

Sāfītā vára és kőomlások szíriai partvidék 'holt falvaiban' – archeoszeizmológiai tanulmány

Sāfītā castle and rockfalls in the 'dead villages' of coastal Syria – an archaeoseismological study

Kázmér Miklós

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, Budapest, mkazmer@gmail.com

Major Balázs

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Régészeti Tanszék, Piliscsaba. balazs.major.hu@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS: Sāfītā keresztres erődítmény Szíria partvidékén, Tartus kormányzóságban. A lakótorony jelentős, földrengések okozta sérüléseket visel mind a mai napig. A rengések keltette vibráció a vastag falakat is áthatoló töréseket hozott létre. Ezek mentén az épület közepe kiszélesedett és a belső ívek zárókövei lezökkentek. Feltehetően észak-déli irányú lökések okozták a sérülések nagyobb részét. A vártól északra Khirbat al-Qurshiyya elhagyott, késő antik falu. Kőbányájában számos elmozdult, kibillent, lezuhant tömb található. Az elmozdulások jellemzően északi irányúak; ez erőteljes, észak-déli mozgásra utal. 'Ayn Qadib falucska a Jabal Ansariyya hegyvonulatban, egy északi irányú kőomlásban pusztult el. Egy 1202-ben keltezett levél tanúsítja, hogy Sāfītā lakótornya az abban az évben lesújtó földrengésben súlyos sérülést szenvedett. A Yammouneh-törés, mely mindössze 50 km-re, délre húzódik, lehetett a pusztulás okozója.

Kulcsszavak: archaeoszeizmológia földrengés, középkor, Szíria

ABSTRACT: *Sāfītā is a crusader fortification in Tartūs Governorate, coastal Syria, bears major damages of earthquake origin. The tower suffered heavy vibration, which produced fractures across the thick walls, widening the central portion of the building, and causing arch keystones to slide downwards. Apparently a ~N-S strong motion was responsible for the damages. Farther to the north, in Khirbat al-Qurshiyya, an abandoned, Late Antique village the quarry abounds with fallen blocks. These display displacement predominantly in northward direction, suggesting a north-south strong motion. 'Ayn Qadib, a small village in the Jabal Ansariyya ranges, was damaged by a northward-directed rockfall. A contemporary letter testifies that Sāfītā donjon was heavily damaged by the AD 1202 earthquake. The Yammouneh Fault, which probably caused the damage, is only 50 km away in southern direction.*

Keywords: archaeoseismology, earthquake, Middle Ages, Syria

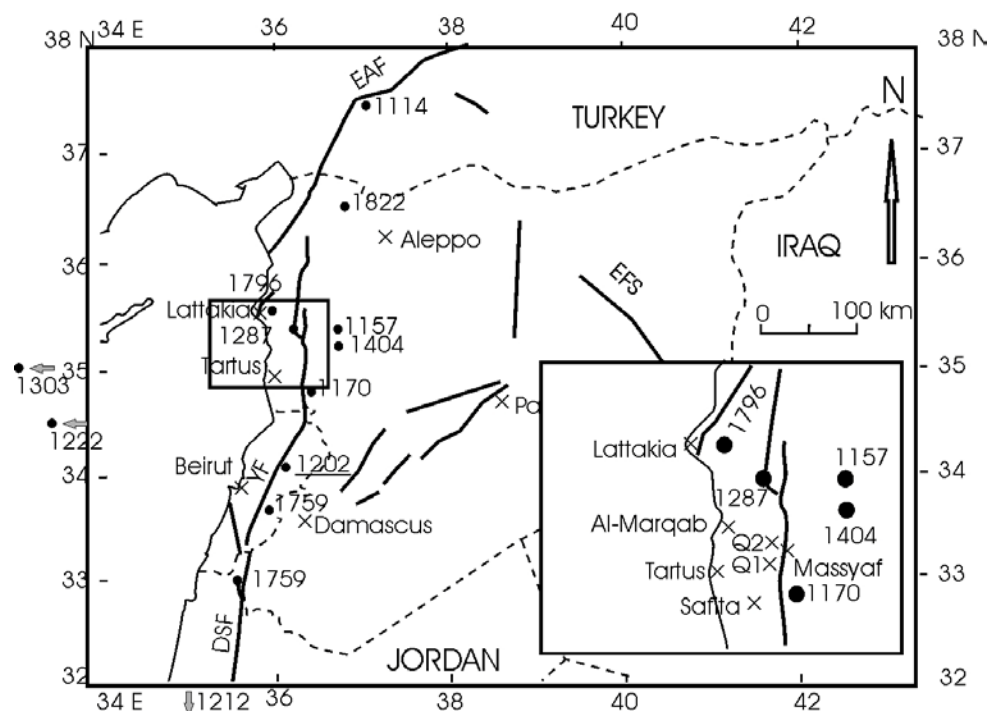
1. BEVEZETÉS

A Holt-tengeri-törés alkotja az Arab-lemez és a Mediterrán-lemez határvonalát. A neogén óta balos oldaleltolódásként működik. Évente több millimétert mozdul el, melynek következtében 7-es magnitúdójú földrengések is kipattanhatnak. Szíria műszerekkel észlelt szeizmikus képe azt mutatja, hogy ritkán előforduló, de nagyobb földrengések a jellemzőek. A vidék évezredek földrengés-történetét (Guidoboni & Comastri, 2005; Sbeinati et al., 2005; Ambraseys, 2009) kiterjedt archeoszeizmológiai vizsgálatokkal sikerült meghosszabbítani, elsősorban Izraelben (e.g. Karcz et al., 1977; Karcz & Kafri, 1978; Marco et al., 1997; Ellenblum et al., 1998; Korjenkov & Erickson-Gini, 2003; Korjenkov & Mazar, 1999a,b, 2003, 2005, 2013; Marco et al., 2003; Marco, 2008; Amit et al., 2009; Wechsler et al., 2009; Yagoda-Biran & Hatzor, 2010), kisebb mértékben a Jordán nyugati partján (Karcz & Kafri, 1981; Alfonsi et al., 2013), Jordániában (Haynes et al., 2006; Al-Tarazi & Korjenkov, 2007; Niemi, 2009), Libanonban (Daëron et al., 2005; Elias et al., 2007), és Törökországban (Altunel et al., 2009; Benjelloun et al., 2015). A háromszáz kilométer hosszú szíriai szektorra eső vizsgálatok száma még mindig alacsony (Meghraoui et al., 2003; Karakhanian et al., 2008; Sbeinati et al., 2010; Kázmér & Major, 2010).

2010 tavaszán felkerestük Sāfītā városát, valamint Khirbat al-Qurshiyya és ‘Ayn Qadīb elhagyott késő antik falvakat a Jabal Ansariyy. Azonosítottuk és felmértük az épületek sérüléseit és a környékbeli kőomlásokat. A földrengésekhez kapcsolható jelenségeket kompasszal, dőlésmérővel és Leica Disto 8 lézertáv mérővel mértük meg. Jelen tanulmányban bemutatjuk a földrengéseket bizonyító sérüléseket, különös tekintettel a fölökés irányát jelző bélyegekre. A tanulmány angol nyelvű változata *Sāfītā castle and rockfalls in the ‘dead villages’ of coastal Syria – an archaeoseismological study* címmel a *Comptes Rendus Geoscience* folyóiratban jelent meg (Kázmér és Major, 2015).

1.1. Archeoszeizmológia

A földrengési tevékenység műszeres mérése mindössze évszázados múltra tekint vissza, míg a nagy földrengések ismétlődése évszázados-évezredes skálán figyelhető meg. Az archeoszeizmológia célja, hogy a műszeresen mért adatsorokat kiterjessze a történelmi és az emberi építményekkel rendelkező időtávra. Bizonyos jellegzetes sérüléseket hordozó régi épületek alkalmasak hajdani földrengések létének bizonyítására és paramétereinek becslésére. A legszebb példák a vetőket keresztező építmények ismétlődő elmozdulásai (Marco et al., 1997; Ellenblum et al., 1998; Meghraoui et al., 2003; Altunel et al., 2009; Sbeinati et al., 2010; Passchier et al., 2013), de a törésvonaltól távolabb fekvő építmények is hordoznak olyan roncsolt bélyegeket, amelyek alkalmasak az őket ért rengések tulajdonságainak megismerésére: az elmozdulás iránya (pl. Monaco & Tortorici, 2004), fölökések iránya elfolyósodott talajon álló épületek alapján (pl. Kázmér et al., 2011; Korjenkov & Mazor, 2013). A földrengések okozta sérülések osztályozására több rendszer is ismert (Rodríguez-Pascua et al., 2011; Kázmér, 2015), melyek révén a könnyen korrelálhatók a meglévő makroszeizmikus skálákkal (Rodríguez-Pascua et al., 2013).



1. ábra. A vizsgálatok helyszíne Szíria tengerparti régiójában. A fontosabb történelmi földrengések a Holt-tengeri-vetőt és a Kelet-anatóliai-vetőt összekötő, balos elmozdulású törészóna mentén csoportosulnak (Sbeinati et al., 2005 után, módosítva). Az 1202-es nagy földrengés epicentrumát aláhúzás jelöli. Az 1212-es, 1222-es és az 1303-as rengések epicentruma a térkép határain kívül, Jordániában, Cipruson és Krétán található. Q1 – Khirbat al-Qurshiyya, Q2 – Ayn Qadīb, DSF – a Holt-tengeri törérendszer, YF – Yammouneh-vető, EAF – Kelet-anatóliai-törérendszer, EFS – Eufrateszi-törérendszer. Az epicentrumok azonosítása az Ambraseys (2009) elektronikus mellékletében megadott koordináták szerint történt.

Fig. 1. Location of studied sites in coastal Syria. Major historical earthquakes are centred along left-lateral strike-slip faults ranging from the Dead Sea Fault in the south to the East Anatolian Fault in the north (after Sbeinati et al. 2005, modified). Epicenter of the 1202 earthquake is underlined. Epicenters of the events of 1212, 1222, and 1303 are out of the map in Jordan, Cyprus, and Crete, respectively. Q1 – Khirbat al-Qurshiyya, Q2 – Ayn Qadīb, DSF – Dead Sea Fault system, YF – Yammouneh Fault, EAF – East Anatolian Fault system. EFS – Euphrates Fault system. Epicenter locations are from Ambraseys (2009, electronic supplement).

2. EREDMÉNYEK

2.1 Sāfītā

Sāfītā városa a Jabal Ansariyya hegyvonulat déli lejtőin terül el, félúton Tartus és a jól ismert lovagvár, a Crac des Chevaliers között. Uralja a homszai völgyrendszert, a Szíria belseje és partvidéke közötti legfontosabb átjárót (Major, 1998: 221-222) (1.ábra).

A lakótorony fehéres színű, krétaidőszaki mészkőből épült. Arab nevén Burj Sāfītā, Sāfīthā, fra nciául Chastel Blanc, latinul Castrum vagy Castellum Album ma az azonos nevű város közepén, egyben legmagasabb pontján áll (34° 49' 14.7" N, 36° 07' 02" E, 374 m tszf.). Az építéshez felhasznált kőhöz hasonló, krétakorú rétegeken áll, szilárdan.

A vár központjában van a hatalmas, téglalap alaprajzú lakótorony (*donjon*), körülötte a belső vár ritkásan megmaradt falrészletei. Ezeket a hatalmas kül sövár veszi körül, tornyokkal és egy kétszintes nagyterem maradványaival. A lakótorony alapterülete 31,2 × 18 m, magassága 28 m. Impozáns példája az úgynevezett *église-donjon*-nak, a templom-lakótoronynak: a torony jelentős részét a templom foglalja el (Kennedy, 1994: 138-141) (2a ábra). A templom a földszinten van: az épület egyetlen, a nyugati falba vágott bejárata ide vezet. A hajó dongaboltozatát két ív osztja három részre; ezek az oldalfalak félszlopaira támaszkodnak. A keleti apszishoz két, a vastag falakban megbúvó sekrestye csatlakozik. A 3 m vastag falakat mindössze öt ablak – valójában keskeny íjászlőrés – töri át (2c ábra)

A déli fal belsejében lévő lépcső vezet föl a látogatót az emeletre. Az emeleti termet három, keresztalakú pillér tagolja. Az így létrejött két hajó mindegyikében 4-4 ablakmélyedés van (2e ábra). Minden mélyedésből íjászlőrés nyílik, melyekből könnyedén belátható és belőhető a környező vidék. Egy további, már a fal belsejéhez tapadó lépcső vezet a tetőteraszra. A mellvéd lőrészekkel csipkézett.

A lakótoronyt a vár részleges elfoglalása esetére utolsó menedékként szánták, ezért alatta hatalmas, a kréta mészkőbe vágott ciszterna van, mely ma is járható, a vízszinttől függően. A földszinti templom a város fő görög ortodox temploma, Szent Mihálynak dedikálva.

2.1.1. Történet

Sāfītā rendelkezik az egész Szentföld legmagasabb fennmaradt lakótoronyával. Az írott forrásokban a 12. században jelenik meg először; korábbi történetéről semmit sem tudunk. A hely első biztos említése 1112-ből való: ekkor a homszai átjárót, melyet a keresztések 1109-ben elfoglaltak, Antiochia ura, Tankréd átadta Pons-nak, Tripoli grófjának (Ibn al-Qalānisī, *Dzayl*, 163; trans. 89). Az erődítmények építéséről sincsen több adatunk. Mindössze a föld fölötti építmények stílusa utal a keresztések korára.

A vár a templomos lovagok egyik legkorábbi birtoka lehetett a szíriai partvidéken. Már 1152-ben megszerezhették, de 1155-ben már mindképpen templomos kézben volt (Piana 2008: 295). A partvidéket az ország belsejével összekötő főútvonalon feküdvén, meglehetősen hányatott története volt a kereszties időkben. A hidzsra 562. évében (Kr.u. 1166/67) Nūr al -Dīn szultán serege fosztotta ki (Ibn al-Athīr, *al-Kāmil*, IX/330). Ugyanő H. 567-ben (Kr. u. (1171/72) ismét elfoglalta és lerombolta (Ibn al-Athīr, *al-Ta'riḫ al-Bāhir*, 154) (Raphael 2010). Szaladin szultán 1188. évi, nagy északi hadjárata és kisebb támadásai Sāfītā irányában aligha hagytak maradandó nyomot a váron (Ibn al -Athīr, *al-Kāmil*, X/48). Komoly támadást hártott el viszont 1218-ban, amikor al-Malik al-Ashraf hadserege elfoglalta és lerombolta a szuburbiumot (Ibn Wāsil, *Mufarrij*, III/265). Egy latin forrás szerint ekkor néhány tornya is megrongálódott (Oliver Scholasticus, *Historia Damiatina*, xxxvi, 235). Véglegesen Baybars szultán csapati foglalták el 1271 február 20-án, rövid ostrom után (Ibn al-Furāt, *Ta'riḫ*, 180-182; trans. 143-144).

A lakótorony nemcsak méreteivel tűnik ki: hatalmas törések éktelenkednek homlokzatain, amelyeket a modern rekonstrukciók sem tudtak teljesen eltüntetni. Minden valószínűség szerint ez volt a nagy torony (*turris maior*) amelyet a templomok nagymestere, Philip de Plessis említett levelében, beszámolv az 1202-es földrengés pusztításairól: „*Castri autem Albi maxima pars murorum cecidit, turris autem maior, qua nullam credimus fortuis vel firmitus edificatam, in hoc rimis et quassaturis debilitata est, quod melius nobis esset, si funditus corueret, quam ita stans permaneret*” (Mayer, 1972, p. 309). Magyarul "Chastel Blanc [Sāfītā] legtöbb fala leomlott, a főtorony pedig, amelyről pedig úgy gondoltuk, kivételesen erősre és szilárdra épült, olyan szörnyen meghasadozott és megrongálódott, hogy mindannyiunknak jobb lett volna, ha teljesen összeomlik, mintsem ilyen állapotban állva maradjon" (a magyar fordítás Guidoboni & Comastri, 2005, p. 224 angol szövegét követi).

Mindenesetre a templomosok építőmesterei megfelelő módszert találtak a szörnyű rombolás – részben ma is látható – következményeinek kijavítására. Oldenbourgi Wilbrand 1212-ben már azt írja, hogy a torony ...*quid est bonum et forte*” [amely jó és erős] (Wilbrand von Oldenbourg, *Itinerarium Terrae Sanctae*, 210). A rengést követő látható javítások a keresztések stílusában készültek (a gótikus terem és a templom harangjának elhelyezésére szolgáló ablak). Minthogy az 1271-es muszlim elfoglalásig más nagy földrengést nem ismerünk, logikusnak tűnik az a feltételezés, hogy a sérüléseket az 1202-es nagy földrengés okozta. 1271-et követően a torony elvesztette stratégiai jelentőségét, és nem használták tovább katonai célra.

A párizsi Bibliothèque Nationale Deschamps-archívumában (Deschamps, 1973) (XVI. és XXI. doboz) őrzött fényképfelvételek hiányzó kötömböket mutatnak mind a négy falon és a tetőterazon is. Ezek nyoma ma – az 1936-os francia restaurálás után – már többnyire nem látható. Az eltolódott falrészletek tömbjeinek tökéletes illeszkedése (2b és 2d ábra) azt jelzi, hogy profi kőfaragók végezték a helyreállítást. A hiányzó tömböket pótolták, a töröttet kicserélték, de a falra merőleges nagy elmozdulást meg sem próbálták eltüntetni. A néhány tömb közül hiányzó habarcs pótlása egyszerűbb, gyorsabb módszerrel, később történt, valószínűleg helyi szakemberek által (2d és 2f ábra).

2.1.2. A falazat és sérülései

A lakótorony faragott, négyszögletes kváderkövekből épült, gondos illesztéssel. Két sor, külső oldalán szépen megdolgozott "zsalukő" közé kötörmelékét és mészhabarcsot szórtak. Ez a római beton (*opus caementitium*) (Lamprecht, 2001). A négy főfal kívül és belül egy-egy kváderkő rétegből áll, míg az akár 3 méteres vastagságot is elérő fal többi része a római beton. Az egyes faragott köveket nem fogatták össze fémkapcsokkal, hiszen lényegében nincsen teherviselő szerepük; minden terhelés a római beton falmagon nyugszik (Ferretti & Bažant, 2006; Mistle et al., 2006). A kváderek hármaskörű funkciója a zsalukő szerep az építés folyamán, a beton falmag védelme az időjárás hatásaitól (és esetleg az ellenség támadásától), és végül az esztétikai szerep.

A továbbiakban leírjuk a lakótoronyon megfigyelt, szeizmikus eseményhez köthető sérüléstípusokat.

Kizökkenő falrészletek (extruded walls). A lakótorony kelet-nyugati irányban megnyúlt téglatestje mind a négy függőleges falán megrongálódott. A legtöbb sérülést az 1930-as években kijavították. Ezt az akkor a francia mandátumterületért felelős Armée du Levant részletes fotódokumentációjából tudjuk. A kijavítottakon felül azonban megmaradt négy, az egész épületet harántoló elmozdulás, szimmetrikusan az északi és a déli falon.

Két-két, szinte teljesen függőleges repedés harántolja az északi és a déli falat egyaránt, a tetőterasztól lefelé, az épületnek mintegy egyharmad magasságáig (2b ábra). Itt a repedések beleolvadnak a falba, lényegében megszűnnek. A törések teljesen átharántolják a 2-2,5 m vastag falakat. Az okozott elmozdulás kívül és az emeleti teremben belül is kiválóan megfigyelhető. A törések oldaleltolódásos (ollós) vetőkként működtek. Az elmozdulás iránya szimmetrikus az épület hossz tengelyére (2d ábra). A szemben lévő törések menti ellentétes irányú elmozdulás azt eredményezte, hogy a lakótorony felső része ma – vagyis a földrengés után – legalább 0,5 m-rel szélesebb, mint építéskor volt (3. ábra). Ez a jelenség analóg Rodriguez-Pascua et al. (2011) "meghajlott fal" sérüléstípusával.

Lezökkenő zárókő. Az emeleti lovagterem keresztboltozati zárótagjai kivétel nélkül sérültek (2e ábra). A zárókövek és szomszédai eltörtek és lezökkenek, akár több centiméterrel is (2f ábra). Végeselemes modellezéssel bizonyították, hogy csak nagy földrengések képesek lehetővé tenni a zárókő lejjebb csúszását (Kamai & Hatzor, 2007).

Elcsúszott kváderek. Széles, akár több centiméteres rések alakultak ki egyes blokkoknak a fal síkjával párhuzamos elcsúszásával, látszólag véletlenszerűen. Ezeket sorolja Rodríguez-Pascua et al. (2011) a 'displaced masonry blocks' kategóriába.

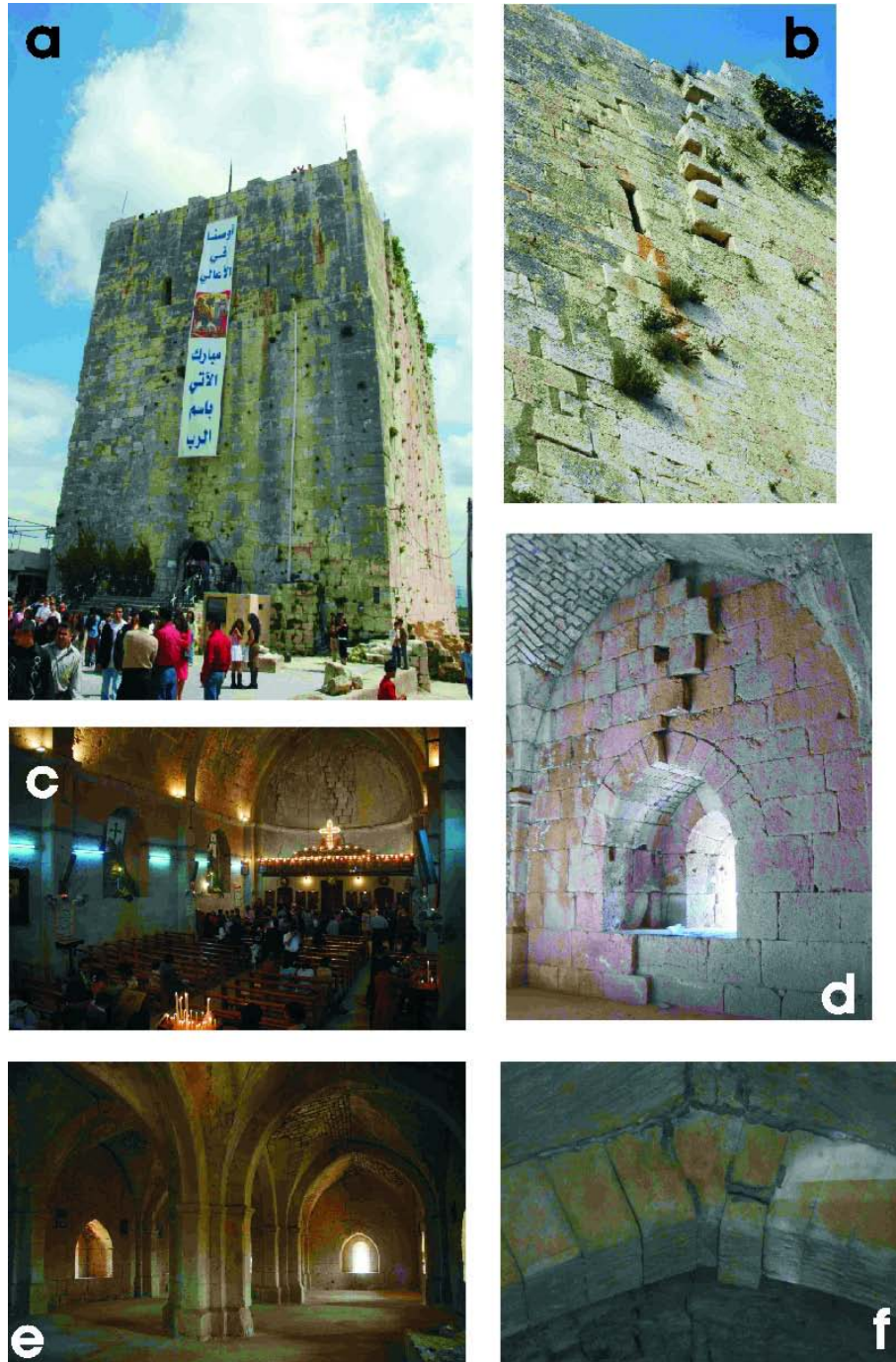
2.2. Kőomlás Khirbat al-Qurshiya faluban

2.2.1. Történeti háttér

A Szíriai-Magyar Régészeti Misszó a 2000-es években nagyszámú faluhelyet derített föl a parti hegyléc eldugott részeint (Major, 2006, pp. 44-46). A terepi megfigyelések és a kerámialeletek arra utalnak, hogy ezek a lelőhelyek római és bizánci eredetűek; alighanem a 4. század környékén már léteztek. A jellegzetes, 13. századi kerámia sokkal kisebb területen fordul elő, mint a római kori. Ez jelzi, hogy bár sokuk túlélte a korai középkort, de lecsökkent a területük. Az 'Ayn Qadīb és környékén megfigyelt 'vidéki villák' jó képviselői az átlagos közepméretű településnek. Khirbat al-Qurshiyya már nagyobb falu volt, nagyobb területen, szétszórtan elhelyezkedő villákkal, számos olajütővel és szőlő-

préssel. Egyértelműen azonosítható a templomépület is. Középkori kerámia csak kisebb területen található, nem meglepően a forrás közelében.

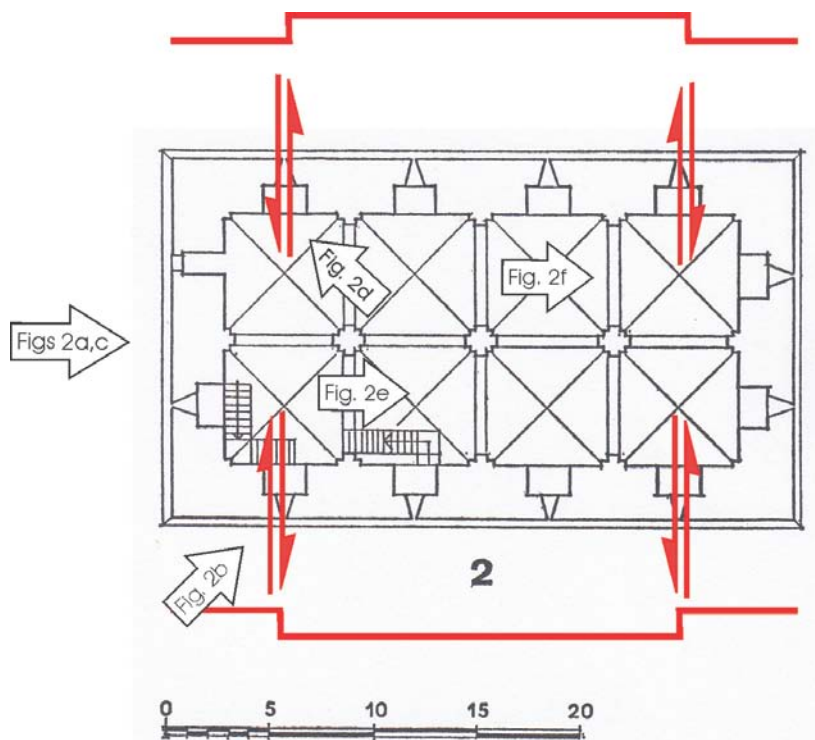
Jelentős kőbányászat alakította ki Khirbat al-Qurshiyya képét. Több méter hosszú és széles mészkőtömböket, több tíz tonna súlyúakat vágtak ki a vízszintesen rétegzett, tömött, krétaidőszaki mészkőből. A kőanyag alkalmas volt középületekben való felhasználásra. A falu lakói alighanem jómódban éltek.



2. ábra. Sāfītā kereszties lakótornya. **a.** Látkép nyugat felől. A torony egyetlen bejárata a nyugati falon található kicsiny ajtó. **b.** A déli homlokzat részlete. A tömbök a torony tetején még jobbos eltolódást mutatnak, amely azonban lefelé eltűnik. **c.** A földszinti csarnok templom; jelenleg a helyi görög ortodox közösség használja. Figyeljük meg az apszis félkupolájában, a kivilágított kereszt fölötti elmozdult építőköveket. **d.** Első emelet. Balos eltolódás az északi falban. **e.** Első emeleti csarnok: két, gótikus ívet tartó oszlop hordozza a tetőszerkezet súlyát. A jobboldali hajó boltozatában a nagy méretű javított felületek elmozdult és/vagy eltört zárókövekre utalnak. **f.** Lezökkent zárókő egy észak-déli irányú gótikus ívben. A fényképek helyét nyilak jelzik a 3. ábrán.

Fig. 2. The crusader donjon of Sāfītā. **a.** View from west. The only entry to the tower is a small door on the western wall. **b.** Detail of the southern façade. Right-lateral displacement of ashlars near the top of the donjon diminishes downwards. **c.** The ground-floor hall is a church, now in use by the local Greek Orthodox Christian community. Note the shifted ashlars seen above the illuminated cross in the axis of the hemispherical dome of the apse. **d.** First floor: left-lateral displacement of the northern wall. **e.** The first floor hall (above the ground-floor

church): two central pillars bearing Gothic arches hold the weight of the roof. Heavy repairs in the vault of the right-side aisle are witnesses to shifted and/or broken ashlars there. f. Dropped keystone in a N-S oriented Gothic arch of the first-floor hall. Locations of photos are indicated on Fig. 3.



3. ábra. A lakótorony alakváltozása. Négy oldaleltolódásos törésvonala harántolja az emeleti lovagterem nyugati és keleti ablakmélyedését. Vastag törtvonal jelzi, hogy az északi fal központi része mintegy 20 cm-nyit mozdult észak felé, míg a déli fal központi része kb. 30 cm-t mozdult el dél felé. A kétféle deformáció összességében azt eredményezte, hogy a lakótorony emeleti szintjének középső része észak-déli irányban mintegy fél méterrel kitégült. A méretarány méterekben van megadva. A nyílak a 2. ábra fényképeinek helyét jelzik.

Fig. 3. Deformation of the donjon. There are four strike-slip shear zones dissecting the donjon across both the western and eastern window bays of the knights' hall. Thick red lines illustrate that the central portion of the northern wall moved about 20 cm to the north, while the central portion of the southern wall moved ca. 30 cm to the south. The resulting deformation is the N-S extension of the upper floor of the donjon. Scale in metres. Arrows refer to view of photos in Figure 2.

2.2.2. Sérülések

Lezuhant tömbök a kőfejtőben. A több méter hosszú kötömböket adó kőfejtőket egyértelműen azonosítottuk Khirbat al-Qurshiyya keleti végén és végig a falu déli, sziklafal felőli oldalán. A fejtett kőzet tömött, homogén krétaidőszaki mészkő. Rétegei 1,4-2,6 m vastagok. Vékony, lemezszerű mészkőrétegek, ritkán agyagos közberétegzések választják el egymástól a vastagabb rétegeket.

A rétegek majdnem vízszintesek (kb. 3°-os északi dőlés becsülhető). A kőfejtők falai függőlegesek; a kőzetet szabdaló elválások és törések szabják meg irányát. A törések karsztos oldódással néhány deciméter szélességűre nőttek. A fejtett blokkok méretét megszabta a rétegvastagság. A tömbök alá, az agyagos rétegekbe vert ékekkel történt a fejtés.

A helyszínen talált legnagyobb tömb befoglaló mérete 7 × 3 × 2 m; a 2 méteres vastagságot a rétegvastagság adja. A kőfejtő udvarában számos tömb fekszik, feltűnően szabálytalanul, mintegy összedobálva. Vannak a rétegzéssel párhuzamosan fekvő blokkok, kibillent példányok (4a és 4b ábra), tömbök melynek réteglapjai most függőlegesek, sőt átfordult tömbök is. Nem is egyet alattuk fekvő más tömbök támasztanak alá, mintegy hídpillér-szerűen. Néhány tömb a függőleges bányafal tetején több mint egy méterre nyúlik ki a levegőbe.

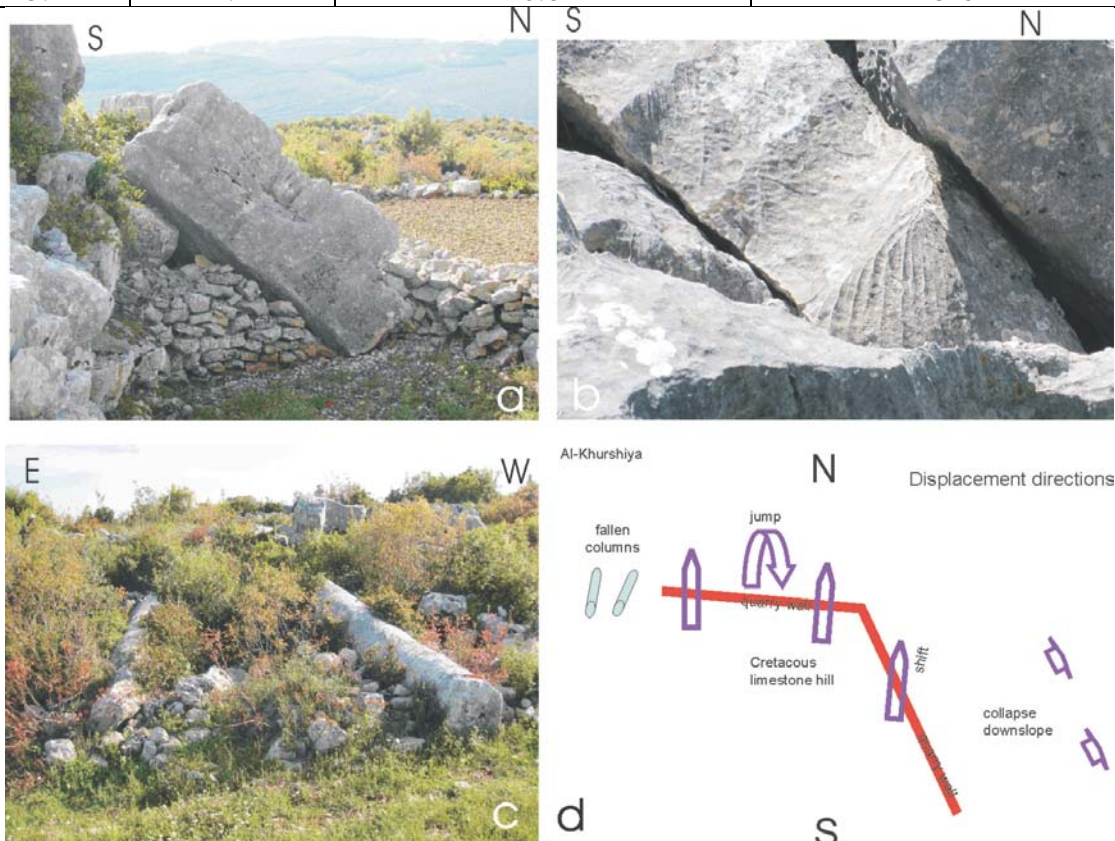
Körkeresztmetszetű, eredeti helyükön függőleges karrcsatornák határolnak több blokkot. 20-30 cm szélesek, a rétegvastagsággal egyenlő hosszúak. Mai, ferde vagy vízszintes helyzetük jól jelzi a megdőlt, kibillent blokkok eredeti térbeli pozícióját. A karsztos oldódás azonban nem szakadt meg a kőomlásokor. Keskeny, de függőleges csatornácskák oldódtak a kőzetfelszínbe, szöveget bezárva a régebbi karrcsatornákkal (4b ábra). A keskeny csatornácskák 2-3 cm szélesek, 3-9 mm mélyek (1.

táblázat). Az elcsúszott és/vagy leomlott blokkok eredeti helyét a körvonaluk és a bányafal illesztésével határoztuk meg: valamennyi északi elmozdulást rögzít, $\pm 20^\circ$ eltéréssel.

1. táblázat. A lezuhant blokkok karr-csatornáinak mérete Khirbat al-Qurshiyya faluban. A kort Furlani et al. (2009) nyomán $18 \mu\text{m}/\text{éves}$ átlagos oldási sebesség alapján számítottuk.

Table 1. Karren dimensions on fallen blocks in Khirbat al-Qurshiyya. Age is based on $18 \mu\text{m}/\text{year}$ average dissolution rate (after Furlani et al., 2009), and understood as a rough approximation only.

Szélesség Width mm	Mélység Depth mm	A kőomlás kora (Age of rockfall)	
		8 $\mu\text{m}/\text{év}$ oldódási sebesség alapján based on 8 $\mu\text{m}/\text{year}$ average dissolution rate	22 $\mu\text{m}/\text{év}$ oldódási sebesség alapján based on 22 $\mu\text{m}/\text{year}$ average dissolution rate
28	8	1000	364
20	9	1125	409
28	7	875	318
10	5	625	227
19	6	750	273
25	6	750	273
20	6	750	273
29	3	375	136
19	4	500	182
37	7	875	318



4. ábra. A fő elmozdulások iránya és az okozott sérülések Khirbat al-Qurshiyyában. **a.** Több mint 20 tonnás lezuhant mészkőtömb a kőbányában. A rétegvastagság mintegy 1,4 m. A rakott kőfal mögött pásztorok szállása. **b.** Karsztos oldódás (karr) lezuhant mészkőtömbökön. A 20-30 cm széles árkok eredeti, függőleges helyzetükben a hajdani talajtakaró alatt végbement karsztosodás eredményeként, évtízezredek alatt keletkeztek. Az 1-3 cm széles csatornácskákat az esővíz oldotta ki, már a tömb lezuhanása után. **c.** Két eldőlt oszlop, valószínűleg a falu templomából északi irányból nézve. A jobboldali, nyugati oszlop 10°É irányban, a baloldali, keleti oszlop 24°É irányban dőlt el. **d.** Az elmozdult objektumok vázlatrajza. A közel É-D irányú templomoszlopok; észak felé lezuhant húsztonnás kötömbök a fejtő udvarán, több közülük átfordult; a keleti lejtőn leszánkázott tömbök.

Fig. 4. Damages and directivity of strong motion in Khirbat al-Qurshiyya. **a.** Fallen $>20\text{t}$ block in front of quarry face. Bedding thickness ca. 1.4 m. Rubble walls are shepherds' shelters. **b.** Karstic dissolution (karren) on fallen blocks. The 20-30 cm wide furrows (tilted) were originally vertical karstic shafts produced under soil cover formed throughout many millennia. The 1-3 cm wide runnels (vertical) were formed after the rockfall by rainfall dissolution. **c.** Two fallen columns of the village temple, viewed from the $\sim\text{N}$. The western one on the

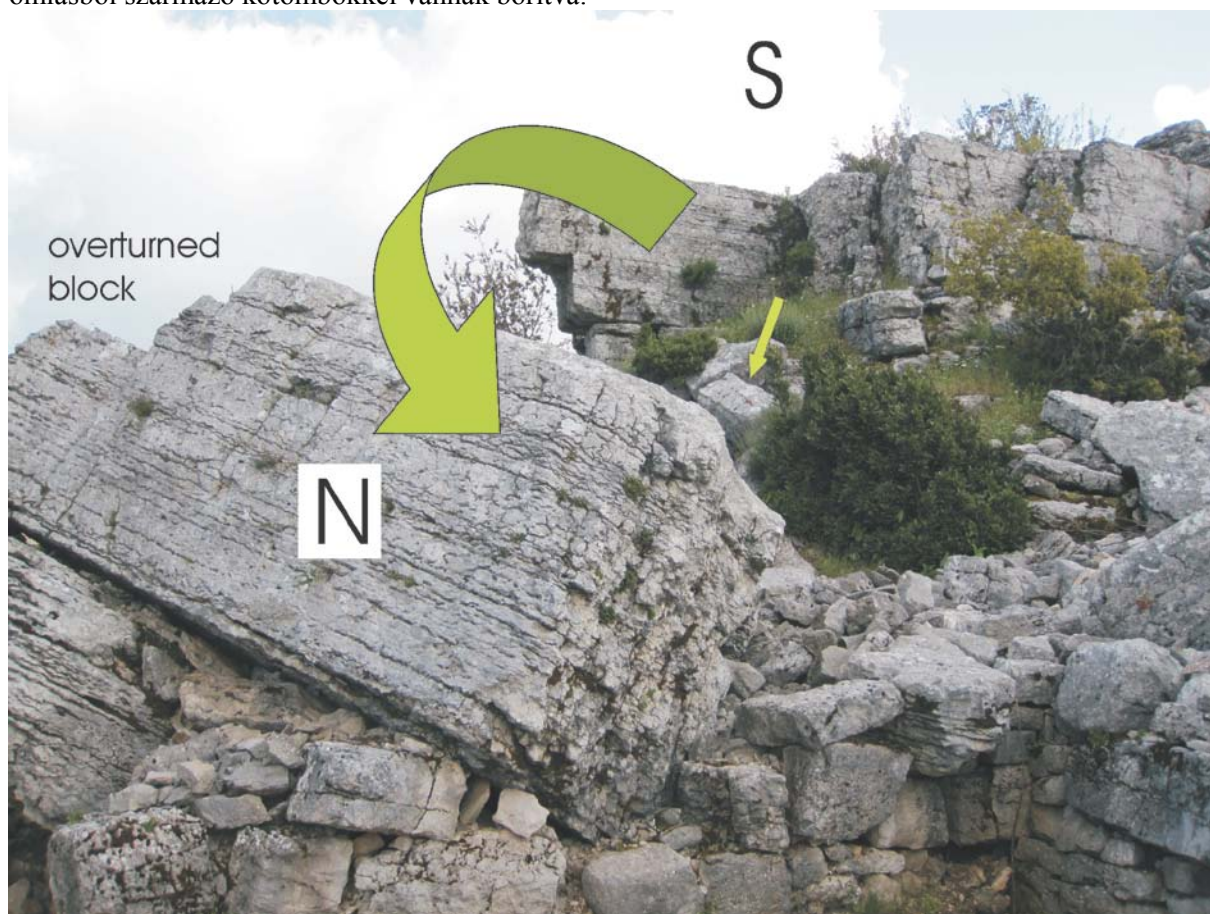
right fell towards 10°N , while the eastern one on the left towards 24°N . **d.** Sketch of displaced objects: approx. N-S lying fallen columns in the village. N-wards displaced 20 t blocks – some overturned – in the quarry. Blocks slid downhill on the eastern slope.

Ledőlt oszlopok. A falu valamennyi épülete erősen sérült. beleértve a valószínűleg legnagyobb épületet, a templomot is. Egyetlen fal sem magasodik több mint 2 méterrel a terepszint fölé; legtöbbjük csak faragott kövekből álló kupacként maradt meg.

Két monolit mészkőoszlop, mindkettő 74 cm átmérőjű és bizonyára helyi eredetű, fekszik majdnem párhuzamosan a falu nyugati végén. A nyugati oszlop 10°N , a keleti oszlop 24°N irányban dőlt le.

2.3. Kőomlás 'Ayn Qadīb faluban

Ayn Qadīb, ma 'holt falu', a Jabal Ansariyya gerincéhez közel, kőomlás áldozatául esett. A legnagyobb leomlott tömb 5,9 m hosszú, 3,8 m széles, 2,6 m vastag. Tömege több mint 130 tonna (5. ábra). A tömb zuhanása közben átfordult és ma egy kőház falain nyugszik. Eredeti helyzete könnyen azonosítható: a falu mögött sziklafalról 10°N irányban zuhant le. A közeli, északi dőlésű lejtők további, omlásból származó kőtömbökkel vannak borítva.



5. ábra. 'Ayn Qadīb faluban egy sziklaomlás lerombolt egy kőházat. A legnagyobb szikla (2,6 m vastag, közel 50 tonnás tömb) 10°N irányban zuhant és átfordult. A rétegzés mintázata pontosan illeszkedik az átfordult tömbön és a sziklafalon.

Fig. 5. Rockfall in 'Ayn Qadīb village destroyed a masonry house. The largest block (2.6 m thick, ~50 ton) fell to 10°N and overturned. The inverted bed thickness pattern of the fallen block fits the same in the upright standing wall.

3. MEGVITATÁS

Az archeoszeizmológia hagyományosan arra keresi a választ, hogy volt-e adott helyen földrengés és mikor (Ambraseys, 2005). A jelen tanulmányban ezeken túlmenően még egy szeizmikus paramétert keresünk: az intenzitást, és megpróbáljuk a rengést kiváltó törésvonalat azonosítani.

3.1. A sérülések *mechanizmusa*

A lakótorony. Sāfītā lakótornya, a maga akár 4 m -es falvastagságával, igen szilárd szerkezet. A magasság/falvastagság arány $h/t = 4$ az alsó szintre és $h/t = 5$ a felső szintre; ezek az értékek kivételesen erős és földrengésálló konstrukciót jeleznek (Lourenço et al., 2007). Minden egyes falban több kváderkő kisebb elmozdulást szenvedett; ezek Rodríguez-Pascua et al. (2011) rendszerébe besorolhatók. A boltívek lezökkenő zárókövei a roncsolás földrengéses eredetének legmegbízhatóbb bizonyítékai (Marco, 2008; Kamai & Hatzor, 2008).

Az északi és a déli falak enyhe meghajlása következtében a tetejük 20-30-cm-rel kihajlik. Lefelé ez a deformáció eltűnik. Ezt a jelenséget magas épületek erőteljes vibrációja okozza (Rodríguez-Pascua et al., 2011, fig. 6c; Kázmér 2014, fig. 2b). Az épület hosszúkas alakja miatt a földrengés iránya azonban nem állapítható meg egyértelműen. Az északi és déli fal tükörszimmetrikus deformációja miatt valószínű, hogy a rezgésirány észak-délihez közelálló volt.

A lakótornyot kemény krétaidőszaki mészkőre alapozták, a rengéshullámok által befolyásolta erősítése tehát kizárható.

Kőomlás. Mindkét faluban a kőomlásnak nem szokásos formájával állunk szemben. A lejtő – vagyis a sziklafal, amelyből a tömbök kiszakadtak – függőleges, míg a csúszólap lényegében vízszintes (3°N). Ezen túlmenően, a csúszkáló tömbök hossza és szélessége nagyobb mint magasságuk, vagyis extrém módon stabilak (4a, b ábra; 5. ábra). Szokásos körülmények között, csak a nehézségi erő hatása alatt ezek a tömbök sohasem mozdultak volna meg. Szeizmikus rezgéseknek kitéve (vagyis a beérkező rengéshullámok hatására fölfelé és oldalirányban ismétlődően elmozdulva) a tömbök mintegy "sétáltak" a réteglapon, mígnem lezuhantak a sziklafal aljába. Az elmozdulás eredőjét a legnagyobb rengéshullámok határozták meg.

3.2. Datálás

3.2.1. Kormeghatározás történeti módszerekkel

A történeti feljegyzésekből ismert rengések 1157. augusztus 2-án, 1170. június 29-én és 1202. május 20-án történtek. A két utóbbi esetében a források kiemelik, hogy komolyan megrongálták Sāfītāt, különösen az 1202-es rengés. Amint Robert d'Auxerre krónikájában olvassuk az 1202. évi eseményekről: "... *Castrialbi maxima pars murorum et turrium in terram prostrate est.*" [... Castrum Album falainak és tornyainak nagyobb része a földre rontatott.] (Robert of Auxerre, *Chronicon*, xxvi, 261). Ez a megjegyzés azonban nem a lakótoronyra, hanem az azt környező falakra és tornyokra vonatkozik.

A donjon megrongálásáért az 1202-es rengést tartjuk felelősnek az alábbi közvetett bizonyítékok alapján:

- Építészettörténeti érvek alapján a lakótorony építése a 12. század második felére tehető (koragótikus elemek).
- 1202-ben már egy nagy torony állt Sāfītā ban, amelyet ugyanazon év földrengése erősen megrongált. Ezt Philip de Plessis leveléből tudjuk (Mayer, 1972, p. 309).
- A torony jó és erős volt 1212-ben (Wilbrand of Oldenbourg, *Itinerarium Terrae Sanctae*, 210). Ez két dolgot jelenthet: vagy Philip de Plessis-nek rögtön a rengést követően írt és elküldött levele erősen túlbecsülte a sérüléseket, vagy ezeket 1212-re már kijavították.
- Az emeleti gótikus teremben a keresztesekre jellemző átalakítások voltak.
- 1271-ig, amikor is a muzulmán csapatok elfoglalták Sāfītāt, nem jegyezték fel nagyobb földrengést. A tulajdonosváltás után a vár elvesztette stratégiai jelentőségét. Feltehetően nem történt nagyobb javítás egészen a 20. századig.
- Bármennyire is kevés feljegyzés maradt fenn, ezek együttesen megengedik annak feltételezését, hogy Sāfītā lakótornyának sérüléseit az 1202-es földrengés okozta.

Egyáltalán nincs történeti adatunk Khirbat al-Qurshiyya és 'Ayn Qadīb falvak pusztulásáról. A régészeti kerámiaanyag segítségével megbecsülhetjük, hogy e falvak a 3. században már léteztek és a 13. században is lakottak voltak. Tekintettel arra, hogy a kerámiarepertoár nem tartalmaz egyértelműen a 14. századra keltezhető darabokat, a falvak pusztulását, akár a hatalmas köveket kimozdító földrengés is okozhatta, mely után nem vagy csak elhanyagolható mértékben települtek újjá és a 14. századra elnéptelenedtek. Megjegyzendő azonban, hogy a régészeti kerámiatöredékek anyagán, alakján és díszítésén alapuló datálása módszer csak kivételesen szolgáltat ± 100 évnél pontosabb koradatokat.

A fentiek ellenére nem zárható ki, hogy a rengés a későrómai időszakban történt. Ez esetben a középkori kerámia előfordulása csak a helyszínen való újrabeleépülést datálja; a forrás közelsége vonzó hely lehetett bármely későbbi lakosnak.

3.2.2. A kőomlás datálása

A leomlott kőtömbök felszínén karrjelenségek figyelhetők meg. A bemélyedő árkokat részben a talajtakaró humuszsavainak oldó hatása hozta létre, részben az eső oldotta ki. A régebbi árkok, amelyek még a tömbök eredeti helyén keletkeztek, 20-30 cm szélesek és több cm mélyek. Ezeket egy fiatalabb csatornarendszer szeli keresztül (4b ábra). Az új karr, mely a kőomlás után keletkezett, a vizsgált kőtömbön $\sim 45^\circ$ -os szöveget zár be a régi karr irányával. A fiatalabb csatornák mérete max 37 mm széles és legfeljebb 9 mm mély (1. táblázat).

A karr képződési sebessége (vagyis a mészkő oldódási sebessége) az esőnek kitett felületeken kb. 10-13 $\mu\text{m}/\text{év}$ (szélső értékek 9 és 38 $\mu\text{m}/\text{év}$) pátos szövetű, durvább mészkövön. Mikrites szövetű, finomszemcsés mészkövön akár a 38 $\mu\text{m}/\text{év}$ értéket is elérheti. A középérték 18 $\mu\text{m}/\text{év}$ (Furlani et al., 2009). Ezeket az értékeket az Adriai-tenger közelében, a Karszt-hegységben mérték. Az ottani éghajlat alapvetően hasonló a Jabal Ansariyya magasabb régióinak éghajlatához: mindkét helyen mediterrán éghajlat uralkodik (2. táblázat) (Wirth, 1971; Furlani et al. 2009).

2. táblázat. Az Adria menti Karszt hegység és parti Szíria éghajlati paraméterei Furlani et al. (2009) és Wirth (1971) után. * az éves maximum és minimum hőmérséklet átlaga.

Table 2. Climate parameters of the Karst Mountains in the northeastern Adriatic region and in coastal Syria (after Furlani et al., 2009 and Wirth, 1971). * Average of annual minimum and maximum temperatures.

Paraméter <i>Parameter</i>	Karszt <i>Karst</i>	Szíriai partvidék <i>Coastal Syria</i>
Parttávolság <i>Distance from shore</i>	10 km	35 km
Tszf. magasság <i>Altitude above sea level</i>	300 m	900 m
Éves csapadékösszeg <i>Annual precipitation</i>	>1300 mm	900-1200 mm
Évi középhőmérséklet <i>Mean annual temperature</i>	12°C	15°C*
Tél <i>Winter</i>	Hűvös, esős <i>cool, rainy</i>	Hűvös, esős <i>cool, rainy</i>
Nyár <i>Summer</i>	Meleg, száraz <i>hot, dry</i>	Meleg, száraz <i>hot, dry</i>

A kőomlás kora, ha a legkisebb, 8 μm éves karrosodási sebességet tekintjük, 763 év, vagyis a 13. század közepe. A maximális mért 22 $\mu\text{m}/\text{éves}$ oldási sebességgel 277 év, vagyis a 18. század közepe. Az átlagos 18 $\mu\text{m}/\text{év}$ vel számítva pedig 339 év, vagyis a 17. század vége. A hibahatár nagy. Az összehasonlítás alapjául szolgáló méréseket a mai Karsztban végezték, és mi a Jabal Ansariyya késő középkori klímaoptimumával vagy a korai kis jégkorszak időszakával hasonlítjuk össze. Tehát egyik számított értéket sem tekinthetjük valós kornak. Annyit biztosan kijelenthetünk, hogy a Khirbat al-Qurshiyya falut romba döntő földrengés valamikor az elmúlt évezredben történhetett.

3.3. Intenzitás

A rengés intenzitását az épületeken megfigyelhető sérülési nyomokból következtethetjük ki (Rodríguez-Pascua et al., 2011), melyeket aztán az EMS98 (Grünthal, 1998) és az ESI07 (Michetti et al., 2007) makroszeizmikus skálával vetünk össze Rodríguez-Pascua et al. (2013) nyomán (3. táblázat). Most az ESI07 skálával korreláljuk adatainkat, kivéve a kőomlást okozó rengés intenzitását jobban kifejező EMS98 skálát.

Az EMS98 skálában szereplő, leginkább földrengésálló építménytípus a kváderkő épület – melynek anyaga az *opus caementitium* vagyis a római beton, és melyen a faragott kő szinte csak burkolatként szerepel – a leginkább rengésálló építőanyag-családból készült. Az emelet 2,5 m vastag római betonfalai nyilvánvalóan jelentősen nagyobb terhelést tudnak felvenni érdemi deformáció nélkül, mint a közönséges rakott kőfalak, még ha habarcsot is használnak építésükhöz. Az *opus caementitium* ből készült, több méter vastag falaknak és tetőszerkezeteknek tulajdonképpen önálló építőanyag-osztály dukálna az EMS98 skálán, az építőanyagok legerősebbikeként.

A Sāfītā megrongáló történeti rengéshez Ambraseys & Melville (1988) VIII-as, Guidoboni és Comastri (2005:231) VIII-IX-es intenzitásértéket társított a fentebb ismertetett történelmi dokumentumok alapján. Jelen tanulmány tanulságaként minimálisan IX-es intenzitást tartunk elfogadható értéknek.

3. táblázat. A rengések intenzitása Sāfītā, al-Qurshiyya és ‘Ayn Qadīb területén. Az intenzitásértékek Rodríguez-Pascua et al. (2013) munkáján alapulnak, és csak mint minimum-értékek értendők.

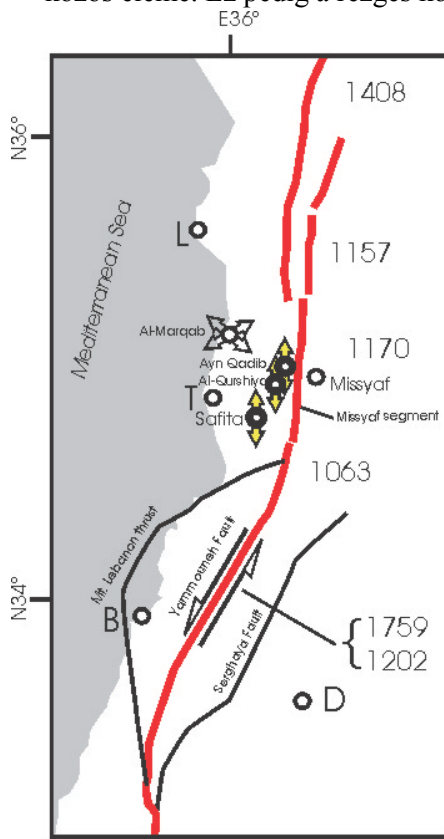
Table 3. Intensity of shaking in Sāfītā, al-Qurshiyya and ‘Ayn Qadīb. Intensity values are after Rodríguez-Pascua et al. (2013). Intensity data are minimum values only.

Jelenség <i>Feature</i>	Helyszín <i>Location</i>	Min. intenzitás <i>Minimum intensity</i> RODRIGUEZ-PASCUA et al. (2011)	Intenzitás Sāfītāban <i>Suggested intensity range for Sāfītā</i>	Megjegyzés <i>Remarks</i>
Dropped keystones <i>Lezökkent zárókő</i>	Sāfītā, gótikus terem <i>Sāfītā, Gothic hall</i>	VI-VII	VII-XII	
Elfordult kőtömbök a falban <i>Rotated masonry blocks in walls</i>	Sāfītā, nyugati homlokzat <i>Sāfītā, western façade</i>	VIII-IX	IX-XII	
Elmozdult fal <i>Displaced wall</i>	Sāfītā, északi és déli homlokzat <i>Sāfītā, northern and southern façades</i>	VII-VIII	VIII-XII	2.5 m vastag fal, sérült, elmozdult <i>Extremely thick, 2.5 m wall broken and displaced.</i>
Kőomlás <i>Rockfall</i>	al-Qurshiyya, ‘Ayn Qadīb	III-IV	III-XII	
Ledőlt oszlopok <i>Fallen and oriented columns</i>	al-Qurshiyya	V-VI	VI-XII	

3.4. A földrengést okozó törésvonal

A fentebb tárgyalt mindhárom helyszínen bekövetkezett szeizmikus eredetű rombolásnak van egy közös eleme. Ez pedig a rezgés közelítőleg É-D iránya (hiba min. $\pm 20^\circ$).

Sāfītā kevesebb mint 20 km-re van a Levantei-töréstől. Al-Qurshiyya és Ayn Qadīb pedig mindössze 5 km-re ugyanazon törérendszer Missyaf-szegmensétől. A Yammouneh-szegmens pedig, amely az 1202-es földrengést okozta, csak 50 km-re van déli irányban Sāfītától (6. ábra).



6. ábra. Az alakváltozás és az elmozdulás irányítottsága. A Levantei-törés szegmensei Meghraoui et al. (2003) és Daëron et al. (2007) után. A páros nyilak a fölkések irányát jelzik: É-D Sāfītā-ban, and északi elmozdulás al-Qurshiyya and ‘Ayn-Qadīb falvakban. Sāfītā is 19 km-re van a Levantei-töréstől. Khirbat al-Qurshiyya and ‘Ayn-Qadīb egyaránt nem egészen 6 km-re vannak a Missyaf-szegmenstől. Margat vára 240° irányú roncsolódást visel, melyet az 1202-es földrengés okozott, és egy másik, 130° irányút, mely 1275 után keletkezett (Kázmér & Major, 2010). B – Bejrút, D – Damaszkusz, L –Lattakia, T – Tartus.

Fig. 6. Direction of deformation and displacement. Segments of the Levant Fault system after Meghraoui et al. (2003) and Daëron et al. (2007). Paired arrows indicate strong motion directions: N-S deformation in Sāfītā, and N-wards displacement in al-Qurshiyya and ‘Ayn-Qadīb. Sāfītā is 19 km from the Levant Fault. Khirbat al-Qurshiyya and ‘Ayn-Qadīb are both less than 6 km from the Missyaf segment. Al-Marqab citadel bears damages oriented towards 240° caused by the AD 1202 earthquake and towards 130° caused by an earthquake after 1275 (Kázmér & Major, 2010). B – Beirut, D – Damascus, L –Lattakia, T – Tartus.

Meghraoui és munkatársai (2003) határolták el a Levantei-törés szegmenseit Szíriában. A Missyaf-szegmens utoljára 1170-ben okozott földrengést, a ma látható sáfítai lakótorony építése előtt. A Yammouneh-szegmens Libanonban utoljára 1759-ben működött. Előtte ez volt felelős az 1202-es katasztróféért, amely a Közel-Kelet legnagyobb, a történeti időkben kipattant földrengése volt (Ambraseys & Melville, 1988; Daëron et al., 2005). Ez utóbbi, ~7.5-ös magnitúdójú földrengés a felelős tehát a Sáfítában látható sérülésekért.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Három, hajdani földrengések nyomát őrző helyszínt vizsgáltunk a szíriai tengerpart és a Levantei-törés között. Sáfítá vára (épült a kései 12. században), Khirbat al-Qurshiyya és ‘Ayn Qadīb késő ókori fa l-vak a Missyaf-szegmens közvetlen közelében vannak. Ennek ellenére történeti koradatok és az É-D irányú, a Missyaf-töréssel párhuzamos roncsolódás arra utal, hogy nem ez a törés, ill. nem az itt 1770-ben keletkezett földrengés a felelős a sérülésekért. A libanoni Yammouneh-szegmensben kipattant 1202-es rengés okozhatta a lakótorony sérülését és a két falu kőomlás okozta pusztulását.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők munkáját az OTKA K 67.583 és PD 77.585 projektje támogatta. A tanulmány az UNESCO által is támogatott Nemzetközi Földtani Korrelációs Program IGCP 567. számú, *Earthquake Archaeology: Archaeoseismology along the Alpine-Himalayan Seismic Zone* c. projektjéhez kapcsolódik. Yann Klingert és a párizsi Institute de Physique du Globe-t illeti köszönet, hogy lehetővé tették a tanulmány bemutatását a *Tectonics of the Levant Fault and Northern Red Sea* workshopon, Párizsban 2013. július 8-9-én.

TÖRTÉNETI FORRÁSOK

- Robert d’Auxerre: *Chronicon*. Monumenta Germaniae Historica. Scriptores. XXVI. Hannover 1882.. 219-287.
- Ibn al-Athīr, *al-Kāmil* = ‘Izz al-Dīn Abu’l-Hasan ‘Alī ibn Abu’l-Karam Muhammad ibn Muhammad Abū ‘Abd al-Karīm ibn ‘Abd al-Wāhid al-Shaybānī, *al-Kāmil fi’l-ta’rīkh*. 11 vols., ed. ‘Umar ‘Abd al-Salām Tadmurī, Beirut 1999.
- Ibn al-Athīr, *al-Ta’rīkh al-bāhir* = ‘Izz al-Dīn Abu’l-Hasan ‘Alī ibn Abu’l-Karam Muhammad ibn Muhammad Abū ‘Abd al-Karīm ibn ‘Abd al-Wāhid al-Shaybānī, *al-Ta’rīkh al-bāhir fi’l-dawla al-atābakiyya*. Cairo - Bagdad 1963.
- Ibn al-Furāt, *Ta’rīkh* = Nāsir al-Dīn Muhammad ibn ‘Abd al-Rahīm ibn al-Furāt. *Ayyubids, Mamlukes and Crusaders: Selections from the Ta’rīkh al-Duwal wa’l-Mulūk of Ibn al-Furāt.*, ed. and trans. U. and M.C. Lyons, 2 vols. Cambridge 1971.
- Ibn al-Qalānīsī, *Dzayl* = Abū Ya’lā Hamza ibn al-Qalānīsī, *Dzayl ta’rīkh Dimashq*. ed. H.F. Amedroz, E.J. Brill – Leiden. Trans. H.A.R. Gibb, *The Damascus Chronicle of the Crusades*, London (1932).
- Ibn Wāsil, *Mufarrij* = Jamāl al-Dīn Muhammad ibn Sālim ibn Wāsil, *Mufarrij al-kurūb fi akhbār Banī Ayyūb*. 5 vols. eds. Jamāl al-Dīn al-Shayyāl & Hasanayn Muhammad Rabī’, Cairo 1953-1975.
- Oliver Scholasticus: *Historia Damiatina*. Stuttgart 1894.
- Wilbrand von Oldenburg, *Itinerarium Terrae Sanctae*. ed. S. de Sandoli, in *Itinera Hierosolymitana Crucesignatorum (saec. XII-XIII)*, vol. 3, Jerusalem 1983. pp. 195-249.

SZAKIRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Alfonsi, L., Cinti, F.R., Ventura, G. 2013. The kinematics of the 1033 AD earthquake revealed by the damage of Hisham palace (Jordan valley, Dead Sea transform zone). *Seismological Research Letters* **86**(6), 997-1003.
- Al-Tarazi, E.A., Korjenkov, A. 2007. Archaeoseismological investigation of the ancient Ayla site in the city of Aqaba, Jordan. *Natural Hazards* **42**, 47–66.
- Altunel, E., Meghraoui, M., Karabacak, V., Akyüz, S.H., Ferry, M., Yalçiner, Ç., Munsch, M. 2009. Archaeological sites (tell and road) offset by the Dead Sea Fault in the Amik Basin, southern Turkey. *Geophysical Journal International* **179**, 1313-1329.
- Ambraseys, N. 2005. Archaeoseismology and neocatastrophism. *Seismological Research Letters* **76**(5), 560-564.
- Ambraseys, N.N., Melville, C.P. 1988. An analysis of the Eastern Mediterranean earthquake of 20 May 1202. In: Lee, W.H.K., Meyers, H., Shimazaki, K., (Eds.), *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*. Academic Press, San Diego, pp. 181–200.
- Ambraseys, N. 2009. *Earthquakes in the Mediterranean and the Middle East. A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900*. Cambridge University Press, Cambridge, 968 p.
- Amit, R., Agnon, A., Matmon, A. 2009. *The Dead Sea Rift as a natural laboratory for earthquake behavior: prehistorical, historical and recent seismicity*. Dead Sea Workshop, 16th-23rd Feb. 2009.

- Benjelloun, Y., de Sigoyer, J., Carlut, J., Hubert-Ferrari, A., Dessales, H., Pamir, H., Karabacak, V. 2015. Characterization of building materials from the aqueduct of Antioch-on-the-Orontes (Turkey). *Comptes Rendus Geoscience* **347**, 170-180.
- Deschamps, P. 1973. *Les châteaux des croisés en Terre Sainte III. La défense du comté de Tripoli et de la principauté d'Antioche*. Geuthner, Paris, 420 p.
- Daëron, M., Klinger, Y., Tapponnier, P., Elias, A., Jacques, E., Surssock, A. 2005. Sources of the large A.D. 1202 and 1759 Near East earthquakes. *Geology* **33**(7), 529–532.
- Daëron, M., Klinger, Y., Tapponnier, P., Elias, A., Jacques, E., Surssock, A. 2007. 12,000-year-long record of 10 to 13 paleoearthquakes on the Yammouneh Fault, Levant Fault System, Lebanon. *Bulletin of the Seismological Society of America* **97**(3), 749-771.
- Elias, A., Tapponnier, P., Singh, S.C., King, G.C.P., Briais, A., Daëron, M., Carton, H., Surssock, A., Jacques, E., Jomaa, R., Klinger, Y. 2007. Active thrusting offshore Mount Lebanon: Source of the tsunamigenic A.D. 551 Beirut-tripoli earthquake. – *Geology* **35**(8), 755-758.
- Ellenblum, R., Marco, S., Agnon, A., Rockwell, T., Boas, A. 1998. Crusader castle torn apart by earthquake at dawn, 20 May 1202. *Geology* **26**(4), 303–306.
- Ferretti, D., Bažant, Z.P. 2006. Stability of ancient masonry towers: Stress redistribution due to drying, carbonation and creep. *Cement and Concrete Research* **36**, 1389–1398.
- Furlani, S., Cucchi, F., Forti, F., Rossi, A. 2009. Comparison between coastal and inland Karst limestone lowering rates in the northeastern Adriatic region (Italy and Croatia). *Geomorph.* **104**, 73-81.
- Grünthal, G. 1998. *European Macroseismic Scale 1998: EMS98*. Musée National d'Historie Naturelle. Luxembourg, 99 p.
- Guidoboni, E., Comastri, A. 2005. *Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th Century*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma; Storia Geofisica Ambiente (INGV-SGA), Bologna, Italy, 1037 p.
- Haynes, J.M., Niemi, T.M., Atallah, M. 2006. Evidence for ground-rupturing earthquakes on the Northern Wadi Araba fault at the archaeological site of Qasr Tilah, Dead Sea transform fault system, Jordan. *Journal of Seismology* **10**, 415–430.
- Kamai, R., Hatzor, Y.H. 2008. Numerical analysis of block stone displacements in ancient masonry structures: a new method to estimate historic ground motions. *International Journal of Numerical Analytical Methods in Geomechanics* **32**, 1321–1340.
- Karakhanian, A.S., Trifonov, V.G., Ivanova, T.P., Avagyan, A., Rukieh, M., Minini, H., Dodonov, A.E., Bachmanov, D.M. 2008a. Seismic deformation in the St. Simeon monasteries (Qal'at Sim'an), northwestern Syria. *Tectonophysics* **453**, 122–147.
- Karcz, I., Kafri, U., 1978. Evaluation of supposed archaeoseismic damage in Israel. *Journal of Archaeological Science* **5**, 237–253.
- Karcz, I., Kafri, U. 1981. Studies in archeoseismicity of Israel: Hisham's palace, Jericho. *Israel Journal of Earth Sciences* **30**, 12–23.
- Karcz, I., Kafri, U., Meshel, Z. 1977. Archaeological evidence for subrecent seismic activity along the Dead Sea–Jordan Rift. *Nature* **269**, 234–235.
- Kázmér, M. 2014. Damages to ancient buildings from earthquakes. In: Beer, M., Patelli, E., Kougioumtzoglou, I., Au, I. S.-K. (eds): *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Springer.
- Kázmér, M. 2015. Off-fault damages to masonry buildings – a classification. In: Blumetti, A.M., Cinti, F.R., De Martini, P.M., Galadini, F., Guerrieri, L., Michetti, A.M., Pantosti, D., Vittori, E. (eds) *6th INQUA International Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology*. 19-24 April 2015, Pescina, Fucino Basin, Italy. *Miscellanea INGV* **27**, 244-247.
- Kázmér, M., Major, B. 2010. Distinguishing damages of two earthquakes – archeoseismology of a Crusader castle (Al-Marqab citadel, Syria). In: Sintubin, M. Stewart, I., Niemi, T. & Altunel, E., (Eds.). *Ancient Earthquakes. Geological Society of America Special Paper* **471**, 186 –199.
- Kázmér, M., Major, B. 2015. Castle and rockfalls in the 'dead villages' of coastal Syria – an archaeoseismological study. – *Comptes Rendus Geoscience* **347**, 181-190.
- Kázmér, M., Sanittham, K., Charusiri, P., Pailoplee, S. 2011. Archaeoseismology of the AD 1545 earthquake in Chiang Mai, Thailand. In: Grützner, C., Pérez-López, R., Fernández Steeger, T., Papanikolaou, I., Reicherter, K., Silva, P.G. & Vött, A. (eds): *Earthquake Geology and Archaeology: Science, Society and Critical Facilities*. 2nd INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, 19-24 September 2011, Corinth (Greece). *Proceedings Volume 2*, 102-105.
- Kennedy, H. 1994. *Crusader Castles*. Cambridge University Press, Cambridge, 221 p.
- Korjenkov, A.M., Erickson-Gini, T. 2003. The seismic origin of the destruction of the Nabatean forts of Ein Berga and Ein Rahel, Arava Valley, Israel. *Archäologischer Anzeiger* **2003**(2), 39-50.
- Korjenkov, A.M., Mazor, E. 1999a. Seismogenic origin of the ancient Avdat Ruins, Negev Desert, Israel. *Natural Hazards* **18**, 193–226.
- Korjenkov, A.M., Mazor, E. 1999b. Earthquake characteristics reconstructed from archeological damage patterns: Shivta, the Negev Desert, Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* **48**, 265-282.
- Korjenkov, A.M., Mazor, E. 2003. Archaeoseismology in Mamshit (southern Israel): Cracking a millennia-old code of earthquakes preserved in ancient ruins: *Archäologischer Anz.* **2003**(2) 51–82.

- Korjenkov, A.M., Mazor, E. 2005. Diversity of earthquake destruction patterns: The Roman-Byzantine ruins of Haluza, Negev desert, Israel. *Archäologischer Anzeiger* **2005**(2), 1-15.
- Korjenkov, A.M., Mazor, E. 2013. The features of earthquake damage patterns of ancient city ruins in the Negev desert, Israel. *Geotectonics* **47**(1), 52-65.
- Lamprecht, H.-O. 2001. *Opus caementitium—Bautechnik der Römer*. Köln, Römisch-Germanisches Museum, Köln; Bau+Technik Verlag, Düsseldorf, 264 p.
- Lourenço, P.B., Krakowiak, K.J., Ferriandes, F.M., Ramos, L.F. 2007. Failure analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: How to learn from sophisticated numerical models. *Engng Failure Anal.* **14**, 280–300.
- Major, B. 1998. Crusader Towers of the Terre de Calife and its Vicinity. in: Dévényi K. & Iványi T. (Eds.) *The Arabist*. Budapest Studies in Arabic 19-20. Proceedings of the Arabic and Islamic Sections of the 35th Int. Congress of Asian and North African Studies (ICANAS). **1**: 211-228.
- Major, B. 2006. Survey of Late Antique and Medieval Rural Sites in the Region of Sāfītā on the Syrian Coast. *Council for the British Research in the Levant Bulletin*. **1**, 44-46.
- Marco, S. 2008. Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone. *Tectonophysics* **453**, 148–156.
- Marco, S., Agnon, A., Ellenblum, R., Eidelman, A., Basson, U., Boas, A. 1997. 817-year-old walls offset sinistrally 2.1 m by the Dead Sea Transform, Israel. *Journal of Geodynamics* **24**, 11–20.
- Marco, S., Harta, M., Hazan, N., Lev, L., Stein, M. 2003. Archaeology, history, and geology of the A.D. 749 earthquake, Dead Sea transform. *Geology* **31**, 665–668.
- Mayer, H.E. 1972. Two unpublished letters on the Syrian earthquake of 1202. In: Hanna, S.A., (Ed.). *Medieval and Middle Eastern Studies in Honour of A.S. Atiya*. Brill, Leiden, pp. 295-310.
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., Van der Woerd, J., Mouty, M., Darkal, A.N., Radwan, Y., Layyous, I., Al Najjar, H., Darawchah, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R., Barazangi, M. 2003. Evidence for 830 years of seismic quiescence from paleoseismology, archaeoseismology and historical seismicity along the Dead Sea Fault in Syria. *Earth and Planetary Science Letters* **210**, 35-52.
- Michetti A.M., Esposito E., Guerrieri L., Porfido S., Serva L., Tatevossian R., Vittori E., Audemard F., Azuma T., Clague J., Comerci V., Gürpınar A., McCalpin J., Mohammadioun B., Mörner N.A., Ota Y., Rogozhin E. 2007. Intensity Scale ESI 2007. In: Guerrieri L. & Vittori E., (Eds.). *Memorie Descrittive Carta Geologica d'Italia* **74**, Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma, 53 pp.
- Mistler, M., Butenweg, C., Meskouris, K. 2006. Modelling methods of historic masonry buildings under seismic excitation. *Journal of Seismology* **10**, 497–510.
- Monaco, C., Tortorici, L. 2004. Faulting and effects of earthquakes on Minoan archaeological sites in Crete (Greece). *Tectonophysics* **382**, 103-116.
- Niemi, T. 2009. Paleoseismology and archaeoseismology of sites in Aqaba and Petra, Jordan. In: Amit, R., Agnon, A., Matmon, A. (Eds.). *The Dead Sea Rift as a natural laboratory for earthquake behavior: prehistorical, historical and recent seismicity*. Dead Sea Workshop, 16th-23rd February 2009, pp. 119-176.
- Passchier, C.W., Wiplinger, G., GÜngör, T., Kessener, P., Sürmelihindi, G. 2013. Normal fault displacement dislocating a Roman aqueduct of Ephesus, western Turkey. *Terra Nova* **25**, 292-297.
- Piana, M. 2008. Die Templerburg Chastel Blanc. (Burg as-Safita). In: Piana, M., (Ed.). *Burgen und Städte der Kreuzzugszeit*. Petersberg. pp. 293-301.
- Raphael, K. 2010. The impact of the 1157 and 1170 Syrian earthquakes on Crusader–Muslim politics and military affairs In: Sintubin, M., Stewart, I. S., Niemi, T. M. & Altunel, E. (Eds.). *Ancient Earthquakes. Geological Society of America Special Papers* **471**, 59-66.
- Rodríguez-Pascua, M.A., Pérez-López, R., Silva, P.G., Giner-Robles, J.L., Garduño-Monroy, V.H., Reicherter, K. 2011. A comprehensive classification of earthquake archaeological effects (EAE) for archaeoseismology. Application to ancient remains of Roman and Mesoamerican cultures. *Quaternary International* **242**, 20-30.
- 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, pp. 221-224.
- Sbeinati, M.R., Darawchah, R., Mouty, M. 2005. The historical earthquakes of Syria: An analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D. *Annals of Geophysics* **48**, 347–435.
- Sbeinati, M.R., Meghraoui, M., Suleyman, G. Gomez, F., Grootes, P., Nadeau, M.-J., Al Najjar, H., Al-Ghazzi, R. 2010. Timing of earthquake ruptures at the Al Harif Roman aqueduct, (Dead Sea fault, Syria) from archaeoseismology and paleoseismology. In: Sintubin, M. Stewart, I., Niemi, T., Altunel, E., (Eds.). *Ancient Earthquakes. Geol. Soc. of America Special Paper* **471**, 243-267.
- Wechsler, N., Katz, O., Dray, Y., Gonen, I., Marco, S. 2009. Estimating location and size of historical earthquake by combining archaeology and geology in Umm-El-Qanatir, Dead Sea transform. *Natural Hazards* **50**, 27–43.
- Wirth, E., 1971. *Syrien. Eine geographische Landeskunde*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 531 p
- Yagoda-Biran, G., Hatzor, Y.H. 2010. Constraining paleo-PGA values by numerical analysis of overturned columns. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **39**, 463-472.