hegy sziklájába faragtak egy új pincét. Mindezekkel együtt a kerengőfolyosó nagymértékű süllyedésére és a refektórium előtti lépcső deformációjára nem adnak egyértelmű magyarázatot a 16. század első felének árvizei.

Talajfolyósodás

Véleményünk szerint a ferences kolostor kerengőjében, a padlózat északkeleti részén található jelentős süllyedés az altalaj folyósodásának következménye. Ez a jelenség akkor alakul ki, amikor lökéshullám következtében a pórusnyomás megnő, és az üledékszemcsék eltávolodnak egymástól. Az altalaj folyadékként viselkedik, és elveszti teherviselő képességét. Az így kialakult egyenlőtlen tömörödés következtében az épület egyes részei eltérő mértékben süllyedtek meg. Ilyen helyzetekben rövid életű, legfeljebb percekig működő szökőkutak és homokvulkánok jöhettek létre a járószinten. Ilyenek hordhatták a ki a padlószint alól hiányzó 14 köbméternyi üledéket (9, 10. ábra) (BRAY & DASHTI 2014, GYÓRI 2006).

A kolostor főfalai tömött, szürke agyagon, a szálkőzetten állnak. A kerengő járószintje alatt viszont laza feltöltés található, mely valószínűleg az alapárkokból került oda. Ezt mutatja, hogy építési törmelék és régészeti leleteket is tartalmaz (7. ábra, I. táblázat). A kerengő északi szárnyát tagoló, egyébként utólag beépített oszlopsor alapozása is ezen a feltöltésen nyugszik. Ez az oka annak, hogy maguk az oszlopok is megsüllyedtek, és keresztirányú repedések vannak az oszlopalapokat összekötő sávalapozásban is. A kerengő valamennyi szárnyában láthatók padlódeformációk, de ezek mértéke sokkal kisebb. Mindez összefügghet azzal is, hogy a hegyhez közelebbi oldalon kisebb feltöltésre volt szükség a kerengő járószintjének kialakításakor. Az eltérés másik oka a kerengő mellett, a refektórium alatt kialakított pince lehetett.

Az északkeleti sarok 0,8 méteres süllyedése, melyet az alóla kimosott 14 m³ altalaj hiánya okozott, csak talajfolyó-

sodás során jöhetett létre. Ilyenkor a szeizmikus lökéshullámok beérkezése megnöveli a pórusnyomást; a pórusvíz – amerre csak lehet, általában fölfelé – kiszökik, magával sodorva az altalajt. A túlnyomásos közeg árasztotta el üledékekkel a szomszédos refektórium alatti pincszintet is. A téglapadló repedésein áttörő víz üledékekkel boríthatta be a padlót, amelyet a rengés után eltakaríthattak. Az ily módon megsüllyedt padló és az úgyszintén megsüllyedt két lépcső már nem biztosított kapcsolatot a kerengő és a szomszédos refektórium között: ezért fedték le a gerendafészekbe illesztett gerendákon nyugvó padlóval a megsüllyedt részt (12. ábra).

A kolostorépület padlószintjén megfigyelt alakváltozási jelenségek egy másik lehetséges magyarázata a szeizmikus eredetű talajfolyósodás során létrejövő szétcsúszás (*lateral spreading*) és talajcsúszás jelensége. A deformáció ugyanis javarészt az épület Duna felőli szakaszán jött létre, azaz a hegylábi lejtő legalsó részén (6. ábra). Erős földlökések okozhattak kisebb, a folyómeder irányába bekövetkező suvadásokat, melyek akár a kolostor alól is magukkal sodorhattak talajt. Ez az eset azért kevésbé valószínű, mert az épület 180 méterre van a mai Duna-parttól. A megőrződött alapfalak épek, nem viselik oldalirányú deformáció nyomát. A tervezett további ásatások tisztázhatják ezt a problémát.

Hasonló padlószinti deformációk ismertek más régészeti lelőhelyekről is (13. ábra). Az egyenlőtlen süllyedés okozta gödrösödés (hasonló átmérőjű és mélységű) szép példáit láthatjuk például a tunéziai Monastir római mozaikjain (BAHROUNI et al. 2014), a korinthoszi Lechaion katedrálisában (13.A ábra) (APOSTOLOPOULOS et al. 2015, MINOS-MINOPOULOS et al. 2015), az olaszországi Ferrara városában (CAPUTO et al. 2016) és a bizánci Gadara városában (ma Umm-Qais, Jordánia) (FANDI 2018).

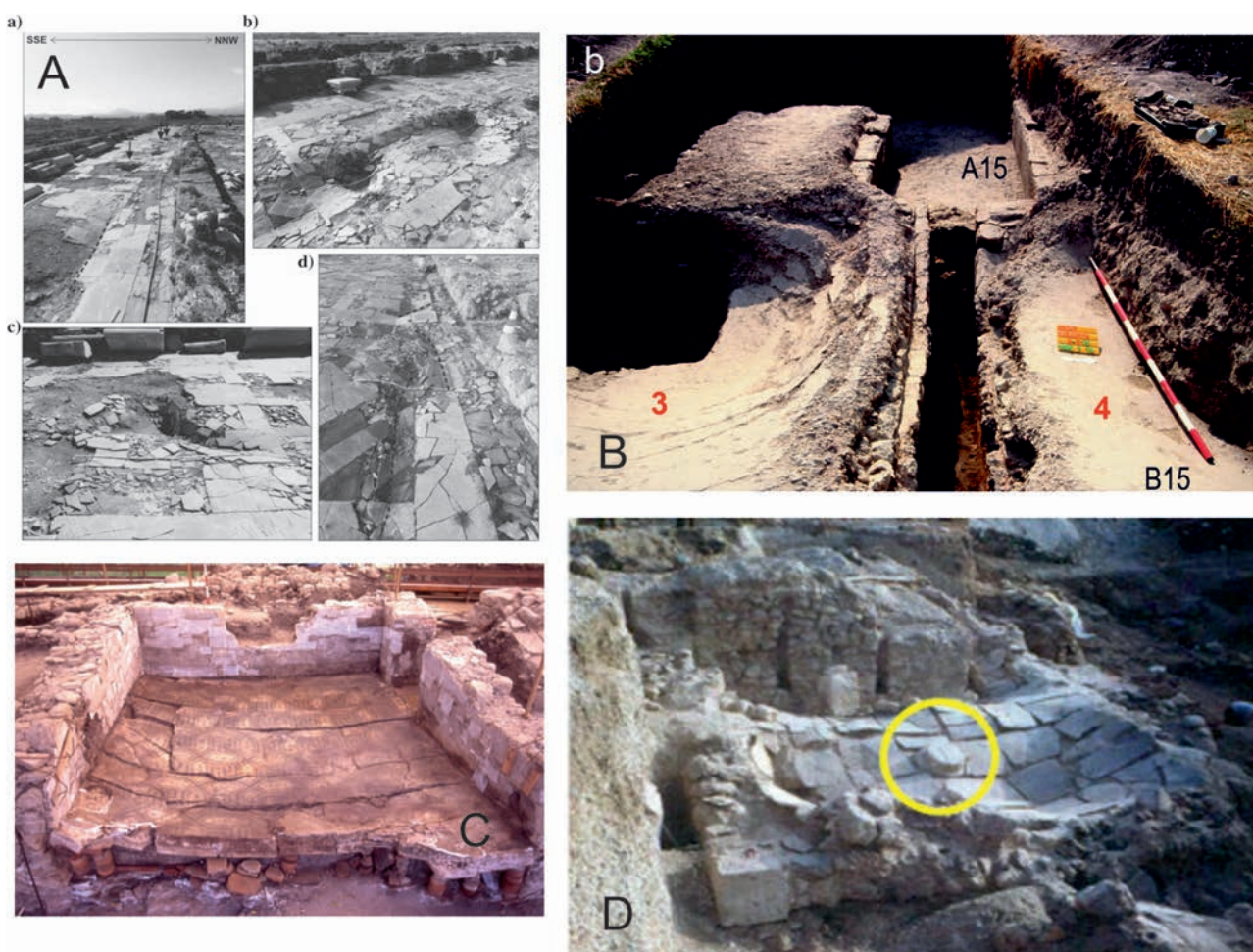
Melyik földrengés?

Mindezek nyomán olyan rengést keresünk, amely egyaránt felelőssé tehető a Salamon-torony és a ferences kolostor rongálódásáért. Tudatában vagyunk annak, hogy az utóbbi évezred kárpáti-pannon földrengéseinek 90%-ról semmiféle tudomásunk sincsen (KÁZMÉR & GYÓRI 2020); ezért kicsi az esélye annak, hogy megtaláljuk a pusztulásért felelős rengést.

Első kérdés: mikor volt a rengés? Nem ismerünk olyan történeti följegyzést, mely Visegrád földrengés okozta pusztulásáról tudósítana. A ferences kolostor építésének és átépítésének folyamatát a kor meglehetősen viharos történelmének kontextusába helyezve próbáljuk leszűkíteni a vizsgálandó időintervallumot (II. táblázat).

A pusztulás

Mikor rongálódott meg az épület? Mindenképpen a ferences konvent 1513-as országos gyűlése után, akkorra ugyanis el kellett készülnie a kolostor Jagelló-kori átépítésének. Ennek az átépítésnek volt az eredménye a kerengőfolyosó új boltozata, és az egyik oldal már említett oszlopsoros, kéthajós kialakítása. Ennek részleges pusztulása még a kolostor végső elhagyása előtt következett be, mivel a beszakadt bol-



13. ábra. Padlószintek deformációja talajfolyósodás és vízkiszökés hatására földrengések sújtotta régiókban. A) A Lechaion-katedrális kőezett padlózata (Korinthosz, Görögország) (APOSTOLOPOULOS et al. 2015). B) Tölcséres süllyedék terrazzo padlózaton. Átmérő kb.3 m (Brigetio, Magyarország). Az 1763-as komáromi földrengés közvetlen közelében lévő lelőhely (DOBOSI & KÁZMÉR 2022). C) Római villa megsüllyedt padlózata (Capo d'Orlando, Szicília, Olaszország) (BOTTARI 2016). D) Megsüllyedt padlózat, közepén megbillent oszlop talpzatával (Akrotiri, Thera, Görögország) (PAPAZOI 2022)

Figure 13. Deformed floors due to liquefaction of soil and water escape in seismic regions. A) Lechaion basilica, Corinth, Greece (APOSTOLOPOULOS et al. 2015). B) Funnel-shaped depression on the terrazzo floor of a residential house, ca. 3 m diameter (Brigetio, Hungary). Site next to the epicentre of the 1763 Komárom earthquake (DOBOSI & KÁZMÉR 2022). C) Depression in the floor of a Roman villa (Capo d'Orlando, Sicily, Italy) (BOTTARI 2016). D) Depressions on the floor of a paved room, Tilted column plinth in the middle (Akrotiri, Thera, Greece) (PAPAZOI 2022)

tozatot eltakarították, és a megsüllyedt folyosószakaszon faszervezettel alakították ki új járószintet. Figyelembe véve a kolostorra vonatkozó történeti adatokat, mindez valószínűleg 1535 után következett be, amikor még nyolc barát lakta a kerengő északi szárnya fölötti cellákat. Talán még 1539 után, amikor a kolostori hierarchia még teljes volt (ismerjük az apát/gvárdián nevét). 1539-ben Szapolyai János király még tataroztatta a szomszédos palotát, és ott töltötte a nyarat felesége, Izabella királyné társaságában. A Salamon-tornyot 1540-ben megvívó császári katonaság megtalálta és megitta az akkor még működő kolostor szerzeteseinek borát (IVÁN 2004: 69, 75. jegyzet). A *terminus ante quem* pedig a közeli Esztergom 1543-as és Visegrád várának 1544-es, oszmán-törökök általi elfoglalása. Ekkorra a szerzetesek már minden bizonnyal elmenekültek.

Földrengés 1541. augusztus 21-én

A 16. századi Magyarországról szinte alig ismertek történeti földrengési adatok (KÁZMÉR & GYÓRI 2020, 2021).

Fennmaradt azonban egy érdekes följegyzés az 1540. október 12-i visegrádi ostrom és az 1544-es török foglálás közötti időszakból (VARGA 2017). Ez BORNEMISZA Péter (1536–1584) lutheránus lelkipásztor felnőttkori följegyzése egy gyermekkorában átélt eseményről. Egyik prédikációjában így fogalmaz:

„Hatod Ielről monda: Es leßnec Föld indulasoc bizonyos helyeken. Ez ackoris meg lett midőn Christus wrunc Lelket ki boczatta, es halottaibol fel tamadot, Es az vtannis. Mi időnkbenis Buda veßedelme előtt az Nap annira el vezette fenyet, hogy deelbe az Czillagokat latnac, es olly föld indulas lett, hogy az polczrol az fazokac le hulnanac, es az tornyokis romlanac, ottis Budan es Pesten az en házamba.” (BORNEMISZA 1584, p. DCCVI).

A prédikáció ezen szakasza a Bibliára, a Jelenések könyvére utal, ahol a 11,13. versben ez áll: „És lőn abban az órában nagy földindulás, és a városnak tizedrésze elesék”. Buda veszedelme az 1541. augusztus 21-i napot jelenti, amikor

II. táblázat. Események a ferences kolostor életében a földrengés időpontja környékén

Table II. Events in the history of the Franciscan friary in the 16th century

Dátum	Esemény	Hivatkozás	Következmény
1513. március 15.	A magyarországi obszerváns ferences rendtartomány gyűlése.	BUZÁS et al. 1995	Az utolsó nagyobb építés és újjáépítés befejeződik. Az egész kolostor és a kerengő rendszerben működik.
1535	Nyolc testvér él a rendházban, négyük felszentelt pap.	BUZÁS et al. 1995	A kolostor rendszerben működik.
1539	Az apátok nevét eddig az évig ismerjük.	BUZÁS et al. 1995	A kolostor rendszerben működik.
1539 nyara	Szapolyai János király megjavíttatja a szomszédos királyi palotát. Felesége, Izabella királyné társaságában itt tölti 1539 nyarát.		A kolostor működik.
1540. október 12.	Velsius osztrák tábornok megostromolja a Salamon-tornyot. A torony déli sarka négy napig ágyúzást követően leomlik. A csapatok megisszák a kolostor borát.	IVÁN 2004:68	Az ostrom során a kolostor falai nem szenvednek sérülést.
1540. október 21.	Velsius parancsot ad a kolostor elrabolt borának megfizetésére.	IVÁN 2004:69, 75. jegyzet	Valószínűleg a megszokott mederben folyt az élet, ha csak a bor elvesztése volt a szerzetesek fő gondja.
1541. augusztus 21.	Földrengést és részleges napfogyatkozást észlelnek Pesten, 35 km-re Visegrádtól.	BORNEMISZA (1584): Napfogyatkozás, melyet alátámasztanak KAPOSVÁRI (2006) számításai	Ez lehet a Visegrádot elpusztító földrengés.
	Megsüllyed a kerengő téglapadozata, a refektóriumba vezető lépcső és az északi folyosó oszlopsora. Ugyanott leomlik a boltozat.	KISS & LASZLOVSKY (2013)	A kolostor kerengője súlyosan megsérül.
	A sérült oszlopok és a leomlott boltozat maradványait eltakarítják a kerengő északi folyosójáról.	BUZÁS et al. (1995)	Újjáépítési szándék.
	A padlóba mélyülő gödröt gerendákra fektetett fapallókkal egyenlítik ki. A tartók a falakba vésett gerendafészekbe illeszkednek.	Saját megfigyelés	A kolostort még lakják: újra lehetséges az átjárás az északi folyosóról a refektóriumba. (Olesó, ideiglenes falak épültek.)
1543	Török támadások a környéken. Esztergom elfoglalása. Visegrád sikertelen ostroma.	IVÁN 2004:70	A szerzetesek bizonyára elmenekültek a harcok közeledtével. A kolostor megszűnt működni.
1544	A török elfoglalja Visegrádot.	IVÁN 2004:70	A kolostort végleg felhagyják.
1552	A királyi palota romokban.	JOVIUS 1552 (<i>fide</i> BALOGH 1966:226-227); <i>fide</i> PÁLÓCZI-HORVÁTH (2014:292)	
1587	Romokban Visegrád városa, a királyi palota, a Salamon-torony, valamennyi templom és a polgárházak.	Leonhard Lubenau (<i>fide</i> SAHM, 2012)	
	A kerengő téglapadlójátát fölszedik. A város maradék népessége és/vagy a betelepülő törökök hasznosítják a kolostor maradványait: az udvari kutat, kitermelik az építőköveket.		Megkezdődik az építőanyag újrahasznosítása. A templom is elveszti funkcióját.
	Szórványos temetkezés a kerengőben, ahol a téglaburkolatot már fölszedték. A romos kolostor további, lassú pusztulása.	BUZÁS et al. (1995)	Az épületkomplexum egyházi jellege megszűnik. Egyes részeit a helyi keresztény közösség még szent helynek tartja, és ide temetkezik.
	A káptalanterem boltozata beomlik. Az ívek bordái szétszórva a téglaburkolatától már megfosztott padlón. A töredékeket helyben hagyják.	BUZÁS et al. (1995)	Elhagyott épület.
18. század	Folytatódik az építőanyag kitermelése: kő és téglabekerül a török után újjáépülő Visegrád házaiba. A német telepesek nincsenek tisztában a romok eredetével, falusi házakba építik be az anyagot.	BUZÁS et al. (1995)	
	A több emelet magas falak megérték a 18. századot. Ekkor Starhemberg gróf, az új tulajdonos, lebontatta jó részüket Visegrád telep falvának építéséhez.	BUZÁS et al. (1995)	A kolostornak nem maradt felmenő fala. A templommal határos fal egyes részei megmaradnak, mint kerítés az újonnan kijelölt birtokhatárok között.

a várat védő magyar, az azt kívülről támadó német és a magyarokat „felmentő” oszmán-török sereg végső összecsapása az utóbbiak győzelmével végződött.

A „Nap elvesztette fényét” az ugyanaznap bekövetkezett részleges napfogyakozást jelenti (KAPOSVÁRI 2006). BORNEMISZA megbízható forrásnak tartható még akkor is, ha prédikációja évtizedekkel a kérdéses esemény után jelent meg (PÉTER 1996). A gyermek BORNEMISZA, aki a kérdéses időpontban, hatéves korában Pesten élt, emlékezhetett erre a két, egyazon napra eső, félelemkeltő eseményre; családi elbeszélések is ébren tarthatták ennek a napnak az emlékét. A történeti szeizmológiában azok a följegyzések, amelyekben egy történeti eseményt egy csillagászati eseményhez kapcsolódva rögzítenek, megbízhatónak minősülnek (GUIDOBONI & EBEL 2009). A környezettörténet azon ága, amely katasztrófális természeti eseményeket (földrengéseket, árvizeket, sáskajárást stb.) történeti feljegyzések alapján vizsgál, már kidolgozta ezen feljegyzések megbízhatósági értékelésének szempontjait. Ha az elbeszélő a katasztrófákat isteni közbeavatkozás vagy más, természetfölötti hatalom tevékenységének tulajdonítja, ezeket a kevésbé megbízható, problematikus események közé sorolják. A bekövetkezett események kisebb, érdekesebb részleteinek megemlítése viszont növeli a megbízhatóságot. Az esemény után rövidebb vagy különleges körülmények között készült feljegyzés szintén fontos bizonyítéknak tekinthető. Egy évtizedekkel később lejegyzett történet viszont már valószínűleg kevésbé megbízható. BORNEMISZA idézett sorai a megbízhatóságát növelő több jellemzővel is bírnak.

Bár a rengés és a napfogyakozás vallási kontextusban jelenik meg, a példaként felhozott, személyes élményen alapuló esemény egy jól ismert történeti tényhez kapcsolódik. Buda és Pest törökök általi elfoglalása nem csak Magyarország számára volt tragikus esemény. A gyermek BORNEMISZA Pesten nőtt föl. Ugyanabban az évben veszítette el szüleit. Gyermekségének további éveit más családoknál töltötte az ország különböző részein. Ezért teljes joggal feltételezhetjük, hogy a közvetlenül a személyes sorsát befolyásoló események előtt megélt természeti jelenségek (földrengés, napfogyakozás) élénken bevésődtek emlékezetébe, és megbízhatóan fel tudta idézni őket évtizedekkel később is. A függetlenül elvégzett csillagászati számítások is alátámasztják a napfogyakozás bekövetkeztét a jelzett napon. A kisebb megfigyelések (leeső edények, megrongálódott templomtornyok) rögzítése is a megbízható történeti följegyzések tulajdonsága. Ezek az események megmaradhattak a szemtanún, akár egy hatéves gyermek emlékezetében is. Ezért úgy gondoljuk, hogy BORNEMISZA idézett sorai megbízható történelmi forrásként szolgálnak egy olyan földrengés bekövetkeztére, amely nem sokkal Buda oszmán-török foglalása előtt történt.

A *Magyar Földrengés Katalógus*nak a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatóriumban őrzött, kiadatlan változata (ZSÍROS 2014) ezt az eseményt VI-os intenzitásúnak értékeli 4,1-es magnitúdót rendelve hozzá. Az észlelő Pesten volt, az epicentrum azonban lehetett távolabb is, akár közelebb Visegrádhoz, ahol értelemszerűen magasabb inten-

zitással jelentkezett. Remélhetőleg további archeoszeizmológiai kutatások lehetőséget adnak ennek a kérdéskörnek a tisztázására.

Teljes pusztulás?

Vajon mekkora volt a földrengés pusztítása Visegrádon? A legellenállóbb épület, az andezitagglomerátum szálkőzetre épült Salamon-torony 3,5-től 8 méterig terjedő falvastagságával a tetejétől az alapzatáig végighasadt. Ugyan a megelőző várostrom következtében leomlott a déli falsarok, de a hasadékok nem akkor keletkeztek, azok helye védve volt az ágyúzástól. A ferences kolostor kerengőboltozatának egy része és valószínűleg egyes falai is leomlottak. A kerengő nagy részén a boltozat megmaradt, mert erre a pusztulásra a régészeti feltárás tanúsága szerint csak az épület elhagyása után került sor. Ezzel szemben az oszlopokon nyugvó, kéthajós boltszakasz biztosan leomlott. A kerengő padozata – talajfolyósodás következtében – egyenlőtlenül, de erőteljesen megsüllyedt. Ugyancsak megsüllyedt az oszlopokat összekötő sávalapozás. Az omlás és a folyósodás az épület azon részein volt a legerőteljesebb, ahol vastag volt a feltöltés. Azonban nem csak építészeti megfigyelések és régészeti adatok szólnak a jelentős pusztulás mellett. A Duna volt a korszak legjelentősebb főútvonala. Az erre haladó utazók kiszálltak a hajdani királyvárosnál és megtekintették a palotát, a fellegvárat és magát a volt várost is.

Ungnád Dávidot Miksa, Magyarország királya küldte követségbe a török szultánhoz. 1572-es útján a kíséretében lévő krónikás följegyezte a visegrádi megálló során látottakat: a királyi palota és a szomszédos kolostor lepusztult állapotát (FERUS 2007: 99). Néhány évvel később Ungnád egy másik útján egy másik krónikás Visegrádot romosnak írja le (GERLACH 1674: 9). Majd egy későbbi, 1587-es követjáráson a kíséret egyik tagja, Reinhard Lubenau, königsbergi utazó részletezte az épületek szomorú állapotát:

„... *uber der Thona zur rechten Handt leidt eine gahr schone Festung aus einem hohen Berge, zu welcher wir hinuber gefahren, dselbe zu besichtigen; unter dem Berge wahren ein Hauffen // zerstöreter palatia, groser Herren Hauser, Kirchen und Klöster, auch ein königlich palatium, Lusthaus und Gartten auch grose Mauren und allerlei Gebeude, elche alle zerstöret un sol Keiser Sigismundus dies palatium haben angefangen zu bauen, und von Matha Corvino volendet worden, aber von den Turcken zerstöret.*” (SAHM 1912: 76).

Magyarul: „A Duna jobb oldalán egy magas hegyen jó erőd, amit meg is látogattunk. A hegy alatt házak, romlott paloták, nagy és előkelő házak, templomok és kolostorok, valamint egy királyi palota, kerti lakok, kertek, magas falak és más épületek, valamennyien lerombolva. Zsigmond király kezdte építeni ezt a palotát, Corvin Mátyás fejezte be, és a török lerombolta.”

Lubenau valamennyi pusztítást a török seregnek tulajdonította, amint azt útikalauzai elmondták neki. Figyelembe

kell azonban vennünk, sem a német seregnek 1540-ben, sem a töröknek 1543–44-ben nem volt oka arra, hogy a kolostor-épületeket és a város egyéb házait támadja, pusztítsa. Céljuk a katonai létesítmények elfoglalása, használhatatlanná tétele vagy megszállása volt: az Alsóvár a Salamon-toronnyal, amely a Duna forgalmát tartotta ellenőrzése alatt, és a hegytetőn a Fellegvár. Véleményünk szerint a városi épületek nagymértékű pusztulását elsősorban ugyanaz a földrengés okozta, amely végigrepesztette a Salamon-tornyot, és lerombolta a ferences kolostor jó részét.

Intenzitás

A ferences kolostorban csak alacsony, legfeljebb 2–2,5 m magas fölmenő falak őrződtek meg. Ezért az Earthquake Archaeology (EAE-13) intenzitási skála (RODRÍGUEZ-PASCUA et al. 2013) itt nem alkalmazható. Helyette – jobb híján – az Environmental Intensity Scale-t (ESI-2007) használtuk. E szerint „gyakori talajfolyósodási jelenségek, homokvulkánok legfeljebb 3 m átmérővel, süllyedések több mint 30 cm, de nem több mint 1 m mélységgel” IX-es intenzitást jelölnek. Az északkeleti sarok ~6 m átmérőjű, 80 cm mély süllyedéke beleillik ebbe a kategóriába (MICHETTI et al. 2007). A Visegrádon észlelt magas intenzitást a tőle 35-km-re lévő Pesten nyugodtan észlelhetette BORNEMISZA gyengébb, VI-os rengésként (VARGA 2017). Ezek az intenzitásértékek korrelálnak a korábban használt MSK-64-es skálával (MUSSON et al. 2010), amelyet a nagymarosi gát tervezésénél használtak (MISTÉTH 1987, 1994). A gátra az 1970-es években alkalmazott, VI-os mértékadó intenzitás láthatóan erős alulbecslés (ez még az 1763-as komáromi földrengés elemzése alapján készült). A IX-es intenzitást már a MTA Szeizmológiai Observatórium munkatársai javasolták (BIZOTTSÁG 1989), de ezeket a vízépítő mérnökök elvetették. Szerintük a környékbeli középkori épületek állaga nem teszi ezt a magas intenzitást valószínűvé. Ezért most, a rendelkezésre álló adatok, a részletes helyszíni vizsgálatok és a történeti adatok elemzése alapján ismét javasoljuk a IX-es intenzitásérték elfogadását. A tágabb környéken belül épülő bármely kritikus létesítmény tervezésekor ezt a magasabb értéket szükséges figyelembe venni.

Melyik törésvonal?

A Dunán Esztergom és Budapest között végzett sekély-szeizmikus felmérés nagyszámú, a folyómeder alatti oligocén és miocén képződményeket metsző, potenciálisan aktív vetőt, eltolódást és/vagy normálvetőt mutatott ki (OLÁH et al. 2014). Számuk meghaladja a felszíni feltárásokban megismerhető vetők számát, melyeket BENEC et al. (1991), KÖRÖKNAI & CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY (1999) és FODOR et al. (1999) térképei ábrázolnak. Nem tudjuk megerősíteni, de ki sem zárhatjuk, hogy valamelyikük vagy akár többük is elmozdult a történeti időkben. Nem tudunk róla, hogy végeztek volna más szisztematikus vizsgálatot felszínig hatoló törések keresésére. Mivel a történeti térképek nagy pontosság-

gal rögzítik a Duna mederváltozásait (SZÉKELY et al. 2009), ezek további vizsgálata a folyódinamikán túlmenően, aktív tektonikai szempontokat is figyelembe véve, ígéretes lenne.

Távolabbi vetőzónák is fölmerülhetnek mint a Visegrádot elpusztító rengés okozói. A Börzsöny hegységtől keletre húzódó Diósjenői-vető mentén (Érsekvadkert és Sente község között) 2013-ban pattant ki M_L 4,1 magnitúdójú, eltolódásos rengés. Az epicentrum Visegrádtól mindössze 28 km-re van (WÉBER et al. 2016), lényegesen közelebb, mint a jól ismert, 1956-os dunaharaszti földrengést okozó vető (50 km-re), vagy a Balaton–Tóalmási-vető Dunától keletre levő szakasza, ahol a negyedidőszaki aktivitás nagyon valószínű (RUSZKICZAY-RÜDIGER et al. 2007, 2009). A környék mérsékelt, bár magyarországi viszonylatban jelentős szeizmikus aktivitásával egyetemben ez a Diósjenői-vető tektonikus aktivitására utal (KÖRÖKNAI et al. 2020, 2023). A terület aktivitásának hajtóereje a Pannon-medence tektonikus inverzióját kiváltó, dominánsan transzpressziós feszültségmező, mely eltolódások, rátolódások és normálvetőket reaktiváló feltolódásos vetők működését teszi lehetővé (PORKOLÁB et al. 2023a, 2023b).

Földrengésveszély

Az 1970-es években a Bős–Nagymaros vízerőműrendszer tervezésekor az aktív tektonikai folyamatok szerepét és veszélyességét – legalábbis a magyarországi létesítmények esetében – alábecsülték. Hasonló helyzet állt elő a paksi atomerőmű szeizmikus veszélyeztetettségének felülvizsgálatakor. Az addig szokatlan, a szakmai nyilvánosságban is megjelenő vita (BALLA 1999, TÓTH & HORVÁTH 1999) kimutatta, hogy a Duna medrének irányváltásai hordozhatnak tektonikai információt. Erre utaló, fontos rész tanulmányok jelentek meg a 2000-es évek elején a Duna-kanyarról is. Tematikus csoportokba rendezve a következőket említjük meg: (1) A környező hegyek gyors negyedidőszaki kiemelkedése egyidejűleg a folyómeder bevágódásával járt (RUSZKICZAY-RÜDIGER et al. 2005, KARÁTSÓN et al. 2006). (2) A folyómeder lefutásának nagymértékű megváltozása, melyeket archív térképek rögzítettek a 16. századtól kezdődően. Ennek a jelenségnek folyódinamikai vagy tektonikai magyarázata még várat magára (SZÉKELY et al. 2009). (3) Növekvő nyugalmi és árvízszintek a középkor végétől (MÉSZÁROS & SERLEGI 2011; KISS & LASZLOVSZKY 2013a, b; KISS 2019). (4) Számos vetőt képezett le a Duna medre alatt OLÁH és csapata (2014), melyek akár potenciálisan aktívak is lehetnek.

A műszeres és történeti adatokon alapuló szeizmicitást meglehetősen jól ismertnek tekinti a szakmai közvélekedés (TÓTH et al. 2002), új történeti adatok azonban bármikor fölbukkanhatnak. Az archeoszeizmológia, ez a Magyarországon újnak számító tudományág további rengésekről szolgáltat adatokat. Véleményünk szerint ezért szükséges, hogy a történeti szeizmológiai és archeoszeizmológiai vizsgálat minden kritikus infrastruktúrális létesítmény előzetes veszélyeztetettségi tanulmányának integráns része legyen.

Következtetések

Archeoszeizmológiai vizsgálatokat végeztünk Visegrádon a sérült, középkori Salamon-toronyon és a régészetileg feltárt, hajdani ferences kolostoron. A helyszín a közelben tervezett, de meg nem épült nagymarosi duzzasztógát és vízierőmű tözsomszédsága. Ezt VI-os intenzitású rengésre méretezték. Középkori épületeken hasadékokat, épületomlást és talajfolyósodásra utaló süllyedést dokumentáltunk, amelyek egy IX-es intenzitású földrengés folyamánként is létrejöhetnek. Véleményünk szerint a közeli Pesten megfigyelt, 1541. augusztus 21-re datált földrengés okozhatta Visegrád pusztulását. Történelmi útleírások szerzői rendszeresen megemlítik, hogy a korábbi királyi város, Visegrád elhagyott, lerombolt kísértetváros volt 1544-et, a török foglalást követően. A lehetséges földrengésveszély miatt a környező területeken építendő kritikus létesítmények tervezé-

sénél a földrengésveszély vizsgálatához nélkülözhetetlen a történeti és a régészeti adatok figyelembevétele.

Köszönetnyilvánítás

Mohammad AL-TAWALBEH a Stipendium Hungaricum-ösztöndíj jóvoltából végezhetette PhD-tanulmányait Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Krzysztof GARDZIK kutatásait az University of Silesia in Katowice Research Excellence Initiative támogatta. PÁLÓCZI-HORVÁTH András és DZSIDA Orsolya a latin szövegek értelmezésében segítettek. GRYNÆUS András megjegyzései segítették a magyar szöveg megformálását. FODOR László szakszerkesztő valamint LŐVEI Pál és egy további, anonim lektor gondos munkája sok kisebb-nagyobb hibától szabadította meg a kéziratot. Valamennyiüknek ezúton fejezzük ki köszönetünket.

Irodalom

- ACITO, M., BOCCIARRELLI, M., CHESI, C. & MILANI, G. 2014: Collapse of the clock tower in Finale Emilia after the May 2012 Emilia Romagna earthquake sequence: Numerical insight. – *Engineering Structures* **72**, 70–91. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.04.026>
- APOSTOLOPOULOS, G., MINOS-MINOPOULOS, D. & PAVLOPOULOS, K. 2015: Geophysical investigation for the detection of liquefaction phenomena in an archaeological site, Lechaion, Greece. – *Geophysics* **80**, EN105–EN117. <https://doi.org/10.1190/geo2014-0109.1>
- BAHROUNI, N., BOUAZIZ, S., SOUMAYA, S., BEN AYEF, N., ATTAFFI, K., HOULA, Y., EL GHALI, A. & N. REBAI, N. 2014: Neotectonic and seismotectonic investigation of seismically active regions in Tunisia: a multidisciplinary approach. – *Journal of Seismology* **18**, 235–256. <https://doi.org/10.1007/s10950-013-9395-y>
- BAHROUNI, N., MEGHRAOUI, M., HINZEN, K., ARFAOUI, M. & MAHFOUD, F. 2020: The damaging earthquake of 9 October 859 in Kairouan (Tunisia): Evidence from historical and archeoseismological investigations. – *Seismological Research Letters* **98**, 1890–1900. <https://doi.org/10.1785/0220190258>
- BALLA Z. 1999: Van-e bizonyíték negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén? („A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága” kötet megjelenése kapcsán). – *Földtani Közöny* **129**, 97–107.
- BALOGH J. 1966: *A művészet Mátyás király udvarában*. I-II. – Akadémiai, Budapest, 799 + 509 pp.
- BENCE, G., CSÁSZÁR, G., DARIDA-TICHY, M., DUDKO, A., GÁLOS, M., GANGL, G., KERTÉSZ, P., KORPÁS, L. & ZIER, Ch. 1991: Geologische und ingenieurgeologische Beschreibung der Donaustufe Nagymaros. – In: CSÁSZÁR, G. & LOBITZER, H. (szerk.): *Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich–Ungarn*, Teil 1, 385–400.
- BIZOTTSÁG 1989: A Központi Földtani Hivatal Elnöke által a MT Minisztertanács 1.071/89 (VI. 15.) határozata alapján a bős-nagymarosi vízlépcsőrendszer építésével kapcsolatos földtani-geofizikai kérdések I/1, I/2. témájában összehívott szakértői bizottság tagjainak állásfoglalása. – Központi Földtani Hivatal, Budapest, 1989. július 3-7. Országos Földtani és Geofizikai Adattár. T.18584. Kézirat, 19, részben számozott lap.
- BORNEMISZA P. 1584: *Prédikatioc, egesz esztendő által minden vasárnapra rendeltetett Evangeliomból*. Detrekoe.
- BOTTARI, C. 2016: Archaeoseismology in Sicily: past earthquakes and effects on ancient society. In: D’AMICO, S. (ed.): *Earthquakes and Their Impact on Society*. Springer Natural Hazards, 491–504. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21753-6_20
- BOZÓKI, L. 2005: Le tour dite „Salamon” comme residence royale en 14e siècle. Donjon, tours maîtresses, tours fonction et représentation. – In: RIBERA, F. (ed.) *Loci tra le rocce*. Alinea Editrice, Salerno, 401–406.
- BOZÓKI L. 2014: A visegrádi Salamon-torony építés és helyreállítás története. – *Archaeologia – Altum Castrum Online*, 1–40.
- BRAY, J. D. & DASHTI, S. 2014: Liquefaction-induced buildings movements. – *Bulletin of Earthquake Engineering* **12**, 1129–1156. <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9619-8>
- BUZÁS, G., LASZLOVSKY, J., PAPP, Sz., SZEKÉR, Gy. & SZÓKE, M. 1995: The Franciscan friary of Visegrád. (History, archaeological remains, the results of the 1990–1993 campaign). – In: LASZLOVSKY, J. (ed.) *Medieval Visegrád, Royal Castle, Palace, Town and Franciscan Friary*. Dissertationes Pannonicae, ser. **III/4**, 26–33, figs: 170–207 on 144–162.
- CAPUTO, R., POLI, M. E., MINARELLI, L., RAPTI, D., SBORAS, S., STEFANI, M. & ZANFERRARI, A. 2016: Palaeoseismological evidence for the 1570 Ferrara earthquake, Italy. – *Tectonics* **35**, 423–444. <https://doi.org/10.1002/2016TC004238>
- CSEREPES L., BARTHA Gy. & HAJÓSY A. 1989: A nagymarosi vízlépcső-építkezés területének tektonikai problémái. – *Hitel* **4**, 51.

- DOBOSI, L. & KÁZMÉR, M. 2022: Late Roman earthquake in Brigetio? – In: BIRÓ, Sz. (ed.): *Pannonia Underground*. Proceedings of the international conference held at Szombathely, 25–26 November 2021. Savaria Museum, Szombathely, 179–207.
- FANDI, M. 2018: Effects of large historical earthquakes on archeological structures in Jordan. – *Arabian Journal of Geoscience* **11**, 9. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3364-7>
- FERUS, A. 2007: *Die Reise des kaiserlichen Gesandten David Ungnad nach Konstantinopel im Jahre 1572*. – M. Thesis, University of Vienna, 175 pp.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. – In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean Basin: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. *Geological Society, London, Special Publications* **156**, 295–334. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.15>
- FORLIN, P., VALENTE, R. & KÁZMÉR, M. 2017: Assessing earthquake effects on archaeological sites using photogrammetry and 3D model analysis. – *Digital Methods in Archaeology and Cultural Heritage* **9**, e00073s. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00073>
- GÁLOS, M., KERTÉSZ, P. & MAREK, I. 1988: The general spatial system of rocky environment for building purposes. – *Periodica Polytechnica, Civil Engineering* **32**, 151–168.
- GERLACH, S. 1674: *Tagebuch.... David Ungnad... Gesandtschaft*. – Frankfurt am Main.
- GUIDOBONI, E. & EBEL, J. E. 2009: *Earthquakes and Tsunamis in the Past. A Guide to Techniques in Historical Seismology*. – Cambridge University Press, Cambridge.
- GYÓRI, E. 2006: Site effect determination at liquefiable sites. – *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **41**, 117–132. <https://doi.org/10.1556/AGeod.41.2006.1.9>
- HALÁSZ Á. & MORDOVIN M. 2002: Adatok a visegrádi ferences kolostor építéstörténetéhez. Aufgaben zur Baugeschichte der Franziskaner-Klosters von Visegrád. – *Communicationes Archaeologicae Hungariae* **2002**, 231–250.
- IVÁN L. 2004: *A visegrádi vár története a kezdetektől 1685-ig*. – Magyar Nemzeti Múzeum Mátyás Király Múzeuma, Visegrád, 259 pp.
- JOVIUS, P. 1552: *Pauli Jovii Novocomensis Episcopi Nucerinii Historiarum Sui Temporis*. Tomus Secundus. – Florentiae, 1227 pp.
- KAPOSVÁRI Z. 2006: *Magyarországról látható napfogyatkozások 1500–1599 között*. – <http://saros139.hu/eclipse/HE15.htm> (Letöltés: 2023. augusztus 19.)
- KARÁTSÓN, D., NÉMETH, K., SZÉKELY, B., RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs. & PÉCSKAY, Z. 2006: Incision of a river curvature due to exhumed Miocene volcanic landforms: Danube Bend, Hungary. – *International Journal of Earth Sciences* **95**, 929–944. <https://doi.org/10.1007/s00531-006-0075-9>
- KÁZMÉR, M. & GAIDZIK, K. 2023: Towards a Database for Archaeoseismology. – 8th International Colloquium on Historical Earthquakes, Palaeo-macroseismology and Seismotectonics, 17–21 September 2023, Lixouri, Greece. – *Bulletin of the Geological Society of Greece, Special Publication* **11**, 119–122.
- KÁZMÉR, M. & GYÓRI, E. 2020: Millennial record of earthquakes in the Carpathian-Pannonian region – historical and archeoseismology. – *Hungarian Historical Review* **9**, 284–301. <https://doi.org/10.38145/2020.2.284>
- KÁZMÉR M. & GYÓRI E. 2021: Ezer év földregéseiének történeti és régészeti dokumentációja Magyarországon. – In: DEMETER G., KERN Z., PINKE Zs., F. ROMHÁNYI B., VADAS A. & BÍRÓ L. (szerk.): *Környezettörténet 3. Környezeti folyamatok a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományos források tükrében*. Bölcsészettudományi Kutatóközpont, Budapest, 213–225.
- KÁZMÉR M., TAWALBEH, M., BUZÁS G. & LASZLOVSZKY J. 2019: Tizenhatodik századi földregéskárok Visegrádon és Budán – történeti és archeoseizmológia. – *Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés, Balatonfüred, 2019. október 3–5*. Magyarhoni Földtani Társulat, 50–53.
- KÁZMÉR, M., AL-TAWALBEH, M., GYÓRI, E., LASZLOVSZKY, J. & GAIDZIK, K. 2021: Destruction of the royal town in Visegrád, Hungary – historical evidence and archeoseismology of the 1541 AD earthquake at the proposed Danube dam site. – *Seismological Research Letters* **95/2**, 3202–3214. <https://doi.org/10.1785/0220210058>
- KISS A. 2012: Dunai árvizek Magyarországon a középkori írott források tükrében: 1000–1500, Esettanulmányok, forráskritika és elemzési problémák. – In: KISS A., PITI F. & SZABADOS G. (szerk.): *Középkörtörténeti tanulmányok* **7**, 339–355. Középkorász Műhely, Szeged.
- KISS, A. 2019: *Floods and Long-Term Water Level Changes in Medieval Hungary*. – Springer Nature, Cham, xix + 896 pp.
- KISS A. & LASZLOVSZKY J. 2013a: Árvíz hullámok a Dunán? A Duna árvizei és a visegrádi ferences kolostor a késő középkorban és a kora újkorban. – *Korall* **53**, 36–65.
- KISS, A. & LASZLOVSZKY, J. 2013b: (14th–)16th-century Danube Floods and Long-Term Water-Level Changes in Archaeological and Sedimentary in the West and Central Carpathian Basin. An Overview with Documentary Comparison. – *Journal of Environmental Geography* **6/3–4**, 1–11. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2013-0001>
- KOROKNAI, B., WÓRUM, G., TÓTH, T., KOROKNAI, Zs., FEKETE-NÉMETH, V. & KOVÁCS, G. 2020: Geological deformations in the Pannonian Basin during the neotectonic phase: New insights from the latest regional mapping in Hungary. – *Earth-Science Reviews* **211**, 103411. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103411>
- KOROKNAI B., KOVÁCS G., WÓRUM G., BÉKÉSI E., GYÓRI E., CZECZE B., WÉBER Z., PORKOLÁB K., BOZSÓ I., SZÁRNYA Cs., SZÜCS E., NÉMETH V., BALÁZS L., BONDÁR I., SZABÓ G. & TÓTH T. 2023: Magyarország szeizmotektonikai viszonyai és veszélyeztetettsége. – *Földtani Közlemény* **153/4**, 335–352. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2023.153.4.335>
- KORPÁS L. & CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E. 1999: *A Börzsöny-Visegrádi-hegység I: 50.000 földtani térképe*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- KOZÁK, J. & ČERMÁK, V. 2010: *The Illustrated History of Natural Disasters*. – Springer, Dordrecht, 203 pp. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3325-3>
- LASZLOVSZKY, J. 2009: Crown, Gown and Town: Zones of Royal, Ecclesiastical and Civic Interaction in Medieval Buda and Visegrád. –

- In: KEENE, D., NAGY, B. & SZENDE, K. (eds): *Segregation – Integration – Assimilation. Religious and Ethnic Groups in the Medieval Towns of Central and Eastern Europe*. Farnham, 179–203.
- LASZLOVSZKY J. 2021: Visegrád várai és a tatárjárás után kiépített dunai védvonal. – In: BUZÁS G. (szerk.): „Visegrád, Visegrád! Hol hajdani fényed?” *Tanulmányok Szőke Mátyás 80. születésnapjára*. Mátyás Király Múzeum, Visegrád, 25–49.
- LASZLOVSZKY, J. & ROMHÁNYI, B. 2003: Cathedrals, monasteries and churches: the archaeology of ecclesiastic monuments. – In VISY, Zs. (ed.): *Hungarian Archaeology at the Turn of the Millennium*. Teleki László Foundation, Budapest, 372–377.
- LÓVEI P. 2014: „Konzerválni és nem restaurálni” – a műemlékvédelem elvei, régebbi és újabb törekvései. – *Műemlékvédelem* **58**, 41–50.
- MÉSZÁROS, O. & SERLEGI, G. 2011: The impact of environmental change on Medieval settlement structure in Transdanubia. – *Acta Archaeologica* **62**, 199–219. <https://doi.org/10.1556/AArch.62.2011.1.9>
- MICHETTI, A. M., ESPOSITO, E., GUERRIERI, L., PORFIDO, S., SERVA, L., TATEVOSSIAN, R., VITTORI, E., AUDEMARD, F., AZUMA, T., CLAGUE, J., COMECI, V., GÜRPINAR, A., MCCALPIN, J., MOHAMMADIOUN, B., MÖRNER, N. A., OTA, Y. & ROGOZHIN, A. 2007: Environmental Seismic Intensity Scale 2007 – ESI 2007. – *Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia* **LXXIV**. Servizio Geologico d’Italia, Roma, 7–54.
- MINOS-MINOPOULOS, D., PAVLOPOULOS, K., APOSTOLOPOULOS, G., LEKKAS, E. & DOMINEY-HOWES, E. 2015: Liquefaction features at an archaeological site: Investigations of past earthquake events at the Early Christian Basilica, ancient Lechaion harbour, Corinth, Greece. – *Tectonophysics* **658**, 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.07.010>
- MISTÉTH E. 1987: A dunai vízlépcsőrendszer földrengéssel szembeni állékonysága. – *Vízügyi Közlemények* **69**, 184–205.
- MISTÉTH E. 1994: Vízépítési műtárgyak szeizmikus állékonysága. – *Hidrológiai Közlemények* **74**, 9–14.
- MORENA, S. 2015: *The virtual reconstruction of the minaret of Mansourah mosque (Algeria)*. – 2015 Digital Heritage, 28 September 2015–02 October 2015. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7413852>
- MUSSON, R. M. W. 2007: British earthquakes. – *Proceedings of the Geologists’ Association* **118**, 305–337. [https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(07\)80001-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(07)80001-0)
- MUSSON, R. M. W., GRÜNTAL, G. & STUCCHI, M. 2010: The comparison of macroseismic intensity scales. – *Journal of Seismology* **14**, 413–428. <https://doi.org/10.1007/s10950-009-9172-0>
- OLÁH P., FODOR L., TÓTH T., DEÁK A., DRIJKONINGEN, G. & HORVÁTH F. 2014: A Szentendrei-sziget környéki folyóvízi szeizmikus szelvényezések földtani eredményei. – *Földtani Közlemények* **144**, 359–380.
- PAPAZOI, E. 2022: Waiting for the Catastrophe... The Interaction between Humans and Nature in Akrotiri of Thera. – In: COMPATANGELO-SOUSSIGNA, R., DIOSONO, F. & LE BLAY, F. (eds): *Living with Seismic Phenomena in the Mediterranean and Beyond between Antiquity and the Middle Ages*. Proceedings of Cascia (25–26 October, 2019) and Le Mans (2–3 June, 2021) Conferences. Archaeopress, Summertown, 93–98.
- PÉCSI M. 1959: *A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaklata*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 346 pp.
- PÉTER, K. 1996: Bornemisza, Péter. – In: *The Oxford Encyclopedia of the Reformation*, 4 vols. New York and Oxford, Oxford University Press, **1**, 201–202.
- PORKOLÁB, K., BROERSE, T., KENYERES, A., BÉKÉSI, E., TÓTH, S., MAGYAR, B. & WESZTERGOM, V. 2023a: Active tectonics of the Circum Pannonian region in the light of updated GNSS network data. – *Acta Geodætica et Geophysica* **58**, 149–173. <https://doi.org/10.1007/s40328-023-00409-8>
- PORKOLÁB K., BÉKÉSI E., BROERSE, T., KENYERES A. & WÉBER Z. 2023b: Regionális feszültségmező és deformációs sebesség a Pannon-medence térségében. – *Földtani Közlemények* **153/4**, 299–308. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2023.153.4.299>
- PRECIADO, A., SANTOS, J. C., SILVA, C., RAMÍREZ-GAYTÁN, A. & FALCON, J. M. 2020: Seismic damage and retrofitting identification in unreinforced masonry churches and bell towers by the september 19, 2017 (Mw = 7.1) Puebla-Morelos earthquake. – *Engineering Failure Analysis* **118**, 104924. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104924>
- RÉTHLY A. 1952: *A Kárpátmedencék földrengései: 455–1918*. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- REYNOLDS, D. A. J. 2020: Let the river flow: Fighting a dam in communist Hungary. – *Hungarian Cultural Studies* **13**, 20 p. <http://doi.org/10.5195/ahea.2020.391> (Letöltés: 2023. augusztus 19.)
- RODRÍGUEZ-PASCUA, M., SILVA, P. G., PÉREZ-LÓPEZ, R., GINER-ROBLES, J.-L., MARTÍN-GONZÁLEZ, F. & PERUCHA, M. A. 2013: Preliminary intensity correlation between macroseismic scales (ESI07 and EMS98) and Earthquake Archaeological Effects (EAEs). – In: GRÜTZNER, C., RUDERSDORF, A., PÉREZ-LÓPEZ, R. & REICHERTER, K. (eds): *Seismic Hazard, Critical facilities and Slow Active Faults*. PATA Days. Proceedings of the 4th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology (PATA), 9–14 October 2013, Aachen, Germany, 221–224.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs., FODOR, L., BADA, G., LEÉL-ÖSSY, Sz., HORVÁTH, E. & DUNAI, T. J. 2005: Quantification of Quaternary vertical movements in the central Pannonian Basin: A review of chronologic data along the Danube River, Hungary. – *Tectonophysics* **410**, 157–172. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.05.048>
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs., FODOR, L. I. & HORVÁTH, E. 2007: Neotectonics and Quaternary landscape evolution of the Gödöllő Hills, Central Pannonian Basin, Hungary. – *Global and Planetary Change* **58/1–4**, 181–196. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.02.010>
- RUSZKICZAY, Zs., FODOR, L. I., HORVÁTH, E., TELBISZ, T. 2009: Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: a DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. – *Geomorphology* **104**, 203–217. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.014>
- SAHM, W. 1912: *Beschreibung der Reisen der Reinhold Lubenau. I. Teil*. – Mitteilungen aus der Stadtbibliothek zu Königsberg i. Pr. IV. Beyers, Königsberg i. Pr.
- SAITA, J., BAUTISTA, M. L. P. & NAKAMURA, Y. 2004: On relationship between the estimates strong motion characteristics of surface layer

- and the earthquake damage – case study at Intramuros, Metro Manila. – *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, August 1–6, 2004, Paper No. **905**, 7 p.
https://www.sdr.co.jp/eng_page/papers/13wcee_micro_in_manila.pdf
- SZÉKELY B., MOLNÁR G. & TIMÁR G. 2009: Lázár deák és a folyódinamika – térképezési hibák vagy valós mederváltozás? – In: KÁZMÉR M. (szerk.) *Környezettörténet. Az elmúlt 500 év környezeti eseményei történeti és természettudományi források tükrében*. Hantken Kiadó, Budapest, 71–94.
- TÓTH, L., MÓNUS, P., ZSÍROS, T. & KISZELY, M. 2002: Seismicity in the Pannonian Region – earthquake data. – *Stephan Mueller Special Publication Series* **3**, 9–28.
- TÓTH T. & HORVÁTH F. 1999: Van bizonyíték a negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén! – *Földtani Közlemények* **129**, 109–124.
- TÖRÖK Á. 2008: Építészeti kőanyagok előfordulása és felhasználása a mai Magyarország területén a XVIII. századig. – *Miskolci Egyetem Közleményei A, Bányászat* **74**, 137–155.
- VADAS, A. 2013: Long-term perspectives on Danube floods. The Dominican nunnery on Margaret Island (Budapest) and the Danube river. – *Interdisciplinaria Archaeologica. Natural Sciences in Archaeology* **4**, 3–22.
- VARGA P. 2017: Régi hazai földrengések, különös tekintettel Budapestre. – *Magyar Geofizika* **58**, 76–87.
- WÉBER, Z. 2016. Probabilistic waveform inversion for 22 earthquake moment tensors in Hungary: new constraints on the tectonic stress pattern inside the Pannonian basin. — *Geophysical Journal International* **204**, 236–249. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv446>
- ZSÍROS T. 2000: *A Kárpát-medence szeizmitása és földrengés veszélyessége. Magyar földrengés katalógus (456–1995)*. – MTA Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Szeizmológiai Observatórium, Budapest, 455 pp.
- Zsáros T. 2014: *Földrengések a Kárpát-medence térségében. Magyar földrengés katalógus (456–1995)*. – Kiadatlan katalógus, Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest.
- ZSUFFA I., SZÖLLŐSI-NAGY A. & BOGÁRDI J. 2023: Insula Insolita – Szigetköz és Bős–Nagyamaros párhuzamos története. – *Hidrológiai Közlemények* **103/2**, 423. <https://doi.org/10.59258/hk.11537>

Kézirat beérkezett: 2023. 09. 06.