

Adatlap¹ témahirdetési javaslatához a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

Témavezető² neve: Halmos Balázs
e-mail címe³: halmos.balazs@epk.bme.hu

Téma címe (magyar és angol nyelven):

**Poligonális szentélyek szerkesztésének geometriai kérdései a
magyar gótika építészetében**

Geometrical questions of the disposition of polygonal apses in
Hungarian Gothic architecture

A **téma** rövid leírása⁴ (magyar és angol nyelven):

A téma a korábban Fehér Krisztina sikeres fokozatszerzésével lezárt, „Gótikus építészeti részletek geometriai kérdései” címen meghirdetett kutatási téma folytatása, kiterjesztése az épületek geometriájának nagyobb léptékű összefüggései vizsgálatára. Ebben a tekintetben kiemelkedő jelentőséget tulajdoníthatunk a gótikus templomok poligonális szentélyeinek. Geometriájuk alakításában az építőmesterek szabályos sokszögek szerkesztésével kapcsolatos ismeretei mellett a boltozatok szerkesztése, a funkcionális elvárások vagy a helyszín adottságainak figyelembe vétele éppúgy szerepet játszhatott, mint a szimbolika és számmisztika, vagy a tájolás kérdése. A téma fókuszában annak vizsgálata áll, hogy a középkori építőmesterek által alkalmazott tervezési és helyszíni kitűzési módszerek hogyan vették figyelembe ezt a sokrétű szempontrendszert. A kutatás alapja a vizsgált épületek, épületmaradványok alakhű, korszerű műszeres módszerekkel segített felmérése és digitális feldolgozása. Emellett meglévő felmérési rajzokra – így a BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszék Rajz- és Fotótárának anyagára – is támaszkodik. A lehetséges szerkesztő rendszerek feltárásának alapját a gótika korának építőmesterei által alkalmazott geometriai rendszerek vizsgálata adja a fennmaradt írott és rajzi források alapján. A várható eredmények a tervezéstörténeti jelentőségen túl segítséget nyújtanak rom állapotban fennmaradt, vagy csak alapfalaiban ismert épületek elvi rekonstrukciójához, és

¹ Az adatlapot egy példányban *kinyomtatva és aláírva* a Szilárdságtani Tanszék titkárságára (munkanapokon 10 és 12 óra között), *elektronikus változatban* pedig a Doktori Iskola titkárának (Fehér Krisztina, feher.krisztina@epk.bme.hu) kell eljuttatni. A témahirdetés elfogadása esetén az adatlap felkerül a Csonka Pál Doktori Iskola (<http://cspdi.bme.hu/felveteli/temahirdetesek>), a témahirdetés rövid leírása pedig az Országos Doktori Tanács (<http://www.doktori.hu/>) honlapjára.

² A témahirdetés elfogadása automatikusan a témavezető akkreditációját is jelenti az azévi felvételi eljáráshoz.

³ Kérjük, olyan elérhetőséget adjon meg, ahová biztonsággal küldhetünk hivatalos értesítéseket.

⁴ A téma rövid leírása (szóközökkel) 1000-3000 leütés hosszú. A jelentkező hallgatókat bővebben tájékoztató változatot, (mely a téma fent megadott releváns nemzetközi irodalmára tételesen hivatkozik) kérjük a mellékletben megadni.

összehasonlító elemzésükkel műhelykapcsolatok feltárására is lehetőség nyílhat.

The topic is the continuation of the former research project „Geometrical questions of Gothic architectural details”, that resulted in a PhD degree by Krisztina Fehér. This time it covers the geometrical aspects of the buildings on a larger scale. Polygonal apses of gothic churches are of a great significance from this point of view. Their form and disposition was defined by multiple factors such as the geometric knowledge of the master builders, the structure of the vaulting, functional requirements, circumstances and characteristics of the construction site, or even symbolic aspects, numerology or the question of orientation. The research is focusing on how the methods of design and tracing on site were determined by all these requirements. The research is based on the survey of buildings and building remains by digital 3D data acquisition methods. Beside that former building surveys will be analyzed, mainly the documents in the Photo and Drawing Archive of the Department of History of Architecture and Monument Preservation of BME. Suggestion of possible tracing systems will be based on the analysis of medieval sources of geometry and design. Besides their importance from a design-historical point of view the results can provide assistance for the theoretical reconstruction of building ruins or fragments of structures. The comparative analysis opens the possibility to discover the connections of certain workshops.

A **téma** meghatározó irodalma⁵:

- BORK, ROBERT: *The Geometry of Creation. Architectural Drawing and the Dynamics of Gothic Design*. Ashgate, Farnham 2011
- BÖKER, JOHANN JOSEF: *Architektur der Gotik. Bestandskatalog der weltgrößten Sammlung an gotischen Baurissen (Legat Franz Jäger) im Kupferstichkabinett der Akademie der Bildenden Künste Wien; mit einem Anhang über die mittelalterlichen Bauzeichnungen im Wien Museum am Karlsplatz*. Anton Pustet, Salzburg 2005
- HISCOCK, NIGEL: *The Wise Master Builder. Platonic Geometry in Plans of Medieval Abbeys and Cathedrals*. Ashgate, 2000
- PAPP SZILÁRD: *A királyi udvar építkezései Magyarországon 1480-1515*. Balassi Kiadó, Budapest, 2005
- TAKÁCS IMRE: *A francia gótika recepciója Magyarországon II. András korában*. Balassi Kiadó, Budapest, 2018
- *Építészet a középkori Dél-Magyarországon*. Szerk: Kollár Tibor. Teleki László Alapítvány, Budapest, 2010
- *Középkori egyházi építészet Szatmárban*. Szerk: Kollár Tibor. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Önkormányzat, Nyíregyháza, 2011
- *Középkori templomok a Tiszától a Kárpátokig*. Szerk: Kollár Tibor. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Területfejlesztési és Környezetgazdálkodási Ügynökség Nonprofit Kft., Nyíregyháza, 2013
- *Középkori művészet a Szamos mentén I-II*. Szerk: Kollár Tibor. Iskola Alapítvány Kiadó – Möller István Alapítvány, Kolozsvár – Budapest, 2021.

⁵ Minimum 5, maximum 10 cikket vagy monográfiát kérünk felsorolni, amik között feltétlenül szerepelnie kell a legfrissebb, legismertebb eredményeknek.

A **téma** hazai és nemzetközi folyóiratai⁶:

- Journal of Cultural Heritage (Scopus, Sci)
- Journal of the Society of Architectural Historians (Scopus)
- Nexus Network Journal – Architecture and Mathematics (Scopus, Sci)
- Acta Historiae Artium (Sci)
- Építés-Építészettudomány (Scopus)
- Periodica Polytechnica – Architecture (Iconda)
- Architectura Hungariae
- Műemlékvédelem

A **témavezető** fenti folyóiratokban megjelent 5 közleménye:

- FEHÉR KRISZTINA - SZILÁGYI BRIGITTA - BÖLCSKEI ATTILA - HALMOS BALÁZS: Pentagons in Medieval Sources and Architecture. *Nexus Network Journal* 21: pp. 681-703. (2019)
- FEHÉR KRISZTINA - HALMOS BALÁZS: Remarks on the Proportions and Dimensions Used in the Design of the Medieval Church of Zsámbék. *Periodica Polytechnica Architecture* 50: (2) pp. 97-114. (2019)
- FEHÉR KRISZTINA - HALMOS BALÁZS: A középkori építészet szerkesztési módszerei a hazai szakirodalom tükrében. *Építés-Építészettudomány* 43. (3-4.) pp. 237-284. (2015)
- HALMOS BALÁZS - MARÓTYZ KATALIN: The adaptation of the true-to-form survey method. *Periodica Polytechnica Architecture* 41: (1) pp. 9-17. (2010)
- KRÄHLING JÁNOS - HALMOS BALÁZS - FEKETE J CSABA: A fertődi marionettszínház új értelmezése – az épületkutatás („Bauforschung”) és alakhű felmérés mint kutatási módszer alkalmazásával. *Építés-Építészettudomány* 34: (1-2) pp. 5-55. (2006)

A **témavezető** utóbbi tíz évben megjelent 5 legfontosabb publikációja:

- MARÓTYZ KATALIN - HALMOS BALÁZS: Észrevételek a gyulafehérvári székesegyház szentélyének felmérése nyomán. In: Papp Szilárd (szerk.) *A gyulafehérvári székesegyház főszentélye*. Teleki László Alapítvány, Budapest, 2012 pp. 43-58. (2012)
- KRÄHLING JÁNOS - KOPPÁNY ANDRÁS - FEKETE J. CSABA - HALMOS BALÁZS - JÓZSA ANNA: The marionette opera and the orangerie of Eszterháza (Fertőd, Hungary). Building archaeology methods and theoretical reconstruction. In: *Materiali e Strutture. Problemi di Conservazione II*. (4.) pp. 75-94. (2013)
- SOMOGYI ÁRPÁD - FEHÉR KRISZTINA - LOVAS TAMÁS - HALMOS BALÁZS - BARSZI ÁRPÁD: Analysis of Gothic Architectural Details by Spatial Object Reconstruction Techniques. In: *Periodica Polytechnica - Civil Engineering* 61:(3). pp. 640-651. (2017)
- FEHÉR KRISZTINA - SZILÁGYI BRIGITTA - BÖLCSKEI ATTILA - HALMOS BALÁZS: Pentagons in Medieval Sources and Architecture. *Nexus Network Journal* 21. pp. 681-703. (2019)

⁶ Minimum 5, maximum 10 folyóirat megadását kérjük, melyek között feltétlenül szerepelnie kell a PhD fokozatszerzés szempontjából elengedhetetlen (Web of Science, Scopus) minősítésű idegen nyelvű folyóiratoknak is. Kérjük, ezeket a periodikákat a felsorolásban jelölnék meg.

- HALMOS BALÁZS - MARÓTYZ KATALIN: Kompozíció és technológia a középkorban.
In: Szócs, Péter Levente (szerk.) *Arhitectura religioasă medievală din Transilvania / Középkori egyházi építészet Erdélyben / Medieval Ecclesiastical Architecture in Transylvania VI*, Editura Muzeului Satmarean. pp. 39-60.
(2020)

A **témavezető** eddigi doktoranduszai⁷:
(név/felvétel éve/abszolutórium megszerzésének éve/PhD fokozat éve)
- Fehér Krisztina / 2015 / 2018 / 2021

Melléklet: a téma bővebb leírása (magyar és angol⁸ nyelven)

Budapest, 2022. január 26.



Témavezető aláírása

⁷ Kérjük, a témavezetési tevékenységre vonatkozó adatokat abban az esetben is adja meg, ha témavezetőként a DI már korábban akkreditálta.

⁸ A téma bővebb leírása angol nyelven csak akkor szükséges, ha a témavezető vállalja külföldi hallgató fogadását.

Poligonális szentélyek szerkesztésének geometriai kérdései a magyar gótika építészetében

Témahirdetési javaslat a Csonka Pál Doktori Iskola Tanácsa részére

A középkori építőmesterek által használt matematikai-geometriai tudás, és ennek átültetése az épületekbe az építészeti tervezés korabeli módszerein keresztül a gótikus építészet kutatóit hosszú ideje foglalkoztató téma⁹, melynek az ezredforduló óta is fontos monográfiái születtek a nemzetközi szakirodalomban.¹⁰

Jelen témakiírás annak a korábban megkezdett programnak a része, mely a történeti korok építészeti tervezésében alkalmazott geometriai rendszereket kutatja. A BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékén a BME Geometria Tanszékével együttműködve az utóbbi években kezdtünk kutatásokat a geometria és a történeti építészet összefüggéseiről, elsősorban arról, hogy egyes történeti korszakokban a matematikusokat is foglalkoztató ismert elméleti geometriai problémák (pl. bonyolultabb szabályos sokszögek szerkesztése, a szögharmadolás problémája) hogyan jelentek meg az építőmesterek gyakorlatában.¹¹ E kutatás forrásainak egyik fontos körét a középkorból fennmaradt tervek, vagy más építészeti rajzok, szerkesztési vázlatok, karcolatok adják. Az ilyen rajzok a közelmúltban komolyabb nemzetközi érdeklődést is kaptak, mivel az új digitalizálási technikáknak köszönhetően a források is egyre könnyebben hozzáférhetőek a kutatók számára.¹²

A másik, legalapvetőbb forrás maguknak az épületeknek – vagy maradványaiknak – a vizsgálata. A tanszékünkön már közel két évtizedes múltra visszatekintő alakhű építészeti felmérésen alapuló épületkutatás – „Bauforschung” – területén szintén új lehetőségek nyíltak meg a 3D képképző eszközök elterjedésével. Ezek specifikusan történeti építészeti formák vizsgálatára való alkalmazásával kapcsolatban a BME Fotogrammetriai és Térinformatikai Tanszékével folytattunk együttműködést.¹³ 2018 óta az Építészettörténeti és Műemléki Tanszéken is rendelkezésre áll egy térszkenner, és a nagy adatmennyiség feldolgozására alkalmas számítógép.

A magyar középkor építészetéről az utóbbi évtizedekben fontos összefoglalások születtek: az egyes korszakokban meghatározó művészeti hatásokat tárgyaló monográfiák¹⁴, illetve egyes régiók emlékéanyagát alaposan feldolgozó hiánypótló tanulmánykötetek.¹⁵ Ezekben

⁹ FEHÉR KRISZTINA - HALMOS BALÁZS: Középkori szerkesztőmódszerek kutatása Möller István életművében. *Műemlékvédelem* 60 (2016) 1-2, pp. 86-100.

¹⁰ HISCOCK, NIGEL: *The Wise Master Builder*. Platonic Geometry in Plans of Medieval Abbeys and Cathedrals. Ashgate, 2000; PACEY, ARNOLD: *Medieval Architectural Drawing. English Craftmen's Methods and their Later Persistence (c. 1200 – 1700)*. Tempus 2007; BORK, ROBERT: *The Geometry of Creation. Architectural Drawing and the Dynamics of Gothic Design*. Ashgate, Farnham 2011;

¹¹ FEHÉR KRISZTINA - SZILÁGYI BRIGITTA - BÖLCSKEI ATTILA - HALMOS BALÁZS: Pentagons in Medieval Sources and Architecture. *Nexus Network Journal* 21 (2019), pp. 681-703.; FEHÉR KRISZTINA - HALMOS BALÁZS - SZILÁGYI BRIGITTA: Pentagons in Medieval Architecture. *Építés-Építészettudomány* 46 (2018) 3-4, pp. 291-318.; FEHÉR KRISZTINA - SZILÁGYI BRIGITTA - HALMOS BALÁZS: Golden Ratio and Fibonacci Sequence in Pentagonal Constructions of Medieval Architecture. *Ybl Journal of Built Environment* 6 (2018) 1, pp. 37-46.

¹² BÖKER, JOHANN JOSEF: *Architektur der Gotik. Bestandskatalog der weltgrößten Sammlung an gotischen Baurissen (Legat Franz Jäger) im Kupferstichkabinett der Akademie der Bildenden Künste Wien; mit einem Anhang über die mittelalterlichen Bauzeichnungen im Wien Museum am Karlsplatz*. Anton Pustet, Salzburg 2005

¹³ SOMOGYI ÁRPÁD, FEHÉR KRISZTINA, LOVAS TAMÁS, HALMOS BALÁZS, BARSÓI ÁRPÁD: Analysis of Gothic Architectural Details by Spatial Object Reconstruction Techniques. In: *Periodica Polytechnica - Civil Engineering* 61. (3) pp. 640-651. (2017)

¹⁴ PAPP SZILÁRD: *A királyi udvar építkezései Magyarországon 1480-1515*. Balassi Kiadó, Budapest 2005; TAKÁCS IMRE: *A francia gótika recepciója Magyarországon II. András korában*. Balassi Kiadó, Budapest 2018

¹⁵ *Építészet a középkori Dél-Magyarországon*. Szerk: Kollár Tibor. Teleki László Alapítvány, Budapest, 2010; *Középkori egyházi építészet Szatmárban*. Szerk: Kollár Tibor. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Önkormányzat, Nyíregyháza, 2011; *Középkori templomok a Tiszától a Kárpátokig*. Szerk: Kollár Tibor.

kiemelt figyelmet kapnak a gótikus templomok elsősorban stiláris vonatkozásai, a lehetséges stíluskapcsolatok feltárása, régészeti adatokkal és alapos levéltári kutatási háttérrel is alátámasztva.

Fontosnak tartjuk ezeket az ismereteket az építészet műszaki szempontjaival kiegészíteni, melyek között kiemelt figyelmet érdemel az építőmesterek által a tervezés fázisában, illetve a helyszíni kitűzés folyamán alkalmazott szerkesztési módszerek. A középkori épületek geometriai vizsgálatára vonatkozó hazai szakirodalom kritikai áttekintését Fehér Krisztina doktori kutatásának részeként készítettük el 2015-ben.¹⁶ Az azóta eltelt években a meghirdetett téma szempontjából fontosak még Szőke Balázs 3D felmérésen alapuló rekonstrukciói a boltozatok szerkesztésének témakörében¹⁷, illetve Bereczki Zoltán kutatásai a középkori építészkivitelezés műszaki megoldásaival kapcsolatban.¹⁸

A gótikus templomok építésének tervezési szempontból talán legnagyobb kihívást jelentő része a poligonális apszisok kialakítása. Az emlékanyag összképe – különösen az egyszerűbb falusi plébániatemplomok, szerzetesi templomok körében – viszonylag egyhangúnak tűnik, általában a szabályos nyolcszög vagy hatszög 3 illetve 5 oldalával záródó szentélyekkel épültek. Alaposabban vizsgálva azonban az emlékeket, gyakran találkozunk ezen euklidészi módszerekkel egyszerűen szerkeszthető sokszögek esetében is a szabályos geometriától való eltéréssel. Az anomáliákat gyakran nagyvonalúan a kitűzés pontatlanságának, az építőmesterek hanyagságának tulajdonítjuk. Önmagában is érdekes az a felvetés, hogy hogyan árulkodnak ezek a „pontatlanul” megszerkesztett vagy kivitelezett struktúrák a tervezésükhöz és kitűzésükhöz használt módszerekről. Több esetben felvethető azonban, hogy a magas mesterségbeli tudás birtokában lévő mesterek kezén a szabályos geometriától történő eltérés szándékos volt, vagy valamilyen szükséges kompromisszum eredménye. Utóbbinak számos oka lehet - szerkezeti megfontolásoktól kezdve a környezet és a terep adottságain keresztül egy korábbi, már nem létező épületrészig, vagy annak maradványaiig. Ugyanakkor megjelennek a gótikus szentélyek esetében különlegesebb formák is, mint például a hétszög¹⁹ vagy tízszög²⁰. Ez utóbbi megszerkesztéséhez egy bonyolultabb geometriai probléma, a szabályos ötszög szerkesztése szükséges, melynek már az ókorban ismert euklidészi módszere helyett a középkori mesterek valószínűleg különféle közelítő eljárásokat használtak.²¹

A sokszögzáródású szentélyek megjelenése szoros összefüggésben van a gótikus boltozatok fejlődésével, így már a forma kialakulásában is jelentős szerepet játszottak a

Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Területfejlesztési és Környezetgazdálkodási Ügynökség Nonprofit Kft., Nyíregyháza, 2013; *Középkori művészet a Szamos mentén I-II.* Szerk: Kollár Tibor. Iskola Alapítvány Kiadó – Möller István Alapítvány, Kolozsvár – Budapest, 2021.

¹⁶ Fehér Krisztina - Halmos Balázs: A középkori építészet szerkesztési módszerei a hazai szakirodalom tükrében. *Építés-Építészettudomány* 43 (2015) 3-4, pp. 237-284.

¹⁷ SZŐKE BALÁZS: Csillagboltozat az aranyosmórici templomrom tornyában. In: *Középkori művészet a Szamos mentén I-II.* Szerk: Kollár Tibor. Iskola Alapítvány Kiadó – Möller István Alapítvány, Kolozsvár – Budapest, 2021. pp. 186-223.; SZŐKE BALÁZS: A kolozsvári Farkas utcai református templom boltozatai. In: *Certamen VIII.* Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 2021. pp. 299-324.; SZŐKE BALÁZS: Boltozatok az egykori egri székesegyház késő gótikus csarnokszentélyében. In: *Örökségünk védelme és jövője 2. Studia Agriensis* 33. Dobó István Vármúzeum, Eger, 2017.

¹⁸ BERECKZI ZOLTÁN: *Magasépítés a középkorban: a gótika templomtornyai.* Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2021; BERECKZI ZOLTÁN: *Gótikus tornyok építésének kérdéséhez. Mit mondanak a megvalósult épületek a tervezésről, mit mondanak a tervek a megvalósulásról?* Phd értekezés, Pécsi Tudományegyetem, Breuer Marcell Doktori Iskola, Pécs 2017

¹⁹ LLUIS I GINOVART, JOSEP - FORTUNY ANGUERA, GERARD - COSTA JOVER, AUGUSTÍ - DE SOLA-MORALES SERRA, PAU: Gothic Construction and the Traça of a Heptagonal Apse: The Problem of the Heptagon. In: *Nexus Network Journal* 15/2. (2013). pp. 325-348.

²⁰ MARÓTY KATALIN - HALMOS BALÁZS: Észrevételek a gyulafehérvári székesegyház szentélyének felmérése nyomán. In: Papp Szilárd (szerk.) *A gyulafehérvári székesegyház főszentélye.* Teleki László Alapítvány, Budapest, 2012 pp. 43-58.

²¹ FEHÉR KRISZTINA - SZILÁGYI BRIGITTA - BÖLCSKEI ATTILA - HALMOS BALÁZS: Pentagons in Medieval Sources and Architecture. *Nexus Network Journal* 21 (2019), pp. 681-703.

műszaki megfontolások – szemben a romanika építészetére jellemző félköríves és egyenes záródású apszisokkal, ahol a szimbolika és a formai hagyomány szerepe lehetett elsődleges. Az apszispoligon alaprajzi formájának meghatározásakor már eleve figyelembe vehették a térlefedő szerkezet építésével kapcsolatos szempontokat, de olyan eset is előfordulhatott, ahol a boltozásnál kellett alkalmazkodni a már meglévő alaprajzi kitűzés adottságaihoz. A szentélyboltozatok esetében ez elsősorban a bordák vonalvezetésének, és a zárókő térbeli pozíciójának meghatározásánál volt fontos.²²

Mindemellett a poligonális apszisok kialakításánál is számolnunk kell a középkori számmisztika megjelenésével az építészetben²³, ami az apszispoligon szerkesztésének alapját adó sokszög megválasztásában nyilvánvalóan szerepet játszott.

A szerkesztések esetében felmerül az egyes szerkesztési sémák, hálók geometriai vagy aritmetikai alapjának kérdése – utóbbiak esetében mindenképp szükséges vizsgálni a mesterek által használt méretezési egységek világát is.²⁴ A téma azért is érdekes, mert a középkori mértékegységek rendkívül sokfélék lehettek, ennek ellenére azonban viszonylag kevés konkrét forrás áll rendelkezésünkre pontos méretükről, illetve az egyes mértékegységek elterjedési köréről, amely nem csak területileg, de akár a különböző mesterségek között is eltérő lehetett. Bár ez a résztema tartogathat érdekes eredményeket, mindenképp megfelelő óvatossággal szükséges megközelíteni, hogy a vélt vagy valós összefüggések túlértékelésének csapdáját elkerüljük.

Egy további, a középkori építőmesterek által alkalmazott geometriai ismertetek kérdését tágabb kontextusba helyező témakör a szentélyek tájolása, amivel az Építészettörténeti és Műemléki Tanszéken korábban Guzsik Tamás foglalkozott.²⁵ Kétségtől gyökeresen gyakoriak akár egyazon templom esetében a szentély és a hajó²⁶, vagy a szentély különböző periódusai tájolása közötti szögeltérések. A szakirodalomban a mai napig nincs teljes konszenzus azzal kapcsolatban, hogy mennyiben játszhattak szerepet ebben szimbolikus okok, csillagászati mérések pontossága, vagy a helyszín földrajzi-geológiai adottságai. A tudomány némileg szkeptikus is a téma relevanciáját illetően, az utóbbi évek ezzel kapcsolatos eredményei inkább műkedvelő kutatók révén látnak napvilágot.²⁷ A kutatás során mindenesetre ennek a kérdésnek a vizsgálatára is lehetőség nyílik.

Budapest, 2022. 01. 26.

Halmos Balázs PhD

²² A botozati bordaindítások alapján feltételezhető lehetséges boltozati geometria meghatározásának lehetőségeiről a kismuzsalyi templom esetében: HALMOS BALÁZS: *A kismuzsalyi templomrom elméleti rekonstrukciója és bemutatásának lehetőségei*. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építézmérnöki Kar, Műemléki Szakmérnöki Szak. 2015.

²³ DEN HARTOG, ELIZABETH: 1, 2, 3, 6: Early Gothic Architecture and Perfect Numbers. *Architectural Histories* 2 (2014) 1, pp. 1-17.

²⁴ HOPPE LÁSZLÓ: A történeti építészet méretmeghatározó módszerei. *Építés-Építészettudomány* 23 (1993) 3-4, pp. 351-388.; Fehér Krisztina - Halmos Balázs: Remarks on the Proportions and Dimensions Used in the Design of the Medieval Church of Zsámbék. *Periodica Polytechnica Architecture* 50 (2019) 2, pp. 97-114.; FONSECA, COSIMO D. - GERALDI, EDOARDO - SABINO, GABRIELLA: An algorithm for computing the original units of measure of medieval architecture. *Journal of Cultural Heritage* 5 (2004), pp. 7-15.

²⁵ GUZSIK TAMÁS: Tájolási rendellenességek a középkori templomépítészetben. In: *Építés-Építészettudomány* VII. (1975.) évf. 1-2.szám. pp. 91-104.; GUZSIK, TAMÁS: Sol aequinoctialis - Zur frage der äquinoktialen Ostung im Mittelalter, *Periodica Polytechnica Architecture* Vol. 22. (1978.) No. 3-4. pp. 191-213.; GUZSIK TAMÁS: A középkori keresztény templomok keleteléséről, *Meteor csillagászati évkönyv 1997*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 1996. pp. 180-191.

²⁶ Ilyen jelenséget megfigyeltünk és dokumentáltunk saját kutatás során is: Halmos Balázs – Maróty Katalin: A kismuzsalyi romtemplom felmérése 2015-ben. In: *In Situ* I évf. 1. szám. 2020. pp. 142-151.

²⁷ KESZTHELYI SÁNDOR – KESZTHELYINÉ SRAGNER MÁRTA: *Magyarországi középkori templomok tájolása*. Országépítő melléklet 2012/1 (2012); SCHEFFER MIKLÓS: Tájolások üzenete. Néhány középkori templom keletelésének egyháztörténeti vizsgálata. In: *Ősi gyökér* 46. évf. 1-2. sz. pp. 39-49. (2018)