

**Óbudai Egyetem**  
**Alba Regia Műszaki Kar**  
**Geoinformatikai Intézet**



**TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT**

**ÚJABB KÖRTEMPLOM BEVONÁSA  
A KIRÁLYI HOSSZMÉRTÉKEGYSÉG  
REKONSTRUÁLÁSA CÉLJÁBÓL FOLYÓ  
VIZSGÁLATOKBA**

**Szerző:** **Tóth Sándor**  
földmérő és földrendező mérnöki  
BSc szak, III. évf.

**Konzulens:** **Dr. Busics György**  
egyetemi docens



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT

**Székesfehérvár, 2017**

## TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés .....	1
1 A magyar királyi mértékrendszerről.....	2
2 Az eddigi körtemplom-vizsgálatokról.....	6
3 Tarnaszentmária templomának felmérése és méreteinek megfeleltetése .....	10
3.1 Alkalmos épület kiválasztása .....	10
3.2 Irány és távméréses hálózat és a részletmérés .....	13
3.3 Szabad hálózat kiegyenlítése .....	14
3.4 Kiegyenlítő körök számítása .....	15
3.5 Méretek megfeleltetése .....	16
4 A királyi mértékegység-rendszer megfeleltetése öt épület rekonstrukciós adataiból.	20
5 Irodalomjegyzék .....	21

## **Bevezetés**

Jelen dolgozat egyfajta kiegészítése és összegzése a témában végzett kutatásnak. Korábbi eredményeim két TDK dolgozatban foglaltam össze. A dolgozat elején összefoglalom az ott leírtakat a rekonstruálási folyamat követhetősége, érthetősége érdekében.

A dolgozat 3. fejezetében azt vizsgálom, hogy a korábban felmért épületekhez hasonlóan, a tarnaszentmáriai templom esetében is használták-e annak méreteinek kitűzéséhez a királyi mértékegységet. Ha a válasz igen, akkor a folyamatot megfordítva, egy újabb épület méreteiből meghatározhatóvá válik a királyi mértékegység-rendszer összes tagjának méter-rendszerbeli értéke.

Azért esett választásunk a tarnaszentmáriai templomra, mert a műemléki, építészeti alaprajzok elemzése alapján az sejthető, hogy itt több méret is megfeleltethető a királyi láb mértékegységnek. Ezen kívül ez Magyarország egyik legrégebbi temploma, amelynek alaprajza érdekes és nagyon hasonlít Székesfehérvár elpusztult, csak romjaiban megmaradt Szent Kereszt templomához.

# 1 A magyar királyi mértékrendszerről

A geodéziában használt vonatkoztatási rendszernek három fontos eleme van (Busics 2014). A koordináta-rendszeren és egy alaphálózaton túl – még ha legtöbbször meg is feledkezünk erről –, a vonatkoztatási rendszer részét képezi egy mértékrendszer is. Ugyanis, a mérési eredményekhez, a vízszintes vagy térbeli koordinátákhoz, magasságokhoz mindig egy mértékegységet is hozzá rendelünk, amiben megadjuk az adott értékeket. Jó példa erre a II. és III. katonai felmérés különbözősége a koordináták, magasságok mértékegységét tekintve. Előbbi esetében az alkalmazott mértékegységrendszer a bécsi öl volt, míg utóbbi esetében már a méter. Ez a különбözés változást eredményezett többek között a térképek méretarányában (1:28800 helyett 1:25000), valamint a térképlapon szereplő magassági megírásokban is (korábban bécsi ölben, utóbb méterben kerültek megírásra). (1.1. ábra).



1.1. ábra. A Székesfehérvár mellett található Csúcsos-hegy magassága a II. katonai felmérés térképén bécsi ölben és a III. katonai felmérés térképén méterben. (forrás: <http://mapire.eu/hu/>)

Ma Magyarországon a hosszak, távolságok, koordináták és magasságok megadásának hivatalos hossz mértékegysége a méter. A méter definícióját kezdetben a Párizson áthaladó meridián negyvenmilliomod részeként adták meg, majd a fény vákuumban magadott időn belül megtett útjához kötötték azt.

A méter-rendszert megelőzően hazánkban a hivatalos hossz mértékegység a bécsi öl volt. Érdekeség, hogy az állami földmérésben egészen 1971-ig használatban volt ez a mértékegység, hiszen eddig a terület adatokat négyszög ölben adták meg (1.2. ábra).

2112 szám. **Telek-** Kétszámú betét, Jegyzőkönyv. **A) Birtoklap** Nagydobos

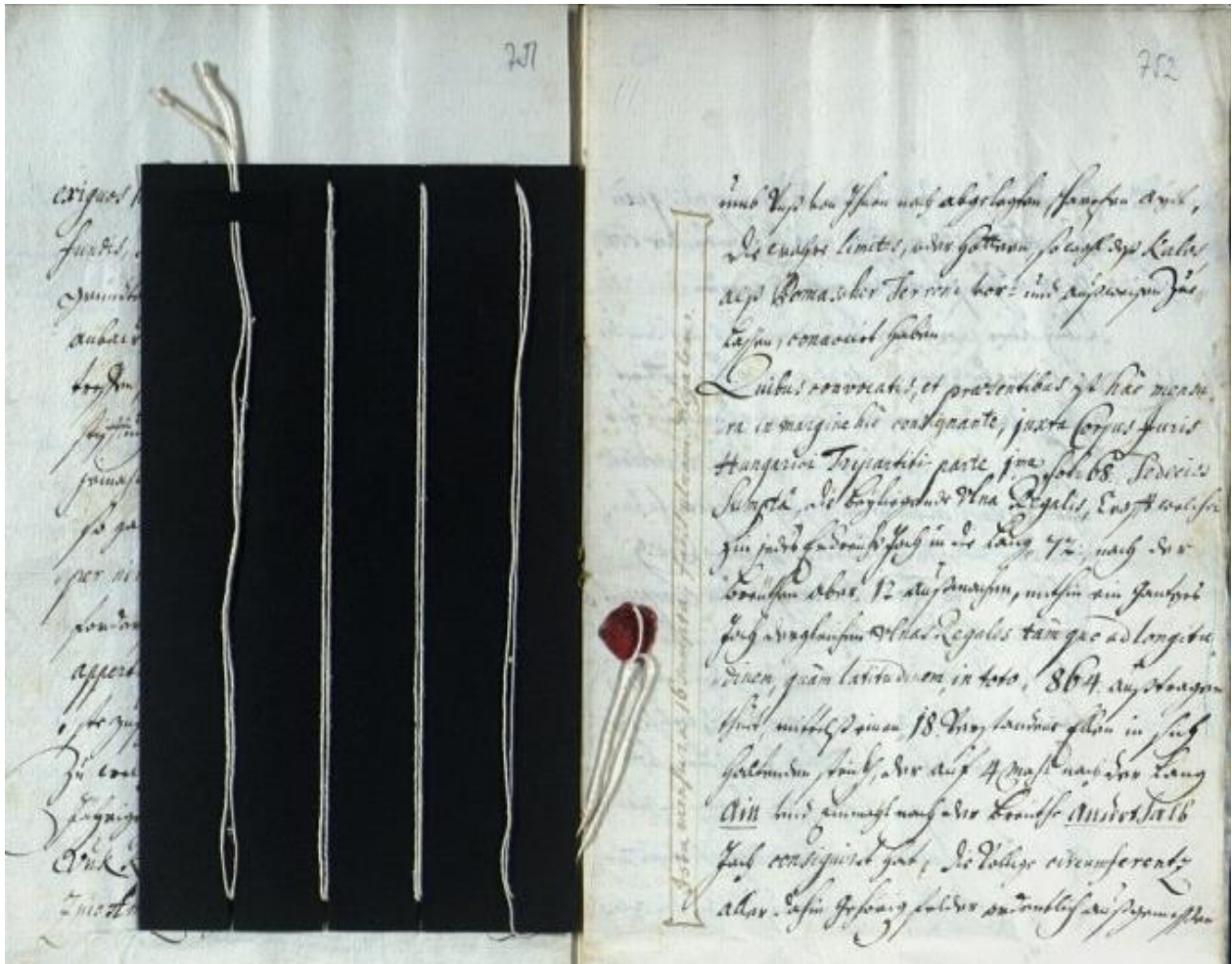
Sor-szám	Helyrajzi szám	A birtokrésztelkek külső ismertető jelei és jogi minősége	Térmérek 1800 □-öles kataszteri holdakban		Jegyzet
			hold	□-öl	
		A 600/1945. M. E. számú rendelet alapján kiosztott birtok, a helyrajzi szám és a terület nagysága a részletes felmérés során hivatalból igazolható.			Térkép: 1891. H. szám alatt. Alírtás
	i. 5380.	Niszhely. Birtokbirtok		557	

1.2. ábra. Négyszögölben megadott terület egy birtoklapon (forrás: Kovács 2015)

A bécsi öl előtt, a török hódoltság idejére jellemzően, főleg az ország északi területein, pozsonyi ölben adták meg a távolság- és hossz értékeket. Ez a mértékegység azért is érdekes, mert etalonja, vagyis hivatalos mintapéldánya ma is megtalálható a régi pozsonyi városháza kapujában.

Bogdán István e témában végzett kutatásainak köszönhetően, középkori oklevelek alapján tudjuk, hogy Magyarországnak létezett egy saját, önálló, az egész ország területén egységesen használt hossz mértékegysége (Bogdán 1978, Bogdán 1990).

Ennek alapegysége a királyi öl volt. Azonban a magyar királyi ölnek – utódaival ellentétben –, nem maradt fenn etalonja. Ezt az etalont egyébként – szintén Bogdán István levéltári kutatásaiból tudjuk – Székesfehérváron őrizték, amely város a középkorban a magyar királyok koronázó- és temetkező helye volt.



**1.3. ábra.** Az 1702-ben készült jelentés és a kartonra felcsévélrt zsinór. Középen az arasz hossza lerajzova, ami a zsinór hosszának tizenhatod része. Forrás: Magyar Nemzeti Levéltár Országos Levéltára. Jelzete: MNL OL E 117 – Fasc. 14. – No. 1.

A királyi ölnek csupán egyetlen másolati példánya került elő egy véletlen folytán (1.3. ábra). A Magyar Országos Levéltárban egy 1962-ben végzett levéltári rendezés során bukkantak rá egy 1702-ből származó földbirtok-felmérésről szóló jelentésre. A felmérés hitelességét igazolandó, a jelentéshez csatoltak egy mérőzsinórt, valamint a margóra lerajzolták a királyi öl tizenhatod részét. A mérőzsinór két végére kötözött csomó a királyi öl hosszát fogja közre.

Ma, jobb híján, ennek az egy zsinórnak a méretének leméréséből fogadjuk el „hivatalosan” a királyi öl méter-rendszerbeli értékét. Az 1.1 táblázatban szereplő értékek is innen származnak.

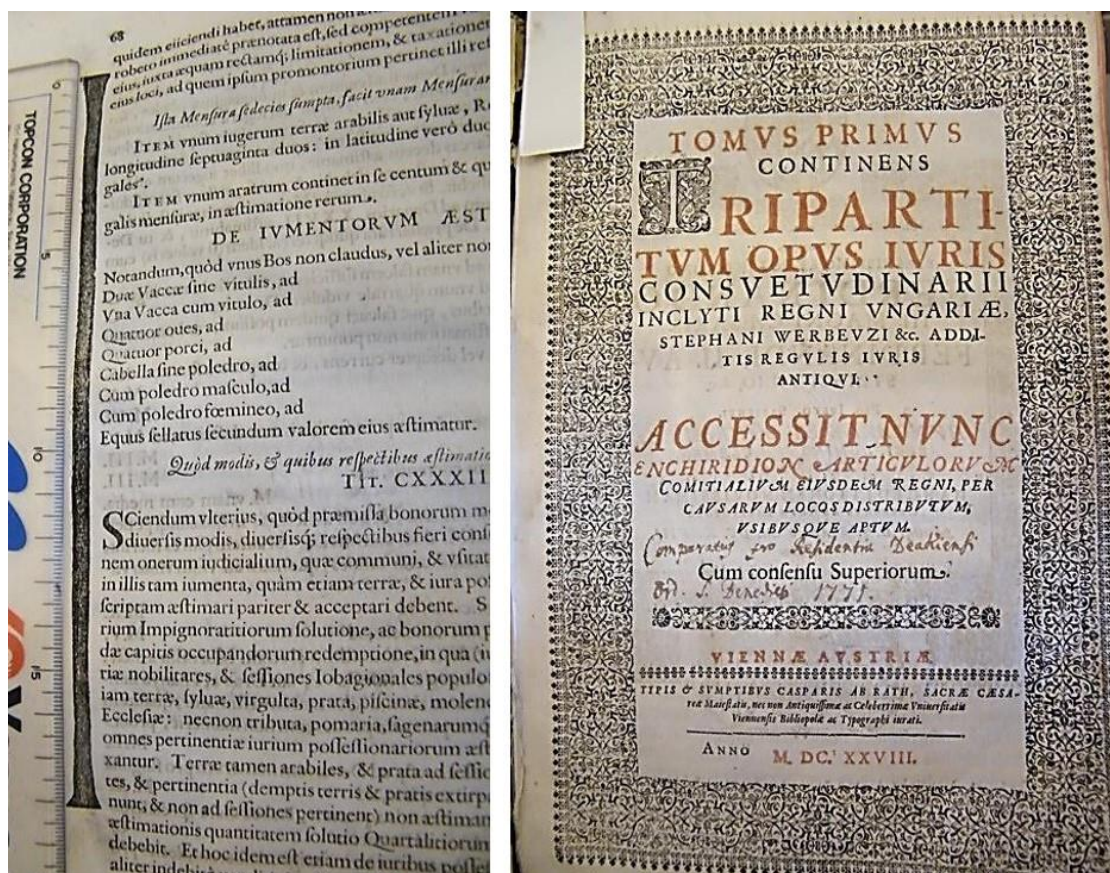


1.1.táblázat. Királyi hosszértékegység-rendszer méret-táblázata

	öl	lépés	rőf	arasz	láb	tenyér	hüvelyk	ujj	méter
1 öl	1	10/3	5	16	10	40	120	160	3,13
1 lépés		1	1,5	24/5	3	12	36	48	0,94
1 rőf			1	116/5	2	8	24	32	0,63
1 arasz				1	10/16	40/16	7,5	10	0,19
1 láb					1	4	12	16	0,31
1 tenyér						1	3	4	0,08
1 hüvelyk							1	4/3	0,03
1 ujj								1	0,02

Az 1.1. táblázat tartalmazza a hosszértékrendszer elmeit, azok oklevelekből ismert illetve rekonstruált váltószámaival együtt. A származtatott mennyiségek közül a legfontosabbak az arasz és a láb. Előbbi tizenhatod része, míg utóbbi tizedrésze a királyi ölnék.

Érdekes, hogy a származtatott mennyiségek elnevezésének többségével más nemzetek mértékegység-rendszereiben is találkozhatunk és ezek ugyancsak hasonló nagyságrendűek is. Az angolszász területeken ma is használatban lévő láb 30,48 cm-nek felel meg, a korábban használt francia láb 32,48 cm, míg a fenti táblázatban szereplő magyar láb 31,26 cm-nek adódik (*Mértékegység kislexikon*, 1971).



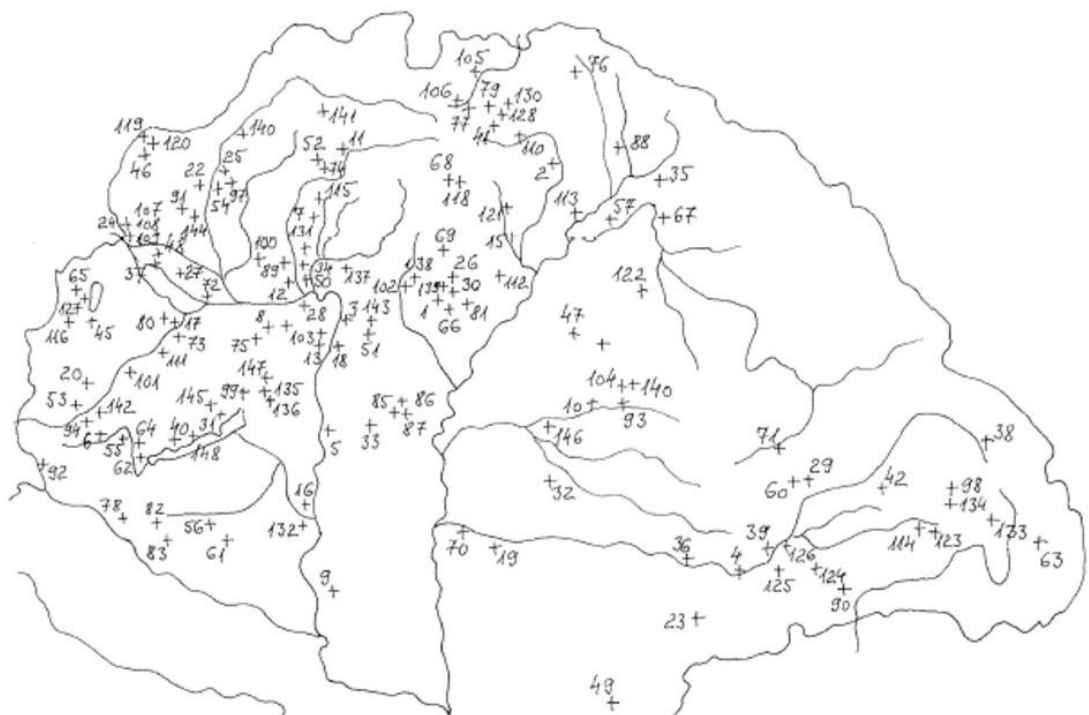
1.4. ábra. Az 1628. évi kolozsvári kiadású Hármaskönyv lapja az arasz megjelenítésével

Lenne egy másik mód az egykori hossz mértékegység meghatározására. Ugyanis, a királyi araszt a maga valójában a Werbőczy-féle ún. Hármaskönyvben kinyomtatták (1.4. ábra).

Ez a lehetőség azonban több okból is problémás. Ugyanis, még ha nagyon szabatosan le is mérnék a lap szélére nyomtatott araszt, a mérésben elkövetett legkisebb hibát is a tizenhatszorosára növelnénk meg az öl metrikus értékének meghatározásakor. Továbbá, a lapok az évek során összeszáradhattak és a nyomódúc pontossága is kérdéses. A mérést egyébként többen elvégezték és nagy szórással 19,0 cm körüli értékeket kaptak (Fleck 1988).

Lenne egy harmadik lehetőség is a királyi hossz mértékegység-rendszer tagjainak metrikus értékének meghatározásához. Ha ugyanis feltételezzük, hogy korabeli épületeink tervezése és kivitelezése az akkor használt hossz mértékegység felhasználásával történt, akkor ezen épületek méreteinek felhasználásával közvetve a keresett értékekhez juthatunk.

Az ilyen jellegű vizsgálatokra – több indok alapján – a Kárpát-medence számos településén megtalálható körtemplomok a legalkalmasabbak. Egyrészt azért, mert építésük időpontja többnyire a XI.-XIII. század, amely egybeesik a keresett mértékegység használatának időpontjával. Másrészt azért, mert építésük anyaga legtöbbször téglá vagy kváderkő, így méreteik pontosan, szabatosan meghatározhatók. Harmadrészt pedig azért, mert az alaprajzukban felfedezhető alaprajzi szabályosságok arra engednek következtetni, hogy 700-900 évvel ezelőtti tervezésük, építésük tudatos munka eredménye.



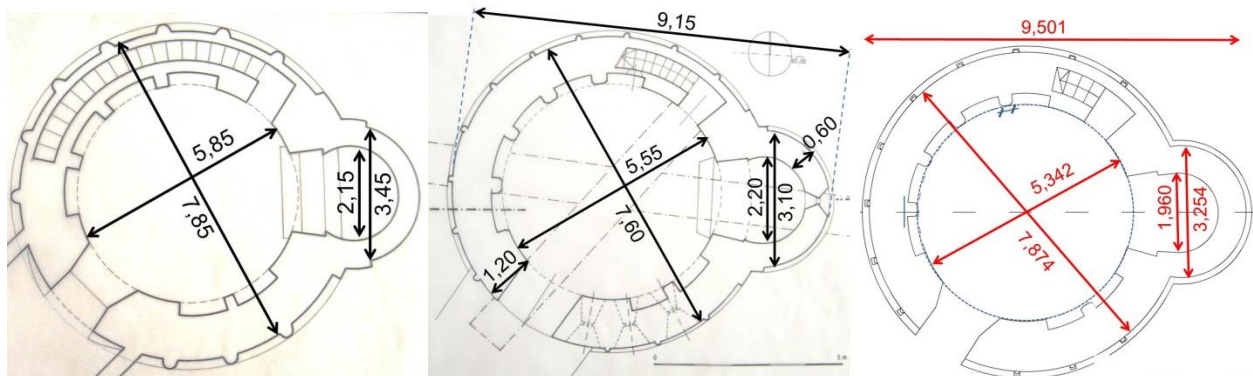
1.5. ábra. Körtemplomok, rotundák és centrális épületek a Kárpát-medencében (forrás: Bérczi 2011)

A körtemplomok eredetének kérdésére többen megpróbáltak választ találni. Gervers-Molnár Vera szerint „a legkorábbi magyar rotundák megjelenését a nyugati központokban álló centrális templomok, talán maga az aacheni palotakápolna is befolyásolhatta (Molnár, 1971, 26. oldal)”.

Érdekes, hogy a Kárpát-medencében található a legtöbb ilyen jellegű épület. A romokat és centrális templomainkat is figyelembe véve Bérczi (2011) szerint mintegy 148 ilyen épület található az említett területen. De Európa számos országában is találkozhatunk körtemplomokkal. A teljesség igénye nélkül Örményországban 66, Olaszországban 14, Svédországban és Franciaországban 13-13, míg Németországban 9 darab található (Bérczi 2011).

## 2 Az eddigi körtemplom-vizsgálatokról

A királyi mértékegység-rendszer és egy templom méretei közötti kapcsolat vizsgálatához, valamint a mértékegység-rendszer rekonstrukciójához szükségünk van az épületek alaprajzára. Alaprajzhoz többféle módon juthatunk. Számos alaprajzot őriznek például a Műemlékfelügyelőség (mai neve Forster Gyula Központ) archívumában, hiszen a műemlékek felügyelete, helyreállítása, megóvása évszázados és államilag felügyelt feladat hazánkban. A kallósi körtemplom mintáján mutatom be, hogy a gyakorlatban ez a módszer miért nem tekinthető szabatosnak és miért nem ad egyértelmű eredményt. Konzulensem 2015 nyarán 16 körtemplomnak a műemléki helyreállítás során keletkezett alaprajzát másolta ki a Forster Központban és a többnyire 1:50 méretarányú alaprajzok vonalzóval lemért méreteit próbálta megfeleltetni a királyi mértékrendszernek (*Busics 2015*).



**2.1. ábra.** A kallósi körtemplom méretei méter egységben, három időpontban készült alaprajzon. Balra a Forster Központ 1975. évi, középített az 1995. évi alaprajza; jobbra a saját, 2015. évi, szabatos felmérésemből származó alaprajz a legjellemzőbb méretekkkel

Az alaprajzok méretaránya 1:50, így viszonylag nagy pontossággal levehető a szentély és a hajó átmérői, hiszen a rajzon lemérhető hossz 0,5 mm-re becsült hibája a valóságban csak 2,5 cm eltérést jelentene. Sajnos azonban a két alaprajzról (merthogy Kallósd esetében két műemléki felmérés is készült), a levett méretadatok esetenként több deciméterre nem egyeznek. A hajó belső átmérőjében például 30 cm, külső átmérőjében pedig 25 cm eltérés van a két rajz alapján. Harmadik rajzként saját felmérésem eredményét csatolom, amivel összevetve műemléki alaprajzokat, szintén deciméteres eltéréseket tapasztalunk. Megfigyelhető az is, hogy a lizénák (a külső falat díszítő féloszlopok) darabszáma nem azonos a két műemléki alaprajzon: a bal oldali rajzon a bejáratától északra 7 darab lizéna van, a középső rajzon 10 darab, miközben a valóságban (a jobb oldali rajzon) 9 darab. A baloldali rajzon 4 ülőfülke van, a jobboldalin (és a valóságban) pedig 5.

Hasonló ellentmondásokkal és durva hibákkal találkozunk az általam vizsgált további három épület (Ják, Pápoc, Bagod) műemléki alaprajzainak felhasználásakor is. Belátható, hogy az építészeti alaprajzokról levett méretek alapján csak közelítő, tájékoztató jellegű adatokhoz juthatunk.

Gyakorlatilag tehát a vizsgálat pontossági követelményei figyelembevételével, csakis szabatos mérési és feldolgozási geodéziai módszerek segítségével állíthatunk elő a céljainknak megfelelő alaprajzot. Ilyen módszer lehet a földi fotogrammetriai felmérés, az UAV felmérés, a lézerekkel végzett felmérés vagy a mérőállomással végzett felmérés. Az utóbbi módszert választottam, mert a célirányos munkát, az egyértelműen azonosítható épület-pontok terepi kiválasztását és szabatos meghatározását támogatja, amihez a mérőfelszerelés is rendelkezésre áll.

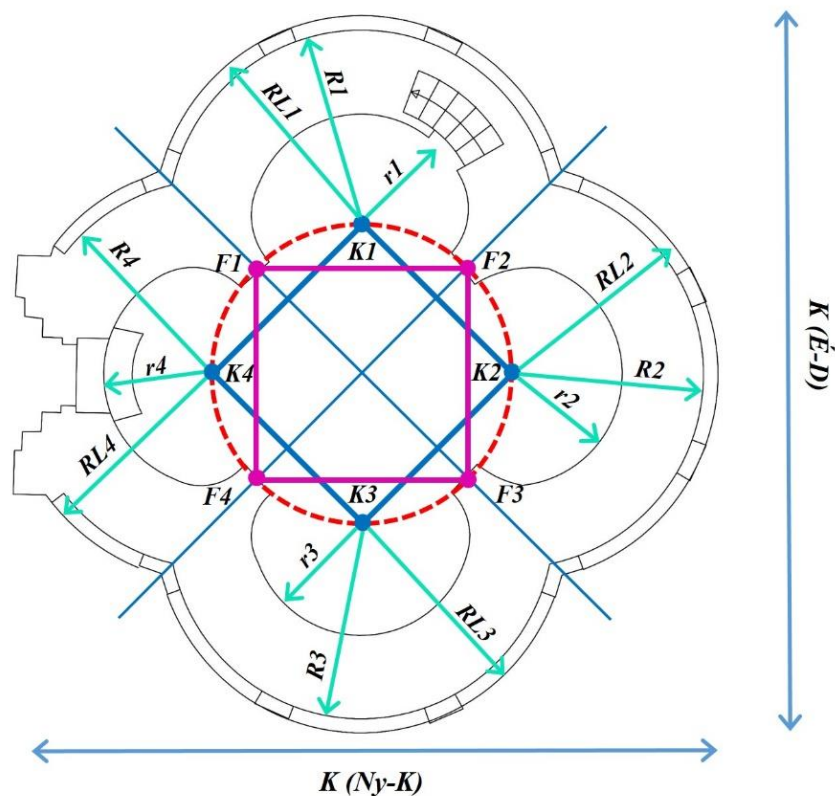
Korábbi dolgozatomban négy körtemplom vizsgálatát végeztem el, ezek a Zala megyei Kallósd és Bagodvitnyéd valamint a Vas megyei Ják és Pápoc településeken található. Tapasztalataim alapján egy olyan technológiai sorrendet, ajánlást sikerült kialakítani, ami általánosan használható hasonló feladatokhoz, s amelyet magam is követtem.



Az általános technológia lépései így foglalhatók össze.

1. Vizsgálatra alkalmas épület kiválasztása, az építmény történetének megismerése. Olyan korabeli épületet célszerű választani, ami eredeti formájában megmaradt és nem újjáépített.
2. Alkalmas mérési technológia választása. (A továbbiakban feltételezem a mérőállomásos technológia használatát.)
3. Az építmény fő építési vonalainak, alapjainak, falainak azonosítása. A vizsgálathoz elegendő az épület alap-geometriáját felépítő elemek felmérése.
4. Helyi geodéziai hálózat (alaphálózat) létesítése az építmény körül és annak belsejében. Az alaphálózati pontok és részletpontok együttes mérése mérőállomással.
5. Az alaphálózat vízszintes és magassági kiegyenlítése helyi rendszerben szabad hálózatként.
6. Méretek (elsősorban kör sugarak) számítása koordinátákból kiegyenlítéssel.
7. Alaprajz szerkesztése méterbeli adatokból.
8. Méterben adott méretek megfeleltetése az egykori hosszegységeknek.
9. Alaprajz szerkesztése az egykori hosszegységben.
10. Az egykori hosszegység visszaszámításához táblázat összeállítása, értékének meghatározása súlyozott átlagként.
11. Mérettáblázat újraszámítása.

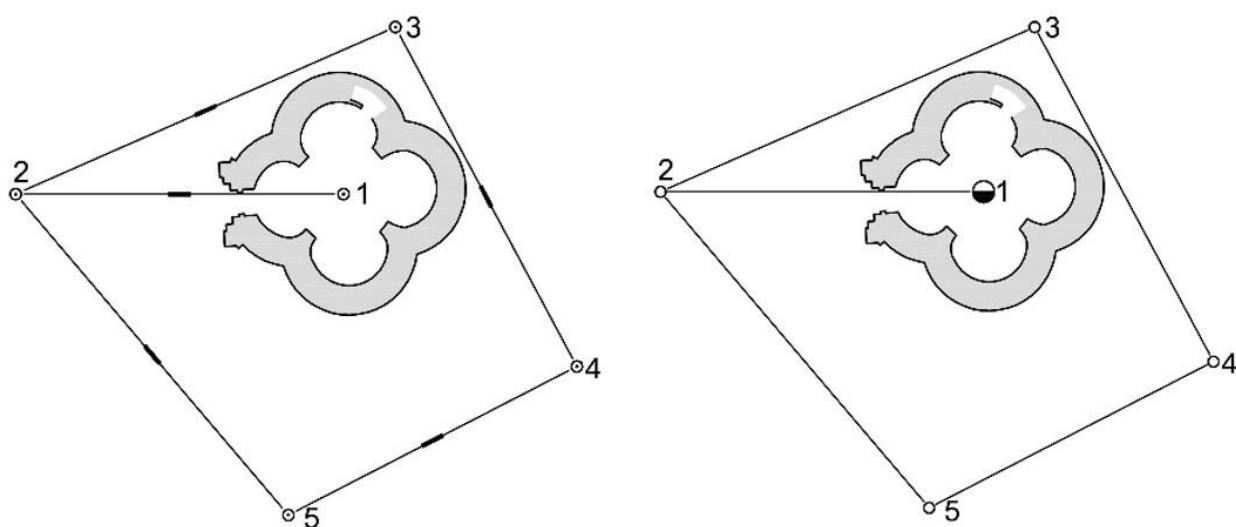
Az általános technológia illusztrálására a jáki négykaréjos Szent Jakab kápolna néhány rajzi munkarészét mutatom be a következőkben.



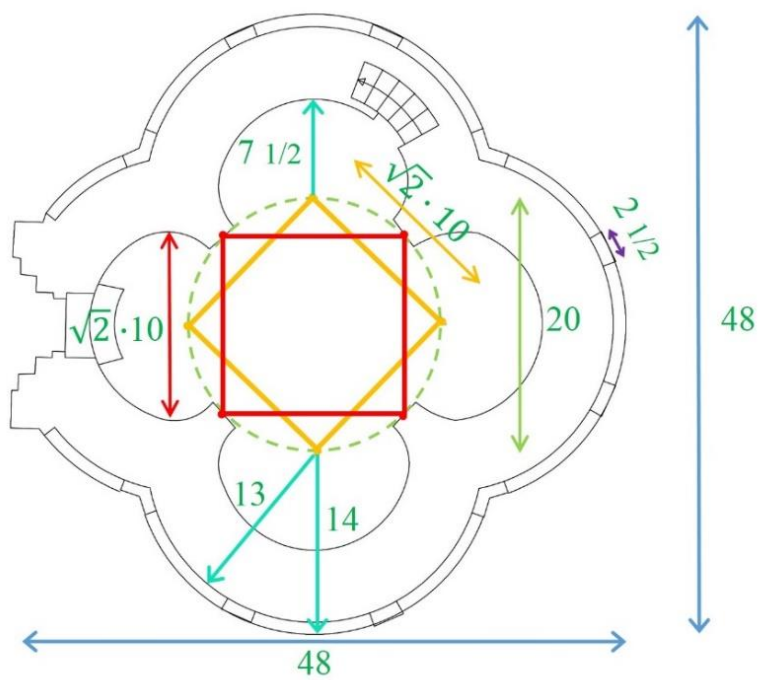
**2.2. ábra.** A jáki négykaréjos kápolna alaprajzi adatainak jelölése

2.1. táblázat. A jáki kápolna méreteinek megfeleltetése a királyi arasz meghatározása céljából

	Méret leírása	jel	hossz (m)	középheba (m)	egység (db)	arasz (cm)	súly
1	1 belső fal sugár (8 pontból)	r1	1,492	0,009	7,5	19,89	1
2	1 külső fal sugár (12 pontból)	R1	2,620	0,002	13	20,15	2
3	1 lábazat sugár (16 pontból)	RL1	2,815	0,001	14	20,11	2
4	2 belső fal sugár (6 pontból)	r2	1,501	0,005	7,5	20,01	1
5	2 külső fal sugár (11 pontból)	R2	2,603	0,002	13	20,02	2
6	2 lábazat sugár (16 pontból)	RL2	2,799	0,002	14	19,99	2
7	3 belső fal sugár (6 pontból)	r3	1,487	0,003	7,5	19,83	1
8	3 külső fal sugár (13 pontból)	R3	2,607	0,003	13	20,05	2
9	3 lábazat sugár (17 pontból)	RL3	2,795	0,002	14	19,96	2
10	4 belső fal sugár (6 pontból)	r4	1,515	0,030	7,5	20,20	1
11	4 külső fal sugár (7 pontból)	R4	2,608	0,012	13	20,06	2
12	4 lábazat sugár (11 pontból)	RL4	2,803	0,005	14	20,02	2
13	K1-K2 távolság		2,856	0,007	14,14	20,19	1
14	K2-K3 távolság		2,872	0,005	14,14	20,31	1
15	K3-K4 távolság		2,830	0,014	14,14	20,01	1
16	K4-K1 távolság		2,810	0,013	14,14	19,87	1
17	F1-F2 távolság		2,822		14,14	19,96	0,5
18	F2-F3 távolság		2,814		14,14	19,90	0,5
19	F3-F4 távolság		2,799		14,14	19,79	0,5
20	F4-F1 távolság		2,822		14,14	19,96	0,5
21	külső hossz (K-Ny)		9,613		48	20,03	2
22	külső hossz (É-D)		9,633		48	20,07	2
23	lizéna szélesség (6 db)		0,506	0,013	2,5	20,24	1



2.3. ábra. A jáki hálózat vízszintes és magassági meghatározási terve



2.4. ábra. A jáki kápolna alaprajzi méretei királyi arasz egységben

### 3 Tarnaszentmária templomának felmérése és méreteinek megfeleltetése

A korábbi mérések és feldolgozások során szerzett tapasztalatok alapján megfogalmazhatóvá vált egy általános technológiai leírás, amelynek segítségével korabeli épületek méreteinek felhasználásával meghatározható az építésüknél felhasznált mértékegység mai rendszerben. A tarnaszentmáriai templom esetében már ez alapján végeztem a vizsgálatot.



3.1. ábra. Általános technológiai leírás lépései

#### 3.1 Alkalmas épület kiválasztása



3.2. ábra. Tarnaszentmária temploma nyugatról és keletről



Tarnaszentmária falu a Mátra és a Bükk hegység között, a Tarna völgyében, Egertől 17 km-re fekszik. Dombon épített temploma Magyarország egyik legrégebbi, legkisebb és eredeti formáját megőrzött temploma, amelynek eredetéről azonban keveset tudunk. A templom sajátossága, hogy a szentély a hajóétól eltérő szinten helyezkedik el, hozzá öt lépcsőfok vezet fel (3.3. ábra).



**3.3. ábra.** A szentélyre lépcső vezet fel

A szentélyt három karéj építi fel. Ezek közül az északihoz szabályos kör illeszthető, míg a nyugati és keleti karéjok szabálytalan U alakúak (3.4. ábra). A karéjzáródásokban négy darab díszes fejezettel és lábazzal rendelkező oszlop található.



**3.4. ábra.** Az északi és déli oldalkaréjok

Az egyhajós templom három eltérő korú épületrészből tevődik össze. A legidősebb közülük a középső rész, mely ma a hajó részét képezi. Ehhez építették hozzá valószínűleg a 11-12. században a

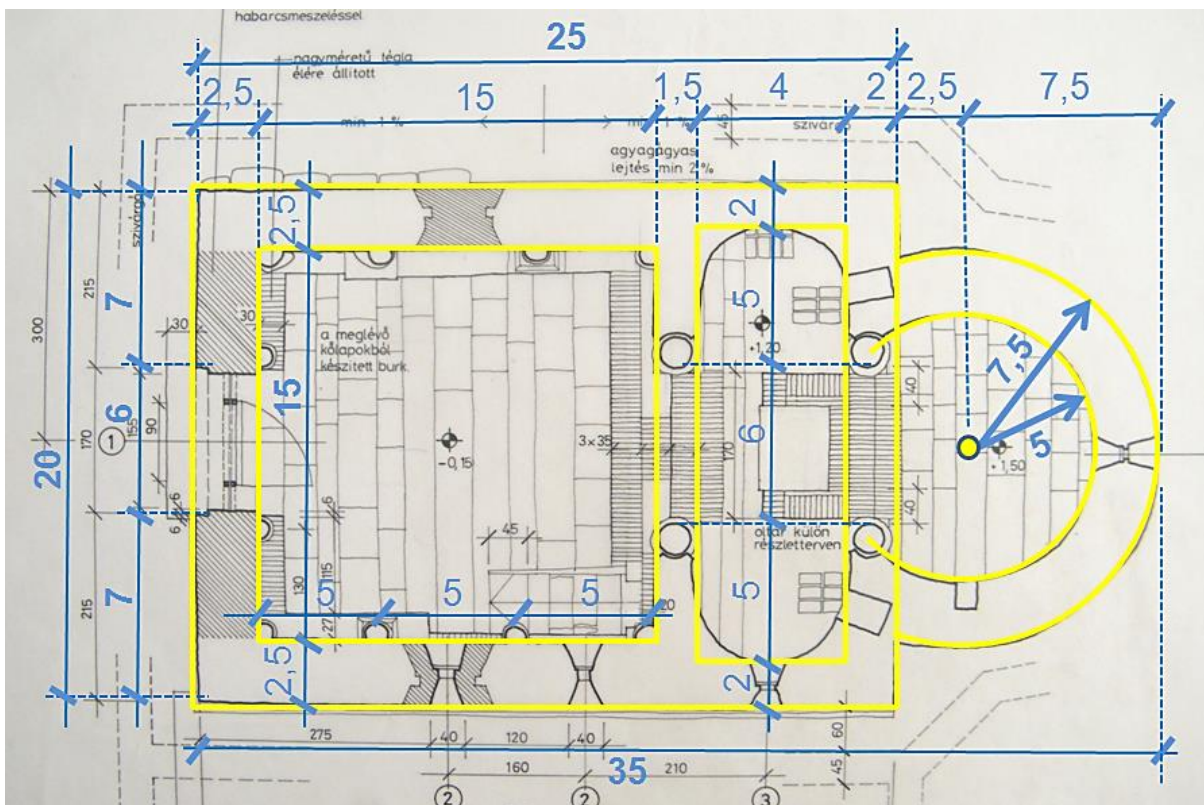


háromkaréjos szentélyt az alatta lévő háromcellás altemplommal. Az épület végül a 19. század fordulóján nyerte el mai alakját, ugyanis ekkor egészítették ki a hajót egy toldalékkal (Sápi 1980). A vizsgálat szempontjából az utóbb említett épületrész elhanyagolható, hiszen ennek építéséhez már biztosan nem a királyi ölt vagy annak valamely származtatott mennyiségét használták fel.



**3.5. ábra.** A két régebbi épületrész építési anyaga kváderkő (balra) és a templom híres őskerestény motívuma a fótt kereszt (jobbra)

Az épület kiválasztásánál fontos szerepet játszott, hogy egy az épületről korábban készült alaprajz segítségével végzett előzetes vizsgálat biztató eredményt mutatott az épület méretei és a királyi mértékegységrendszer közötti kapcsolat vonatkozásában.



**3.6. ábra.** A tarnaszentmáriai templom alaprajzi méretei láb mértékegységben (konzulensem rekonstrukciója a Forster Köpont Adattára alaprajzán)

Az 1977-ben készült alaprajz 1:20-as méretarányú, így a méretek nagy pontossággal levehetőek róla. Az alaprajz alapján megfeleltethetővé váltak a templom méretei láb egységben (3.6. ábra). Ez alapján a hajó hosszanti oldala 25 láb, rövidebbik oldala 20 láb, belső szélessége 15 láb, falvastagsága



pedig 2,5 láb hosszúságú. Ezen kívül a szentély belső sugara 5 lábnak, míg a szentély külső falívéhez kapcsolódó sugár 7,5 lábnak adódott. Az alaprajz alapján lábban megadott méretek alapján elvégezhetővé vált az épület tervezésének, kitűzésének az előzetes rekonstrukciója.

Eszerint a külső falazat alkotta téglalap mérete így 25×20 egység, az apszist is magába foglaló téglalap mérete 35×20 egység. Ez azt is jelenti, hogy a kitűzésnél az apszis középpontját nem az alapfal végén jelölték ki, hanem 2,5 lábbal távolabb a hajó tömbjétől. 2,5 egység a hajó falainak szélessége. 5 láb az apszis sugara és ugyanilyen távolságban vannak egymástól a templomhajó díszes faloszlopai is.

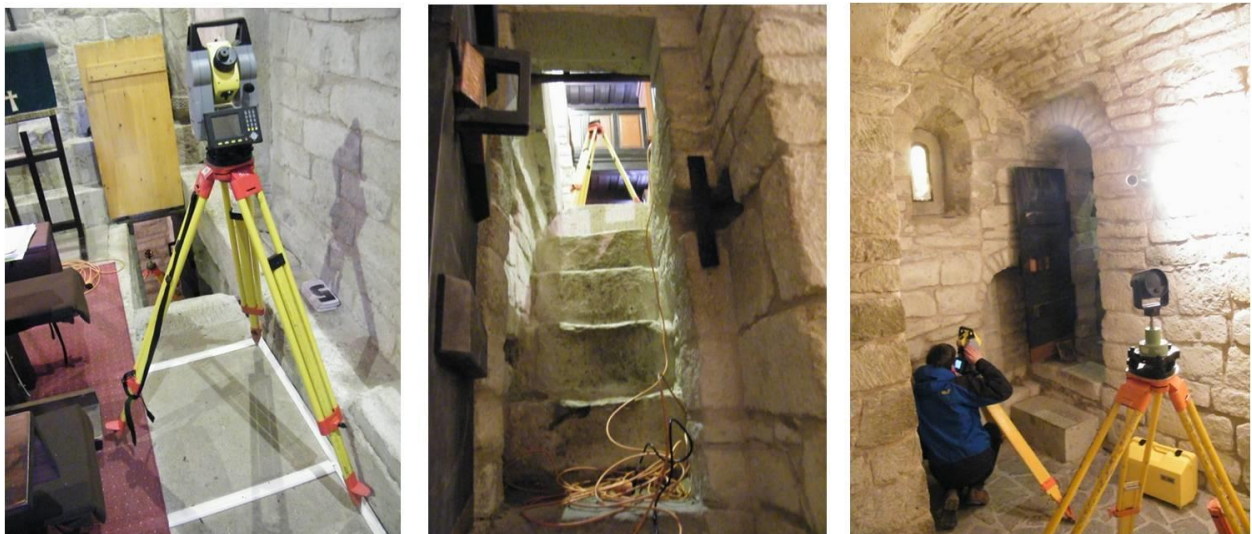
### 3.2 Irány és távméréses hálózat és a részletmérés

A rövidebb feldolgozási idő és a kedvezőbb léptékű adatmennyiség miatt az épület felmérése, ahogyan a korábbi négy templom esetében is mérőállomásokos technológia segítségével történt (3.7. ábra). Az épület részletes felméréséhez egy kilenc álláspontból álló irány- és távméréses mikro hálózatot alakítottunk ki. Öt álláspont az épületen belül, míg négy körülötte helyezkedett el.



3.7. ábra. Mérés mérőállomással a templomon kívül és belül

Érdekes, az eddigiekben nem tapasztalt kihívást jelentett, az altemplom mérése és bekapcsolása a helyi hálózatba (3.8. ábra). Az épületen belüli álláspontok lényege az volt, hogy a mérési eredményeinket egységes rendszerbe ábrázolhassuk, mivel számos szerkezeti elem mérete csak így határozható meg eredményesen.



3.8. ábra. Sokszögvonal az altemplomban

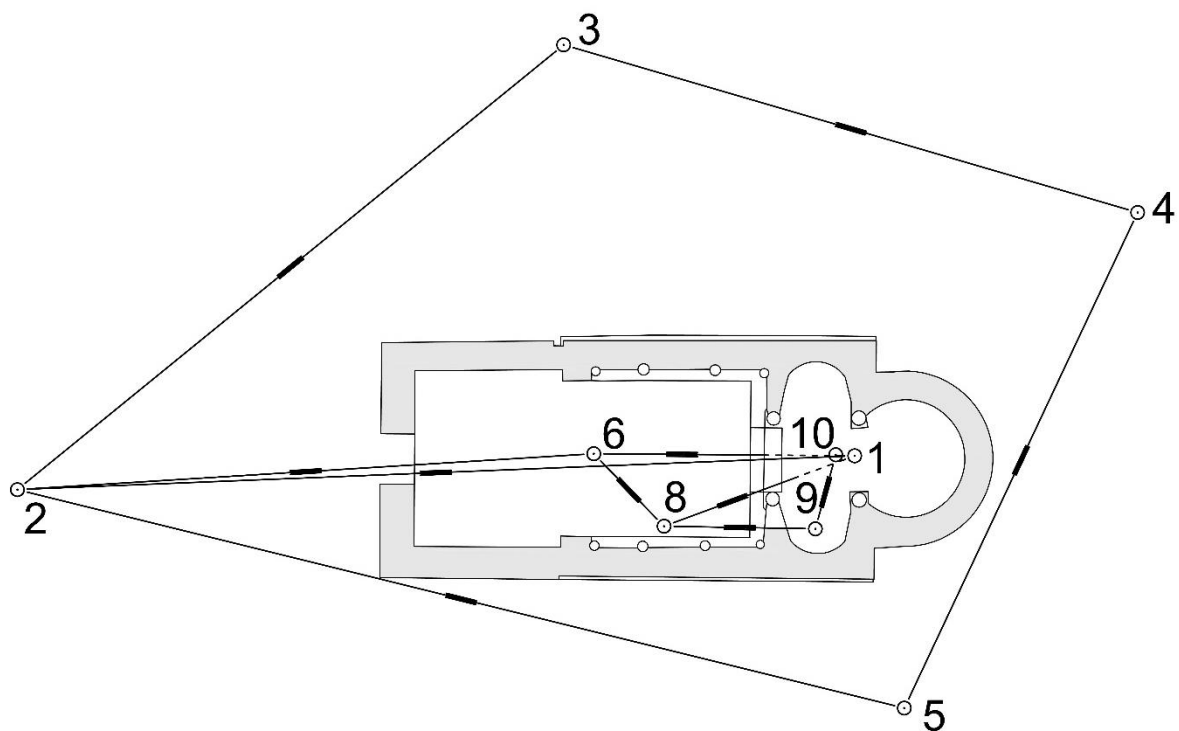
A mérések kényszerközpontosan történtek, a prizma mért távolságokat oda-vissza irányba mérve. Álláspontként a hálózati mérést követően ugyanazon limbuszállásban történt a részletpontok mérése prizma nélküli távmérőmódban. Az álláspontokról takarásban lévő pontok méréséhez, a mérőállomás egy külpontos mérési programját használtuk. Ehhez egy vonalzót illesztettünk a mérendő pontra. A vonalzót az irányvonalra merőlegesen tartva megirányoztuk azt, majd a rá mért távolság és a róla leolvasott külpontossági érték ismeretében a műszer programja számította központos irányértéket (3.9. ábra).



3.9. ábra. Oszlop kerületi pont mérése kártyával és külpontosan

### 3.3 Szabad hálózat kiegyenlítése

A mérési eredmények feldolgozásának első lépéseként a hálózat kiegyenlítését és a részletpontok koordinátáinak számítását végeztem el. A feldolgozási eljárás újdonságaként az eddigiektől eltérően a hálózatkiegyenlítését egy nyílt forráskódú szoftvert felhasználásával végeztem el.



3.10. ábra. Vízszintes hálózat meghatározási terve



A QGIS-hez készült SurveyingCalculation modult magyar fejlesztők készítették a Zanzibári Állami Földmérés támogatására. A szoftver tehát windows környezetben is futtatható. A GIS rendszerbe való integrálásának köszönhetően sajátosan kezeli a mérési jegyzőkönyveket és koordináta-jegyzőkönyveket. Mivel jellemzően külföldi használatra készült így a hazánkban használt 360-as fok rendszer helyett a 400-as újfok rendszerben jeleníti meg a mérési- és számítási eredményeinket. Ez a sajátosság az eredmények értelmezésében azonban nem jelent hátrányt, hiszen a váltószámok ismeretében, szükség esetén a két rendszer átjárható.

A hálózat kiegyenlítést a modulon belül a Prágai Műszaki Egyetem által készített szintén nyílt forráskódú GNU Gama\_local végzi. Ez szabad vagy beillesztett 1, 2 vagy akár 3 dimenziós hálózatok kiegyenlítését végzi a legkisebb négyzetek módszere szerint.

A tarnaszentmáriai hálózatot (3.10. ábra) helyi rendszerről lévén szó, ismert pontok hiányában szabad hálózatként egyenlített ki. A kiegyenlítést követően a koordináta középhibák 1-2 mm-es nagyságrendűek lettek.

A trigonometriai magassági hálózat kiegyenlítését is elvégeztem, mivel magassági értelemben vizsgáltam az épület tölcser ablakait. Ehhez egy helyen, a 6-os állásponton mértem műszer- és jelmagasságot a padlószinthez képest. A számítást követően így minden pontnak megkaptam a padlósint feletti magasságát is. Az álláspontok magassági középhibái szintén 1-2 mm-es értékűnek adódtak.

A kiegyenlítést követően (és a szentély középpont ismeretében) az egész rendszert egy egybevágósági transzformációval úgy toltam- és forgattam el, hogy a szentély a valóságnak megfelelően keleti tájolású legyen és az épülete tengelye a koordináta-rendszer y tengelyével legyen párhuzamos. A transzformáció számításához szintén a SurveyingCalculation programot használtam.

### 3.4 Kiegyenlítő körök számítása

Az épület geometriájából adódik, hogy íves szentélyét körívek építik fel. Ahhoz, hogy az alaprajzi méretekhez jussunk, szükségünk van ezen körök középpontjának koordinátaira a hozzájuk tartozó sugárértékkel együtt. Ezeket azonban közvetlenül a terepen nem tudjuk meghatározni. Hozzájuk csakis a részletpontok koordinátáinak ismeretében, fölös mérések birtokában, kiegyenlítő számítás útján juthatunk.

A kiegyenlítő kör egy olyan kör lesz, amely úgy helyezkedik el a mért részletpontjainkhoz képest, hogy a pontok és a körív között mért radiális irányú távolságok négyzetösszege minimum lesz. A kiegyenlítő kör számítását *Csepregi et al. (1987)* szerint végeztem. Ennek a számítási módszernek a lényege, hogy segéd ismeretlenek bevezetésével egy lineáris javítási egyenletet hoz létre. Ennek felhasználásával a II. kiegyenlítési csoport lépésein végighaladva eredményül megkapjuk a kör középpontjának koordinátáit, a hozzájuk tartozó sugár értéket, a pontokhoz tartozó javításokat, valamint ezen értékekhez tartozó megbízhatósági mérőszámokat is. Az épülethez tartozó 7 darab kiegyenlítő kört az általam készített Octave programmal végeztem. A számítás eredményeit a 3.1. táblázatban foglaltam össze.

3.1. táblázat. A tarnaszentmáriai templom kiegyenlítő körei

Jelölés	Kör megnevezése	Kör középpont		Sugár	Középhibák (m)		
		y	x		r	my	mx
r1	Szentély belső fal	500,014	200,053	1,523	0,012	0,004	0,003
R1	Szentély külső fal	499,994	200,047	2,272	0,013	0,007	0,002
r2	Alttemplom	500,044	200,029	1,235	0,014	0,005	0,008
A	A oszlop	496,578	201,089	0,174	0,002	0,003	0,005
B	B oszlop	498,789	201,098	0,188	0,003	0,004	0,008
C	C oszlop	498,797	198,978	0,189	0,003	0,005	0,011
D	D oszlop	496,551	199,004	0,178	0,003	0,004	0,007

Az épület geometriai szerkesztésének szabályosságára utalhat, hogy a szentély külső és belső falívére valamint az altemplom belső falívére illeszkedő kör középpontok 5 cm-en belül helyezkednek el. Megfigyelhető továbbá, hogy ugyanezen szerkezeti elemekhez tartozó sugár értékek középhibái centiméter alattiak.

A kör adatok ismeretében a további részletpontok felhasználásával megszerkeszthetővé vált egy új alaprajz.

### 3.5 Méretek megfeleltetése

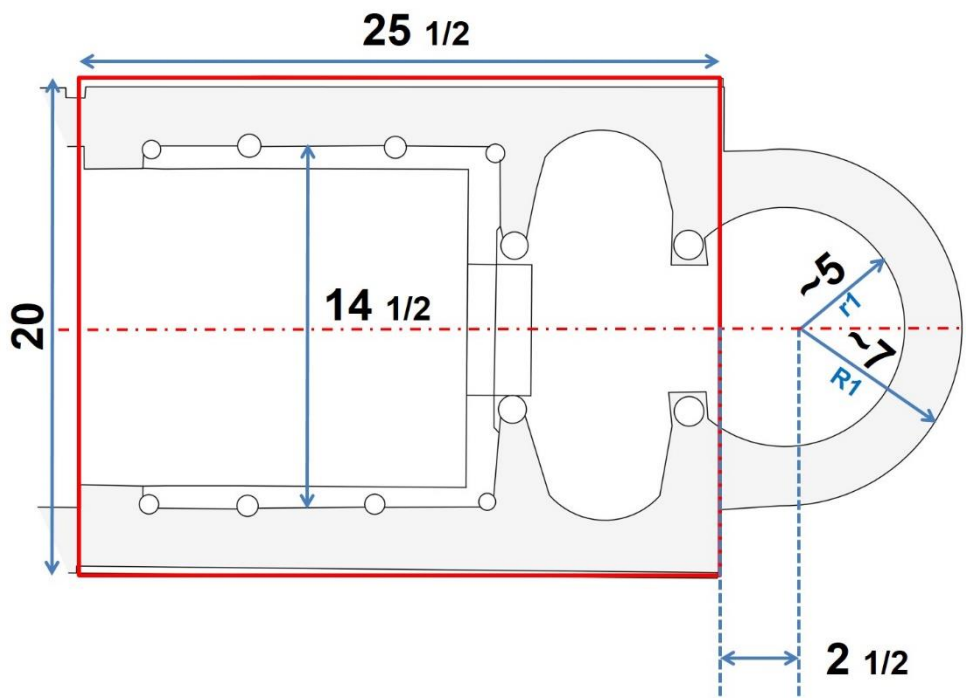
Az új részletes alaprajz ismeretében nagy pontossággal meghatározhatóvá válnak a királyi mértékegység-rendszer elemeinek méter-rendszerbeli értékének rekonstrukciójához szükséges épület méretek. Előbb azonban meg kell vizsgálni, hogy az épület méretei és az említett mértékegység között van-e kapcsolat, másként fogalmazva, használták-e a királyi mértékegységeket az épület tervezéséhez, kitzéséhez. Ahogyan azt a *3.1. fejezetben* leírtam, egy korábbi alaprajz alapján nagy valószínűséggel feltételeztem az említett kapcsolat meglétét.



**3.11. ábra.** *Az alapozás lábazata északon és délen*

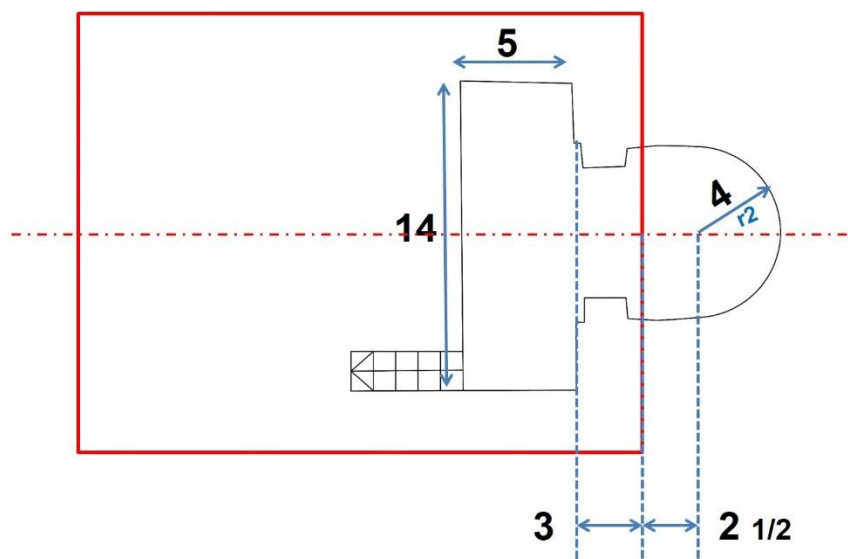
Hosszas vizsgálat után azt találtam, hogy a hajó északi és déli oldalán lévő a faltól mintegy 10 cm-re lévő és nagyjából 20 cm magas lábazatok (*3.11. ábra*) közötti távolság, tehát a hajó rövidebbik oldala 20 lábnak (2 ölnök) feleltethető meg. Ezt követően próbáltam a hajót befoglaló téglalap hosszabbik oldalát meghatározni. Itt már nehézségekbe ütköztem, ugyanis az újonnan a hajóhoz épített toldalék miatt egyértelműen nem határozható meg ez az érték. Nagy bizonytalansággal azonban ez az érték 25,5 lábnak adódik (*3.12. ábra*).

A hajó falvastagsága nem mutat kerek értéket, a falak között lévő belső távolság pedig inkább a szerencsének mintsem tudatos méretezésnek köszönhetően 14,5 láb. Megvizsgáltam a hajó belsejét díszítő faloszlopok távolságait, de egyik királyi egységben sem jönnek ki kerek egész értékben egymáshoz képest, sőt teljesen aszimmetrikus az elhelyezkedésük.



**3.12. ábra.** A hajó és a szentély méretei királyi láb egységben

A hajó méreteinek megfeleltetése során tapasztalt eredménytelenség arra ösztönzött végeznek mélyebb kutatást az épület történetével kapcsolatban. Ekkor talákoztam Sági Lajos (1980) írásával. Szerinte a ma hajóként funkcionáló épületrész a szentélytől eltérően korábban, akár a honfoglalás idejében épülhetett. Ezt a következtetést az általa feltárt ősmagyar elemek és a belső kiképzésből vonja le. Továbbá megállapítja, hogy az épületrész eredetileg nem készülhetett templomnak, mivel annak valamennyi jellemzőjét nélkülözi. Középkori okleveleinkből tudjuk, hogy a királyi mérték-egység-rendszert Szent István király alapította, így nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy a hajó építéséhez még nem használhatták azt.



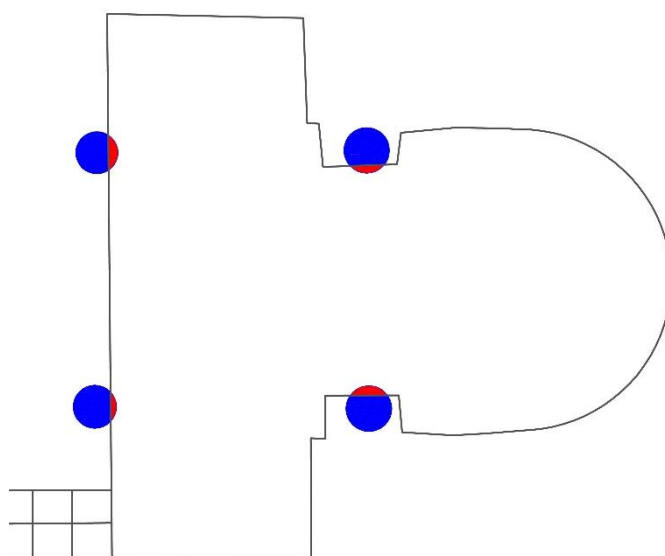
**3.13. ábra.** Az altemplom szerkezeti elemeinek méretei királyi láb egységben

A rekonstrukció szempontjából ezért kiemelt jelentőséggel a szentély és az alatta található altemplom bír. Közülük az altemplom épülhetett hamarabb így a vizsgálatot is vele kezdtem. Elsőként

megrajzoltam a templom tengelyét. Ezen a hajó szélétől keleti irányba 2,5 lábát felmérve éppen az altemplom belső falívére illeszkedő kör középpontját kapom. Innen egy 4 arasz sugarú kört rajzolva megkapom a belső fal körívét. Az altemplom cellája 5 láb széles és 14 láb hosszú, valamint az épület tengelyén mérve pontosan 3 lábra helyezkedik el a hajó szélétől (3.13. ábra).

A szentély vizsgálata során első lépéskén a szentély külső belső falívére illeszkedő körök középpontjának kijelöléséhez a hajó szélétől a tengelyen felmértem 2,5 lábát. Az altemplommal ellentétben a szentély esetében a kör középpontjából nem lehet olyan egész láb értékű sugarú kört rajzolni, amely a belső ill. külső fal ívére illeszkedne. Közelítőleg azonban megadható, hogy előbbi szerkezeti elemhez tartozó sugár nagyságrendileg 5 láb, míg utóbbihoz tartozó sugár közelítőleg 7 láb értékű (3.12. ábra). A szentély északi és déli karéjainak, valamint ezek záródásában található oszlopok átmérőinek a vizsgálata sem hozott kedvező eredményt.

Összességében az is megállapíthatóvá vált, hogy a szentély és az altemplom között csak nagyon gyenge geometriai kapcsolat van. Erre utalhat többek között az is, hogy bár statikai szempontból jelentősége lenne, de a szentélyben lévő négy darab oszlop nem illeszkedik az altemplom tartó falazatára (3.14. ábra).

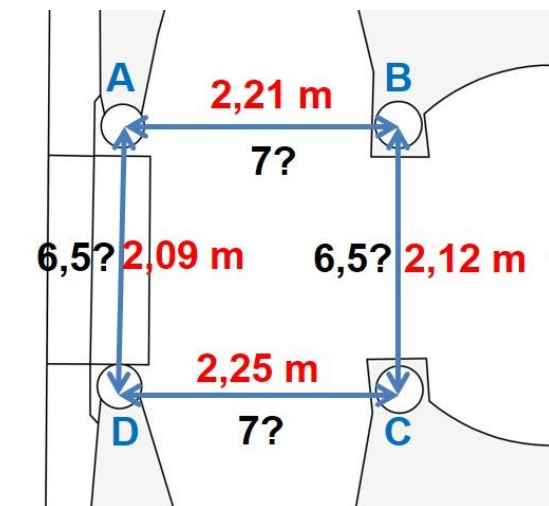


**3.14. ábra.** Az altemplom és az oszlopok elhelyezkedése, pirossal a támasztás nélküli részek

Az alap érték amelyből kiindultam az volt, hogy a hajó észak-déli alapjának lábazatai közötti távolság 20 láb. Feltételezhető tehát, hogy a szentély külső belső falívéhez tartozó sugár érték azért nem feleltethető meg egész láb egységként, mert nem a falat, hanem az alatta található alapot tűzték ki megadott méretre. Ez az alap azonban ma nem látható így közvetlenül nem mérhető. Mivel az altemplom méretei megfeleltethetőek voltak láb egységben így az alaprajzát felhasználva megpróbáltam egy 10 szer 20 láb nagyságú négyszöggel meghatározni a lábazat feltételezett helyét. Ez azonban csak az épület szerkesztésének szempontjából fontos. Gyakorlatilag a mértékegység rekonstrukciójában jelentősége nincs, mivel erre vonatkozó konkrét méréssel nem rendelkezünk.

A szentély négy darab oszlopát befoglaló téglalap vizsgálata sem hozott eredményt. Megállapíthatóvá vált, hogy az oszlopok közötti távolságok nem egyenlők és azok nem feleltethetőek meg királyi mértékegység egész számú többszöröseként sem (3.15. ábra). Hasonlóan az oszlopokhoz az épületen található öt darab tölcsér ablak magassága sem feleltethető meg kerek, egész értéknek.





**3.15. ábra.** A karéjzáródások oszlopai közötti távolságok és bizonytalan megfeleltetésük láb egységben

Bár az épület tervezésének, kitűzésének folyamata hiánytalanul nem végezhető el, mégis összeállítottam egy megfeleltetési táblázatot, amelynek segítségével meghatározhatóvá válik az épület néhány méretéből a királyi mértékegység-rendszer elemeinek metrikus értékei.

A 3.2. táblázat első két oszlopa a méretek rajzokon felhasznált jelölését valamint a megnevezését tartalmazza. A következő oszlopban az adott méreteket foglaltam össze méterben. Az egység oszlopban található meg, hogy melyik méret hány lábnek feleltethető meg az alaprajz alapján. Ezt követően a méreteket elosztva az egységgel minden egyes méretre kaptam egy-egy láb értéket. Az eredményekhez a korábbi templomok hasonló táblázatától eltérően egység súlyokat rendeltem. Ezzel is szerettem volna kifejezni azt, hogy a tarnaszentmáriai templom kevésbé alkalmas a mértékegység rekonstrukcióra. A táblázat felhasználásával egység súlyok miatt számtani átlagként számítható az épület méreteiből egy átlagos láb érték méter-rendszerben. Ebből a váltószám ismeretében pedig meghatározható 1 magyar királyi öl metrikus értéke, amely 3,17 méternek adódik.

**3.2. táblázat.** Megfeleltetési táblázat és eredménye

Méret leírása	jel	hossz (m)	egység (db)	láb (cm)	súly
1 Hajó szélesség		6,365	20	31,83	1
2 Hajó hosszúság		8,114	25,5	31,82	1
3 Hajó belső szélesség		4,605	14,5	31,76	1
4 Teljes külső hossz		11,145	35	31,84	1
5 Altemplom középpont távolság		0,802	2,5	32,08	1
6 Altemplom cella távolság		0,947	3	31,57	1
6 Altemplom sugár	r2	1,235	4	30,88	1
7 Altemplom szélesség		1,618	5	32,36	1
8 Altemplom hosszúság		4,417	14	31,55	1
9 Szentély középpont távolság		0,789	2,5	31,56	1
10 Szentély belső fal sugár	r1	1,523	5	30,46	1
11 Szentély külső fal sugár	R1	2,272	7	32,46	1

Számtani átlag:

**31,68 cm**



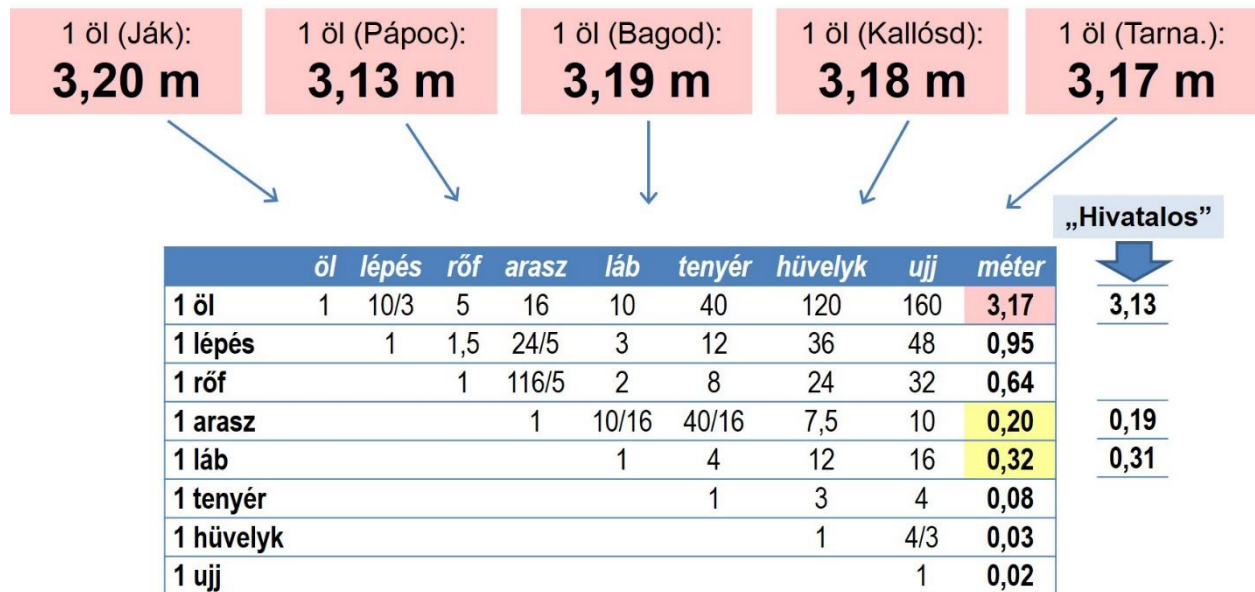
1 öl:

**3,17 m**

Az előzetes vizsgálatokkal ellentétben a szabatos mérések felhasználásával végzett megfeleltetés eredménye nem mondható teljesen sikeresnek. Ismételten bebizonyosodott, hogy a rekonstrukciós vizsgálatokhoz feltétlenül szükség van szabatos mérési és feldolgozási eljárással előállított alaprajzra.

#### 4 A királyi mértékegység-rendszer megfeleltetése öt épület rekonstrukciós adataiból

A tarnaszentmáriai templom eredményeivel együtt immáron öt darab épület méreteiből levezetett királyi öl érték áll rendelkezésemre. A jáki, a bagodi, a pápoci, a kallósi és a tarnaszentmáriai templom méreteiből meghatározott királyi öl értékek számtani átlagaként újraszámítottam a mérettáblázatot. Ez alapján 1 magyar királyi öl általam meghatározott értéke 3,17 méter. Ez mintegy négy centiméterrel tér el a ma – a mérőszinór méretéből levezetett – „hivatalosan” elfogadott értéktől. Az eltérés azonban az általam számított és hivatalosan elfogadott értékek között, a kisebb, így az láb illetve arasz egységek esetében csupán 1-1 centiméternek adódik (3.16. ábra).



3.16. ábra. A mérettáblázat újraszámítása öt templom méreteiből meghatározott királyi öl értékek számtani átlagaként

## 5 Irodalomjegyzék

- Ágfalvi M., Bekk T., Busics Gy., Farkas R., Kiss A., Tarsoly P. Tóth Z. Vincze L. (2009): Geodéziai mérési praktikum, NymE GEO, Székesfehérvár.
- Bérczi Szabolcs (2011): Körtemplomok a Kárpát-medencében és Nyugat-Euráziában
- Bogdán István – Maksay Ferenc (1967): Királyi öl és királyi hold. Agrártörténeti Szemle, 1967/1-2. szám.
- Bogdán István (1978): Magyarországi hossz- és földmértékek a XVI. század végéig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978. (A Magyar Országos Levéltár kiadványai IV. Levéltártan és történeti forrástudományok 3.) 388 oldal.
- Bogdán István (1987): Régi magyar mértékek. Gondolat Kiadó, Budapest, 1987. 128 oldal.
- Bogdán István (1990): Magyarországi hossz- és földmértékek. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990. (A Magyar Országos Levéltár kiadványai IV. Levéltártan és történeti forrástudományok 6.) 633 oldal.
- Bogyay Tamás (1940): A kallósi kerek templom, Dunántúli Szemle, 1940/5-6. szám, 267-277. old.
- Bogyay Tamás (1943): A Jáki apátsági templom és a Szent Jakab-kápolna. Martineum Könyvnyomda Rt, Szombathely, 1943, 81-84. old.
- Bronstein I. N, Szemengyajev K. A. (1963): Matematikai zsebkönyv, Tankönyvkiadó, Budapest
- Busics György (2014): A vonatkoztatási rendszerek és transzformálásuk néhány kérdése. In: Márkus Béla (szerk.): Térinformatika 2014. 399 p. Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet, Székesfehérvár, pp. 21-30. (ISBN 978-615-5460-27-2)
- Busics György (2015): Egy elfeledett hossz mérték, a királyi öl, és kapcsolata középkori építmények méreteivel. Tanulmány, Lánzos-Szekfü Közalapítvány, Székesfehérvár, 2015.
- Busics György, Csepregi Szabolcs (1997): Poláris részletmérés segédpontokkal. Geodézia és Kartográfia, 1997/3. 12-17. old.
- Busics György, Páli Meliton, Tóth Sándor (2016): Az egykori királyi hosszegység meghatározása két megmaradt középkori templom méretei alapján. Geodézia és Kartográfia, 2016/3-4., 7-12. old.
- Csepregi Szabolcs, Kádár István, Papp Erik (1987): A kiegyenlítő kör meghatározása lineáris közvetítő egyenlettel. Geodézia és Kartográfia, 1987/1, 43-48. old.
- Felck Alajos (1988): A királyi mértékről egy könyvészeti jubileum alkalmából. Geodézia és Kartográfia, 1988/2, 53-56. old.
- Gervers-Molnár Vera (1972): A középkori Magyarország rotundái. Művészettörténeti Füzetek 4. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972.
- Káldi Gyula (1995): A kallósi temetőkápolna helyreállítása, Műemlékvédelem, 1995/ 1. szám, 3-11. old.
- Káldi Gyula (2002): A bagodvitenyéd-szentpáli római katolikus temetőkápolna műemléki helyreállítása, illetve néhány adalék annak építéstörténetéhez. Műemlékvédelem, 2002/5, 279-286. old.

- Koppány Tibor (1996): A pápóci Szent Mihály-kápolna kutatása és helyreállítása, Műemlékvédelmi szemle, 1996/1. szám, 25-36. old.
- Körmendy László: A jáki templom rövid ismertetése. Martineum Könyvnyomda Rt. Szombathely, 1932, 41. old
- Kovács Miklós: Ingatlan-nyilvántartás és adatkezelés. Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar kiadása. Székesfehérvár, 2015, 15. old.
- Kozák Károly: Téglából épített körtemplomaink és centrális kápolnáink a XII-XIII. században. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve, 1976—77/11, 49-89. old.
- Kralovánszky Alán (1983): The Earliest Church of Alba Civitas. Alba Regia, 1983, XX. 75-88.
- Pálinkás Tibor (1999): A méter sztori, Rádiótechnika Évkönyve, 1999/11. szám, 146-149. old.
- Sápi Lajos (1980): A tarnaszentmáriai (Heves m.) templom. Műemlékvédelem 24. évf 2. sz. 107-117 old.
- Sárdy Andor (1969): A kiegyenlítő kör mérnökgeodéziai felhasználása, Geodézia és Kartográfia,
- Szilágyi András (2008): A Kárpát-medence Árpád-kori rotundái és centrális templomai. Semmelweis Kiadó és Multimédia Stúdió, Budapest, 2008.
- Nemcsics Ákos (2005): Egy középkori kerektemplom reinkarnációja. Országépítő, 2005/1. szám, 54-58. old.