

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki kar, Csonka Pál Doktori Iskola
Építészettörténeti és Műemléki Tanszék

Jobbik Eszter

KÉSŐGÓTIKUS HÁLÓBOLTOZATOK GEOMETRIAI ELEMZÉSE,
SZERKESZTÉSTECHNIKÁJA ÉS ÉPÍTÉSI MÓDJAI

PhD értekezés melléklete

Témavezető: Dr. Krähling János

Budapest, 2025

Tartalomjegyzék

Bevezetés	6
1 Szászbogács, erődtemplom, hajóboltozat	7
1.1 A boltozat építéstörténete	7
1.2 A boltozat általános leírása	7
1.3 Szintvonalas ábrázolás	8
1.3.1 Geometriai leírás	8
1.3.2 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	9
1.4 Bordaháló	9
1.4.1 A bordaháló globális geometriájának leírása	9
1.4.2 Egyedi bordageometria elemzése	15
1.4.3 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	17
2 Segesvár, Hegyi templom	24
2.1 A boltozatok építéstörténete	24
2.2 Segesvár, Hegyi templom, északi mellékhajó boltozata	25
2.2.1 A boltozat általános leírása	25
2.2.2 Szintvonalas ábrázolás	26
2.2.3 Bordaháló	27
2.3 Segesvár, Hegyi templom, főhajó boltozata	44
2.3.1 A boltozat általános leírása	44
2.3.2 Szintvonalas ábrázolás	45
2.3.3 Bordaháló	47
2.4 Segesvár, Hegyi templom, déli mellékhajó boltozata	64
2.4.1 A boltozat általános leírása	64
2.4.2 Szintvonalas ábrázolás	65
2.4.3 Bordaháló	66
3 Medgyes, erődtemplom	83

3.1	A boltozatok építéstörténete	83
3.2	Medgyes, erődtemplom, főhajó boltozata.....	84
3.2.1	A boltozat általános leírása	84
3.2.2	Szintvonalas ábrázolás	85
3.2.3	Bordaháló	86
3.3	Medgyes, erődtemplom, szentélyboltozat.....	97
3.3.1	A boltozat általános leírása	97
3.3.2	Szintvonalas ábrázolás	98
3.3.3	Bordaháló	99
3.4	Medgyes, erődtemplom, sekrestyeboltozat.....	109
3.4.1	A boltozat általános leírása	109
3.4.2	Szintvonalas ábrázolás	109
3.4.3	Bordaháló	111
4	Landshut, Szent Márton templom, főhajó boltozata	119
4.1	A boltozat építéstörténete	119
4.2	A boltozat általános leírása	120
4.3	Szintvonalas ábrázolás	120
4.3.1	Geometriai leírás	120
4.3.2	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	121
4.4	Bordaháló	121
4.4.1	A bordaháló globális geometriájának leírása	121
4.4.2	Egyedi bordageometria elemzése	127
4.4.3	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	128
5	Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom.....	130
5.1	A boltozatok építéstörténete	130
5.2	Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, hajóboltozat	132
5.2.1	A boltozat általános leírása	132

5.2.2	Szintvonalas ábrázolás	132
5.2.3	Bordaháló	134
5.3	Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, szentélyboltozat.....	146
5.3.1	A boltozat általános leírása	146
5.3.2	Szintvonalas ábrázolás	147
5.3.3	Bordaháló	149
5.4	Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, sekrestyeboltozat	163
5.4.1	A boltozat általános leírása	163
5.4.2	Szintvonalas ábrázolás	163
5.4.3	Bordaháló	165
6	Nyírbátor, Szent György templom, templomboltozat.....	173
6.1	A boltozat építéstörténete	173
6.2	A boltozat általános leírása	173
6.3	Szintvonalas ábrázolás	174
6.3.1	Geometriai leírás	174
6.3.2	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	175
6.4	Bordaháló	175
6.4.1	A bordaháló globális geometriájának leírása	175
6.4.2	Egyedi bordageometria elemzése	179
6.4.3	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	180
7	Andocs, Miasszonyunk Bazilika, szentélyboltozat.....	183
7.1	A boltozat építéstörténete	183
7.2	A boltozat általános leírása	183
7.3	Szintvonalas ábrázolás	184
7.3.1	Geometriai leírás	184
7.3.2	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	185
7.4	Bordaháló	186

7.4.1	A bordaháló globális geometriájának leírása.....	186
7.4.2	Egyedi bordageometria elemzése	194
7.4.3	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	195
8	Siklós, várkapolna, szentélyboltozat.....	201
8.1	A boltozat építéstörténete	201
8.2	A boltozat általános leírása	201
8.3	Szintvonalas ábrázolás	202
8.3.1	Geometriai leírás	202
8.3.2	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	203
8.4	Bordaháló.....	204
8.4.1	A bordaháló globális geometriájának leírása.....	204
8.4.2	Egyedi bordageometria elemzése	207
8.4.3	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	209
9	Gyulafehérvár, Lázói kápolna, boltozat.....	214
9.1	A boltozat építéstörténete	214
9.2	A boltozat általános leírása	214
9.3	Szintvonalas ábrázolás	216
9.3.1	Geometriai leírás	216
9.3.2	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	218
9.4	Bordaháló.....	219
9.4.1	A bordaháló globális geometriájának leírása.....	219
9.4.2	Egyedi bordageometria elemzése	224
9.4.3	Szerkezeti és építéstechnikai következtetések	225
10	Irodalomjegyzék a melléklethez	230
11	Ábrajegyzék a melléklethez.....	235
12	Táblázatok jegyzéke.....	242

5 Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom

5.1 A boltozatok építéstörténete

A szegedi Havas Boldogasszony templom (szeged-alsóvárosi ferences templom) valószínűleg a 15. század második felében épült, ám az építés pontos dátuma vitatott. A szakirodalomban az 1493-94-es⁶¹, 1465-ös⁶², 1480 körüli⁶³ illetve 1459-es⁶⁴ dátumok szerepelnek az építkezés kezdetére, és az 1503-as dátum annak befejezésére vonatkozóan⁶⁵. Utóbbit a falon szereplő felirat is alátámasztja, noha a kolostoregyüttest egyes források szerint csak 1543-ban, abban az évben, amikor a Szeged török kézre került, fejezték be.⁶⁶

A templom hajóboltozatának datálása veti fel a legtöbb problémát a szakirodalomban. Szőke Balázs véleménye szerint a tudomány jelenlegi állása szerint a boltozat a 16. század elején épült.⁶⁷ Harsányi István szerint viszont a hajó és a szentély boltozatai csak 1543-re készültek el.⁶⁸ Ugyanakkor korábban több kutató is azon az állásponton volt, hogy a hajóboltozat a 17. századból származik, mely állítást a várost elfoglaló törökök és a templom gyülekezete közötti fennmaradt levélváltásra alapozták.⁶⁹ Ez a datálás szoros kapcsolatban áll azzal a szerkezeti meglátással, mely szerint a boltozat nem valódi hálóboltozat, hanem egy utólag bordákkal díszített fiókos donga (a disszertációban alkalmazott nevezéktan szerint ál-hálóboltozat). Más vélemények szerint azonban a 17. századi iratokat félreértelmezték, és nem a hajóboltozat átalakításaira utalnak⁷⁰ (hanem talán a toronyalj boltozatára⁷¹). A hajóboltozat fölött, a padlástérben boltozat-homlokív lenyomatok találhatóak, melyeket korábban a 17. századi átépítés előtti boltozatperiódus maradványainak tartottak⁷², ám Lukács Zsuzsa véleménye szerint mindössze egy tervváltoztatás nyomaival állunk szemben⁷³.

⁶¹ Nagy 1944, 92

⁶² Levárdy 1980, 7

⁶³ Lukács 1999, 3

⁶⁴ Harsányi 2001, 297

⁶⁵ Levárdy 1980, 7; Harsányi 2001, 297

⁶⁶ Lukács 1999, 3

⁶⁷ Szőke 2005, 889

⁶⁸ Harsányi 2001, 297

⁶⁹ Bálint 1966, 17

⁷⁰ Lukács 2000, 145

⁷¹ Szőke 2005, 876

⁷² Levárdy 1980, 7

⁷³ Lukács 1999, 12

A templom kutatói több építési periódust azonosítottak az épületen. Lukács Zsuzsa megállapította, hogy a szentély falai nagyobb kövekből készültek, mint a hajó⁷⁴, és Harsányi István az épület teljes magasságában falelválást azonosított a két tér között⁷⁵. Ez alapján a hajó és a szentély falai külön periódusban készülhettek. A templom Harsányi-féle periodizációja szerint a szentély és a hajó falai 1503-ra készülhettek el, majd ezt követte a sekrestye építése. A boltozatok 1503 és 1543 között készülhettek, először a sekrestyében, majd a szentélyben és a hajóban.⁷⁶

A szentély falai esetében a szentélyzáródás formája tekintetében szintén periódushatár vagy tervváltoztatás nyoma azonosítható: Az ablakkönyöklők magasságában a szentély alaprajzi formáját közelítőleg hatszög kontúrból (rendezetlenül kialakított átmenettel) közelítőleg nyolcszög kontúrra módosították. Ezt Harsányi az építők tapasztalatlanságának tudja be⁷⁷, ám más elméletek szerint a változás a boltozat koncepciójának módosítása miatt lehetett szükséges⁷⁸. Egyes vélemények szerint ez a határ nem csak tervváltoztatást jelöl, hanem az építési munkák mintegy 30 év hosszú szünetelését, tehát periódushatárt is.⁷⁹

1749-ben a templom teteje egy tűzvészben elpusztult⁸⁰, 1870-ben és 1937-ben pedig kisebb helyreállítások történtek a templomban⁸¹.

⁷⁴ Lukács 2000, 453

⁷⁵ Harsányi 2001, 303

⁷⁶ Harsányi 2001, 297

⁷⁷ Harsányi 2005, 25

⁷⁸ Lukács 1999, 12

⁷⁹ Levárdy 1980, 7-8

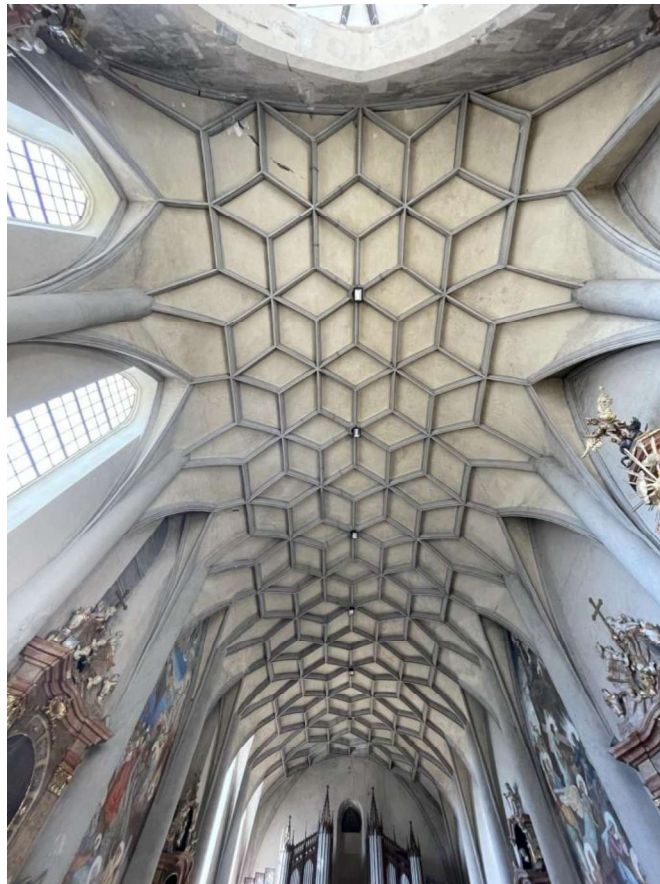
⁸⁰ Lukács 2000, 147

⁸¹ Levárdy 1980, 10

5.2 Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, hajóboltozat⁸²

5.2.1 A boltozat általános leírása

A boltozat a sűrűbordás hálóboltozatok kategóriájába sorolható. A szakirodalomban a következő leírás vonatkozik rá: “a soros rombuszháló megkétszerezésével létrehozott alaprajzi vetület, melyben a rombuszhatszögek rendszere 90°-al megfordul”⁸³, ám más szerzők egyszerűen “soros rombuszhálónak” nevezik.⁸⁴ (5-1. ábra)



5-1. ábra A szeged-alsóvárosi templom hajóboltozata

5.2.2 Szintvonalas ábrázolás

5.2.2.1 Geometriai leírás

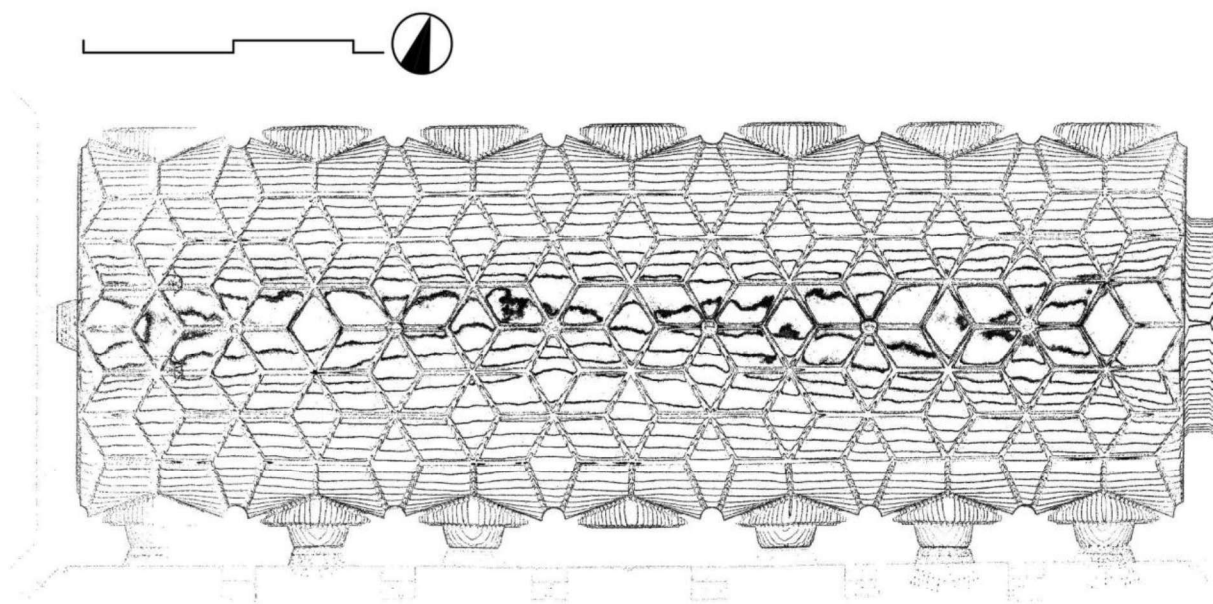
A szegedi Havas Boldogasszony templom hajóboltozatának szintvonalas ábrázolásán (5-2. ábra) a süvegfelületek vízszintes metszetsvonalainak alakja a boltozat alsó zónájában (a falaktól számított második sor fallal párhuzamos borda alatt) lényegében függetlennek tűnik a boltozati

⁸² Vonatkozó saját publikációk: Jobbik – Krähling 2023a; Jobbik – Krähling 2024a; Jobbik – Krähling 2024c; Jobbik – Budaházi 2024

⁸³ Császár 1987/1, 156

⁸⁴ Harsányi 2005, 22.

bordák pozíciójától, kivéve a vállak és a fiókok közti mezők alsó, fiókokhoz kapcsolódó részén, ahol a metszetsvonalak először a fallal szöget zárnak be, és a fiókok csúcsának eléréseig fokozatosan a fallal párhuzamos helyzetbe fordulnak be. A boltozat felső zónájában a metszetsvonalainak alakja nem független a boltozati bordák elhelyezkedésétől. A metszetsvonalak az alsó zónában egyenesek, a felső zónában alapvetően egyenesek, de esetenként konkáv ívet vesznek fel. A boltozat déli oldalán azt figyeltem meg, hogy a hajó közepe felé közeledve keleti és nyugati irányból a süvegfelületek metszetsvonalai a fallal párhuzamos pozíciótól indulva egyre nagyobb szöget zárnak be a fallal, majd középen ez a tendencia átfordul, és az átellenes rövid hajófal felé közeledve újból visszafordulnak a hosszú falakkal párhuzamos irányba.



5-2. ábra A szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának szintvonalas ábrázolása

5.2.2.2 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A boltozat geometriai leírása alapján arra következtettem, hogy szegedi Havas Boldogasszony templom hajóboltozata feltehetőleg valódi hálóboltozat, mivel a boltozat felső zónája erre utaló jelleget mutat, és építéstechnikai szempontból az ál-hálóboltozat és valódi hálóboltozat jelleg magassági értelemben történő váltása nem tűnik megoldhatónak. A süvegfelületek vízszintes metszetsvonalainak alakja a teljes felületű zsaluzattal való építésüket valószínűsíti. (A boltozat szegmensíves alakja is magyarázhatja a teljes felületű zsaluzatok szükségességét, hiszen a süvegfelületek hamar válnak “közel vízszintessé”.) A boltozat boltsüvegrendszere globális geometriáját tekintve lineáris hálóboltozat jelleget mutat. A fiókok esetében elképzelhető, hogy teljes felületű zsaluzat nélkül készültek, mivel igen meredek, és nagyon kis fesztávú süvegszakaszaik vannak, ugyanakkor a zsaluzat használata itt sem kizárható. A vállak és a

fiókok közti mezők alsó, fiókokhoz kapcsolódó részén, a metszetvonalak tanúsága szerint a fiókok csúcsának magasságáig arra törekedtek, hogy e pontok fölött a boltsüvegek már a hosszfalakkal párhuzamosan emelkedhessenek. Ezeken a szakaszokon a zsaluzat használata azért lehet kérdéses, mert e mezők teljes felületű zsaluzatának alakja nem síkba kifejthető felületnek adódna. Ugyanakkor itt a boltozat még meredeken emelkedik, így a zsaluzat nélküli építés nem ütközhetett problémákba.

A déli oldalon megfigyelt anomália annak a – már Harsányi István által is leírt jelenségnek⁸⁵ – a leképeződése, hogy a boltozat ezen a szakaszon lényegében “behorpadt”. Vizsgálataim alapján ugyanakkor az is kiderült, hogy az északi és déli hajófalak teljesen függőlegesek, így a boltozat deformációjának okaként a hajófalak dőlése kizárható. Utóbbi megállapítás, és az, hogy a “horpadás” sok boltmezőn keresztül az egész boltozaton fokozatosan jelentkezik arra enged következtetni, hogy a deformáció már a boltozat építése közben létrejöhetett. Az, hogy a bordaháló és a süvegfelületek ezen a részen azonos módon idomulnak a deformált boltozatformához arra utal, hogy a boltozat két része egyszerre vette fel ezt a formát, feltehetőleg az építés közbeni segédstruktúrák deformációi nyomán. A deformáció alakja – mely mind kereszt- mind hosszirányban több borda- és süvegszakaszon keresztül fokozatosan éri el maximumát a boltozat déli oldalának közepén – arra utalhat, hogy az építés közbeni segédstruktúra ebben az esetben felület jellegű szerkezet lehetett.

5.2.3 Bordaháló

5.2.3.1 A bordaháló globális geometriájának leírása

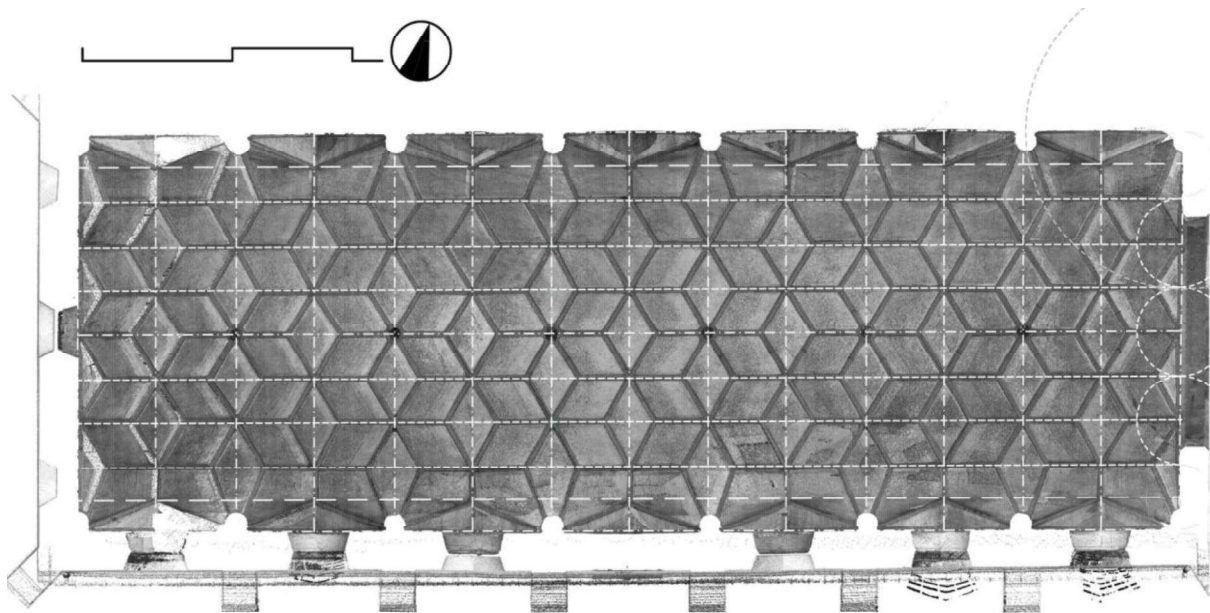
5.2.3.1.1 Alaprajzi elemzés

A szegedi Havas Boldogasszony templom hajója szabályos téglalap kontúrokkal bír, és hét travéra oszlik. A travék hossza hozzávetőleg azonos, keletről nyugat felé enyhén rövidülnek. A boltvállak a boltozat északi és déli oldalán azonos ritmust vesznek fel.

A bordaháló alaprajzi vetületét vizsgálva a bordacsomópontok keresztirányú koordinátáit tekintve a következő megállapításokat tettem: A boltozat záradéki bordacsomópontjai egy egyenesre esnek, mely a nyugati fal középpontját és a diadalív falának középpontját köti össze. A bordahálóban azonos pozíciót betöltő csomópontok a boltozat északi illetve déli oldalán az alaprajzon vizsgálva azonos egyenesekre esnek. Ezek az egyenesek egymással és a záradékvonallal párhuzamosak, és a szomszédos egyenesek – kivéve a legészakibb és legdélibb

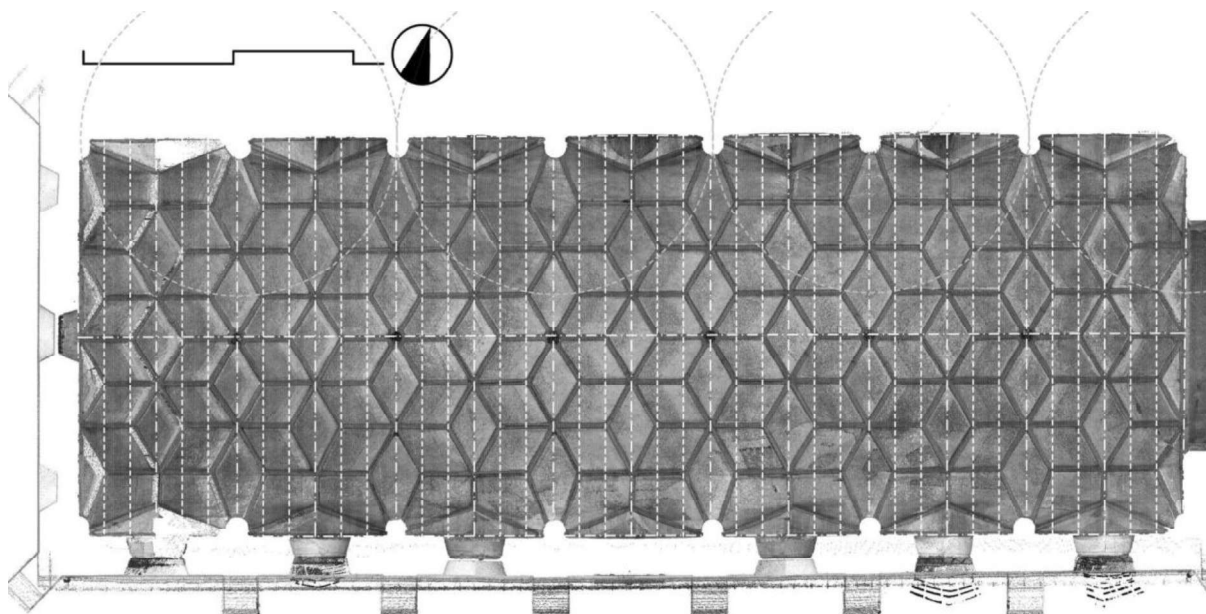
⁸⁵ Harsányi 2005, 26

egyenesek megfelelő szomszédos falaktól vett távolságát – egymástól azonos távolságra helyezkednek el a boltozat teljes szélességében. E vonalak egymástól vett távolságai szerkeszthetőnek bizonyultak: A záradékhoz az északi és déli oldalon legközelebb eső vonalak a hajó keleti sarokpontjaitól a keleti travé szomszédos vállpontjainak távolságával megegyező távolságra találhatók. A záradék és a hozzá legközelebb eső egyenesek így kapott távolsága a többi hosszirányú szomszédos egyenes egymástól vett távolságát is megadja (kivéve a legészakibb és legdélibb egyenesek megfelelő szomszédos falaktól vett távolságát, mely e kiosztás szerint a középről vett utolsó előtti egyenesek és a fal távolságának felében határozható meg). (5-3. ábra)



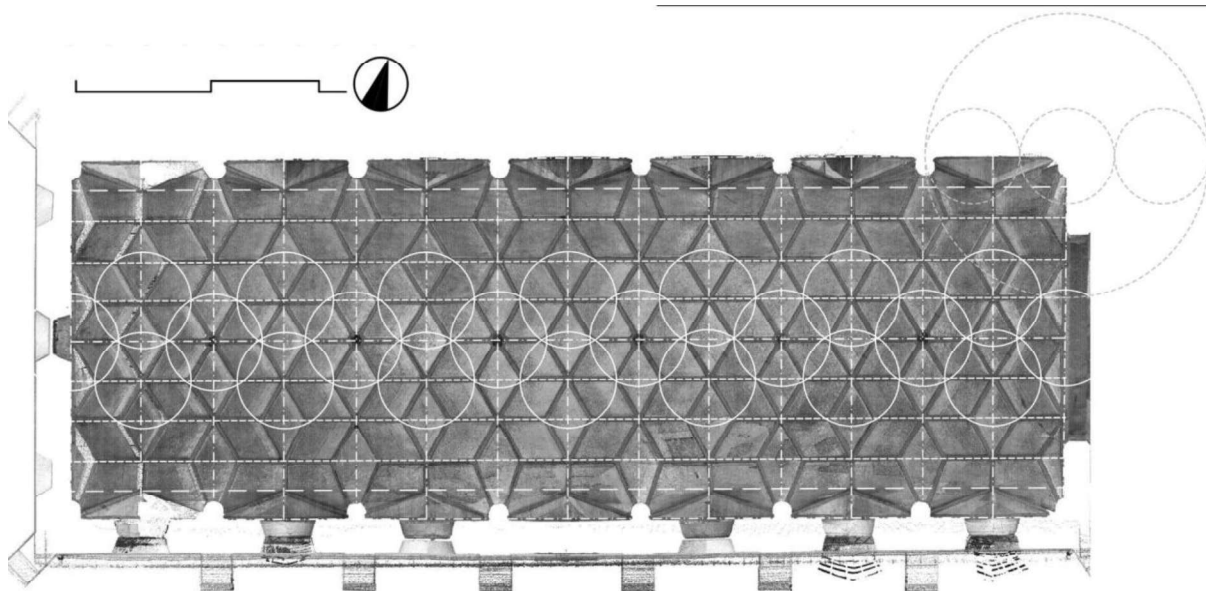
5-3. ábra A bordacsomópontok keresztirányú koordinátáinak meghatározása a szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának alaprajzán

A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáit tekintve megállapítottam, hogy vállpontok között húzható keresztirányú egyenesekre a megfelelő keresztmetszetekbe eső csomópontok illeszkednek. A vállpontok között meghatározható 5-5 olyan egyenes, melyekre az adott travé csomópontjai illeszkednek. Ezek az egyenesek a mindenkor szomszédos egyenseiktől azonos távolságokra esnek. Ez a távolság a travé hosszának (két szomszédos vállpont távolságának) hatoda. (5-4. ábra)



5-4. ábra A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáinak meghatározása a szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának alaprajzán

A bordaháló alaprajzát tekintve számos egyéb, átlókon vagy körökön (pl. a szomszédos vállak távolságának harmadával meghatározható sugarú körökön) alapuló szerkesztésmódot lehet megadni, melyek a bordacsomópontok alaprajzi pozícióját meghatározhatják. (5-5. ábra) Az egyes bordák alaprajzi vetületi hosszai a bordahálóban azonos szerepet betöltő bordák esetében alig mutatnak szórást.



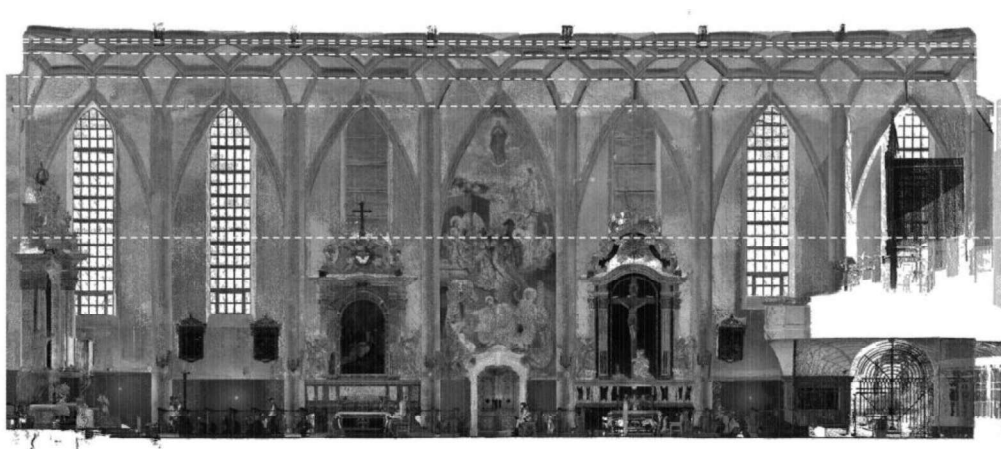
5-5. ábra A bordacsomópontok alaprajzi koordinátáinak meghatározása körökön alapuló szerkesztésmóddal a szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának alaprajzán

5.2.3.1.2 Hosszmetszet irányú vetület elemzése

A bordaháló hosszirányú vetületein a bordacsomópontok magassági és hosszirányú koordinátáit elemezve arra jutottam, hogy a bordahálóban azonos szerepet betöltő csomópontok mind a déli, mind az északi oldalon minden esetben egy egyenesre esnek – kivéve a déli oldalon a deformálódott boltozatrész esetében. Ezek az egyenesek egymással párhuzamosak, és enyhén nyugat felé lejtnek. (5-6. és 5-7. ábra)



5-6. ábra A szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának hosszszelvénye észak felé a bordacsomópontok pozícióját leíró vonalakkal

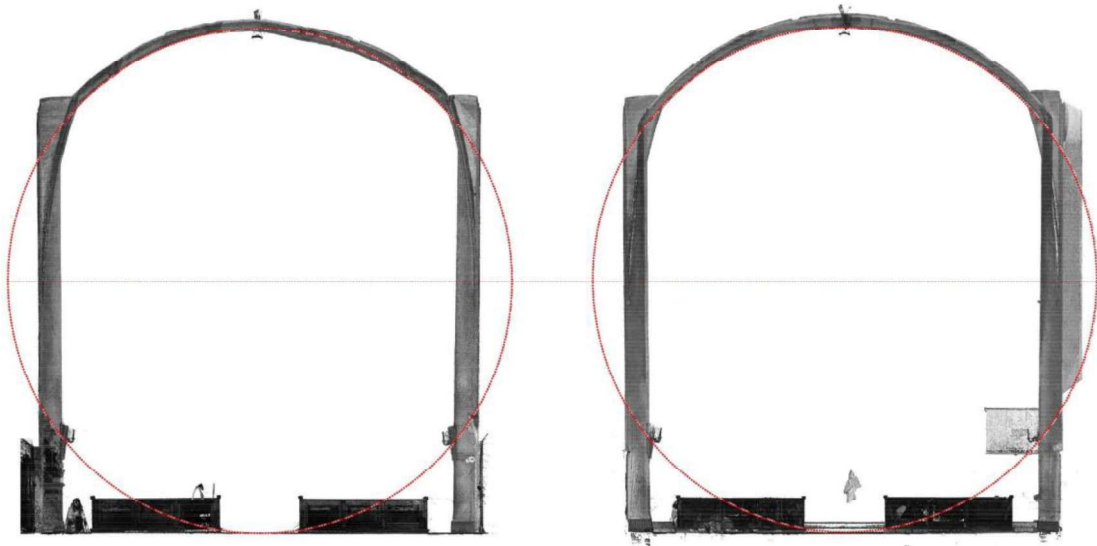


5-7. ábra A szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatának hosszszelvénye dél felé a bordacsomópontok pozícióját leíró vonalakkal

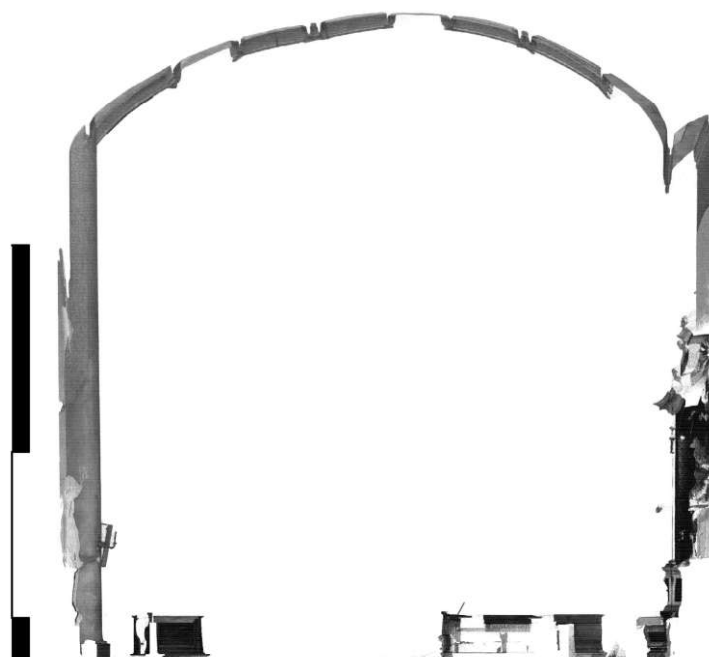
5.2.3.1.3 Keresztmetszet irányú vetület elemzése

A bordaháló keresztirányú vetületei közül tetszőleges helyen felvett vetületet elemezve a következő megállapításokra jutottam: A keresztmetszet irányú vetületeken a bordák profiljának alsó felülete egy körszegmensen leírható. A körszegmenshez tartozó kör átmérője megegyezik a bordaháló záradékanak alsó síkja és a templom járószintje közötti távolsággal. (5-8. ábra) A boltvállak magassága a fent leírt módon meghatározható hajómagasság felébe esik. Fontosnak tartom kiemelni, hogy ugyanennek a távolságnak a 2,5-szerese a hajó hosszával, 1,5-szerese a

szentély hosszával egyezik meg. Utóbbi összefüggés arra utal, hogy a hajómagasság tekintetében megfigyelt egyezés nem véletlenszerű. (Az, hogy a bordaháló keresztmetszeti vetülete körszegmens által meghatározható, indikálja, hogy az átlós bordák irányában felvett vetületeken a bordháló elliptikus ívvel írható le – mely a pontfelhő alapján is bizonyítást nyert. [5-9. ábra])



5-8. ábra A hajóboltozat bordahálósomópontjainak alsó síkjára fektethető körív

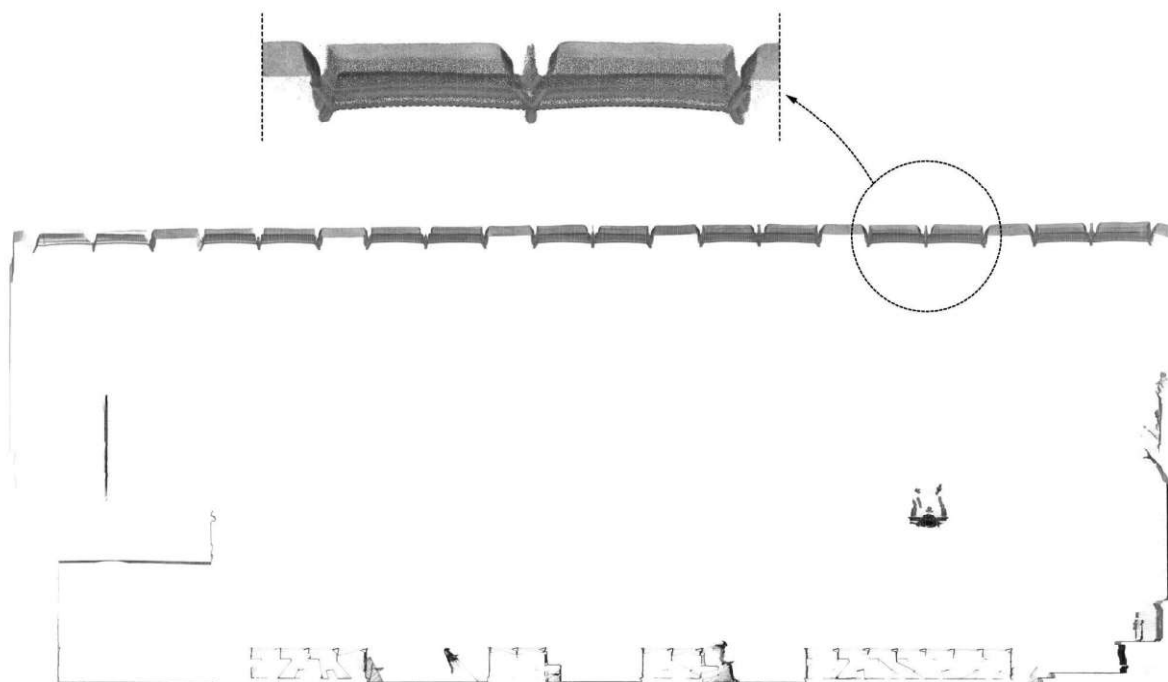


5-9. ábra A hajóboltozat átlós metszete

5.2.3.2 Egyedi bordageometria elemzése

A bordahálót alkotó bordák görbületi sugarait vizsgálva⁸⁶ azt állapítottam meg, hogy az értékek egységesnek elfogadhatók. (A mért görbületi sugarak számértéke aránylag nagy, tehát az ívek aránylag laposak, mely a mérések precizitását nehezíti. Emiatt a szórás értékek nagyobbak adódhattak.)

A szegedi Havas Boldogasszony templom hajóboltozatának egyik érdekes részlete az, hogy a bordahálóban megjelennek olyan elemek, melyek a boltozat hossz tengelyirányával párhuzamosak. Császár László véleménye szerint ezek a bordák egyenesek, így magukban nem állékonyak, a süvegfelületre függesztve működhetnek.⁸⁷ Viszont a lézerszkenneres felmérés alapján megállapítottam, hogy ezeknek a bordáknak a bordaháló más elemeivel azonos görbülete van, így a többi bordához hasonlóan elméletileg képesek önhordó boltövként viselkedni. (5-10. ábra)



5-10. ábra Fallal párhuzamos bordasor szembenézetben a szeged-alsóvárosi templom hajóboltozatából

⁸⁶ A vizsgálatot a bordák nagy számára való tekintettel a bordahálót alkotó bordák egy részén végeztem el, a mért bordákat a boltozaton belül véletlenszerűen választottam ki, de figyelve arra, hogy a választott bordák egy része az alaprajzon egy elméleti egyenes mentén helyezkedjen el.

⁸⁷ Császár 2002, 159

5.2.3.3 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

5.2.3.3.1 A Harsányi-féle ál-hálóboltozat-elméletről

A szegedi Havas Boldogasszony templom hajóboltozatának szerkezete kapcsán a szakirodalomban több helyen megtalálható az az elmélet, miszerint a szerkezet ál-hálóboltozat.⁸⁸

A 2000-es években Harsányi István ezt az elméletet helyszíni megfigyeléseivel is támogatta, miszerint egyes bordák és a hozzájuk kapcsolódó süvegfelületek között habarcskitöltést talált.⁸⁹ Elméletének másik alapját az jelentette, hogy számításai szerint a süvegfelület súlya meghaladja azt a terhelést, melyet a bordaháló képes lenne elviselni.⁹⁰ A tudomány jelenlegi állása szerint utóbbi érv nem állja meg a helyét: A bordás boltozatok bordahálója és süvegfelülete osztozik a teherviselésben, és köztük dinamikus egyensúly áll fenn, mely azt jelenti, hogy a boltozatra ható erőrendszer átrendeződése esetén a boltozat belső erőjátéka is képes megváltozni.⁹¹ Amíg legalább egy olyan belső erőrendszer elképzelhető, mely egyensúlyi állapothoz vezet, a boltozat állékony marad.⁹² Tehát a boltozat bordahálója nem hordja a süvegfelületek súlyát, azok ugyanúgy részt vesznek a teherviselésben (és adott esetben önhordóvá is válhatnak).

A Harsányi által feltételezett építéstechnika a következő lépésekből áll: Először egy dongaboltozat épül, mely alá utólag készül el a bordaháló, végül a két szerkezet közötti réseket habarccsal töltik ki.⁹³ (5-11. ábra) Véleményem szerint e módszer számos építéstechnikai korlátba vagy nehézségbe ütközik: A szegedihez hasonló lapos, szegmensíves dongaboltozat építése feltétlenül megkövetelné a zsaluzat használatát. Ezt a bordaháló építése előtt el kell távolítani, majd a bordaháló felszerkesztését, kitűzését és a mintaívek pozicionálását követően a bordahálót a mintaívek és a süvegfelület közötti szűk résben kellene kivitelezni. Harsányi módszere nem magyarázná a vizsgálataim során megállapított geometriai jellemzők közül egyrészt azt, hogy a süvegfelületek falazásának jellege a falaktól vett második hosszirányú bordasor után megváltozik, másrészt pedig azt, hogy a keresztmetszet irányú vetület vizsgálata alapján a magassági értelemben meghatározott pontnak a záradéki bordák alsó síkja, nem pedig a süvegek alsó síkja tűnik. (Természetesen az utóbbi esetben nem kizárható, hogy kalkuláltak

⁸⁸ Császár 1987/1, 157, Harsányi 2005

⁸⁹ Harsányi 2005, 14

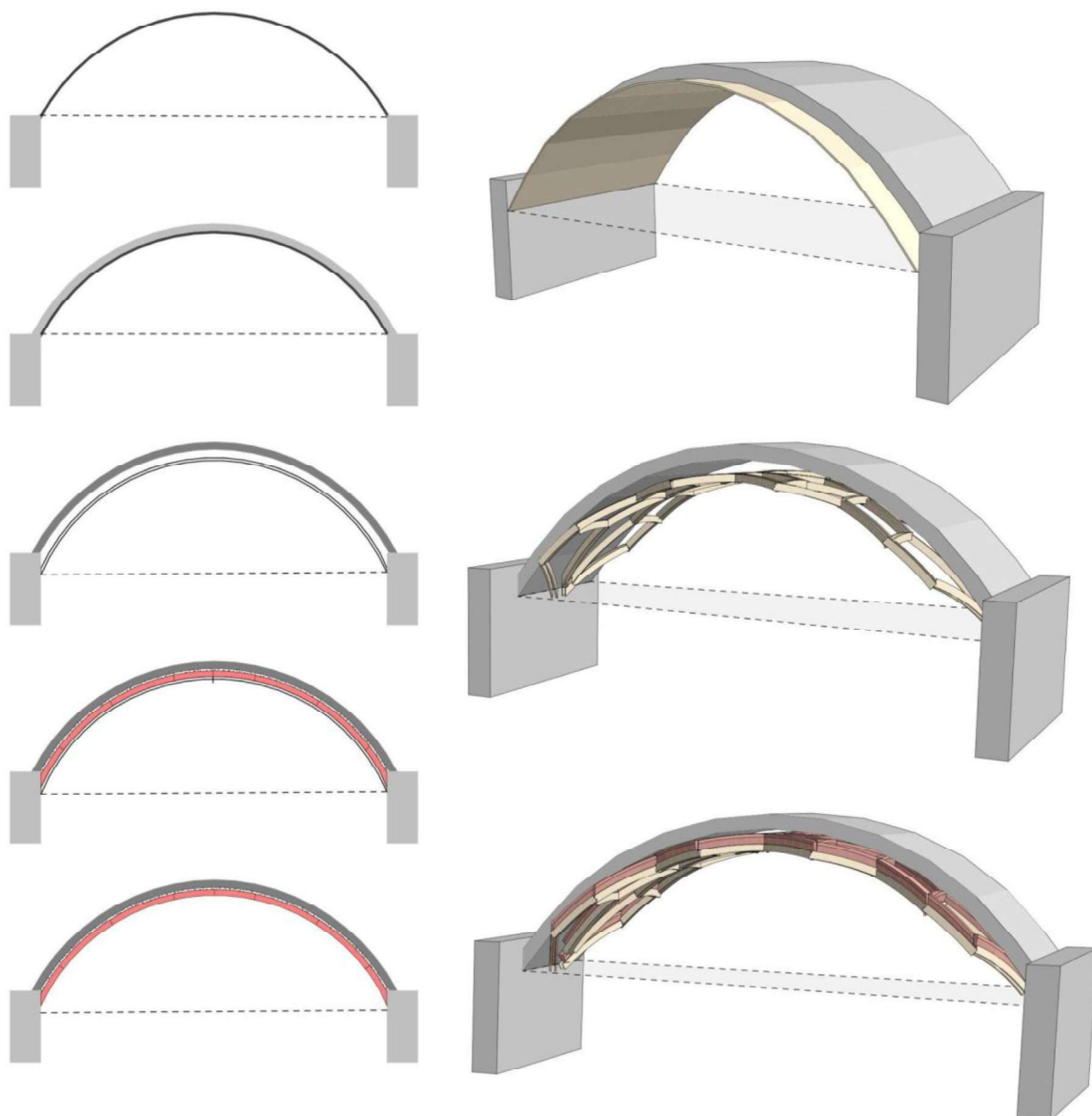
⁹⁰ Harsányi 2005, 12

⁹¹ Lengyel-Bagi 2015, 58

⁹² Heyman 1995, 20-22; Huerta 2012, 183

⁹³ Harsányi 2005, 12

a bordamagasságokkal, ám a fent leírt körülményes építéstechnikával az azonosított pontos eredményt elérni igen nehéz lenne.)

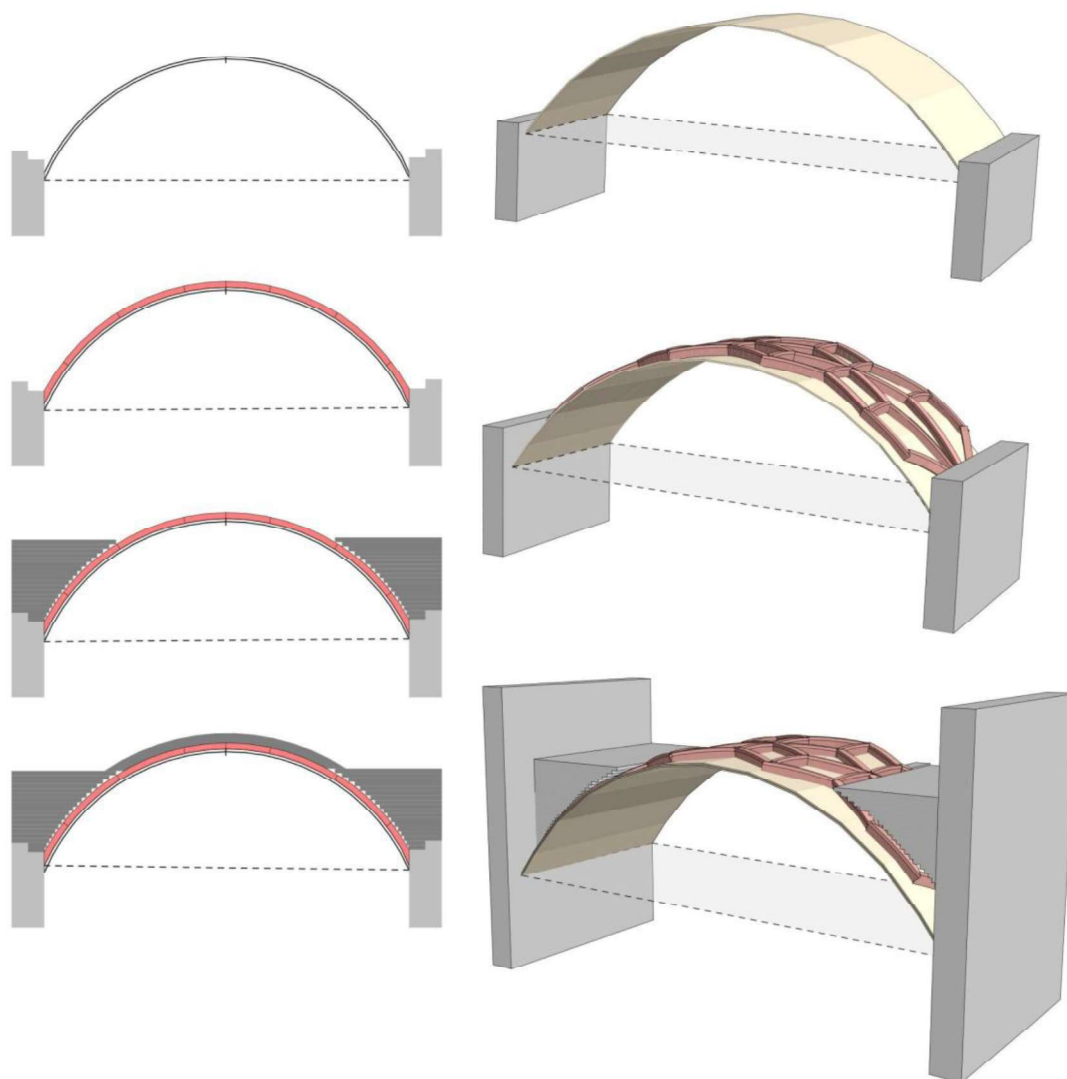


5-11. ábra Az építéstechnika Harsányi István-féle rekonstrukciója

5.2.3.3.2 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A bordaháló geometriai leírása alapján az eredeti építéstechnika tekintetében a következő elméleti rekonstrukciót tartom elképzelhetőnek: Első lépésként a bordaháló zsaluzata készülhetett el, mely vagy teljes felületű zsaluzat volt (melyet a lapos szegmensív indokolhat), vagy “vonalszerű” zsaluzat, romonádokkal. Ezután elkészült a bordaháló. A boltozat déli oldalán megfigyelhető deformáció e lépés során keletkezhetett (a fent kifejtett okok miatt), és vagy a teljes felületű zsaluzat megsüllyedését, vagy a “vonalszerű” zsaluzatot tartó ideiglenes munkaszint megsüllyedését jelenthette. (Mivel a munkaszint deformációjára nehéz hihető

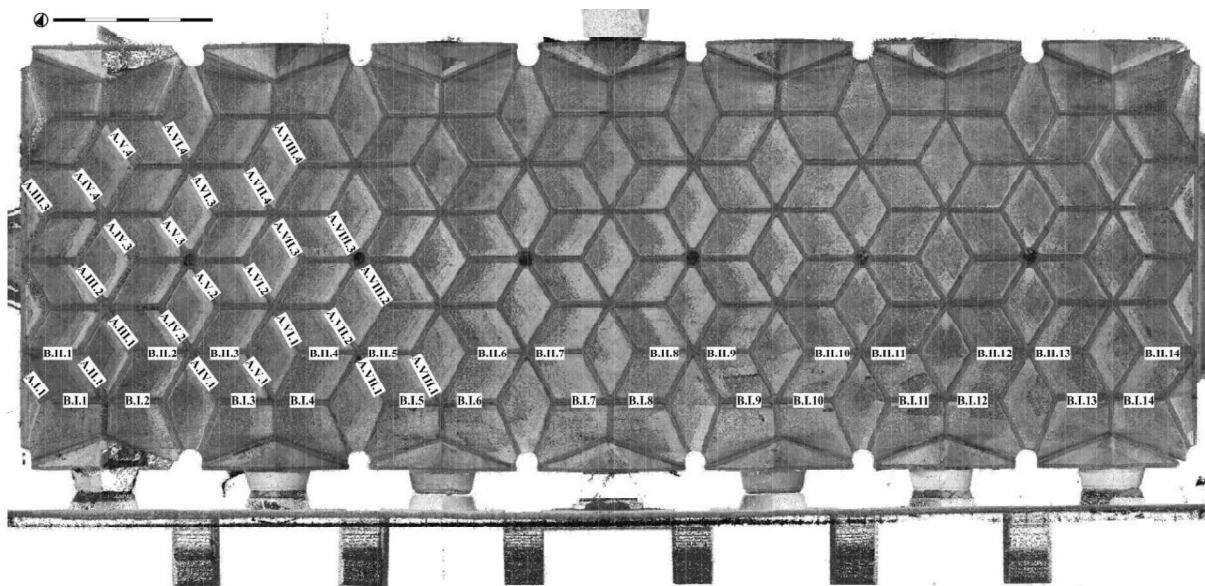
magyarázatot találni, véleményem szerint a teljes felületű zsaluzat alkalmazása valószínűsíthető. Az alaprajzi vetületi képet kötelek segítségével enyhén íves felületen is különösebb nehézség nélkül ki lehet tűzni.) A bordaháló elkészülte után megkezdődhetett a süvegfelületek építése. Ez a falak melletti szakaszon (a fent kifejtett okokból) még történhetett zsaluzat nélkül, ám feljebb a teljes felületű zsaluzatok alkalmazását tartom valószínűnek. A boltozat alsó zónájának feltűnő dongajellege miatt azt is elképzelhetőnek tartom, hogy itt a boltozat dongaboltozatként épült, a falaktól soronként konzolosan kinyújtva. Az, hogy a boltozat alsó és felső zónájának határa kicsivel a boltozat keresztmetszeti szegmensívének harmadolópontja elé esik, tehát oda, ahol a lapos ívek tönkremenetele elsőként megtörténik, szintén emellett az elmélet mellett szólhat. E szakaszon a bordák és a süvegek között a habarcskitöltés szükséges lenne, mely magyarázhatja a Harsányi által talált habarcsos részeket. A két zóna határának elérése után a boltsüvegek építése alázsaluzott technikával folytatódhatott. Utolsó lépésként az építés közbeni segédszerkezetek eltávolíthatóvá váltak. (5-12. ábra)



5-12. ábra A boltozat építéstechnikájának elméleti rekonstrukciója

Az, hogy a hosszmeteszet irányú vetületeken a hosszirányú, bordacsomópont-pozíciókat meghatározó egyenesek enyhén nyugat felé lejtjenek arra utalhat, hogy az egész munkaszint, és így az összes építés közbeni segédszerkezet nyugat felé lejtett.

A fent bemutatott elméleti rekonstrukció alapján a szegedi Havas Boldogasszony templom hajóboltozata a bordaháló globális geometriájának tipológiáját tekintve az alaprajzi síkból induló szerkesztéstechnika csoportjába sorolható. Véleményem szerint azt, hogy pontosan milyen szerkesztéstechnikát alkalmazhattak az alaprajzi vetületi kép előállításához a nagyfokú szabályosságból adódó számos különböző lehetőség miatt nem lehet megállapítani.



5-13. ábra Jelmagyarázat az 5-1. táblázathoz

5-1. Táblázat A boltzati bordák mért adatai – Szeged-Alsóváros, hajó

Borda jele	Görbületi sugár [m]
A.III.1	9,20
A.III.2	9,20
A.III.3	8,31
A.IV.1	8,48
A.IV.2	-
A.IV.3	9,88
A.IV.4	8,20
A.V.1	8,33
A.V.2	8,52
A.V.3	8,37
A.V.4	8,48
A.VI.1	8,57
A.VI.2	8,27
A.VI.3	9,07
A.VI.4	8,28
A.VII.1	9,07
A.VII.2	8,82
A.VII.3	8,16
A.VII.4	8,01
A.VIII.1	8,86
A.VIII.2	8,58
A.VIII.3	8,19
A.VIII.4	8,29
ÁTLAG (A)	8,60
SZÓRÁS (A)	0,45
B.I.1	8,30
B.I.2	8,35
B.I.3	8,30

B.I.4	8,33
B.I.5	8,30
B.I.6	-
B.I.7	8,26
B.I.8	8,56
B.I.9	8,58
B.I.10	8,56
B.I.11	8,50
B.I.12	8,47
B.I.13	8,40
B.I.14	8,44
B.II.1	-
B.II.2	8,35
B.II.3	8,38
B.II.4	8,49
B.II.5	8,46
B.II.6	8,43
B.II.7	8,27
B.II.8	8,11
B.II.9	8,64
B.II.10	8,49
B.II.11	8,50
B.II.12	8,86
B.II.13	8,30
B.II.14	8,57
ÁTLAG (B)	8,43
SZÓRÁS (B)	0,15

5.3 Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, szentélyboltozat⁹⁴

5.3.1 A boltozat általános leírása

A szakirodalom a boltozatot a “csillagsémából szerkesztett boltozatok”⁹⁵ példajaként említi. A záradékon nyolcágú csillagmotívumok sora jelenik meg, melyek a vállakhoz a fiókkat övező bordák felső csomópontján, illetve a vállakból induló harántirányú bordákon át csatlakoznak. Általános helyen a záradékra eső “csillagegységek” mindkét szomszédos csillagmotívumnak a részét képezik. (5-14. ábra)



5-14. ábra A szeged-alsóvárosi templom szentélyboltozata

A szegedi Havas Boldogasszony templom szentélyboltozatának bordái szabad szemmel látható módon is igen rendezetlen képet mutatnak: Egy-egy bordán belül a bordaelemek nem folyamatos ív mentén kapcsolódnak egymáshoz, hanem ahol a bordaelemek egymáshoz csatlakoznak a borda ívében töréspont jelenik meg. (5-15. ábra) Ezt a jelenséget Harsányi István az építés közbeni segédstruktúrák elmozdulásával magyarázza.⁹⁶

⁹⁴ Vonatkozó saját publikációk: Jobbik – Krähling 2024a; Jobbik – Krähling 2024c; Jobbik – Budaházi 2024

⁹⁵ Harsányi 2005, 21.

⁹⁶ Harsányi 2001, 296

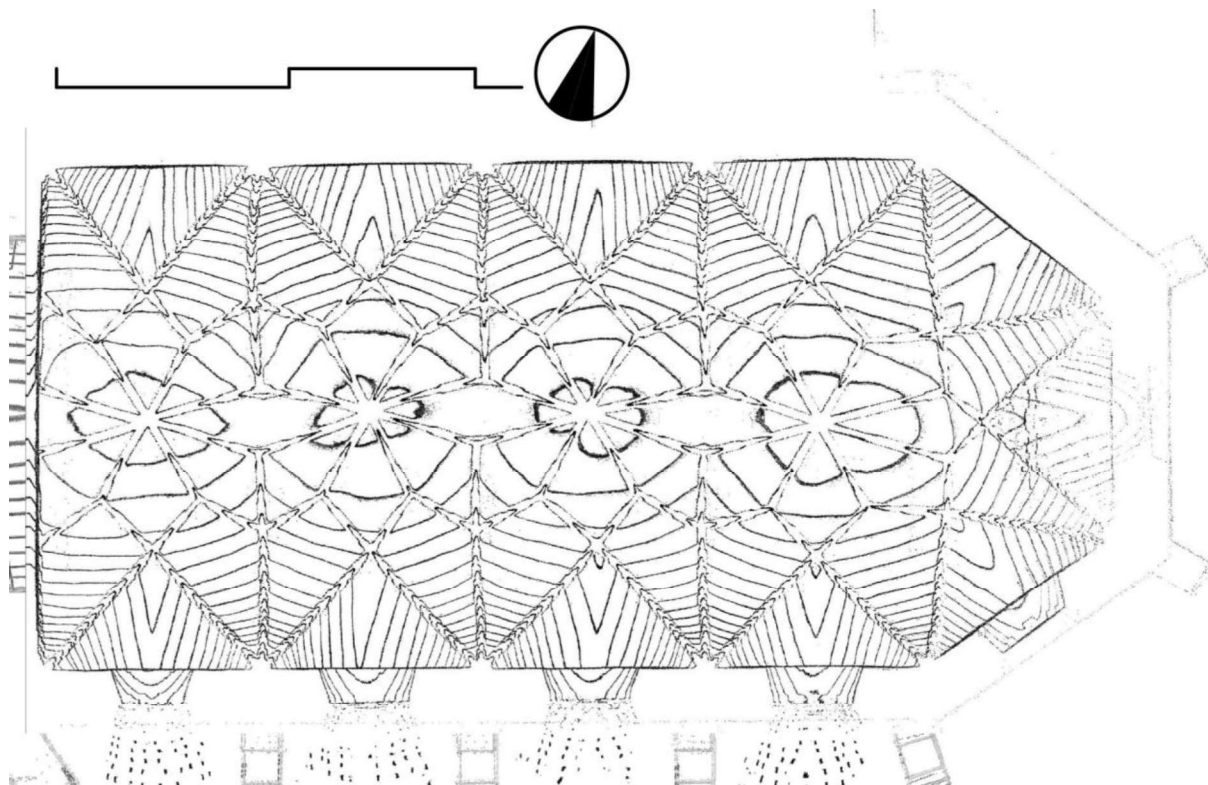


5-15. ábra Töréspontok adott bordán belül a szeged-alsóvárosi szentélyboltozatban

5.3.2 Szintvonalas ábrázolás

5.3.2.1 Geometriai leírás

A szegedi Havas Boldogasszony templom szentélyboltozatának szintvonalas ábrázolásán (5-16. ábra) a süvegfelületek vízszintes metszetszonalainak alakja a boltozat alsó részén közel egyenes, ám a záradékhöz közel enyhe konvex ívet vesznek fel. A metszetszonalak alakja nem független a boltozati bordák pozíciójától. A teljes boltozatot tekintve az látszik, hogy a süvegfelületek vízszintes metszetszonalai a boltozat travéinak ritmusát követve változtatnak irányt. A fiókok esetében a süvegfelületek vízszintes metszetszonalai szintén közel egyenesek és a boltozat keresztirányától enyhén eltérnek; lényegében bármely más, vállhoz kapcsolódó boltozati mezőnek megfelelő képet mutatnak.



5-16. ábra A szeged-alsóvárosi szentélyboltozat szintvonalas ábrázolása

5.3.2.2 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A boltozat geometriai leírása alapján arra következtettem, hogy a szegedi Havas Boldogasszony templom szentélyboltozata valódi hálóboltozat, mely boltsüvegeit feltehetően teljes felületű alázsalizással építették. A geometria alapján a szomszédos boltszakaszok egymástól függetlenül készültek, mely alatt azt értem, hogy a boltsüveg építése során minden bordát azonos módon használtak egy-egy süveg téglasor végpontjának alátámasztására (v.ö. pl. Segesvár, Melléklet 2.3.2.). A fiókok feltehetőleg olyan módon épültek, mint bármely másik boltozati egység, mely a boltvállaktól indul.

A boltozat boltsüveg-rendszere globális geometriáját tekintve centralizáló hálóboltozat jelleget mutat. A boltozati bordák alaprajzi vetületben vett rajzolata tekintetében a boltozat a “csillag jellegű rajzollal” rendelkező boltozatok csoportjába sorolható. Az egyes csillag rajzolatú travé-egységek között lineáris jellegű “összekötő” szakasz nem található, így a Guzsik Tamás-féle definíció szerint a boltozat nem csillagháló-boltozat (az értekezés 2.2.7. alfejezete szerint).

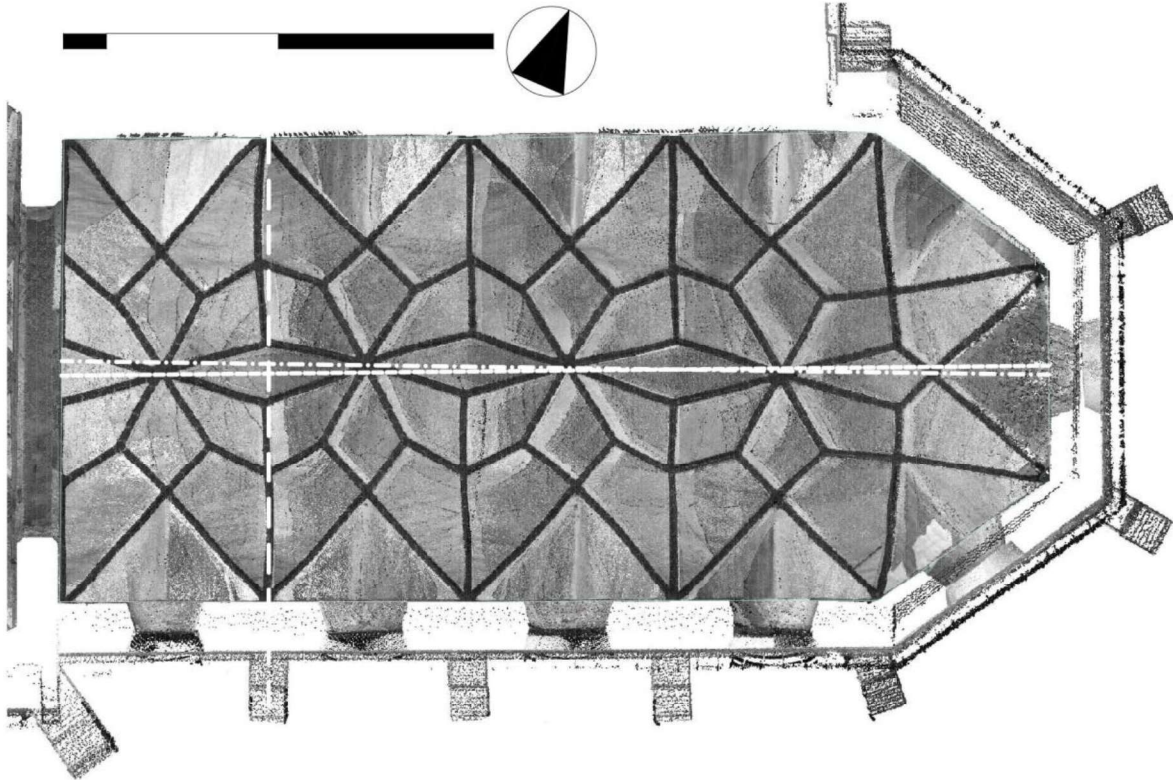
5.3.3 Bordaháló

5.3.3.1 Geometriai leírás

5.3.3.1.1 Alaprajzi elemzés

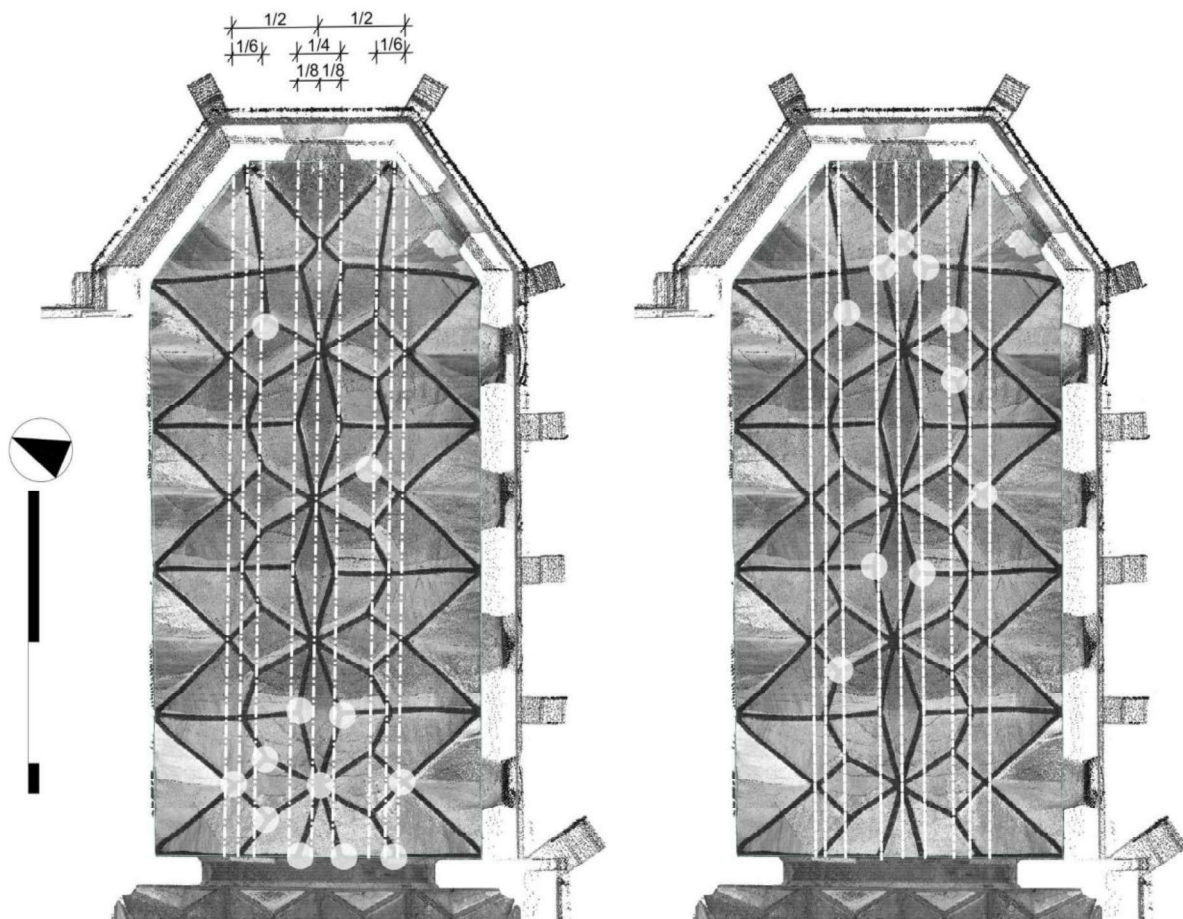
A szegedi Havas Boldogasszony templom szentélye alapvetően szabályos kontúrokkal bír: a nyugati négy travé szabályos téglalap alaprajzú, hosszuk (kelet-nyugat irányban) hozzávetőleg azonos, és a szentélypoligon oldalaihosszaival is egyezik. A boltvállak a boltozat északi és déli oldalán azonos ritmust vesznek fel, a déli oldali támpillérek ritmusával egyezően (az északi oldalon a torony és kolostor kapcsolódik a templomhoz, így ott nincsenek támpillérek).

A bordaháló alaprajzi vetületét vizsgálva a bordacsomópontok keresztirányú koordinátáit tekintve a következő megállapításokat tettem: A boltozat záradéki bordacsomópontjai nem esnek egy egyenesre: A szentély északi és déli falaival párhuzamos egyenest a diadalív falának középpontjába helyezve a legkeletibb záradéki csomópont nem illeszkedik a vonalra, illetve a többi csomópont esetén is adódnak eltérések (kb. max 15 cm), ám ezekben az esetekben a kijelölt tengely még a csomóponti elemeken keresztül fut (tehát a tengelyt építés közbeni segédszerkezetként értelmezve – az értekezés 2.3.3. alfejezete szerint – az alátámasztás megvalósulhatna). A záradéki csomópontokat tekintve ennél pontosabb illeszkedés is elérhető egy (a poligon keleti oldalának közepéből indított) egyenessel, mely iránya viszont nem írható le tisztán az épület alaprajzának geometriai rendszerében. (5-17. ábra)



5-17. ábra Eltérő irányú záradéki vonalak a szeged-alsóvárosi szentélyboltozatban

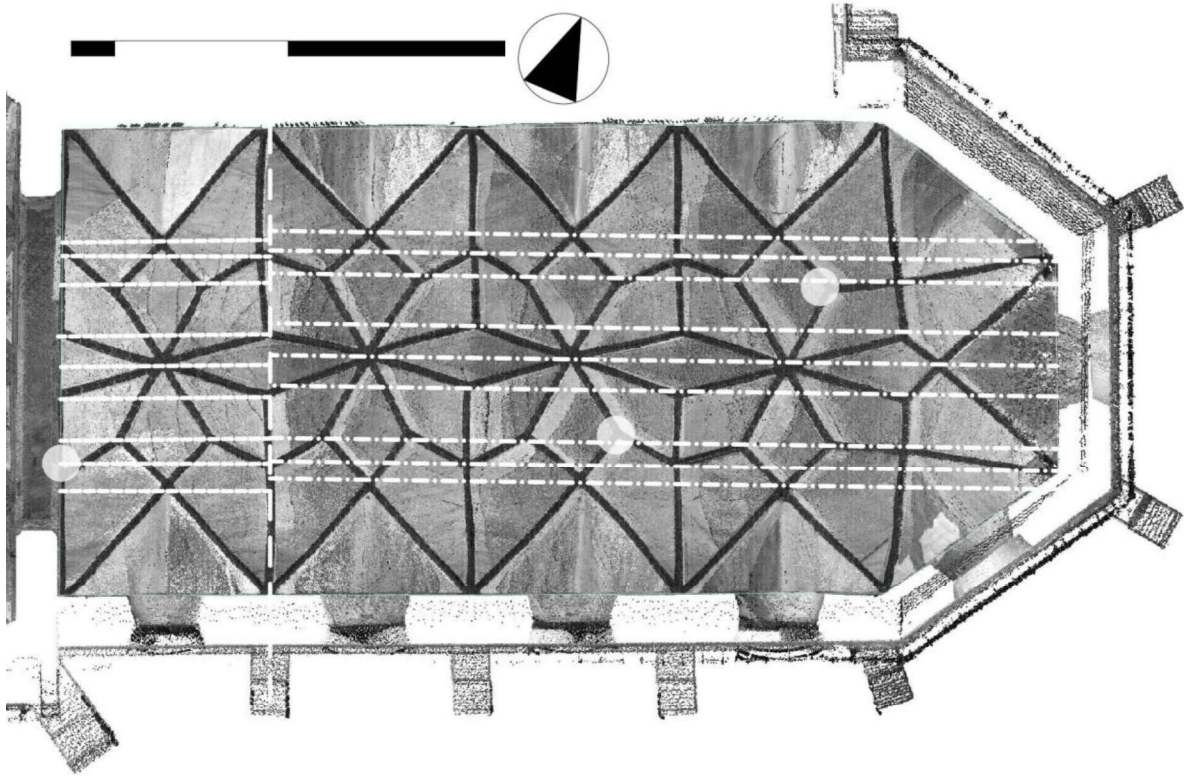
A bordahálóban oldalanként azonos pozíciót betöltő csomópontoknak a déli és északi falakkal párhuzamos egyenesekre való illeszkedését vizsgálva azt találtam, hogy a fiókokat határoló bordák felső csomópontjainak egyenseit leszámítva minden egyenes esetén akadnak nem illeszkedő csomópontok. E csomópontok többsége a boltozat keleti, poligon felőli végében csoportosul. A záradéknál meghatározott második iránnyal párhuzamos egyeneseket tekintve hasonló szituáció áll elő, azzal a különbséggel, hogy a nem illeszkedő csomópontok így a legnyugatibb travéba csoportosulnak. (5-18. ábra)



5-18. ábra A bordacsomópontok keresztirányú koordinátáinak meghatározása a két lehetséges záradékvonal irányával párhuzamosan a szeged-alsóvárosi templom szentélyboltozatának alaprajzán. A körök a nem illeszkedő csomópontokat jelölik

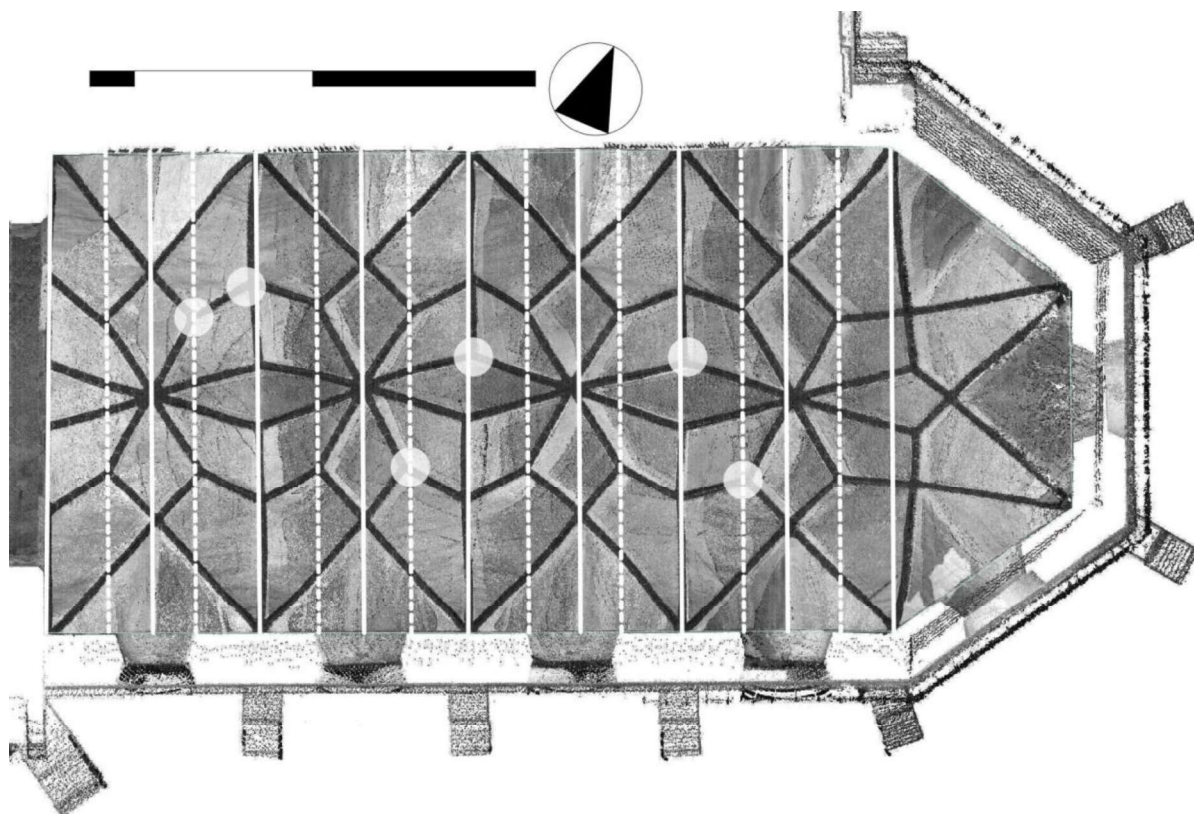
A legpontosabb illeszkedés tehát akkor valósul meg, ha a hosszirányú egyenesek rendszerének e két egyenessereg kombinációját határozzuk meg. A meg nem valósuló illeszkedések eloszlása alapján a két egyenessereg váltópontjaként a legnyugatibb travé keleti határát optimális megadni ahhoz, hogy a lehető legtöbb pontos illeszkedést kapjuk. Ebben az esetben a legnyugatibb travé keleti határán a két egyenessereg azonos szerepet betöltő csomópontokhoz tartozó elemei nem kapcsolódnak egymáshoz. Ám az északi és déli falakkal párhuzamos (legnyugatibb travéhoz tartozó) egyeneseknek a diadalív falával vett metszéspontjainak, illetve a boltozat keleti travéihoz és poligonjához tartozó egyeneseknek a szentély keleti falának síkjával vett metszéspontjainak alaprajzi keresztirányú elosztása egymásnak megfelel – kivéve a hosszanti falaktól vett második egyenesek esetében. (5-19. ábra)⁹⁷

⁹⁷ A Jobbik – Budaházi (2024) cikkben, melyben a szegedi Havas Boldogasszony templom szentélyboltozatának geometriai elemzését publikáltam, a két egyenessereg kombinálhatóságának lehetőségére nem tértem ki. Az ilyen jellegű, feltehetően kitzési hibából adódó geometriai szabálytalanságok lehetőségének elfogadására később feldolgozott esettanulmányaim értékelése vezetett rá.



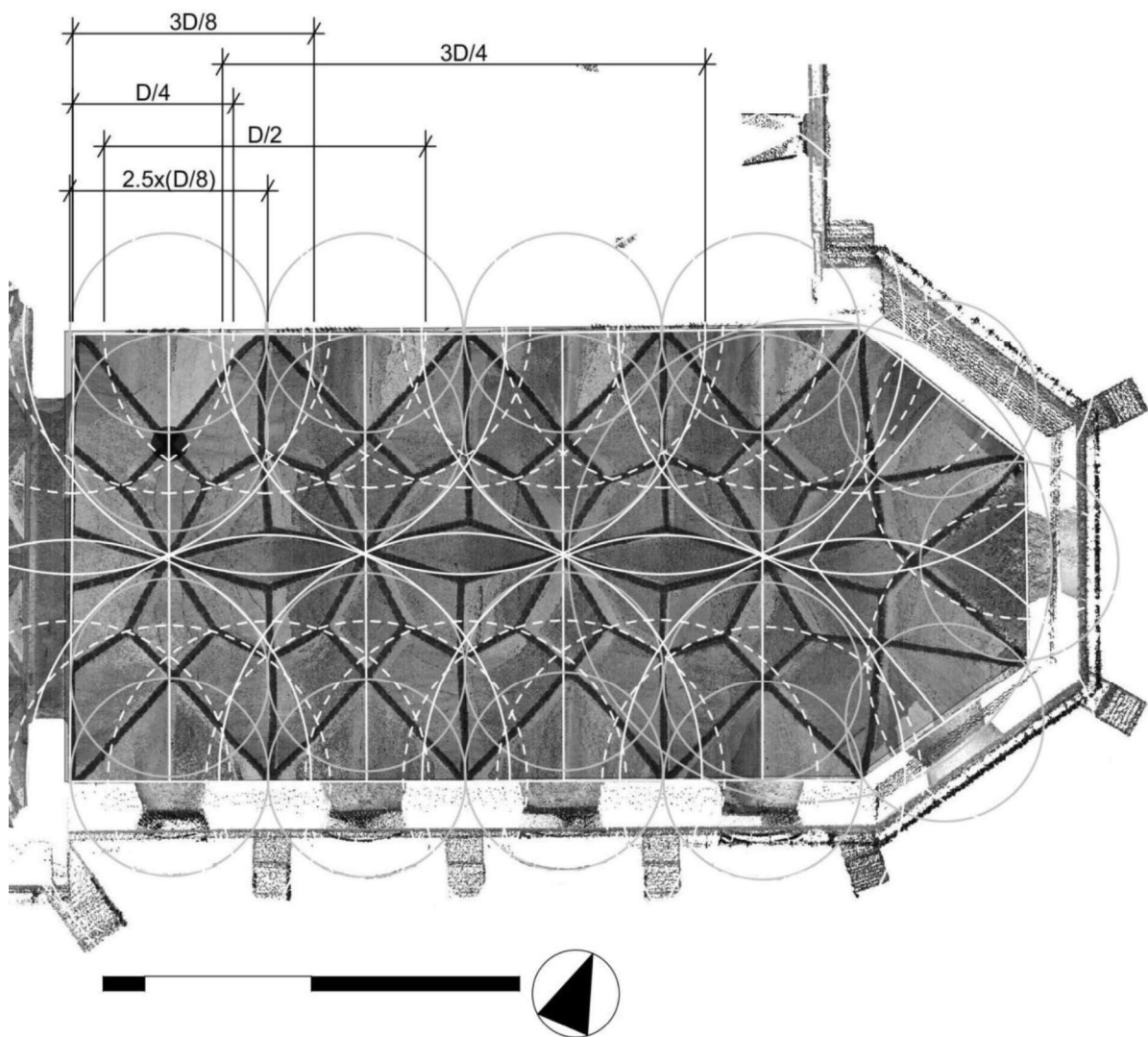
5-19. ábra A bordacsomópontok keresztirányú koordinátáinak meghatározása kombinálva a két lehetséges záradékvonal irányával párhuzamosan futó egyenesseregeket a szeged-alsóvárosi templom szentélyboltozatának alaprajzán. A körök a nem illeszkedő csomópontokat jelölik

A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáit tekintve megállapítottam, hogy az alaprajzot tekintve a boltozat keresztirányában egymással szembe eső vállponttól vállpontig, vagy a szomszédos vállpontok közötti szakaszok felezőpontjai között húzott egyenesekre kevés kivétellel illeszkednek a csomópontok alaprajzi vetületei. Az e vonalak között elhelyezkedő, velük párhuzamos keresztengelyek általában szintén meghatározhatók olyan módon, hogy a megfelelő csomópontok illeszkedjenek rájuk, ám ennek eléréséhez ezek a tengelyek hosszirányú pozíciói keletről nyugat felé haladva egyre jobban eltérnek a vállpontok közötti szakaszok negyedelőpontjaitól. (5-20. ábra)



5-20. ábra A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáinak meghatározása a szeged-alsóvárosi temlom hajóboltozatának alaprajzán. A körök a nem illeszkedő csomópontokat jelölik

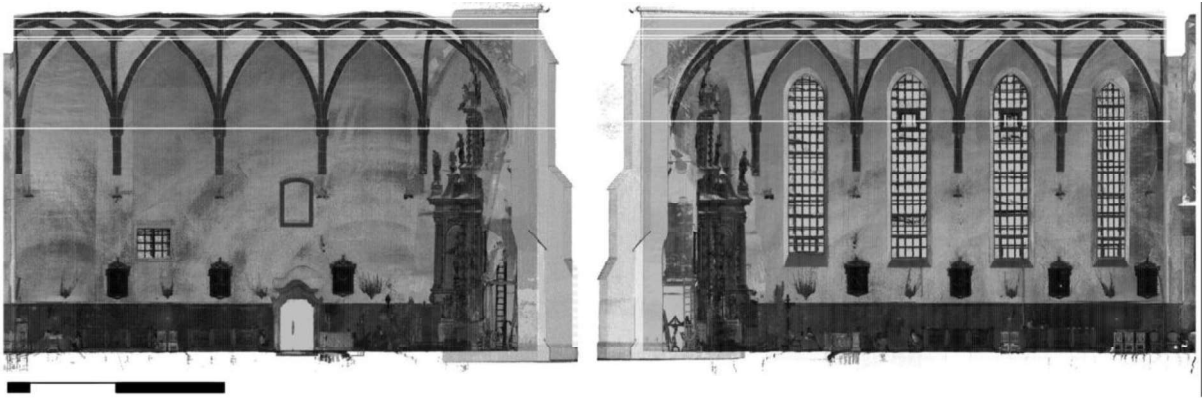
A bordaháló alaprajzát tekintve átlókon alapuló szerkesztésmódot nem tudtam rekonstruálni, ám olyan körökön alapuló szerkesztésmódot meg lehet adni, mely a bordacsomópontok alaprajzi pozícióját meghatározhatja. Az ehhez a módszerhez tartozó körök sugarai a szentély alaprajzi és magassági méreteiből egyszerű arányokkal szerkeszthetők. (5-21. ábra) Az egyes bordák alaprajzi vetületi hosszai a bordahálóban azonos szerepet betöltő bordák esetében aránylag kis szórást (kevesebb, mint 10 cm) mutatnak, a poligon hasonló szerepet betöltő bordáit leszámítva.



5-21. ábra A bordacsomópont alaprajzi koordinátáinak meghatározása körök segítségével a szeged-alsóvárosi templom szentélyalaprajzán

5.3.3.1.2 Hosszmetszet irányú vetület elemzése

A boltozat függőleges dimenzióit elemezve azt állapítottam meg, hogy a szentély magassága (a záradéki bordacsomópontok alsó felületének és a szentély padló szintjének távolsága) egyezik a hajó (hasonlóan meghatározott) magasságával, mely hosszérték az alaprajz dimenzióival is kapcsolatba hozható egyszerű arányok alkalmazásával (ld. Melléklet 5.2.3.1.) A bordaháló hosszirányú vetületein elemezve a bordacsomópontok magassági és hosszirányú koordinátáit arra jutottam, hogy a bordahálóban azonos szerepet betöltő csomópontok mind a déli, mind az északi oldalon minden esetben egy egyenesre esnek. (5-22. ábra) Ezek az egyenesek egymással párhuzamosak, vízszintesek, és a boltozat északi és déli oldalán azonos magasságban vannak – kivéve a vállpontok magasságát: Ezek a déli oldalon kissé magasabban vannak, mint az északi oldalon.



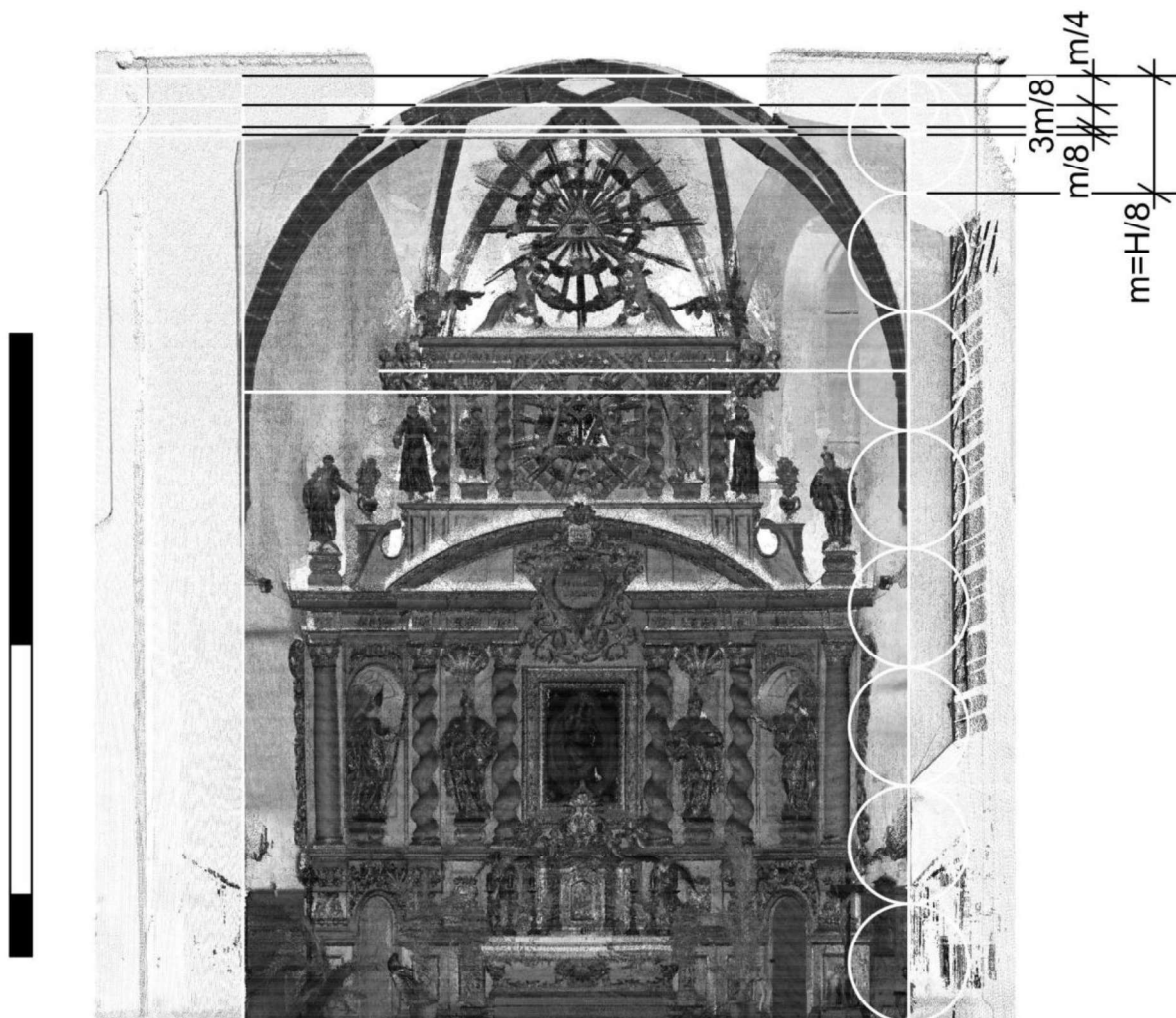
5-22. ábra A szeged-alsóvárosi templom szentélyének hosszmetsete észak (bal) illetve dél (jobb) felé a bordacsomópontok pozícióját leíró vonalakkal

5.3.3.1.3 Keresztmetszet irányú vetület elemzése

A bordaháló keresztirányú vetületei közül az alaprajzi vetületen azonosított szabályosságok alapján azt elemeztem, mely a bordaháló-csomópontok hosszanti pozícióját meghatározó egyeneseknek a diadalív falával való metszéséből adódik. (5-23. ábra) Ez alapján a vetület alapján rekonstruálni tudtam egy szabályos szerkesztőhálót, mely meghatározza ezeknek a metszéspontoknak (és így áttételesen a bordaháló-csomópontoknak) a keresztirányú és magassági koordinátáit. A szerkesztőháló egységértekeként a boltozat magasságának $\frac{1}{8}$ -át tekintve az keresztirányú és magassági pozíciók az egység negyedelésével és nyolcadolásával állíthatók elő. (5-24. ábra)



5-23. ábra Az elemzett keresztmetszet irányú vetület helye a szeged-alsóvárosi templom szentélyében



5-24. ábra A keresztmetszet irányú vetület szerkesztésmódja

5.3.3.2 Egyedi bordageometria elemzése

A bordahálót alkotó bordák görbületi sugarait vizsgálva azt állapítottam meg, hogy az érték nem tekinthető egységesnek sem a teljes bordahálót, sem egyes, a boltozatban azonos szerepet betöltő bordacsoportokat tekintve.

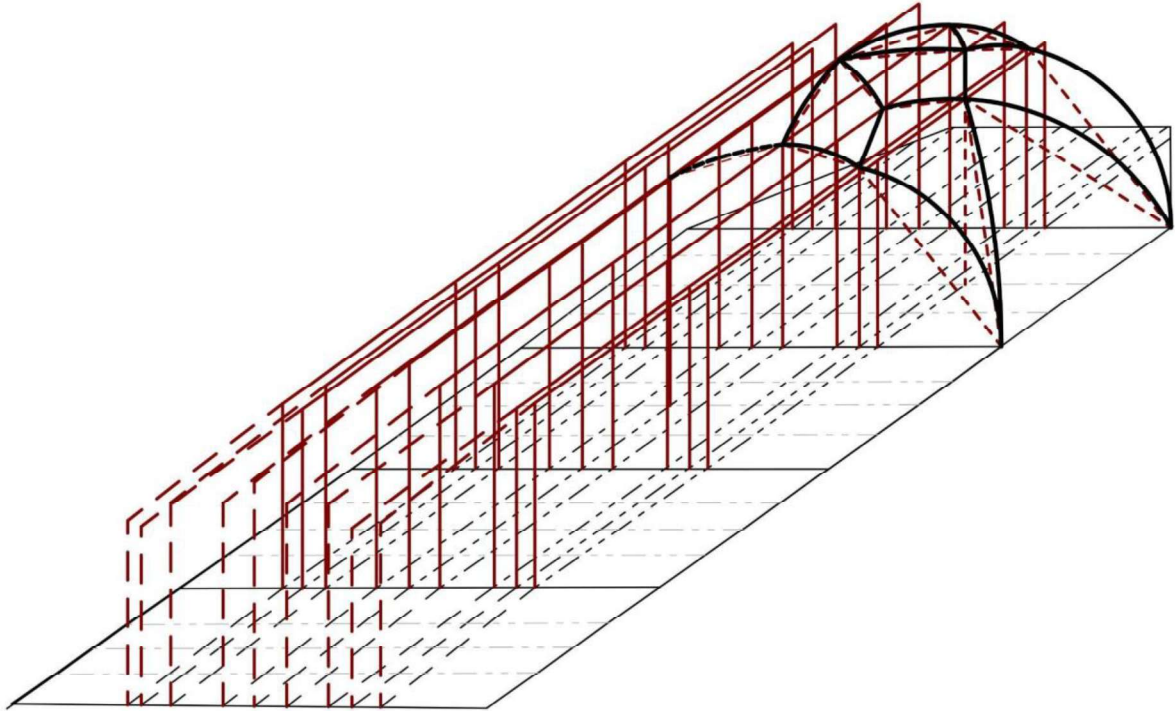
A bordahálót alkotó bordák húr hosszainak mért értékei a boltozatban azonos szerepet betöltő bordákat tekintve aránylag egységesek (kb. 5 és 18 cm közötti tartományban mozog a szórás). Fontosnak tartom kiemelni, hogy az egyes bordák egyedi geometriájára vonatkozó vizsgálatok esetén a mérések pontosságát nagyban befolyásolta az, hogy e boltozat esetében a bordák íve a bordaelemek csatlakozási pontjainál megtörik (ld. feljebb).

5.3.3.3 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A bordaháló geometriai leírása alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a szegedi Havas Boldogasszony templom szentélyboltozata esetén vagy az egymástól függetlenül szerkeszthető

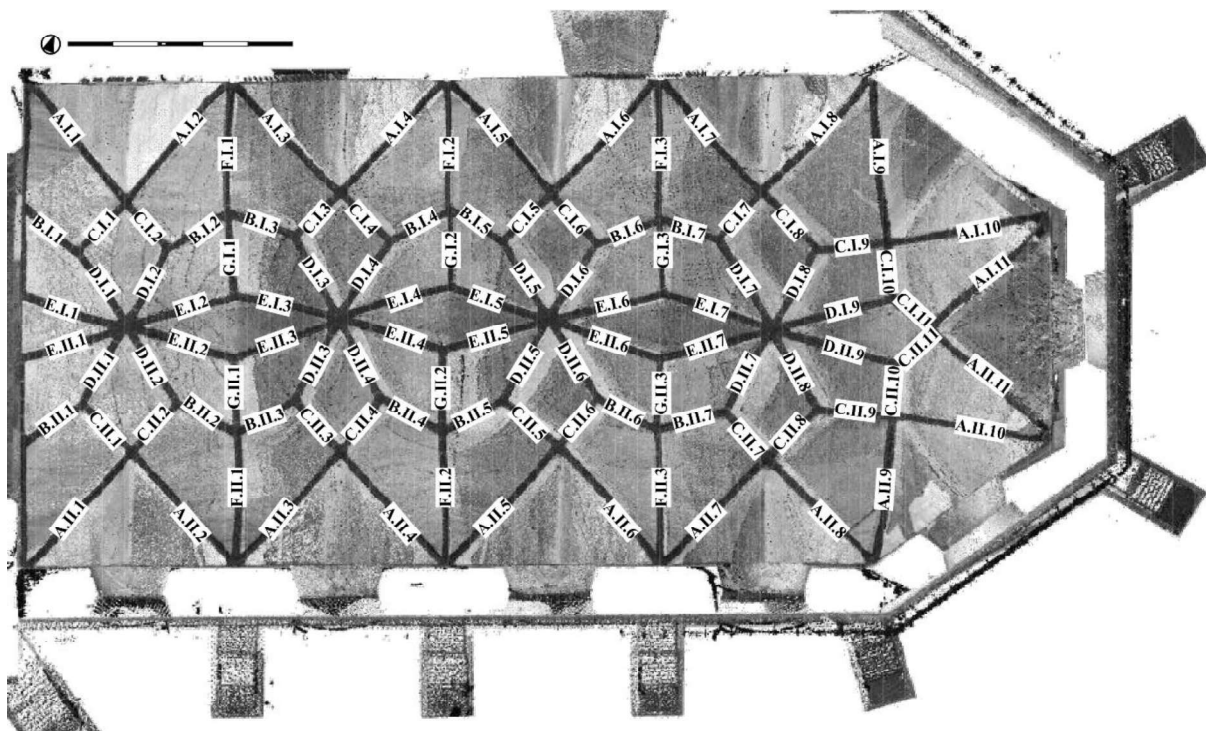
csomóponti koordinátákon alapuló szerkesztéstechnika-típusról, vagy az alaprajzi síkból kiinduló szerkesztéstechnikáról beszélhetünk.

Előbbi azt jelentené, hogy a bordaháló bordacsomópontjainak bármely két koordinátája (tehát a vizsgálat kezdetén definiált koordináta-rendszer bármely síkja szolgálhatott a boltozat szerkesztésének kiindulási síkjaként. Másként fogalmazva a boltozat mindhárom vetülete tekinthető “szerkesztettnek”. Ugyanakkor építéstechnikai szempontból, a praktikumot is figyelembe véve, valószínűnek tartom, hogy ebben az esetben, mivel semmi nem indokolja az ellenkezőjét (vö. Szászbogács, Segesvár), a szerkesztés az alaprajzi síkból indulhatott. (Nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a boltozatnak az egymástól függetlenül szerkeszthető csomóponti koordinátákon alapuló szerkesztéstechnika-típusba való besorolásával a bordacsomópontok keresztirányú koordinátáihoz alaprajzon meghatározott kétféle illeszkedő egyenessereg egyidejű megjelenését a boltozat szerkesztése és építése során nem fogadjuk el.) Ugyanakkor figyelembe véve a bordacsomópontok keresztirányú koordinátáihoz alaprajzon meghatározott kétféle illeszkedő egyenessereget, valószínűnek tartom, hogy e boltozat esetében az alaprajzi síkból kiinduló szerkesztéstechnika beszélhetünk. Feltételezve, hogy e két egyenessereg valóban megjelent a szerkesztés során, a következő elméleti rekonstrukciót alkottam meg az építéstechnika részleteiről: Mivel a szentély boltozandó terének kontúrjából, illetve építéstechnikai megfontolásokból nem adódik más logikus magyarázat, a két egyenessereg meglétének magyarázatául a kitérés hibáját tartom valószínűnek. A kelet felől megkezdett munkák során a szentély tengelyétől – valamilyen kitérés hiba folytán – eltérő irányba indultak meg az építkezéssel, mely hiba a diadalív falához elérve és a diadalívvel vizuális kapcsolatba kerülve feltűnő lett volna. Így ennek elfedésére a diadalív melletti utolsó travénál (ahol feltételezésem szerint a hiba egyértelművé vált az építők számára is) a tengelyek irányát korrigálták. Ez az elmélet feltételezi azt, hogy az alaprajzon és hosszszelvényen meghatározott hosszirányú egyenesek építés közbeni segédszerkezet formájában fizikailag is megjelentek a boltozási munkák során, a keresztmetszet irányú vetületben azonosított kereszt- és magassági pozíciók alkalmazásával. (5-25. ábra)



5-25. ábra Az építéstechnika elméleti rekonstrukciója a szeged-alsóvárosi szentélyboltozat esetén

Fontosnak tartom kiemelni, hogy e boltozat esetében a bordahúrhosszok csak nagyjából adódtak egységesnek az egyes, a bordahálóban azonos szerepet betöltő bordatípusok esetén. Véleményem szerint ez inkább tekinthető a boltozat globális geometriájából adódó következménynek, mint a szerkesztés eszközének. Ebben az esetben a keresztirányban alaprajzon meghatározott egyenesek egymással következetesen párhuzamos irányai alapján ezek alkalmazását tartom a hosszirányú bordacsomópont-koordináták meghatározásához (feltehetőleg alaprajzi vetületben) használt eszköznek.



5-26. ábra Jelmagyarázat az 5-2. táblázathoz

5-2. Táblázat A boltozati bordák mért adatai – Szeged-Alsóváros, szentély

Borda jele	Alaprajzi hossz [m]	Görbületi sugár [m]	Húrhossz [m]	Megjegyzés
A.I.1	3,34	5,45	5,3	
A.I.2	3,38	5,17	5,44	törés alaprajzi és oldalnézetben
A.I.3	3,29	5,53	5,27	
A.I.4	3,28	4,76	5,36	törés oldalnézetben
A.I.5	3,26	5,38	5,29	
A.I.6	3,33	5,02	5,4	törés alaprajzi és oldalnézetben
A.I.7	3,23	5,03	5,28	törés alaprajzi és oldalnézetben
A.I.8	3,36	4,99	5,29	
A.I.9	3,49	5,5	5,3	
A.I.10	3,49	5,07	5,49	törés oldalnézetben
A.I.11	3,36	5,02	5,57	törés oldalnézetben; alsó felületen utólagos alakítás nyoma
A.II.1	3,32	4,9	5,23	törés oldalnézetben
A.II.2	3,28	5,39	5,17	
A.II.3	3,32	5,43	5,185	
A.II.4	3,3	5,4	5,22	
A.II.5	3,41	6,82	5,59	törés oldalnézetben
A.II.6	3,3	5,39	5,22	
A.II.7	3,19	5,44	5,27	
A.II.8	3,21	5,36	5,09	
A.II.9	3,19	5,13	5,17	törés alaprajzi nézetben
A.II.10	3,37	5,66	5,36	
A.II.11	3,45	5,08	5,5	törés oldalnézetben

ÁTLAG (A)	3,33	5,31	5,32	
SZÓRÁS (A)	0,09	0,41	0,13	
B.I.1	1,59	7,5	1,67	
B.I.2	1,54	7,6	1,75	alsó felületen utólagos alakítás nyoma
B.I.3	1,55	4,6	1,71	
B.I.4	1,47	közel egyenes	1,69	
B.I.5	1,4	9,42	1,56	
B.I.6	1,49	közel egyenes	1,67	
B.I.7	1,42	8,15	1,56	
B.II.1	1,58	4,65	1,68	
B.II.2	1,5	8,25	1,68	
B.II.3	1,45	6,67	1,63	
B.II.4	1,56	8,24	1,71	
B.II.5	1,53	6	1,72	
B.II.6	1,53	10,3	1,65	
B.II.7	1,55	7,15	1,69	
ÁTLAG (B)	1,51	7,38	1,67	
SZÓRÁS (B)	0,06	1,72	0,05	
C.I.1	1,52	enyhén homorú	1,55	
C.I.2	1,38	2,63	1,4	
C.I.3	1,41	5,31	1,43	
C.I.4	1,53	6,4	1,56	
C.I.5	1,55	8,3	1,52	
C.I.6	1,52	5,75	1,57	
C.I.7	1,41	4,38	1,48	
C.I.8	1,8	8,07	1,8	
C.I.9	1,55	7,83	1,6	
C.I.10	1,3	5,33	1,31	
C.I.11	1,02	közel egyenes	1,05	
C.II.1	1,52	5,93	1,58	
C.II.2	1,45	5,63	1,53	
C.II.3	1,49	közel egyenes	1,61	
C.II.4	1,47	5	1,51	
C.II.5	1,6	12,07	1,61	
C.II.6	1,37	4,16	1,43	
C.II.7	1,38	6,66	1,43	
C.II.8	1,52	3,28	1,57	
C.II.9	1,68	7,59	1,72	
C.II.10	1,15	8,68	1,22	
C.II.11	1,11	3,84	1,14	
ÁTLAG (C)	1,44	6,15	1,48	
SZÓRÁS (C)	0,18	2,25	0,18	
D.I.1	1,93	8,92	1,96	
D.I.2	1,93	5,54	2,01	
D.I.3	2,09	6,81	2,13	
D.I.4	2,09	13,18	2,06	törés oldalnézetben
D.I.5	2	-	2,02	törés oldalnézetben

D.I.6	1,97	7,9	2,03	
D.I.7	2,29	6,09	2,43	
D.I.8	2,02	8,36	2,08	
D.I.9	2,69	-		
D.II.1	1,96	4,2	2,09	törés oldalnézetben
D.II.2	2,08	5,13	2,12	törés oldalnézetben
D.II.3	2,02	6,82	2,13	
D.II.4	1,96	8,19	2,05	
D.II.5	2,06	12,4	2,1	
D.II.6	2,05	-	2,1	törés oldalnézetben
D.II.7	2,03	5,19	2,16	
D.II.8	2,04	7,07	2,03	
D.II.9	2,81	-		
ÁTLAG (D)	2,11	7,56	2,09	
SZÓRÁS (D)	0,25	2,61	0,10	
E.I.1	2,44	6,49	2,41	törés oldalnézetben
E.I.2	2,51	8,42	2,49	törés oldalnézetben
E.I.3	2,32	9,07	2,29	
E.I.4	2,53	10,6	2,54	
E.I.5	2,29	egy egyenes és egy felső íves részből áll kb	2,28	
E.I.6	2,62	7,21	2,75	
E.I.7	2,51	5,4	2,61	
E.II.1	2,45	4,14	2,35	törés oldalnézetben
E.II.2	2,47	4,73	2,54	törés oldalnézetben
E.II.3	2,8	4,89	2,58	törés oldalnézetben
E.II.4	2,39	7,02	2,43	
E.II.5	2,43	11,71	2,37	
E.II.6	2,6	egy egyenes és egy felső íves részből áll kb	2,7	
E.II.7	2,54	8,06	2,62	
ÁTLAG (E)	2,49	7,31	2,50	
SZÓRÁS (E)	0,13	2,38	0,15	
F.I.1	2,8	4,79	4,68	törés alaprajzi és oldalnézetben
F.I.2	2,77	4,7	4,8	alaprajzi nézetben enyhén íves elem
F.I.3	3,01	5,05	5,01	
F.II.1	2,85	nem egy ív	4,77	törés alaprajzi nézetben
F.II.2	2,85	5,22	4,81	
F.II.3	2,89	5,32	4,81	
ÁTLAG (F)	2,86	5,02	4,81	
SZÓRÁS (F)	0,08	0,27	0,11	
G.I.1	1,8	7,76	1,97	
G.I.2	1,71	-	1,89	törés oldalnézetben
G.I.3	1,65	8,07	1,71	
G.II.1	1,68	5,28	1,75	
G.II.2	1,79	7,01	1,92	

G.II.3	1,61	6,72	1,64
ÁTLAG (G)	1,71	6,97	1,81
SZÓRÁS (G)	0,08	1,09	0,13

5.4 Szeged-Alsóváros, Havas Boldogasszony templom, sekrestyeboltozat⁹⁸

5.4.1 A boltozat általános leírása

A szakirodalom a boltozatot a soros rombuszháló⁹⁹, illetve a “párosbordás kereszthálóval díszített boltozat”¹⁰⁰ kategóriákba sorolja. (5-27. ábra)



5-27. ábra A szeged-alsóvárosi templom sekrestyeboltozata

5.4.2 Szintvonalas ábrázolás

5.4.2.1 Geometriai leírás

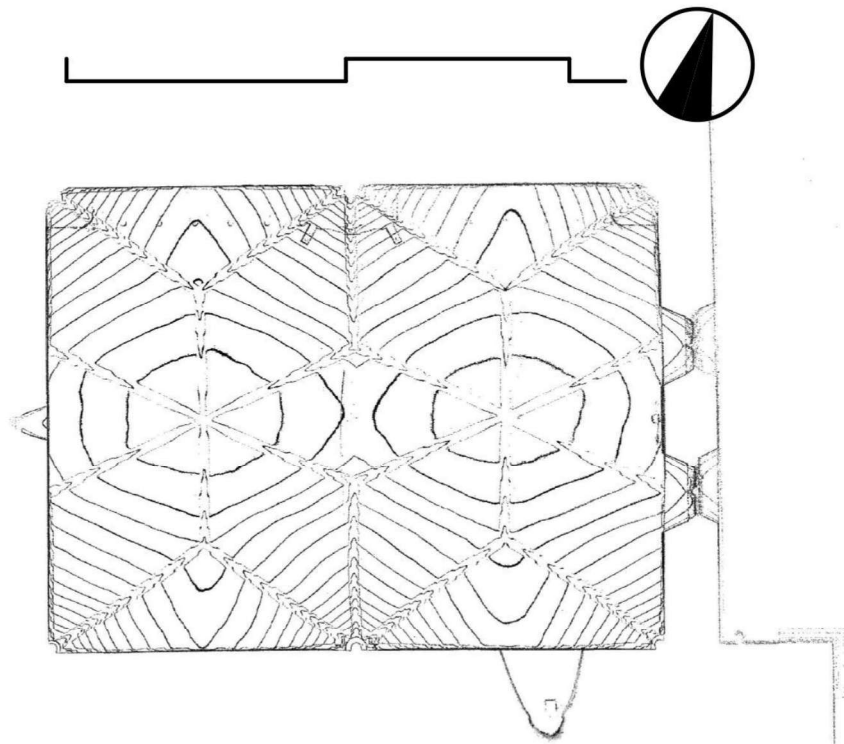
A szegedi Havas Boldogasszony templom sekrestyeboltozatának szintvonalas ábrázolásán (5-28. ábra) a süvegfelületek vízszintes metszetszélvonalainak alakja a boltozat alsó részén közel egyenes, esetenként enyhe konvex vagy konkáv ívet vesz fel. A záradékhoz közel a metszetszélvonalak kövekezetesen enyhe konvex ívet írnak le. A metszetszélvonalak alakja nem

⁹⁸ Vonatkozó saját publikációk: Jobbik – Krähling 2024a; Jobbik – Krähling 2024c; Jobbik – Budaházi 2024; Jobbik – Halmos

⁹⁹ Császár 1987/1, 138

¹⁰⁰ Harsányi 2005, 21.

független a boltozati bordák pozíciójától. A teljes boltozatot tekintve az látszik, hogy a süvegfelületek vízszintes metszetsvonalai a boltozat travéinak ritmusát követve változtatnak irányt. A fiókok esetében a süvegfelületek vízszintes metszetsvonalai szintén közel egyenesek vagy enyhén konvexen íveltek, és a boltozat keresztirányától eltérnek; lényegében bármely más vállhoz kapcsolódó boltozati mezőnek megfelelő képet mutatnak.



5-28. ábra A szeged-alsóvárosi templom sekrestyeboltozatának szintvonalas ábrázolása

5.4.2.2 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A boltozat geometriai leírása alapján arra következtettem, hogy a szegedi Havas Boldogasszony templom sekrestyeboltozata valódi hálóboltozat, mely boltsüvegeit feltehetően teljes felületű alázsaluzással építették. A geometria alapján a szomszédos boltszakaszok egymástól függetlenül készültek, mely alatt azt értem, hogy a boltsüveg építése során minden bordát azonos módon használtak egy-egy süveg téglasor végpontjának alátámasztására (v.ö. pl. Segesvár, Melléklet 2.3.4.). A fiókok feltehetőleg olyan módon épültek, mint bármely másik boltozati egység, mely a boltvállaktól indul.

A boltozat boltsüveg-rendszere globális geometriáját tekintve centralizáló hálóboltozat jelleget mutat. A boltozati bordák alaprajzi vetületben vett rajzolata tekintetében a boltozat a “csillag jellegű rajzollal” rendelkező boltozatok csoportjába sorolható. Az egyes csillag rajzolatú travé-egységek között lineáris jellegű “összekötő” szakasz nem található, így a Guzsik Tamás-féle definíció szerint a boltozat nem csillagháló-boltozat (az értekezés 2.2.7. alfejezete szerint).

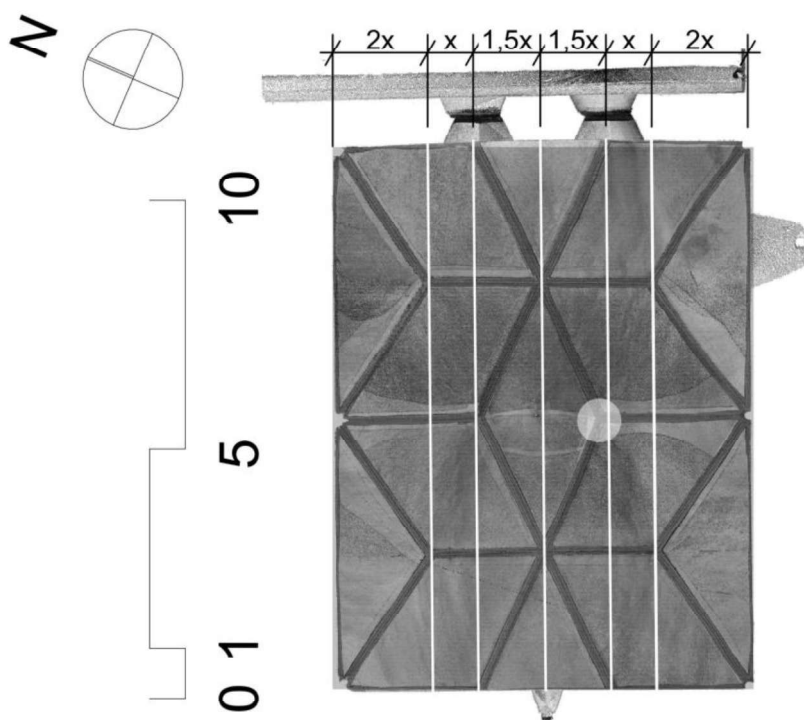
5.4.3 Bordaháló

5.4.3.1 A bordaháló globális geometriájának leírása

5.4.3.1.1 Alaprajzi elemzés

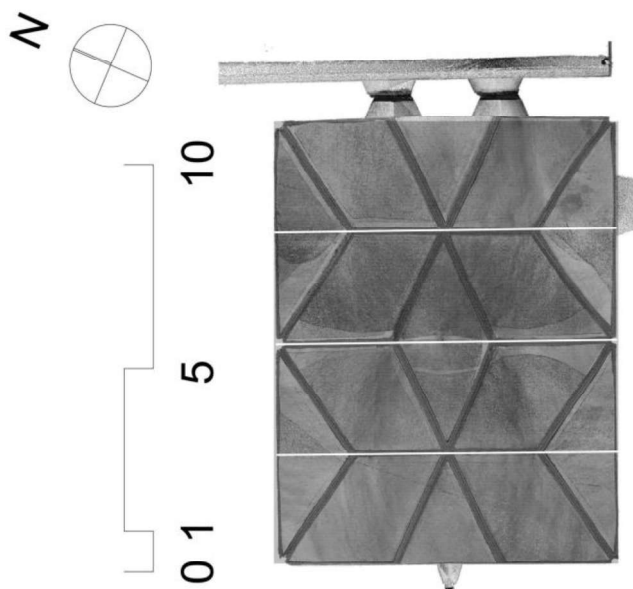
A szegedi Havas Boldogasszony templom sekrestyéje szabályos téglalap alaprajzú, és két téglalap alaprajzú boltozati egységre bomlik, melyek közel egybevágók.

A bordaháló alaprajzi vetületét vizsgálva a bordacsomópontok keresztirányú koordinátáit tekintve a következő megállapításokat tettem: A boltozat két záradéki csomópontja által meghatározott egyenes egyben a tér kelet-nyugat irányú szimmetriatengelyét is jelenti. A bordahálóban oldalanként azonos pozíciót betöltő csomópontokra a fiókokat övező bordák csúcspontjai esetén kettő, a záradékhoz közvetlenül kapcsolódó bordák alsó csomópontjai esetén három ponttal meghatározott egyenesek illeszthetők. Ezek egymással, a záradék vonalával és a kelet-nyugat irányú falakkal párhuzamosak. (A déli oldal középső csomópontjának illeszkedése nem teljesen pontos – eltérés kb. 10 cm) Az ilyen módon meghatározott vonalak keresztirányú kiosztása szabályos: a déli és északi oldal egymásnak megfelelő vonalai a záradéktól azonos távolságra vannak, és ezek a távolságok a szentély észak-dél irányú szélességének kilencedelésével egyszerű arányokkal szerkeszthetők. (5-29. ábra)



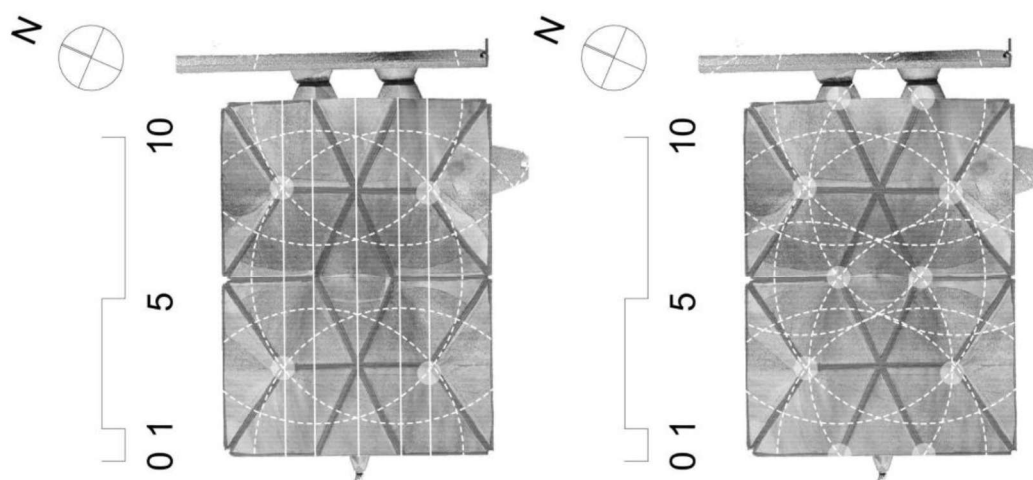
5-29. ábra A bordacsomópontok keresztirányú koordinátáinak meghatározása a szeged-alsóvárosi templom sekrestyeboltozatának alaprajzán. A körök a nem illeszkedő csomópontokat jelölik

A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáit tekintve megállapítottam, hogy az alaprajzon a boltozat keresztirányában egymással szembe eső vállponttól vállpontig, vagy a szomszédos vállpontok közötti szakaszok felezőpontjai között húzott egyenesekre a csomópontok vetületi képei kivétel nélkül pontosan illeszkednek. (5-30. ábra)



5-30. ábra A bordacsomópontok hosszirányú koordinátáinak meghatározása a szeged-alsóvárosi templom sekrestyeboltozatának alaprajzán

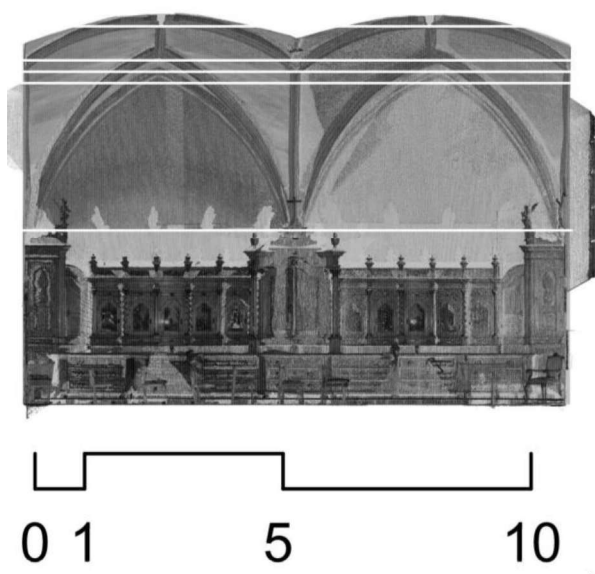
A bordaháló alaprajzát tekintve átlókon alapuló szerkesztésmódot nem tudtam rekonstruálni, ám olyan körökön alapuló szerkesztésmódot meg lehet adni, mely a bordacsomópontok alaprajzi pozícióját meghatározhatja. Az ehhez a módszerhez tartozó kör sugara szintén meghatározható egyszerű szerkesztésekkel a boltozott tér dimenzióiból (a sekrestye szélességének $\frac{1}{6}$ -át egységként véve a sugár $3\frac{1}{4}$ egység). (5-31. ábra) Az egyes bordák alaprajzi vetületi hosszai a bordahálóban azonos szerepet betöltő bordák esetében aránylag kis szórást mutatnak.



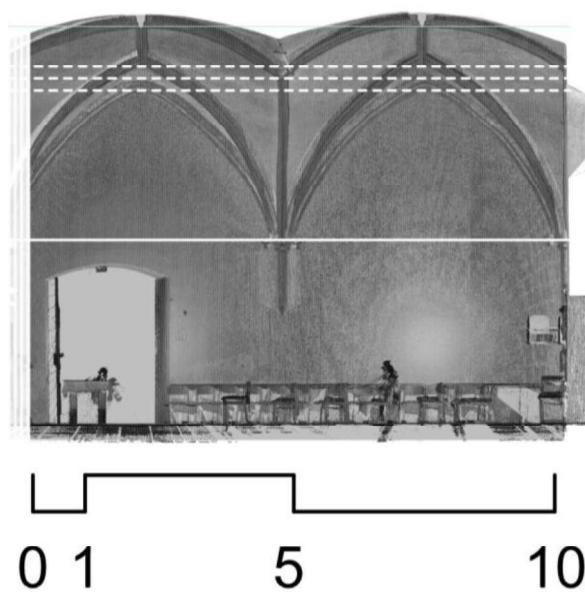
5-31. ábra A bordacsomópontok alaprajzi koordinátáinak meghatározása körök segítségével a szeged-alsóvárosi templom sekrestyeboltozatának alaprajzán. A körök a lépés során meghatározott csomópontokat jelölik

5.4.3.1.2 Hosszmetszet irányú vetület elemzése

A bordaháló hosszirányú vetületein elemezve a bordacsomópontok magassági és hosszirányú koordinátáit arra jutottam, hogy a bordahálóban azonos szerepet betöltő csomópontok mind a déli, mind az északi oldalon minden esetben egy egyenesre esnek. Ezek az egyenesek egymással párhuzamosak és vízszintesek, ám a boltozat északi és déli oldalán nincsenek azonos magasságban, noha az egyenesek egymástól vett távolságai (függőleges értelemben) azonosak a két oldalon. (Tehát a teljes egyenessereg toródik el a két oldalon egymáshoz képest.) (5-32. és 5-33. ábra)



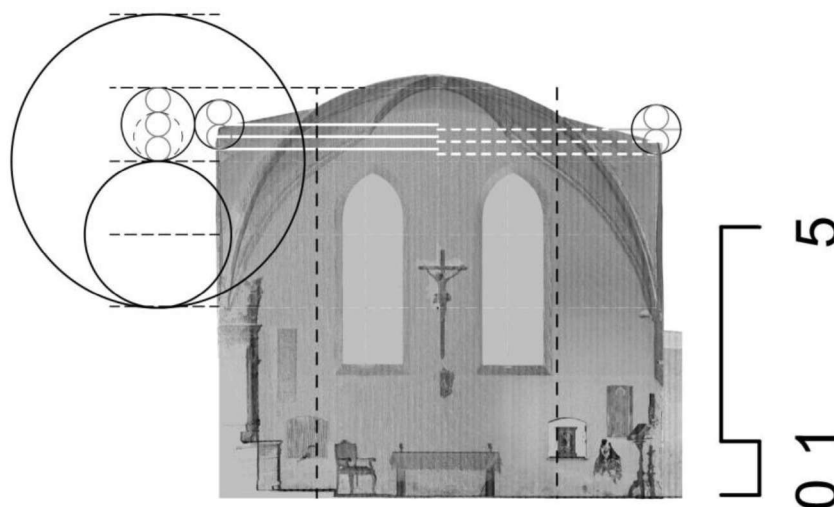
5-32. ábra A szegeď-alsóvárosi templom sekrestyéjének hosszmetsete észak felé a bordacsomópontok pozícióját leíró vonalakkal



5-33. ábra A szegeď-alsóvárosi templom sekrestyéjének hosszmetsete dél felé a bordacsomópontok pozícióját leíró vonalakkal

5.4.3.1.3 Keresztmetszet irányú vetület elemzése

A bordaháló keresztirányú vetületei közül azt elemeztem, mely a bordaháló-csomópontok alaprajzi és hosszanti pozícióját meghatározó egyeneseknek a keleti fallal való metsződéséből adódik. E vetület északi oldala alapján rekonstruálni tudtam egy szabályos szerkesztőhálót, mely meghatározza ezeknek a metszéspontoknak (és így áttételesen a bordaháló-csomópontoknak) a keresztirányú és magassági koordinátáit. A szerkesztőháló egységértékeként a sekrestye észak-dél irányú szélességének $\frac{1}{6}$ -át tekintve az keresztirányú és magassági pozíciók az egység felezésével, harmadolásával és hatodolásával állíthatók elő. (5-34. ábra)



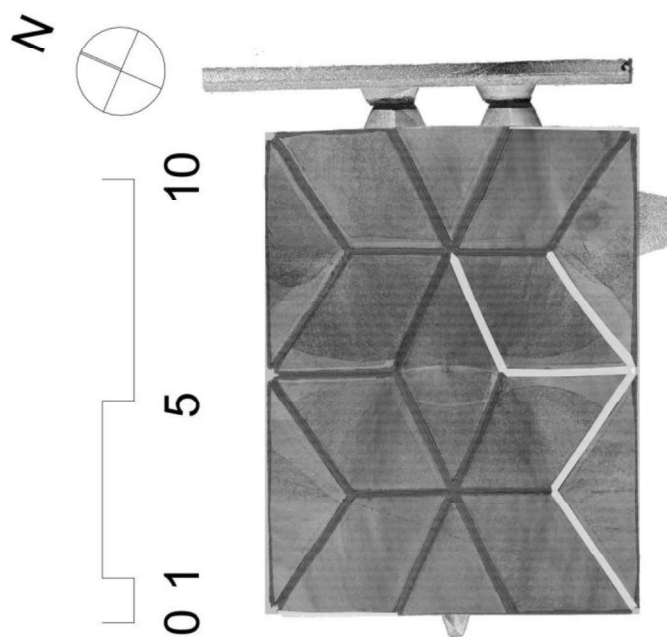
5-34. ábra A keresztmetszeten azonosítható szerkesztésmód

5.4.3.2 Egyedi bordageometria elemzése

A bordahálót alkotó bordák görbületi sugarait vizsgálva azt állapítottam meg, hogy az értékek egységesnek elfogadhatók. A mért értékek átlaga (a kiugró értékek és a homlokívek figyelmen kívül hagyásával) 4,67 méter, mely elfogadható a boltozati rendszer és a sekrestye dimenzióiból származtatott értéként: a sekrestye észak-dél irányú szélességének $\frac{1}{6}$ -át tekintve egységnek az egységérték ötszöröseként. (Fontosnak tartom kiemelni, hogy ez az érték eltér a “leghosszabb út elvén” való szerkesztéssel származtatható értéktől.)

Ugyanakkor a görbületi sugarakat tekintve azt is megállapítottam, hogy egyes esetekben az adott borda nem egy egységes görbületet vesz fel, hanem egyeneshez közeli szakaszok is megjelennek benne. Ilyen bordák a boltozat déli oldalán fordulnak elő. (5-35. ábra)

A bordahálót alkotó bordák húr hosszait tekintve a mért értékek szórása a boltozatban azonos szerepet betöltő bordacsoportokat tekintve elhanyagolhatóan kicsi.

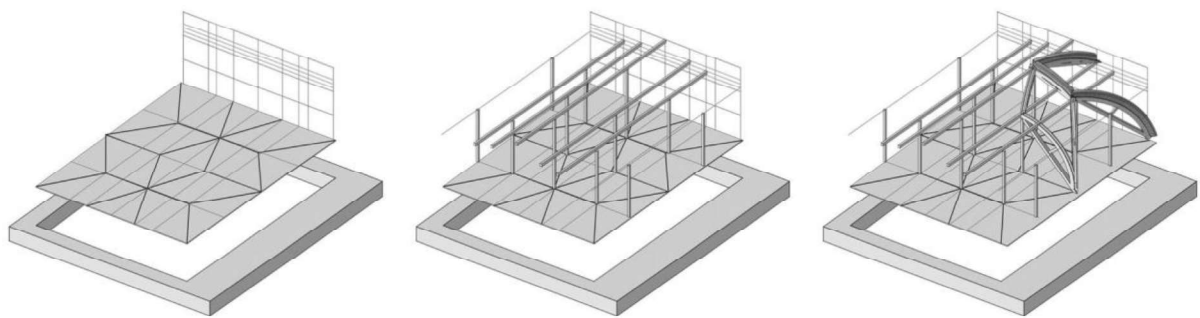


5-35. ábra Bordák, melyek közel egyenes bordaelemeket is tartlmaznak. Alaprajzi pozíció

5.4.3.3 Szerkezeti és építéstechnikai következtetések

A bordaháló geometriai leírása alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a szegedi Havas Boldogasszony templom sekrestyeboltozata esetén az egymástól függetlenül szerkeszthető csomóponti koordinátákon alapuló szerkesztéstechnika-típusról beszélhetünk. Tehát a bordaháló bordacsomópontjainak bármely két koordinátája (vagyis a vizsgálat kezdetén definiált koordináta-rendszer bármely síkja szolgálhatott a boltozat szerkesztésének kiindulási síkjaként). Másként fogalmazva a boltozat mindhárom vetülete tekinthető “szerkesztettnek”. Ugyanakkor építéstechnikai szempontból, a praktikumot is figyelembe véve, valószínűnek tartom, hogy ebben az esetben, mivel semmi nem indokolja az ellenkezőjét, a szerkesztés az alaprajzi síkból indulhatott. Az alaprajzi kép szerkesztési módja tekintetében – a boltozat kis mérete és egyszerű rajzolata miatt – a geometriai leírásban meghatározott hossz- és keresztirányú vonalak alkalmazását tartom legvalószínűbbnek.

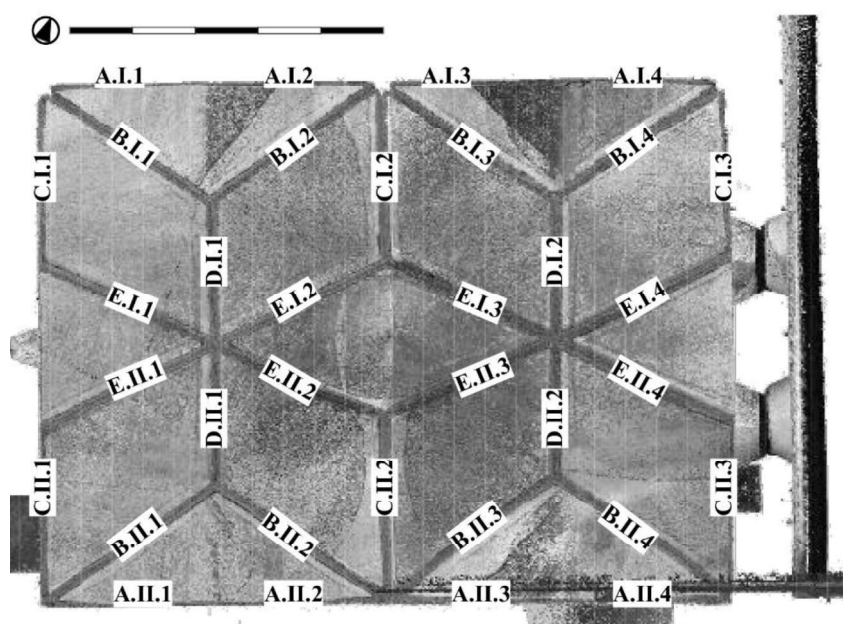
A bordacsomópontok kereszt- és hosszirányú koordinátáinak meghatározása után a vertikális koordináták hozzárendelése szintén többféle módon is elképzelhető. Építéstechnikailag előnyösek lehettek azok a megoldások, melyek ezt a függőleges koordinátát valamilyen vonalmenti segédszerkezettel jelenítették meg, hiszen egy ilyen szerkezet önmaga egyik irányú merevségét is azonnal biztosítani tudja. (5-36. ábra)



5-36. ábra Építéstechnikai lehetséges elméleti rekonstrukciója a sekrestyeboltozat esetén

Figyelembe véve, hogy a görbületi sugarak vizsgálata során a déli oldalon voltak jellemzőek az egyenetlenségek, úgy gondolom, hogy az építés során ennek az oldalnak a kitűzésekor vagy elkészítésekor történt hiba. Mivel ez az oldal mind vállmagasság, mind záradékmagasság tekintetében igazodik az északi oldalhoz, valószínűnek tartom, hogy a kitűzés és építés során északról dél felé haladtak a munkával.

Szeretném kiemelni, hogy a húr hosszok szórása igen kicsi, e boltozat esetében – a boltozat kis méreteire és kevés bordájára való tekintettel – ezeket az értékeket mégis a globális geometria szabályos szerkesztettségének következményének, mintsem a szerkesztés egyik alapértékének gondolom.



5-37. ábra Jelmagyarázat az 5-3. táblázathoz

5-3. Táblázat A boltozati bordák mért adatai – Szeged-Alsóváros, sekrestye

Borda jele	Alaprajzi hossz [m]	Görbületi sugár [m]	Húrhossz [m]	Megjegyzés
A.I.1	-	4,75	nem mérhető	váll takarásban
A.I.2	-	4,57	nem mérhető	váll takarásban
A.I.3	-	4,69	nem mérhető	váll takarásban

A.I.4	-	4,81	nem mérhető	váll takarásban
A.II.1	-	4,71	3,9	
A.II.2	-	4,76	3,88	
A.II.3	-	5,05	3,85	
A.II.4	-	5,98	3,84	
ÁTLAG (A)	-	4,92	3,87	
SZÓRÁS (A)	-	0,45	0,03	
B.I.1	3,03	4,46	nem mérhető	váll takarásban
B.I.2	3,15	4,74	nem mérhető	váll takarásban
B.I.3	3,11	4,44	nem mérhető	váll takarásban
B.I.4	3,08	4,54	nem mérhető	váll takarásban
B.II.1	3,18	4,78	4,56	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve
B.II.2	3,18	4,59	4,6	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve
B.II.3	3,19	4,44	4,59	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve
B.II.4	3,27	4,65	4,64	alaprajzilag enyhén íves
ÁTLAG (B)	3,15	4,58	4,60	
SZÓRÁS (B)	0,07	0,13	0,03	
C.I.1	2,69	5,49	nem mérhető	váll takarásban
C.I.2	2,6	4,62	nem mérhető	váll takarásban
C.I.3	2,61	4,39	nem mérhető	váll takarásban
C.II.1	2,69	4,5	4,1	
C.II.2	2,79	4,48	nem értémezhető	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve
C.II.3	2,74	4,57	4,15	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve
ÁTLAG (C)	2,69	4,68	4,13	
SZÓRÁS (C)	0,07	0,41	0,04	
D.I.1	2,28	4,62	2,35	
D.I.2	2,31	5,17	2,31	
D.II.1	2,26	4,54	2,31	
D.II.2	2,18	4,94	2,32	
ÁTLAG (D)	2,26	4,82	2,32	
SZÓRÁS (D)	0,06	0,29	0,02	
E.I.1	3,02	4,7	3,11	
E.I.2	2,96	4,76	3,14	
E.I.3	2,97	4,78	3,15	
E.I.4	3,12	4,86	3,26	
E.II.1	3,07	4,73	2,92	
E.II.2	2,9	4,29	3	
E.II.3	2,96	4,58	3,06	egyenes bordaelemet tartalmaz, görbület a görbült elemeken mérve

E.II.4	3,15	6,86	3,22	
ÁTLAG (E)	3,02	4,95	3,11	
SZÓRÁS (E)	0,09	0,79	0,11	
ÁTLAG (teljes)		4,67		a kiugró értékek és a homlokívek figyelmen kívül hagyásával
SZÓRÁS (teljes)		0,26		a kiugró értékek és a homlokívek figyelmen kívül hagyásával

10 Irodalomjegyzék a melléklethez

- Bálint 1966 Bálint, Sándor: *A Szeged-alsóvárosi templom*. Pannonia Kiadó, Budapest 1966.
- Balogh 1943 Balogh, Jolán: *Az erdélyi renaissance. I. kötet*. Erdélyi Tudományos Intézet, Kolozsvár, 1943.
- Buzás 1999 Buzás, Gergely: A kései Mátyás-kor királyi építkezései és a későgótikus építészet stílusáramlatai Magyarországon. In: Kiss, Imola - Szöcs, Péter Levente (eds.): *Arhitectura religioasa medievala din Transilvania. Editura Muzeului Sătmărean, Satu Mare*. 1999. 135-162.
- Cook 1976 Cook, John W.: A New Chronology of Hanns von Burghausen's Late Gothic Architecture. *Gesta*, Vol. 15, No. 1/2, Essays in Honor of Sumner McKnight Crosby (1976), pp. 97-104, <https://doi.org/10.2307/766755>
- Császár 1970 Császár, László: A kései gótikus, hajlított bordás boltozatechnika és magyarországi hatása. In Dezső Deresényi – Géza Entz – Pál Havassy – Ferenc Merényi (eds) *Magyar Műemlékvédelem 1967–68*. Akadémiai Kiadó, Budapest 1970. 65–78.
- Császár 1987-88 Császár, László: Későgótikus boltozattípusok Európában I. *Építés-Építészettudomány* 19 (1987–1988) 1–2. 93–168.
- Császár 2002 Császár, László: A Szeged-alsóvárosi ferences templom boltozatairól. In: *Détshy Mihály nyolcvanadik születésnapjára. Tanulmányok*. Kulturális Örökségvédelmi Hivatal, Budapest 2002. 155-160.
- Czeplédi – Ferenczy 1966 Czeplédi, Ilona - Ferenczy, Károly: A siklósi vár. *Műemlékvédelem* 10 (1966) 2. 76-84.
- Entz 1958 Entz, Géza: *A gyulafehérvári székesegyház*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1958.
- Entz 1974 Entz, Géza: *Gótikus építészet Magyarországon*. Európa Könyvkiadó, Budapest 1974.
- Entz 1994 Entz, Géza: *Nyírbátor. Református templom*. TKM Egyesület, Budapest 1994.
- Entz 1996 Entz, Géza: *Erdély építészete a 14-16. században*. Kolozsvár (Cluj-Napoca) 1996.
- Fabini – Fabini 1985 Fabini, Herman, Fabini, Alida. 1985. *Kirchenburgen in Siebenbürgen*. Leipzig: Koehler&Amelang.
- Fabini 1999 Fabini, Herman. 1999. *Atlas der siebenbürgisch-sächsischen Kirchenbau und Dorfkirchen* Hermannstadt: Monumenta Verlag Hermannstadt and Arbeitskreis für Siebenbürgische Landeskunde e.V. Heidelberg.

- G. Sándor 1984 G. Sándor, Mária: *Reneszánsz Baranyában*. Akadémiai Kiadó, Budapest 1984.
- Gerő 1958 Gerő, László: *A siklói vár*. Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, Budapest 1958.
- Guzsik 1983 Guzsik, Tamás: Későgótikus „pálos” műhelyek Magyarországon. *Építés – Építészettudomány* 15 (1983) 1–4. 199–217.
- Haas 1999 Haas, Walter: The presentation of research in and under existing buildings, *Conservation and Management of Archaeological Sites*, (1999) 3:1-2, 69–82, DOI: 10.1179/135050399793138635
- Halmos 2007 Halmos, Balázs: *A gyulafehérvári székesegyház Lázói-kápolnája. Építészettörténeti monográfia*. Phd értekezés. Budapest, 2007.
- Harsányi 2001 Harsányi, István: A szeged-alsóvárosi ferences templom gótikus szentélye csillagboltozatának helyreállítása. *Műemlékvédelem* 45 (2001) 5. 294–304.
- Harsányi 2005 Harsányi, István: *Szeged Alsóvárosi ferences templom hajó-boltozatának és falfelületeinek kutatása, építészettörténeti vonatkozások föltárása. II. kötet. A hajóboltozat felújítási munkáinak tervezését megelőző építészeti-műemléki kutatás*. (2005) Elérhető: <https://docplayer.hu/16384222-Dr-lukacs-zsuzsaemlekere.html> (Utolsó hozzáférés: 2023 április 20.)
- Heyman 1995 Heyman, Jacques: *The Stone Skeleton. Structural Engineering of Masonry Architecture*. Cambridge University Press, Cambridge 1995.
- Horler 1979 Horler, Miklós: Módszertani adalékok a magyar késő középkori építészet kutatásához. *Építés-Építészettudomány* 11 (1979) 1-2. 35-48.
- Huerta 2012 Huerta, Santiago: Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design. In U. Hassler – C. Rauhut (eds): *Bautechnik des Historismus. Von den Theorien über gotische Konstruktionen bis zu den Baustellen des 19. Jahrhunderts*. Hirmer, München 2012. 163–195.
- Istrate 2007 Marcu Istrate, Daniela: Catedrala romano-catolică din Alba Iulia. Capela Lázói. Repere arheologice. In: (ed.): Rusu, Adrian A. – Marcu Istrate, Daniela – Szöcs Péter Levente: *Középkori egyházi építészet Erdélyben IV. Szatmárnémeti* (2007) 215-232.
- Istrate 2018 Istrate, D. M.: Voraussetzungen und Vorbedingungen für den Bau der Bergkirche in Schäßburg. *Zeitschrift für Siebenbürgische Landeskunde* 41, Heidelberg (2018), 1-16.
- Istrate 2021 Istrate, D. M.: Entstehung und Entwicklung der siebenbürgischen Stadtkirchen im 12-15. Jahrhundert. In: D. Ade, S. Frommer, T. Marstaller, A. K. Scholz, M. Terp-Schunter, C. Vossler-Wolf and M. Wolf (eds.): *Sachsgeschichte(n). Beiträge zu einer interdisziplinär verstandenen Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit. Festschrift für Barbara Scholkmann zu ihrem 80. Geburtstag*. Tübingen (2021), 445-464.

- Jobbik 2024 Jobbik Eszter: Linear and Centralised Net Vaults. Geometry-Based Building Archaeology Presented on the Net Vaults of the Fortified Church of Mediaş. *ÉPÍTÉS-ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY* 52 (2024) 1-2 pp. 25-47. <https://doi.org/10.1556/096.2024.00118>
- Jobbik 2025a Jobbik Eszter: Terrestrial laser scanning as a tool for geometry-based building genealogy research: St Martin's in Landshut and South-Transylvanian Saxon Churches. *STUDIA UBB HISTORIA ARTIUM* – megjelenés alatt
- Jobbik – Budaházi Jobbik Eszter, Budaházi Fanni: 'Building Archaeology' with Laser Scanning: Geometry-Based Architectural Analysis of the Franciscan Church of Szeged-Alsóváros. *ANNALES UNIVERSITATIS APULENSIS. SERIES HISTORICA*. Online first publikáció. <https://doi.org/10.29302/auash.2023.27.1>
- Jobbik – Daragó Jobbik Eszter, Daragó László: Geometry-based 'building archaeology' and comparative analysis of the curvilinear ribbed net vaults in Siklós and Andocs – *MATERIALI E STRUTTURA* - megjelenés alatt
- Jobbik – Halmos Jobbik Eszter, Halmos Balázs: Point cloud-based geometric net vault analysis and the question of 'stellar-net vaults', discussed apropos of the vault of the Lázói chapel in Alba Iulia - lektorálás alatt
- Jobbik – Krähling 2022a Jobbik Eszter, Krähling János: Late Mediaeval Net Vault Construction Method Rediscovered by Geometric Analysis. A Case Study of the Fortified Church of Băgaciu (Bogeschdorf). *BRUKENTHAL. ACTA MUSEI* 17 (2022) 2 pp. 179-201.
- Jobbik – Krähling 2022b Jobbik Eszter, Krähling János: Remodelling a medieval net vault construction. Case study: the apsis vault in the catholic church of Andocs. *ÉPÍTÉS-ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY* 50 (2022) 3-4 pp. 317-349. <https://doi.org/10.1556/096.2022.00077>
- Jobbik – Krähling 2023a Jobbik Eszter, Krähling János: Real Net Vault or Pseudo-Ribbed Net Vault? Geometry, Construction and Building Technique of the Vault of the Reformed Church of Nyírbátor and the Nave Vault of the Franciscan Church of Szeged-Alsóváros. *ÉPÍTÉS – ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY* 51 (2023) 3–4 pp. 229–256 <https://doi.org/10.1556/096.2023.00100>
- Jobbik – Krähling 2023b Jobbik Eszter, Krähling János: Approaching Building Connections Based on Net Vaults' Geometric Analysis. The Vaults of the Church on The Hill of Sighişoara and the Church of Băgaciu. *BRUKENTHAL. ACTA MUSEI* 18 (2023) 1 pp. 49-68.
- Jobbik – Krähling 2024a Jobbik Eszter, Krähling János: A Methodological Approach and Geometry-Based Typology of Late-Gothic Net Vaults' Rib Systems. Presented on Case Studies

- from Historic Hungary. *NEXUS NETWORK JOURNAL* 27 (2024) 95-117.
<https://doi.org/10.1007/s00004-024-00780-1>
- Jobbik – Krähling 2024b Jobbik Eszter, Krähling János: The Geometric System of the Nave Vault of the Church on the Hill of Sighișoara. *STUDIA UBB HISTORIA ARTIUM* 68 (2024) pp. 7-43. DOI: [10.24193/subbhistart.2023.01](https://doi.org/10.24193/subbhistart.2023.01)
- Jobbik – Krähling 2024c Jobbik E., Krähling J.: Mapping Rib-Web Connections in Late Gothic Net Vaults: A Geometry-Based Typology. *DIGITAL APPLICATIONS IN ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE* 35. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00388>
- Kovács 1996 Kovács, András: A gyulafehérvári Szent Mihály székesegyház története. *Erdélyi műemlékek* 26. UTILITAS Könyvkiadó, Kolozsvár, 1996.
- Lengyel – Bagi 2015 Lengyel, G. – Bagi, K.: Numerical Analysis of the Mechanical Role of the Ribs in Groin Vaults. *Computers and Structures* 125 (2015) 42–60.
- Lukács 1999 Lukács, Zsuzsa: *Szeged. Alsóvárosi ferences templom és kolostor*. TKM Egyesület, Budapest 1999.
- Lukács 2000 Lukács, Zsuzsa: A Szeged-alsóvárosi középkori ferences kolostoregyüttes. In Kollár Tibor (ed.): *A középkori Dél-Alföld és Szer*. Csongrád Megyei Levéltár, Szeged 2000. 143–192.
- Levárdy 1980 Levárdy, Ferenc: *Szeged Alsóvárosi templom*. TKM Egyesület, Budapest 1980.
- Möller 1929 Möller, István: *Erdély nevezetesebb műemlékei*. Historia, Budapest, 1929.
- Müller 1856 Müller F.: Die Schässburger Bergkirche in Siebenbürgen. *Mitteilungen der K. K. Central-Commission* 1, Wien (1856), 167-172.
- Nagy 1994 Nagy, Zoltán: A ferencesek Szeged-alsóvárosi temploma. *Magyar Építőművészet* (1944) 89–93.
- Nussbaum 2008 Nussbaum, N. (2008). Hybrid Design Strategies around 1300: Indications of a “Post-Classical” Gothic Architecture? *Architectura Medii Aevi*, 143–150. doi:10.1484/m.ama-eb.3.12
- Oprescu 1961 Oprescu, George: *Die Wehrkirchen in Siebenbürgen*. Dresden 1961.
- Papp 2005 Papp, Szilárd: *A királyi udvar építkezései Magyarországon 1480–1515*. Balassi, Budapest 2005.
- Pósta 2017 Pósta Béla: A gyulafehérvári székesegyház sírleletei. In: *Dolgozatok az Erdélyi Nemzeti Múzeum Érem- és Régiségtárából*. VIII. (2017). 1-203.
- Reiszig Reiszig, Ede: *Somogy vármegye községei*. In Samu Borovszky (ed.): *Magyarország vármegyéi és városai*. Somogy vármegye. Available at: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Borovszky-borovszky->

samumagyarország-varmegyei-es-varosai-1/somogy-varmegye-153D7/somogy-varmegye-kozsegei-irta-reiszig-ede-dr-a-magy-tortarsulat-es-a-magy-heraldikai-es-genealogiai-tarsasag-igazg-valasztmanyi-tagja-kieges-154F7/andocs-15510/ (Accessed 18 May 2022).

- Roth 1905 Roth, Victor: *Geschichte der deutschen Baukunst in Siebenbürgen*. Strassbourg 1905.
- Spörl 1855 Spörl, Johann: Der Bau und die Erbauer des Chors zu Sct. Martin in Landshut. *VVN*, 5, 1855, 263-79
- Szőke 2005 Szőke, Balázs: A Szeged-Alsóvárosi ferences templom hajóboltozata. In Öze Sándor – Medgyesy-Schmikli Norbert (eds): *A ferences lelkiesség hatása az újkori Közép-Európa történetére és kultúrájára 2*. PPKE BTK–METEM, Piliscsaba – Budapest 2005. 875–890.
- Szőke 2009 Szőke, Balázs. 2009. Téglalabdás boltozatok Erdélyben. In: N. Kis Tímea (ed.), *Colligite Fragmenta! Örökségvédelem Erdélyben*, Budapest, pp. 68-79.
- Szőke 2012 Szőke, Balázs. 2012. A Wechselberger-Harperger motívum Délkelet-Erdély késő gótikus építészetében. In *Tanulmányok a székelység középkori és fejedelemség kori történetéből*, ed. A. Sófalvi and Zs. Visy. Énlaka, Rumania: Pro Énlaka Alapítvány and Haáz Rezső Múzeum.
- Timmermann 2011 Timmermann, Achim (2011) Frau Venus, the Eucharist, and the Jews of Landshut. In: Kessler, Herbert L. and Nirenberg, David (eds.): *Judaism and Christian Art*. University of Pennsylvania Press: Philadelphia, Oxford.
- Ungewitter 1901 Ungewitter, Georg Gottlob: *Lehrbuch der gotischen Konstruktionen. Neue bearbeitet von K. Mohrmann*. Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig 1901.
- Vătăşianu 1986 Vătăşianu, Virgil. 1986. *Kunstdenkmäler in Rumänien. Ein Bildhandbuch*, Leipzig
- Werner 1854 Werner, Joseph: *Geschichte der Pfarrei St. Martin in Landshut mit XXVI. Tafeln Abbildungen*. Landshut 1854
- Werner 1872 Werner, Karl: *Die Mediascher Kirche. Druk von Theodor Steinhaufen*, Hermanstadt 1872.