

VITÁNYVÁR ÉPÍTÉSTÖRTÉNETI VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZERTANI TAPASZTALATAI

Épületkutatás korszerű digitális eszközökkel

Bozsik Máté

BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszék, Budapest

Absztrakt

A Vértesben fekvő Vitányvár egyike azon középkori magyarországi romoknak, melynek falai jelentős magasságig eredeti formájukban megőrződtek, azonban kiterjedt kutatásukra és konzerválásukra a közelmúltig nem került sor. A vár építéséről és eredeti kialakításáról rendelkezésre álló írott és képi dokumentumok szűkössége az építéstörténeti kutatás számára kiemelt fontosságúvá teszi az épületről a helyszínen gyűjthető információkat: a hagyományos régészeti feltárás mellett a falakon tapasztalt jelenségek dokumentálása és értelmezése által tudhatunk meg a legtöbbet az egykori épületszerkezetekről, építési periódusokról.

Ennek vizsgálata a korlátozott helyszíni lehetőségek miatt olyan gyakorlati módszert igényelt, mellyel gyorsan, és a helyszíni munka lerövidítésével készíthető alakhelyes felmérés a falakról. A tanulmányban bemutatjuk a felmerült vizuális adatrögzítési módszereket (manuális felmérés mérőállomással; térben referált fotómontázs; lézer- és fotoszkennelés), valamint áttekintjük ezek előnyeit és korlátait, emellett a várban folytatott kutatás tapasztalatain keresztül példákat hozunk a módszerrel gyűjthető új építéstörténeti információkra.

Kulcsszavak

Vitányvár · Bauforschung · alakhelyes felmérés · fotogrammetria



- 01 Vitányvár, Vértessomló: látkép nyugat felől
 02 A vár alaprajzi felmérése – a magasabb falak sötétebb színnel jelölve

1. KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

Vitányvár középkori romja kedvelt kirándulóhely a Vértesben: az apró vár impozáns méretű falmaradványai helyenként még tizenöt méternél magasabban állnak, falkoronáin néhol még meredeznek az egykori oromfogak torzói. A szép fekvésű, északnyugati irányba nyúló, keskeny hegyhát végén épült erősség ma már belesimul a környező erdőségbe, ami az innen távolabb fekvő településektől is elkülöníti azt. Az országhatáron belül mára kevés olyan, Vitányhoz hasonló, középkori formáját tisztán és viszonylagos épségben megőrzött épületet találni, melyet mind az újabb korok átépítései, mind pedig a műemléki kutatás és beavatkozások érintetlenül hagytak volna (1–2. ábra). Itt a vizsgálatok azonban a huszadik század végéig kizárólag az okleveles anyag rövid, áttekintő feldolgozására, valamint az épület leíró jellegű elemzésére, tipologizálására terjedtek ki.¹ Az építésről és

a korabeli kialakításról az egykorú források szinte semmit nem szólnak. A kutatás így építéstörténeti megállapításait rövidebb helyszíni bejárásokra és az alapadatok felvételére korlátozott felmérések átfogó megfigyeléseire vagy formai analógiáira alapozta.²

A 2012-ben elindult ásatások kapcsán elkészült a vár történetének áttekintő feldolgozása³, majd a többi vértesi középkori erődítéssel együtt a nagyobb történeti összefüggések és birtoklástörténeti adatok feltárása is.⁴ Felismerve azonban, hogy az épület múltjának megismeréséhez maguk a fennmaradt falak – a régészeti ásatásokkal és archív forrásokkal egyenértékű módon – autentikus információkat hordoznak,⁵ megkezdtük azok szisztematikus dokumentációját és tudományos kutatását, melynek első összefoglaló tanulmánya 2014-ben készült el.⁶ A munka során

1 A várral foglalkozó fontosabb munkák: Rómer Flóris: Vithányvár. In: *Rómer Flóris kéziratos hagyatéka és jegyzőkönyvei*. A valamikori Forster Központ Tudományos Irattára, K.389. 26-27; 53-55. Az Irattárat jelenleg a Magyar Építészeti Múzeum és Műemlékvédelmi Dokumentációs Központ kezeli; Náczy József: A Vértes vidékének történelmi műemlékei. *Archaeológiai Közlemények* 22. évf. (1899) 131-135.; Gerő László: *Magyarországi várépítéset: Vázlat a magyar várépítés fejezeteiről*. Művelt Nép Tudományos és Ismeretterjesztő Kiadó, Budapest 1955.; Menclová, Dobroslava: Középeurópai XIV. és XV. századi szabályos alaprajzú várpaloták. *Művészettörténeti Értesítő* 7. évf. (1958) 2-3. sz. 88-89.; Gerő László: *Magyar várak*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.; G. Sándor Mária: A Vértes hegység középkori várai. *Komárom Megyei Múzeumok Közleményei* 1. évf. (1968) 251-255; 258.

2 A vár építészeti kutatástörténetének részletes áttekintését ld.: Bozsik Máté: *Vitányvár építési periódusainak kutatása a Bauforschung módszereivel*. BME Építésztechnika Kar, Tudományos Diákköri Konferencia, Épületkutató Szekció, Budapest 2014. 8–25. <<https://tdk.bme.hu/EPK/DownloadPaper/Vitanyvar-epitesi-periodusainak-kutatasa-a>>

3 László János: Egy méltatlanul elhanyagolt vár a Vértesben: Vitány. *Kuny Domokos Múzeum Közleményei* 19. évf. (2014) 95. és 98-102.

4 Schmidt Mayer Richárd: *Vitány, Gesztes, Tata, Gerencsér várai és uradalmi a késő középkorban*. Doktori disszertáció, Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Budapest 2015.

5 A helyszíni megfigyelések elsődleges fontosságára szintén felhívja a figyelmet és sürgeti a meglévő részek dokumentálását: Kelemen Bálint – Rácz Miklós: Vitány: értékek, felelősség és lehetőségek. *Archaeologia - Altum Castrum Online* (2013) <<https://archeologia.hu/content/archeologia/186/vitanyvar2.pdf>>

6 Bozsik, i.m.

szembesülnünk kellett azzal, hogy bár az ilyen műemléki vizsgálatoknak már léteznek – a következőkben ismertetendő – jól átgondolt módszertani háttere, azonban szűkös erőforrásaink miatt ehhez olyan eszközöket kellett találnunk, melyekkel az adatfelvétel felgyorsítható. A munka során több olyan rendelkezésre álló digitális alapú módszerrel kísérleteztünk, ami által egyénileg is lehetővé vált a falfelületek felmérése. A következőkben bemutatjuk ezek előnyeit és alkalmazásuk korlátait, továbbá a kutatás eredményei alapján rávilágítunk a történeti épületek, romok vizsgálata során alkalmazható néhány speciális felhasználási lehetőségre is.

2. MÓDSZERTAN

2.1. A Bauforschung

A romok vizsgálatához általunk használt elméleti módszertan alapját az úgynevezett *épületkutatás* – másként „Bauforschung” – adta. A fogalomhoz a szakma többféle jelentést társított már, azonban a BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékén az elmúlt évtizedek kutatásai során egy jól körülhatárolt értelmezés alakult ki,⁷ mely a következők szerint fogalható össze. Az épületkutatás az épület történetének sok szempontot figyelembe vevő, összetett vizsgálati módszere, mely az archív dokumentumok, ábrázolások, művészettörténeti adatok stb. kritikai elemzése mellett az elsődleges forrásként magát az épületet, és az azon fellelhető különböző jelenségeket, ezek megfigyelését tekinti. Az építés periódusainak megismeréséhez a legbiztosabb adatokat ezek nyújthatják, mivel a falak hű lenyomatát képezik az egyes átalakításoknak. A levéltári adatok, leírások, ábrázolások, stíluskritikai és formai analógiák feltárása azonban szintén nélkülözhetetlen a kutatás során, de ezek mindig az épületen feltárt összefüggések kiegészítésére,

7 Az épületkutatás és az alakhelyes felmérés módszerét az alábbi munkák alapján mutatjuk be: Krähling János – Halmos Balázs – Fekete J. Csaba: A fertődi marionettszínház új értelmezése – az épületkutatás („Bauforschung”) és alakhelyes felmérés mint kutatási módszer alkalmazásával. *Építés – Építészettudomány* 34. évf. (2006) 1-2. sz. 6-10.; Mezős Tamás: Épületkutatás – Bauforschung – Building archaeology – Archéologie du bâti. *Műemlékvédelem* LII. évf. (2008) 6. sz. 376–388.; Halmos Balázs – Maróty Katalin: Az alakhelyes felmérés módszerének adaptációi. *Architectura Hungariae* X. évf. (2011) 2. sz. <http://arch.eptort.bme.hu/arch_old/hu/fooldal?id=26> Krähling János: Épületkutatás és építészettörténet – Néhány újkori és 19. századi épülettípus kutatásának módszertana és eredményei. *Építés – Építészettudomány* 45. évf. (2017) 3–4. sz. 341-364.

megerősítésére használhatók, azokat minden esetben szekunder forrásként kezelhetjük. Az épület vizsgálatok a történeti szerkezetek, anyagok, vakolatok stb. hiteles megőrzése érdekében fontos a roncsolásos kutatás felületének minimalizálása. Ezek helykijelölésében az előzetesen elvégzendő pontos felmérés nyújt támpontot, mely minden szóba jöhető átalakítás, megbontás előtt kell, hogy megtörténjen.

A Bauforschung természetéből fakadóan alapvető fontosságú az épületen látottak rögzítése, ami ideális esetben tervrajz formájában történhet. Az építéstörténeti vizsgálat a hagyományos építészeti felmérésnél – mely főleg a geometriára koncentrál és általában 1:50 léptéknél nem részletesebb – jóval alaposabb adat-rögzítést igényel, melyre a gyakorlatban az *alakhelyes felmérés* módszere a legalkalmasabb. Ez azonban nem csupán az aprólékosabb ábrázolást jelenti: a felmérést végző személy itt magával a kutatóval azonos, aki nemcsak grafikusán ábrázolja a falon fellelhető valamennyi jelenséget – épületszerkezetek, falszövet és elfalazások, különböző vakolatok és habarcsok stb. –, hanem egyben azok értelmezését is végzi, ami különösen fontos a helyszínen végzett felrajzolás szerepét. A felmérés így egyben a kutatás egyik legfőbb módszere is, mely során körül kőre haladva történik a falak átvizsgálása.

Az alakhelyes felmérés kifejezés arra utal, hogy a vizsgálat térbeli vonatkoztatási rendszere az épülettől független, így a felmérés mentes marad a geometriai szabályosság előfeltételezésétől, mely eltérések a periodizáció során fontos információkat hordozhatnak. Az épületkutatás a jelenségek viszonya alapján képes az egyes részek relatív kronológiájának felállítására, azonban az abszolút datáláshoz a további, másodlagosként kezelt forrásokkal való összevetés szükséges. A felmérés az épület aktuális formájának pontos állapot-rögzítése, mely a helyszíni megfigyeléseket a kutatói következtetésektől és hipotézisektől mentesen ábrázolja, amik így később is visszaellenőrizhetők maradnak. A felmérés ennek köszönhetően a későbbi kutatások során is felhasználható referenciaként.

Bár az épületkutatás részletesen és objektív módon képes az épület állapotát rögzíteni és a különböző történeti átalakításait azonosítani, azonban az erről szóló írások is kiemelik,⁸

8 Krähling – Halmos – Fekete J., 8.; Halmos – Maróty, oldal nélkül: „A Bauforschung és a korszerű épület-felmérési technikák” című fejezetnél.

hogy teljeskörű alkalmazása csak nagyon ideális körülmények között valósítható meg hosszadalmassága, szakember- és eszközigénye – mérőműszerek, állványozás stb. –, valamint az építészeti feladatok változatossága miatt, ami az elméleti megfontolások adott helyzethez történő adaptálását teszik szükségessé.

2.2. Felmérési módszerek, eszközök

Vitányvár kutatásába saját kezdeményezésként kezdtünk bele, ezért a felmérés anyagi feltételei is igen szűkösek voltak, így a rom kiterjedt méretű falainak felállványozására, és a hetekig tartó helyszíni mérésére nem volt lehetőségünk. A helyszíni adatfelvétel során, bár volt segítségem,⁹ az látható volt, hogy a rajzi felmérést egyedül fogom elkészíteni, így olyan eljárást kellett találni, mellyel belátható időn belül nagy falfelületek feldolgozhatók. Világos volt, hogy a fent bemutatott alakhelyes felmérés minden elemének megvalósításával a rendelkezésre álló idő alatt csak nagyon kis falfelület felmérését végezhetjük volna el, és az is elsősorban a felszínről könnyen elérhető részekre koncentrálni látna. A várrom építéstörténetének megismeréséhez azonban olyan átfogóbb adatokra volt szükség, mely nagyobb egységek egyidejű vizsgálatát teszi lehetővé: a mára többnyire vakolat nélkül maradt nyers kőfelületek vizsgálatakor már előzetesen látható volt, hogy azok számos különböző építéstörténeti periódusban vagy építéstechnikai szakaszban jöttek létre, viszont ezek összefüggésrendszerének megértéséhez gyakran a térben egymástól legtávolabbi épületrészek szolgálták információval, míg a köztes falszakaszokon néha csak elvétve volt tapasztalható számottevő jelenség a falszövet egyenletessége mellett.

E szempontok számbavétele alapján arra a döntésre jutottunk, hogy kevert módszerek alkalmazása által gyűjthetjük a legtöbb információt. A helyszíni megfigyeléseket alapvető fontosságuk miatt semmiképp nem kívántuk elhagyni, azonban szükségszerűségből a pontos geometriai felmérés elkészítésétől időben el kellett választanunk. Ennek oka, hogy utóbbit digitális eszközök¹⁰ igénybevételeivel kívántuk elvégezni,

mely a vizsgálatba vonható falak mennyiségét jócskán megnövelte. Az így nyert adatok alapján a rajzok a helyszíni megfigyelésekkel kiegészítve távolról, irodai környezetből elkészíthetővé váltak, ezzel csökkentve a terepi munka időtartamát. Számos digitális módszer és eszköz használata felmerült a felmérés kapcsán, melyek közül többet alkalmaztunk is – ezeket a következőkben részletesebben bemutatjuk. Az eljárásokban közös volt azonban, hogy bár jóval egyszerűbben, és hatékonyabban kivitelezhető a hagyományos alakhelyes felmérésnél –, a helyszíni köről kőre történő felmérés elhagyása által veszélyeket rejtenek magukban: bár a geometria megbízható módon visszaszerkeszthető általuk, azonban a finomabb eltérések, színek, anyagváltozások stb. elkerülhetik a figyelmet, mely hiányos, vagy adott esetben téves megállapításokhoz vezethet. E hibalehetőség csökkentése érdekében még a digitális felmérés megkezdése előtt falanként részletes, manuális vázlatokat készítettünk, mely során az összes észlelt jelenséget ábrázoltuk, amit szöveges feljegyzésekkel, továbbá részletes fotódokumentációval egészítettük ki. Ez gyakorlatilag egy előzetesen létrehozott helyiségekönyvnek felelt meg, ami a digitális falnézeti képek rajzi feldolgozásakor fontos információkkal szolgált. Az így nyert felmérési adatok értelmezése során láthatóvá vált összefüggéseket és új megfigyeléseket, majd a kész nézetrajzokat több újabb helyszíni bejáráson ellenőrzéssel pontosítottuk. Bár az eljárás így is bír bizonyos fokú hibalehetőséggel, azonban az épület jellegéből adódóan¹¹ a főbb periodizációs összefüggések feltárása sok esetben mégis kielégítő módon megtörténhetett, illetve a bizonytalan részekben a felmérés a későbbi – akár roncsolásos – kutatások számára kijelölte a megválaszolandó kérdéseket.

A hagyományos alakhelyes felmérés rajzai készülhetnek több fázisban. Helyszíni manuális dokumentálás esetén a végső felrajzolást megelőzheti olyan kézi vázlat, amely a falszakasz főbb geometriájához kapcsolódó jellegzetes formákat tartalmazza és az

pontfelhő alapú eljárásokkal. Doktori értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Budapest 2017. Lovas Tamás – Rehány Nikolett – Somogyi József Árpád: Történelmi épületek rekonstrukciós munkálatainak támogatása pontfelhők segítségével. *Geodézia és Kartográfia* LXX. évf. (2018) 1. sz. 19-24.

¹¹ A várrom falszövege a vakolat szinte teljes hiánya miatt jól vizsgálható. A faragott, szerkezetileg mivesebb felületek szinte teljes hiánya inkább a falszövet jellegére és változásaira, mint pedig annak egyes építőelemeire irányítja a figyelmet, ami pedig az esetleges kisebb tévedések mellett is jól olvasható marad a felmérési rajzokon.

⁹ A helyszíni munka során évek óta nagy segítségemre van édesapám, Bozsik József. Az elméleti módszertannal kapcsolatos kérdésekben hasznos alapinformációkkal és tanácsokkal szolgált Daragó László DLA és Halmos Balázs PhD.

¹⁰ A bemutatott digitális felmérési módszerek összefoglaló technikai ismertetése: Somogyi József Árpád: *Lézerszkennelt pontfelhők illesztésének optimalizálása – Mérnöki feladatok megoldásának hatékony támogatása*

alapvető geometriai váz rögzítését segíti: a főbb részletek, kontúrok lézeres mérőállomással történő térbeli bemérését követően a kapott pontok azonosítói feljölhetőek a rajzra. A műszer segítségével lehetséges az ismert geodéziai alappontok vagy GPS adatok alapján az épülettől független mérőrendszer definiálása, majd ehhez képest az egyenként kiválasztott pontok térbeli helyzetének rögzítése. A pontok sík vetülete és a vázlatrajz alapján már könnyen felrajzolható a helyszínen a végső, pontos felmérés. A módszer adatfelvétele felgyorsítható, ha az előzetes rajzot fényképekkel, vagy több fényképből készített kétdimenziós fotómontázzsal helyettesítjük. A fotogrammetriában használt kalibrált kamerák¹² ki tudják küszöbölni az optika torzításait, így a sík felületekről a mérőállomás pontjaira való illesztéssel a valós vetületnek megfelelő nézetek nyerhetők, melyek pontos geometriai adatokat nyújtanak. A módszer hátránya, hogy ez kizárólag sík felületek esetén működik, síkugrások esetén ezért újabb felvételek illesztésére van szükség. Vitány vizsgálatakor kezdetben e módszerrel kísérleteztünk, azonban a magas falakról csupán néhány méterről tudtunk felvételeket készíteni, ami a falakat igen éles szögből mutatta. A szűk rálátás miatt nem csupán a falsík egyenetlenségei, hanem kövek közötti habarcsréteg beugrásai is jelentős torzulást okoztak a korrigált perspektívájú képeken (3. ábra). A kis távolság miatt átfogó képek sem készülhettek, így bizonyos falak teljes leképezéséhez akár száznál is több kép összeillesztésére volt szükség.¹³ Általában véve azonban, ha az adott falra kellő rálátással bírunk, és az jó közelítéssel sík, akkor az eljárás egy mérethelyes, a fényképek felbontásának megfelelő részletességű

12 A digitális kamerák szenzorára az objektív lencsén keresztül érkező kép nem feltétlenül tekinthető torzításmentes sík leképezésnek. Jellemző hiba a képmezőelhajlás – disztorzió – jelensége, mely a lencsék különböző részeire érkező fénysugarak eltérő mértékű elhajlásából adódik, és a kép szélei felé haladva egyre erősödő görbületet eredményez. További lokális torzítást okoznak a lencsesor és a szenzor kisebb tökéletlenségei. Az optika pontos leképezési tulajdonságait ismerve a torzítás azonban digitálisan korrigálható. Az egyes DSLR objektívek típus szerinti disztorzióját alapszinten bizonyos fényképfeldolgozó szoftverek is képesek korrigálni a kép metaadatai alapján (pl. Adobe Photoshop Lightroom), azonban a konkrét objektív-kamera rendszer torzítását kalibráló szoftver és ismert sík mérőmintáról készített fotók segítségével lehet, melyhez rendelkezésre állnak felhasználói szinten használható programok is (pl. Agisoft Lens).

13 Vitányvár esetében kezdetben fotómontázsokkal dolgoztunk, melyhez a képek alapszintű disztorziós korrekcióját végeztük el, azaz a használt digitális kamera típusához rendelt karakterisztikus torzítást vettük figyelembe. A korlátozott, éles látószögek már eleve sok felmérési torzulást okoztak, így a pontosság növelését nem a leképezés finomításával, hanem a következőkben bemutatott háromdimenziós módszerek alkalmazásával értük el.

ortofotót biztosít a rajzi feldolgozáshoz, mely sok esetben elegendő is lehet a teljes felmérés során, pl. egyszerű sík felület falszövetének ábrázolása esetén. A rálátás szöge külső felület esetén drón alkalmazásával is megnövelhető.

Vitány esetében az összetett, több síkugrást tartalmazó, sok helyen amorf térbeli kiomlásokkal tagolt falak háromdimenziós eljárást igényeltek a pontos felmérés érdekében. Ennek egy kézenfekvő módja a lézerszkenneres eljárás alkalmazása, melynek nagy előnye, hogy általa a helyszíni mérés akár néhány óra alatt elvégezhető, és az épület felületéről akár több millió pont rögzíthető viszonylag pontosan.¹⁴ Képpalkotó lézerszkennerek használata esetén a pontok rögzítésén túl a műszer azonos pozícióból panoráma fényképet is készít, és ennek színeit hozzárendeli a megfelelő pontokhoz, ami segít a pontfelhő utólagos értelmezésében. A különböző állásokból felvett pontfelhők könnyen egyesíthetők. Hátrányt jelent azonban, hogy a műszer rendkívül drága, a számítógépes feldolgozás kapacitásigényes, a pontfelhő minősége az eszköztől távolodva pedig a műszer minőségétől függően romlik. Természetesen a takarásban lévő részek nem jelennek meg a pontfelhőben. Az adatok rajzi feldolgozása utólagosan történik, ami a nem megfelelő sűrűségű pontfelhő esetén részletek félreértelmezését eredményezheti.

Előnyei ellenére a vitányvári felmérés során sajnos még nem volt lehetőségünk lézerszkennert használni, helyette a szintén háromdimenziós, de kisebb eszköz-igényű fotoszkennelést alkalmaztuk.¹⁵ Ez a módszer több és átgondoltabb helyszíni munkát igényel, itt ugyanis a háromdimenziós modell fényképek alapján készül. Abban az esetben, ha egy térbeli objektumról kis elmozdulásokkal több fényképet készítünk, valamint ismerjük a kamera projektív leképezési módját és optikai torzításait, akkor a felvételek alapján matematikai úton rekonstruálható az objektum geometriája.

14 A lézerszkennerek alkalmazásáról archeológiai dokumentációkhoz: Szócs Katalin – Kibédy Zoltán – Barsi Árpád: Documentation of Roman Excavations by Laser Scanning. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 36. évf. (2002) 5. sz. <<https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/>>

15 A fotoszkennelés pontosságának vizsgálatáról, műemléki alkalmazhatóságáról: Somogyi Árpád – Fehér Krisztina – Lovas Tamás – Halmos Balázs – Barsi Árpád: Analysis of Gothic Architectural Details by Spatial Object Reconstruction Techniques. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 61. évf. (2017) 3. sz. 640-651.



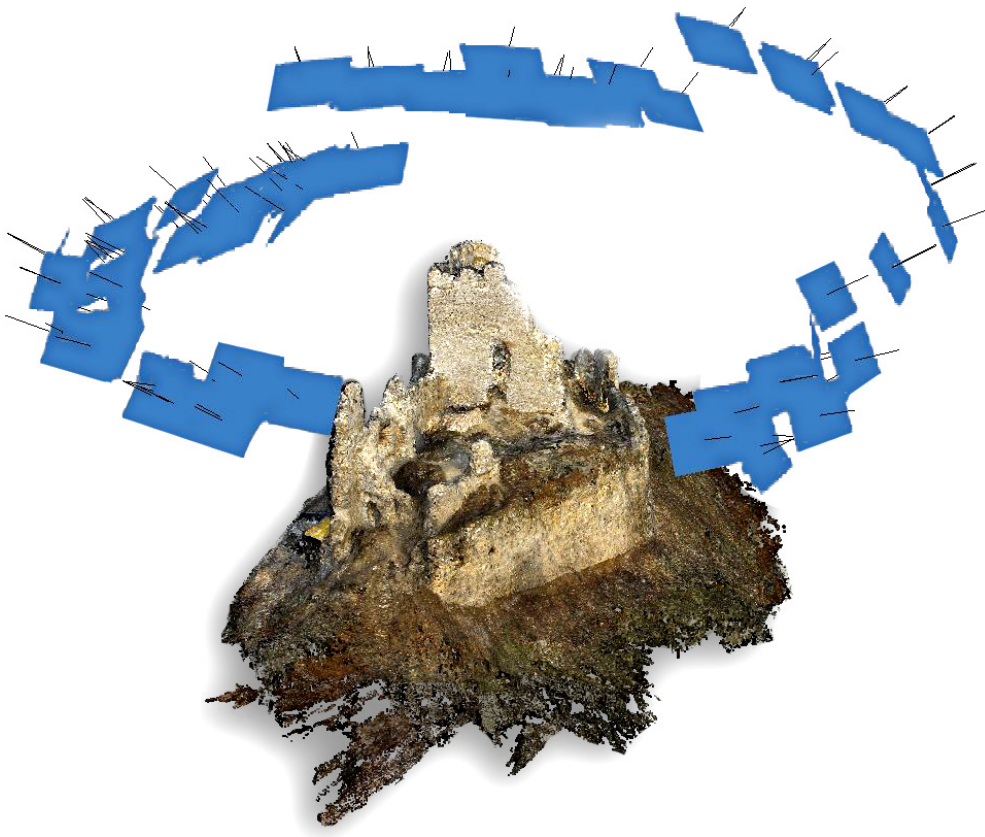
03 Perspektívájában korrigált fotómontázs és fotszkennelt felületmodellről készült ortofotó – a torony északkeleti homlokzatrészlete

Több olyan szoftver létezik, amellyel ezek a számítások elvégezhetők,¹⁶ és a vizsgált objektum térbeli modellje – pontfelhő vagy felületmodell – létrehozható (4. ábra). Ennek megfelelően egy fényképezőgép segítségével – mely ideális esetben e célra bekalibrált – az épületet körüljárva és fényképezve a térbeli felmérés elkészíthető. Az egyes felületek leképezéséhez azonban nem elegendő, ha az épület minden pontja szerepel a képek valamelyikén, mivel a térbeli rekonstrukció megköveteli, hogy ezek több képen, más-más irányokból megjelenjenek. Ez konkáv részletformák esetén, ahol a mélyebben fekvő részt az előtér kitakarhatja, jelentősen növeli a készítendő képek számát. A lézerszkennel szemben fontos előny, hogy a képek készítése drónnal is történhet, ami által a magasabban lévő,

felszínről takart részletek is mérhetővé válnak, a rálátás szöge pedig javul.

A fotszkennelt adatokból a lézerszkenneléshez hasonló színes pontfelhő és felületmodell generálható. Utóbbira lehetséges a fényképek megfelelő részeinek nagy felbontású rávetítésére is, így a pontfelhőhöz képest a pontok között is folytonos képet láthatunk. A helyszínen néhány pont geodéziai bemérése, vagy távolságok rögzítése által a modell utólag léptékeztető, georeferálható (5. ábra). Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a felülettextúra minősége mellett a modell geometriai részletessége is függ a fényképek felbontásától. A főbb térbeli forma helyes fényképezés esetén pontosan követi a valóságot, azonban a részletek nagyban függenek a képek mennyiségétől, élességétől, felbontásától és a gépi feldolgozás során beállított feldolgozási minőségtől. Ha ezek valamelyike kevésbé kielégítő, a részletformák, sarkok, konkáv részek lekerekednek, a felület simábbá válik, a kisebb egyenetlenségek – pl. élek, vagy egyes kövek – kilapulnak. Ez a textúra rávetítése után még mindig kielégíthető eredményt nyújthat, azonban a kontúrok mentén a

16 Számos program rendelkezésre áll, pl. 3DF Zephyr, Agisoft Metashape, AutoDesk ReCap, VisualSFM stb. Az egyes szoftverek összehasonlításáról: Somogyi Árpád – Lovas Tamás – Barsi Árpád: Comparison of Spatial Reconstruction Software Packages Using DSLR Images. *Pollack Periodica* 12. évf. (2017) 2. sz. 17-27.



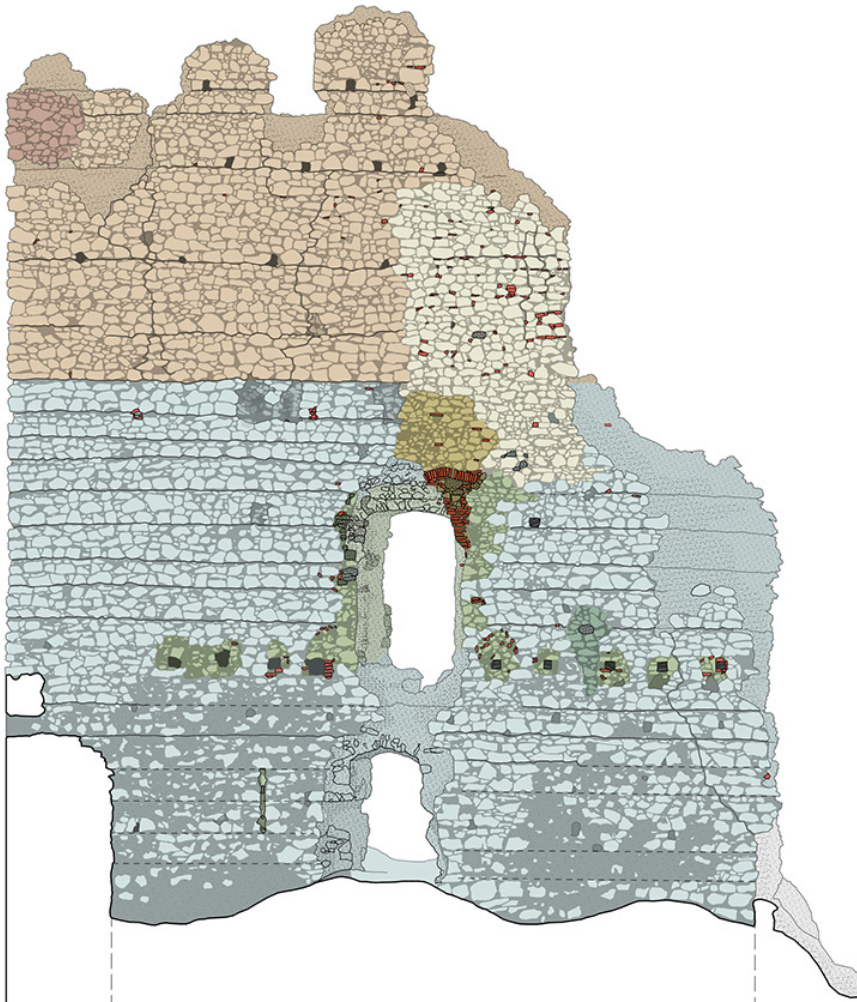
04 Fotoszkennelt pontfelhő képe a kamerák pozícióinak jelölésével

torzulás már számottevő lehet – ezeken a részeken célszerű a fényképeket besűríteni. A képek mennyiségének nagy növelése, vagy a programban finomabbra állított feldolgozási minőség a számítás időtartamát és memóriaigényét jelentősen növeli, mely adott esetben a felmérés részletekben történő feldolgozására kényszeríthet.

A módszer előnye, hogy olcsó eszközökkel, akár egyetlen fényképezőgéppel elvégezhetjük a helyszíni adatrögzítést, azonban ez nagyobb figyelmet és tervezést igényel, valamint az utólagos feldolgozás is összetettebb. A létrejött modell azonban – ha tisztában vagyunk a várható torzulások jellegével, és az adott feldolgozás melletti geometriai tűréshatárral – nagyon jól használható ortofotók létrehozásához, melyeken a falak építészeti jelenségei részletesen tanulmányozhatók (3. ábra). A rajzok készítésekor mindenképp hasznos a helyszíni ellenőrzés, mely az ortofotó pontosságát validálhatja. A módszer egyszerűbb formák felmérésekor feleslegesen bonyolult lehet, de romok, falszövetek dokumentálásánál az amorf formák rögzítésére sokkal pontosabb és jobban használható

eredményt ad, mint a kétdimenziós fotogrammetrikus fényképmontázsok.

A feladat jellegét és az elérhető eszközöket számba véve a végső felmérést egy fotoszkennelt felületmodellre alapoztuk. A munka során drónfotókat, valamint felszíni DSLR kamerával készült képeket is alkalmaztunk. A munkát megelőzően több bejárás során manuális vázlatokkal jegyeztük fel a falakkal kapcsolatos megfigyeléseket. A fényképek elkészítését, és a modell létrehozását követően számítógépen vektor alapú mérethelyes rajzokat készítettünk, ami külön rétegen tartalmazta a tiszta falszövet rajzolatát, az értelmező kiegészítéseket, továbbá a feltételezett építési periódusokat. A rajzi anyag készítése során újabb helyszíni bejárásokkal ellenőriztük a modellen tett megfigyelések helyességét. A következő fejezetben bemutatunk néhány olyan eredményt, ami a fenti módszertannak köszönhetően volt megismerhető. A vár periodizációjának eredményeit a közeljövőben külön tanulmány formájában adjuk közre, itt néhány, az elméleti módszert bemutató példát emelünk ki a tapasztalatok közül.



05 A felmérés állomásai a torony északnyugati homlokzatán: ortofotó; rajzi dokumentáció; építéstörténeti értelmező rajz (a falegyenek ábrázolásával; az elkülönülő építési szakaszok/periódusok színnel jelölve)

3. AZ ADATOK ÉRTELMEZÉSÉNEK NÉHÁNY TAPASZTALATA

A vár egy jelentős része mára teljesen elpusztult; a korábban összefüggő falak a köztes részek leomlásával különálló darabokra szakadtak, egyes részeik az omladéktól takarásba kerültek. Az építéstörténeti szakaszok felderítéséhez szükséges a falakon látható valamennyi szerkezeti nyomot, továbbá az esetlegesen külön építési periódusra, vagy építéstechnikai szakaszra utaló jellegzetességet (falszövetek változása, falegyenek, falelválások stb.) megtalálni, és körülhatárolni. Az épületszerkezetek, vagy ezek maradványainak értelmezése mellett szükség van az elkülönített jelenségek egymásutánosságának tisztázására, mely történhet a következőképpen: a felmérés során az egyes felületekről külön-külön rajzok készülnek, majd ezeken a különböző jelenségek egyedi azonosítót kapnak. Az egymástól távolabb lévő, de összetartozónak vélt formák azonosítóinak egyeztetése ekkor még nem kell, hogy megtörténjen (pl. fal két oldalán megjelenő jelenségek esetén). Mivel az épületkutatás sok megállapítását e jelenségek egymásra vonatkoztatott topológiai viszonyából nyeri, ezért a jelenségek egymásutánosságát az azonosítók segítségével felírt relációs kapcsolatokkal is rögzíthetjük. Bármely két jelenség esetén három elképzelhető reláció lehetséges: a) a jelenségek egykorúak; b) az egyik jelenség későbbi a másikonál; c) az érintkezés hiánya, vagy egyéb ok miatt az egymásutánosság nem eldönthető. Az elsőre bonyolultnak hangzó módszer jelentősége abban áll, hogy a megfigyeléseket logikai eszközökkel képes leírni, így a biztos megállapításokat és a hipotéziseket képes egyértelműen szétválasztani. Az általunk javasolt módszer kidolgozott formában létezik a régészeti stratigráfiában (rétegtan): Edward C. Harris 1979-es könyvében¹⁷ részletesen bemutatja az általa kidolgozott módszert, és az ún. Harris-mátrixot, mely a fenti kapcsolatok ábrázolására szolgál. Harris megállapítja, hogy bármely adott jelenség esetén elegendő az azt időben megelőzők közül a legkésőbbi, és az azt követők közül a legkorábbi jelenséggel felírni a relációkat a periodizáció tisztázásához. Az egyes periódusok gyakran nem lineárisan épülnek egymásra, hanem korábbi részek bontásával járnak. Emiatt fontos, hogy ne csak a falfelületeket, hanem visszabontás esetén

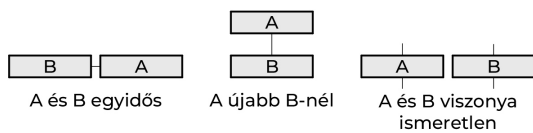
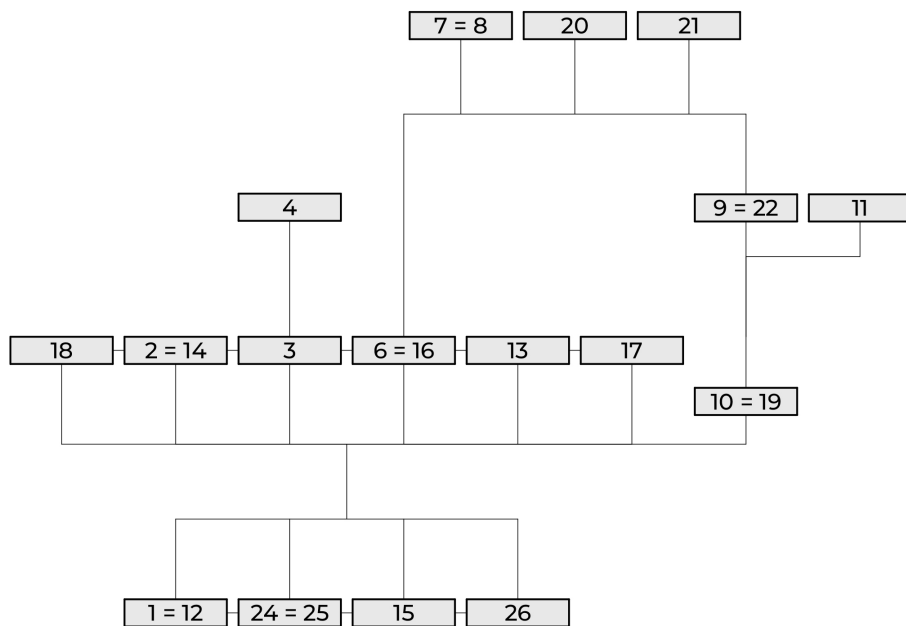
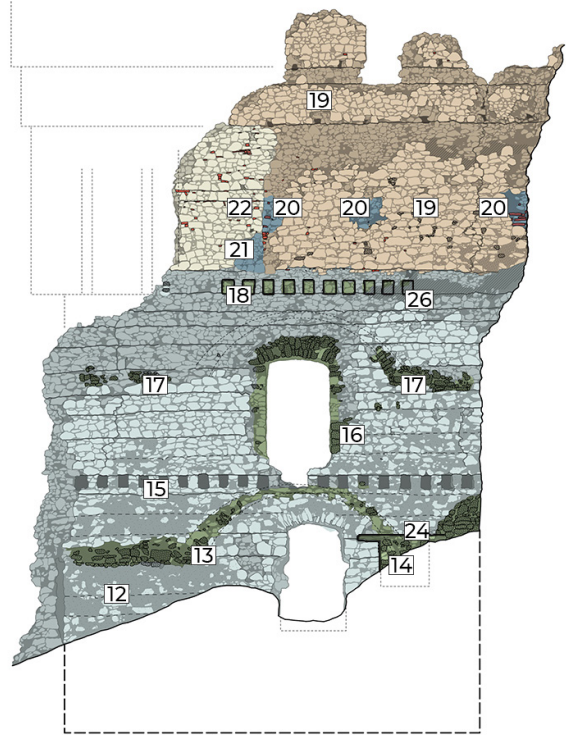
17 Harris, Edward. C.: *Principles of archaeological stratigraphy*, second edition. Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto 1989. Magyarul megjelent: Harris, Edward. C.: *A régészeti rétegtan alapelvei*, második kiadás, ford.: Szilágyi Katalin. [h.n.] 2010. <www.harrismatrix.com>

a bontott élet és külön jelenségként értelmezzük, és azonosítóval lássunk el. A mátrixok elkészíthetők minden egyes felmérési rajzon/fal felületen külön-külön. Ha az egyes jelenségek megfeleltethetők másik falszakaszok azonos részeinek, akkor ezáltal új kapcsolatok írhatók fel, melyek olyan összefüggéseket is feltárhatnak, melyeket önmagukban egy szakasz alapján nem volna lehetséges. A Vitányvár esetében tapasztalt térbeli komplexitás azt jelentette, hogy az egyes periódusok nem csak alaprajzi értelemben, hanem függőleges irányban is tagolódnak. Az időrendi sorrend megállapítása így, a bonyolult térbeli kapcsolatok miatt összetetté vált. Az épület teljes értelmezése szükségessé tette, hogy a jelenségeket ne csak elszigetelten, egyes falszakaszokhoz kötődően vizsgáljuk, hanem a vár egészére kiterjesztve, melyhez a fenti eljárás nagy segítséget nyújtott.

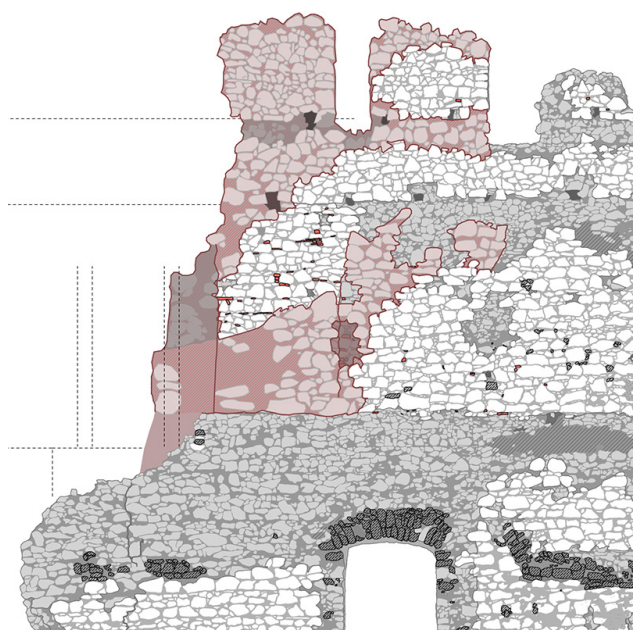
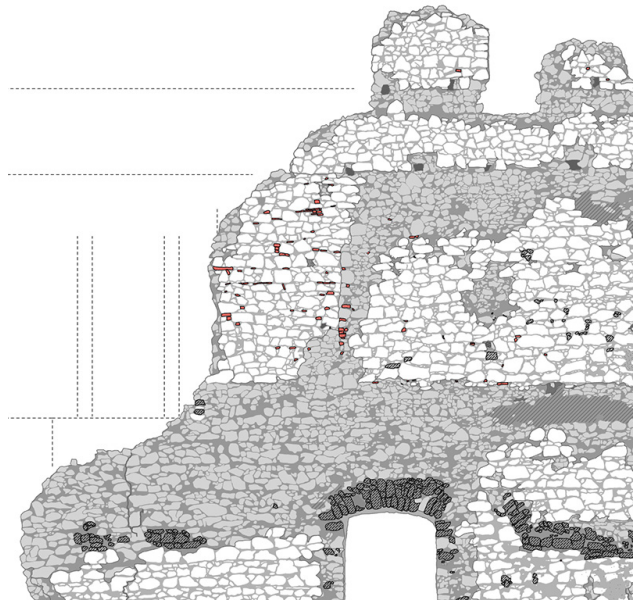
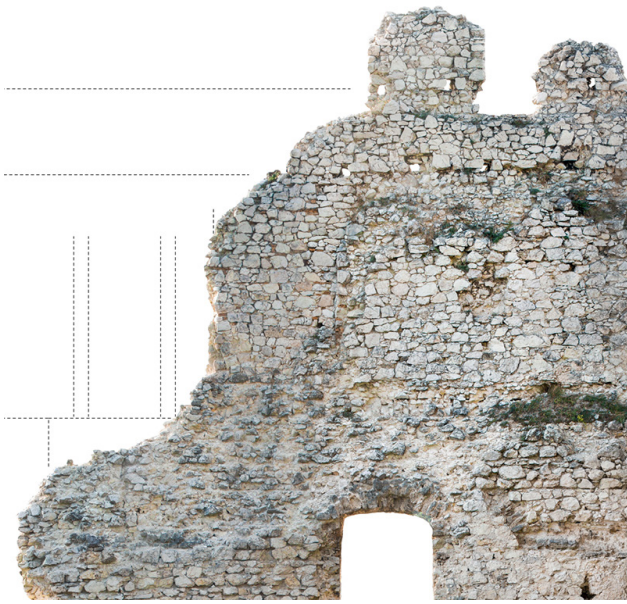
A rajzi feldolgozás során alapvető információt ad a különféle falszövetek vizsgálata. Itt a részek csatlakozási módja, a felhasznált építőanyagok, habarcsok, az elemek méretbeli eloszlása, valamint az építés során keletkező falegyenek sűrűsége – a falvastagság változásával együtt vizsgálva – a fő jellegzetességek, melyek változása különböző építéstörténeti, vagy építéstechnikai periódusokat is jelezhet.¹⁸ Az ortogonális feldolgozás az omlott részekben lévő falegyeneket is érzékelhetővé teszi, mely a helyszínen nem mindig látszik jól. A drónos fényképezés által az ortogonális felvételeken olyan részletek is kirajzolódnak, melyek állványról történő vizsgálat nélkül a felszínről nem láthatók, mint például a torony jelenlegi első emelete feletti elfalazott gerendasor (6. ábra).

A várról kevés archív ábrázolást és felmérési rajzot ismerünk, azonban rendelkezésre állnak olyan archív fényképfelvételek, melyek mára elpusztult falszakaszokat ábrázolnak. Ezek speciális esetben, ha a képen látható ledőlt szakasz falsíkjából elegendő nagyságú rész maradt meg napjainkig, akkor a fotón látható jellegzetes pontok azonosítása által – a fényképező ismeretlen disztorziós tulajdonságait elhanyagolva – rátorzíthatók a mai állapotot rögzítő ortofotóra. Ilyen esetben az elpusztult rész a meglévővel egy geometriai rendszerben válik vizsgálhatóvá, hasonlóképpen a fotogrammetrikus alapú fényképmontázshoz. Az analóg technikával készült felvételek a kémiai hordozóanyag finomsága miatt gyakran nagyon részletes, jól nagyítható képet adnak az épület részleteiről.

18 Az építéstechnikai és építéstörténeti periódusokról: Kelemen – Rácz, 4-5.



06 A torony északnyugati falának két oldala a főbb jelenségek feltüntetésével: a felmérés után az oldalak összevethetővé váltak. Az időbeli relációkat Harris-féle diagram ábrázolja.



- 07** A torony északnyugati belső homlokzata mai állapotának összehasonlítása archív felvétellel:
 a) mai ortofotó (2018);
 b) a mai állapot felmérési rajza;
 c) a mai ortofotóra illesztett archív fotó (1910-es évek; az archív képről hiányzó részeken a mai állapot látható);
 d) az 1910-es évekbeli képen még látható, mára elpusztult részek ábrázolása

Vitányvár esetén a korábbi Forster Központ Műemléki Fotótárából¹⁹ származó fényképek vizsgálatával több épületrész rekonstruálható volt – pl. az északnyugati épületszárny északkeleti falának második emeleti fala, ablaka, és védópártázata; a torony udvar felőli falának pártázata; stb. A torony második emeletén nem csak az elpusztult épületkontúr volt visszaszerkeszthető: a meglévő falsík és az ortofotóra ráillesztett, arra rátakaró archív felvételen látható falszövet összevetése igazolta egy eddig ismeretlen előtétfal létezését, mely mára már leomlott (7. ábra). Az elpusztult falsík felfedezése közelebb vezet olyan szerkezetek értelmezéséhez és datálásához, mint az itt található téglával bélelt üregesor, ami fényképek alapján a leomlott falszakaszon is folytatódott. A vizsgálatba további archív anyagok (képeslapok, ábrázolások, felmérések stb.) is bevonhatók, azonban ezek megbízhatóságát kritikusan meg kell vizsgálni a részletesség, pontosság stb. tekintetében.

4. ÖSSZEGZÉS

Vitányvár építése az oklevelek alapján a XIV. század legelején kezdődhetett, majd közel háromszáz évig használták. Volt a királyé majd több nemesi család – köztük a Rozgonyiak és a Szerdahelyiek – is birtokolták. A kisebb jelentőségű erősséget a XVI. század elején már nemesi rezidenciájaként bővíti ki Szerdahelyi Imreffy Mihály reneszánsz stílusban²⁰. A török időkben végvárrá lett épület többször gazdát cserél és végül 1598-ban felrobbantják. A vár kiépítésének történetéről alig van információk, és ez is sokszor csak következtetésből származik. Ilyen esetekben a kutatás fontos forrása lehet a helyszíni vizsgálaton alapuló alakhelyes felmérés. A klasszikus történeti kutatás módszereivel „párbeszédet” folytató eljárás időigényessége miatt azonban – főleg a manapság gyakran elhamarkodottan végrehajtott „műemléki helyreállítások” során – ritkán van lehetőség. Új átalakítások vagy az épület veszélyeztetettsége esetén adatrögzítés hiányában a történeti ismeretek örökre elveszhetnek. A Vitányvárnál alkalmazott felmérési módszer lerövidítette a helyszíni munkavégzés idejét, így a vizsgálatok a kevés erőforrás ellenére is elvégezhetőek voltak. A helyszíni megfigyeléssel vegyített digitális felmérési eljárások által több, eddig ismeretlen

építési periódust/fázist is tudtunk azonosítani, melyek a későbbiekben célzott vizsgálatok, vagy roncsolásos kutatási eljárások által ellenőrizhetők, pontosíthatók. Az épületkutatás során nyert információk fontos szempontként befolyásolhatják a műemléki tervezést is, mely a pontosabb megismerés esetén a történeti értékek szakszerűbb megóvását segítheti.

19 A gyűjteményt legutóbb a Magyar Művészeti Akadémia vette át, jelenleg a Magyar Építészeti Múzeum és Műemlékvédelmi Dokumentációs Központ részét képezi.

20 Schmidt Mayer, 126-127., 218., 224.

BIBLIOGRÁFIA

- Bozsik Máté: *Vitányvár építési periódusainak kutatása a Bauforschung módszereivel*. BME Építészmérnöki Kar, Tudományos Diákköri Konferencia, Épületkutató Szekció, Budapest 2014.
<<https://tdk.bme.hu/EPK/DownloadPaper/Vitanyvar-epitesi-periodusainak-kutatasa-a>> [megtekintve: 2019. július 7.]
- Gerő László: *Magyarországi várépítéset: Vázlat a magyar várépítés fejezeteiről*. Művelt Nép Tudományos és Ismeretterjesztő Kiadó, Budapest 1955.
- Gerő László: *Magyar várak*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.
- G. Sándor Mária: A Vértes hegység középkori várai. *Komárom Megyei Múzeumok Közleményei* 1. évf. (1968) 245-262.
- Halmos Balázs – Maróty Katalin: Az alakhű felmérés módszerének adaptációi. *Architectura Hungariae* X. évf. (2011) 2. sz. <http://arch.eptort.bme.hu/arch_old/hu/fooldal?id=26>
- Harris, Edward. C.: *Principles of archaeological stratigraphy*, Second Edition. Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto 1989. Magyarul megjelent: Harris, Edward. C.: *A régészeti rétegtan alapelvei*, második kiadás, ford.: Szilágyi Katalin. [h.n.] 2010. <www.harrismatrix.com>
- Kelemen Bálint – Rácz Miklós: Vitány: értékek, felelősség és lehetőségek. *Archeologia - Altum Castrum Online* (2013) <<https://archeologia.hu/content/archeologia/186/vitanyvar2.pdf>>
- Krähling János: Épületkutatás és építészettörténet – Néhány újkori és 19. századi épülettípus kutatásának módszertana és eredményei. *Építés – Építészettudomány* 45. évf. (2017) 3-4. sz. 341-364.
- Krähling János – Halmos Balázs – Fekete J. Csaba: A fertői marionettszínház új értelmezése – az épületkutatás („Bauforschung”) és alakhű felmérés mint kutatási módszer alkalmazásával. *Építés – Építészettudomány* 34. évf. (2006) 1-2. sz. 5-55.
- László János: Egy méltatlanul elhanyagolt vár a Vértesben: Vitány. *Kuny Domokos Múzeum Közleményei* 19. évf. (2014) 95-116.
- Lovas Tamás – Rehány Nikolett – Somogyi József Árpád: Történelmi épületek rekonstrukciós munkálatainak támogatása pontfelhők segítségével. *Geodézia és Kartográfia* LXX. évf. (2018) 1. sz. 19-24.
- Menclová, Dobroslava: Középeurópai XIV. és XV. századi szabályos alaprajzú várpaloták. *Művészettörténeti Értesítő* 7. évf. (1958) 2-3. sz. 81-115.
- Mezős Tamás: Épületkutatás – Bauforschung – Building archaeology – Archéology du bâti. *Műemlékvédelem* LII. évf. (2008) 6. sz. 376-388.
- Nác József: A Vértes vidékének történelmi műemlékei. *Archaeológiai Közlemények* 22. évf. (1899) 118–203.
- Rómer Flóris: Vithánvár. In: *Rómer Flóris kéziratok hagyatéka és jegyzőkönyvei*. A valamikori Forster Központ Tudományos Irattára, K.389. 26-27; 53-55. Az Irattárat jelenleg a Magyar Építészeti Múzeum és Műemlékvédelmi Dokumentációs Központ felügyeli.
- Schmidtmayer Richárd: *Vitány, Gesztes, Tata, Gerencsér várai és uradalmi a késő középkorban*. Doktori disszertáció, Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Budapest 2015.
- Somogyi Árpád – Fehér Krisztina – Lovas Tamás – Halmos Balázs – Barsi Árpád: Analysis of Gothic Architectural Details by Spatial Object Reconstruction Techniques. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 61. évf. (2017) 3. sz. 640-651.
- Somogyi Árpád – Lovas Tamás – Barsi Árpád: Comparison of Spatial Reconstruction Software Packages Using DSLR Images. *Pollack Periodica* 12. évf. (2017) 2. sz. 17-27.
- Somogyi József Árpád: *Lézerszkennelt pontfelhők illesztésének optimalizálása – Mérnöki feladatok megoldásának hatékony támogatása pontfelhő alapú eljárásokkal*. Doktori értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Budapest 2017.
- Szócs Katalin – Kibédy Zoltán – Barsi Árpád: Documentation of Roman Excavations by Laser Scanning. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 36. évf. (2002) 5. sz. <<https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/>>

ÁBRÁK FORRÁSA

01–06 A szerző fényképei és felmérése

07 A szerző felmérése; archív fénykép: az egykori Forster Központ Műemléki Fotótára, P.3.515.

A gyűjteményt legutóbb a Magyar Művészeti Akadémia vette át, jelenleg a Magyar Építészeti Múzeum és Műemlékvédelmi Dokumentációs Központ részét képezi.

BOZSIK MÁTÉ

Okleveles építészmérnök, doktorandusz a BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékén. Kutatási területe a geometria és az arányosság a magyar reneszánsz építészetben, témavezetője Halmos Balázs PhD, egyetemi adjunktus.

E-mail: bozsi.mate93@gmail.com

METHODOLOGICAL EXPERIENCES OF THE RESEARCH OF CASTLE VITÁNY – BUILDING ARCHAEOLOGY USING MODERN DIGITAL DEVICES

Castle Vitány is one of the medieval ruins of Hungary whose walls have been preserved in relatively good condition, but their extensive research and preservation has not taken place until now. The scarcity of written and pictorial documents about the construction and original design of the castle makes information collected on-site a top priority for the research of the building history. In addition to the traditional archaeological excavations, we can learn the most about the former building structures and construction periods by documenting and interpreting the phenomena experienced on the walls.

The building archaeology – in German: ‘Bauforschung’ – is a developed scientific method of the practice of monument protection which provides us to get know the most about the history of the construction. This process based on the so-called true-to-shape survey, which means a detailed, at least about 1:20 scale on-site drawn survey of the wall surfaces containing all the phenomena observed – plasters, bricks and stones, building structures etc. In this case the primary source of the investigation is the building itself, all the other archival information is only for validation of the results. The method can clearly record and evaluate the observations; however, it takes quite a long time.

For the research of Vitány we had limited time and material resources, so we had to find the way to accelerate the on-site process; however, we wanted to avoid the loss of the essential information gathered by on-site observations. To this end it was decided to use a mixed methodology: preliminary observations, digital surveys, and then drawings were made which were checked after on-site again. At first, before the survey detailed sketches were made of each wall, showing the important phenomena, but after that the survey itself was made by digital tools.

This article introduces several ways of digital mapping of historic monuments – especially ruins – such as two-dimensional photogrammetry, laser scanning and photoscanning. We summarize the advantages and limitations of these tools by the experiences of the research of Castle Vitány and give examples for further possibilities of use. We believe if the limitations kept in mind, these methods can accelerate the process of building archaeology and can expand the scope of buildings that can be included in the researches.

Keywords: Castle Vitány · building archaeology · true-to-form survey · photogrammetry