



ÓBUDAI EGYETEM

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

UAV-val készült felvételek régészeti alkalmazása

OE-AMK
2016

Hallgató neve: Kalmár Erzsébet Noémi
Hallgató törzskönyvi száma: T006003/FI21120/N



SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kalmár Erzsébet Noémi

Neptun kódja: [REDACTED]

Képzés: Földmérő/Földrendező mérnök szak, földrendező szakirány, nappali tagozat

Intézet: Geoinformatikai

Szakedolgozat száma: 364/2016

A dolgozat címe: UAV-val készült felvételek régészeti alkalmazása

A dolgozat címe angolul: Archeological application of UAV images

Feladat:

- Röviden ismertesse egy székesfehérvári régészeti lelőhely történelmi hátterét!
- Szakirodalom alapján tekintse át a régészetben alkalmazott adatgyűjtési módszereket, részletesebben ismertesse az UAV-k szerepét!
- Készítse el a régészeti lelőhelyen UAV-val készített képek alapján a terület ortofotóját!
- Vizuális interpretáció segítségével vektorizálja és szakmai konzultáció alapján rendszerezze a különböző időszakokból származó falmaradványokat!
- Vizsgálja meg a vektoros térkép illeszkedését korábbi térképekhez!
- Értékelje a módszert régészeti szempontból!
- Összegezze tapasztalatait az UAV-val történő adatnyerés és az előállított termékek felhasználási lehetőségeinek szempontjából!

Beadandó munkarészek: műszaki leírás, régészeti leletek digitális állományainak analóg megjelenítése

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán adjunktus

Balázsik Valéria mestertanár

A kiadott téma elévülési határideje: 2018. január

A beadás határideje: 2016. december 15.

A záróvizsga tárgyai: komplex záróvizsga

Székesfehérvár, 2016. október 24.

Dr. Busics György
intézetigazgató



Dr. Györök György
dékán



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott **Kalmár Erzsébet Noémi** szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem, mint a feladatot kiíró intézmény saját céljaira térítés nélkül felhasználhatja.

Kelt: Székesfehérvár, 2016. 12. 10.

Kalmár Erzsébet Noémi
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	KORSZERŰ ADATNYERÉSI TECHNOLOGIÁK A RÉGÉSZETBEN.....	6
2.1.	Légi fényképezés	6
2.2.	Lidar.....	9
2.3.	Talajradar	10
3.	TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS.....	12
4.	A FELTÁRÁS KÖRÜLMÉNYEI	14
4.1.	Új feltárás 45 év után.....	14
4.2.	Eltérő nézetek a múlttal kapcsolatban.....	15
5.	ALKALMAZOTT ESZKÖZÖK ÉS SZOFTVEREK.....	19
5.1.	A pilóta nélküli repülőeszközök.....	19
5.2.	UAV alkalmazása a régészeti feltárás során	22
5.3.	Az ortofotó	23
5.4.	Felhasznált szoftverek.....	24
5.4.1.	AgiSoft PhotoScan.....	24
5.4.2.	AutoCAD Civil 3D 2013.....	25
6.	ORTOFOTÓ MOZAIK ELŐÁLLÍTÁSA.....	26
6.1.	Pontfelhő előállítása.....	26
6.2.	Illesztőpontok megadása.....	27
6.3.	Ortofotó előállítása	31
7.	AZ ÉPÜLETMARADVÁNYOK VEKTOROS ÁLLOMÁNYÁNAK ELŐÁLLÍTÁSA ..	33
8.	KÜLÖNBÖZŐ FORRÁSÚ ADATOK KÖZÖS ADATBÁZISBA ILLESZTÉSE.....	37
9.	ELEMZÉSI LEHETŐSÉGEK.....	42
9.1.	Raszteres és vektoros állományok összehasonlító elemzése.....	42
9.2.	Vektoros állományok összehasonlító elemzése.....	43
10.	ÖSSZEGZÉS	48
11.	IDEGEN NYELVŰ ÖSSZEGZÉS.....	50
12.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	52
13.	IRODALOMJEGYZÉK	53

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedben a geodéziai és távérzékelési adatgyűjtő eszközök és feldolgozási technológiák jelentős fejlődésen mentek keresztül. A korszerű módszereknek köszönhetően gyorsabban és gazdaságosabban jutunk nagy mennyiségű adathoz, amelyeket sok esetben nagyobb pontosság is jellemez, és az adatfeldolgozást a hardvereknek és szoftvereknek köszönhetően hatékonyabban lehet elvégezni. Az adat- és információnyerési technológiák könnyen elsajátíthatók, így alkalmazásuk számos szakterületen, így a régészetben is megjelent. A hagyományosan időigényes terepi munkák, az ásatások felmérése és a leletek dokumentálása az új technológiáknak köszönhetően rövidebb idő alatt is elvégezhetőek. A digitálisan rögzített adatok lehetőséget adnak az utólagos információnyerésre, különböző elemzésekre és sokféle vizualizációt kínálnak.

Annak ellenére, hogy műszaki pályát választottam, mindig érdekelt a történelem és a régészet, így szakdolgozatom témaválasztásában ennek nagy szerepe volt. 2014 őszén, a Bazilika előtti ásatási helyszín mellett mindig érdeklődéssel mentem el. A tanulmányaim során megismert korszerű technológiák régészeti alkalmazási lehetőségeit szerettem volna mélyebben megismerni. Az Árpád-ház program keretében, Géza fejedelem négykaréjos temploma feltárásának dokumentálása pilóta nélküli repülő eszközzel valósult meg. Az elkészült képeket a felvételezést végző vállalkozás rendelkezésemre bocsátotta, és lehetőséget adott, hogy eszközeinek használatával feldolgozzam azokat. Előállítottam a terület ortofotó mozaikját, a raszteres állomány alapján lehatároltam az ásatáson előkerült falmaradványokat. Létrehoztam egy integrált adatbázist, amelybe különböző forrású adatokat illesztettem, ezáltal lehetőségem volt elemzési feladatok elvégzésére. Dolgozatomban olyan módszert mutatok be, amely alkalmas a különböző korszakok épületmaradványai közötti lehetséges kapcsolatok feltárására. A célszerűen kialakított adatstruktúra lehetővé teszi a különböző formátumok közötti idő- és térbeli elemzéseket, vizsgálatokat, melyekre dolgozatomban példákat mutatok be, és tapasztalataimat összegzem a módszer hatékonysága és a benne rejlő újabb lehetőségek szempontjából.

2. KORSZERŰ ADATNYERÉSI TECHNOLÓGIÁK A RÉGÉSZETBEN

A XXI. században az adatnyerési technológia nagy fejlődésnek indult, ami a régész szakemberek munkáját is megkönnyítheti. A leletfelderítés és bemérés, az adatok dokumentálása már korszerű eszközökkel, módszerekkel gyorsan, és könnyedén megoldható. Bár a szakdolgozatom fő témája az UAV (pilóta nélküli légi jármű) felvételek régészeti alkalmazása, röviden kitérnék egyéb technológiákra is, amelyek jól hasznosíthatóak a régészetben, mint például a légi fényképezés különböző spektrális tartományokban, a LIDAR (Light Detection and Ranging) és a talajradar technológiák.

2.1. Légi fényképezés

A légi fényképezés régészeti alkalmazása a legkorábbi eljárás a geoinformatikai technológiák közül. Ha a kiértékeléshez készült képek valamilyen légi repülő eszközről, általában repülőgépről készülnek, akkor légi fotogrammetriáról beszélünk. Ezzel a módszerrel nagy területek fényképezésére van lehetőség. A kiértékelendő területet pontos terv szerint készített képsorokkal fedik le. Ezért a fényképezés előtt fontos a tervezés. A felvételek sorokat alkotnak, egymást előre meghatározott százalékban fedik át, a sorok között és a sorokon belül is. A légi fényképezés végrehajtásakor sajátos követelményeket kell szem előtt tartani, szükséges a fényképező repülőgép és a fényképező személyzet gondos megválasztása, figyelni kell az időjárási viszonyokra, az évszakra és a napszakra is. [3]

A repülési tervet régebben még pauszpapírra készítették, de ez mára már megváltozott. A XXI. században különféle repülési terv készítő programokat használnak a légi fényképezés során, ha a felvétel készítése automatikusan történik. Ezek a programok elérhetők az interneten és lehetőség van akár az ingyenes letöltésükre is.

Ilyen program például az Interspect Aerial Survey Pro. Ez a szoftver 2015-ben készült az Interspect Kft. közreműködésével. Támogatja az ember vezette repülőgépes és helikopteres, a távirányított, de akár a pilóta nélküli eszközök fotogrammetriai repüléseinek megtervezését. A Survey Pro-val könnyű és gyors a repüléstervezés. Egyértelműen kezelhető, az útvonalak könnyen módosíthatóak, szemlélteti az átfedést a

képek között, ellenőrzi a felbontást. További előnyei a képvándorlás figyelmeztetés, legkisebb terephez viszonyított repülési magasság jelzése, várható repülési idő és megtett út kijelzése, korlátozott légterek jelzése, dokumentáció exportálása a hatósági ügyintézéshez és a szükséges felvételek és repülési sorok számának jelzése. [29]

A légi fotózás alkalmazása bármely régészeti korszak kutatója számára számos előnyt jelent. Egy-egy lelőhelyet összefüggéseiben tudnak megfigyelni, mivel a jelenségeket madártávlatból láthatják. A technikának köszönhetően több száz vagy akár több ezer éves, teljesen elpusztult házakat, árkokat, különféle maradványokat tudnak detektálni a szakemberek, így lehetőség nyílhat akár arra is, hogy egy teljes település szerkezetét elemezhesék. A felszínen járva ezeknek csupán töredéke lenne látható. De ez az eljárás alkalmas lehet még egykori patakok, folyók kiszáradt medreinek vizsgálatára is. [5]

A légi fényképezés legfontosabb indikátorai utalhatnak egy-egy lelőhely léteire. Ezek a „jelek” a következők lehetnek: talajjelek, növényjelek, árnyékjelek és a hó. [5]

A talajjal az egyik legfontosabb jel, a szántott, megmunkált földterületen mutatkozik. A talaj elszíneződéséből lehet következtetni a föld alatt lévő maradványokra. A talaj színe a sötétbarnától a világosbarnáig változhat, amely függ a humusztartalomtól és a talajnedvességtől (sáncok, árkok pusztulása és feltöltődése). Erre láthatunk példát a 2.1. számú ábrán. [5]

A másik fontos jel a növényjel, amely a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken a legváltozatosabb és leggyakoribb. A talaj egykori megbolygatására utalnak ezek is. Ahogy a talajjeleknél, itt is megfigyelhető a növények elszíneződése. Alapvetően kétféleképpen viselkednek a növények, vagy sötétzöldek (a gazdag humusztartalom miatt, az egykor elpusztult házak falai vagy árkok felett) vagy sárgászöldek (tápanyagszegény réteg miatt, a kő-vagy téglafalak felett). A növényzetben megmutatkozó, felszínalatti régészeti leletre utaló, különböző jelek különösen jól detektálhatók a közeli infravörös tartományban. Ma már ezek a jelek nem csak vizuális interpretálással értelmezhetők, hanem a digitális képelemzés eszközeivel kvantitatív módon kimutathatóak. A növényjelek szemléltetése a 2.2. számú ábrán látható. [5]

Árnyék- és hójelek csak ideális esetben hasznosak. [5]



2.1. ábra Talajjelek: Zsámbok, Kerek-halom (forrás: http://tortenelemszak.unimiskolc.hu/Hallgatoi_anyagok/BA_regeszet/tereptan_anyagok/R%E9g%E9szeti%20K%E9zik%F6nyv%202011.pdf)



2.2. ábra Növényjelek: Ócsény, Pusztagyörke (forrás: http://tortenelemszak.unimiskolc.hu/Hallgatoi_anyagok/BA_regeszet/tereptan_anyagok/R%E9g%E9szeti%20K%E9zik%F6nyv%202011.pdf)

2.2. Lidar

A LIDAR (Light Detection and Ranging) egy lézeres adatnyerési technológia. Hosszú évek óta folynak kutatások e technológia területén. A lézer kifejlesztése után indult meg a LIDAR gyors fejlődése. A lézeres vizsgálatokat ma már nem csak az atmoszférára terjesztették ki, hanem vízmélység mérésre és földfelszín kutatásra is. [4]

A LIDAR sugárforrás és érzékelő egyaránt, vagyis az aktív távérzékelési rendszerekhez tartozik. Működése hasonló a radaréhoz, viszont ennek a rendszernek a kibocsátott és fogadott elektromágneses sugárzásának magasabb a frekvenciája. Az elektromágneses spektrum ultraibolya, látható és infravörös tartományait használja. Az elektromágneses energia alapú távmérés elvével egyezik meg a működésének alapelve. Lényegében a lézer kibocsát egy elektromos impulzust, ami az objektumon visszaverődik. A kibocsátás és a visszaverődés között eltelt idő kerül rögzítésre. Az objektum és a lézer távolsága kiszámolható a tárgy által visszavert sugár kibocsátásának és visszaérkezés idejének különbségéből, az elektromágneses energia terjedési sebessége pedig ismert. [4]

A lézeres rendszerek négy típusa ismert, ezek a következők: topográfiai LIDAR, mélységmérő LIDAR, több visszaverődést regisztráló LIDAR, teljes jelalakos lézerszkennelés. Georeferált pontfelhő a légi lézerszkennelés eredménye. Ez magassági adatokat tartalmaz a felszínről és a felszínen lévő objektumokról. A legújabb szenzorok képesek a lézerimpulzus teljes jelalakjának regisztrálására. Ez lehetővé teszi a nagysűrűségű adatok felvételezését. A tárolt értékek alapján georeferált raszteres képek állíthatók elő. Ezek segítséget adhatnak például felszíni objektumok azonosításában vagy a vizsgált terület használatának meghatározásában. [4]

A LIDAR technológia alkalmazásának számos előnye van, de akad hátránya is. Előnye, hogy aktív rendszer, így független a megvilágítástól, akár éjjel is végezhető felmérés, teljes felhőborítás sem akadály a felvételezés során (erős esőzés és köd azonban már befolyásolhatja a lézerfény terjedését), nagy pontosságúak az adatok, valamint rövidebb hullámhosszúságú energia is használható. Legnagyobb hátránya, hogy viszonylag még új és drága technológia. Alkalmazási területek többek között partvonalak felmérése (például a Balaton partvidékének lézeres felmérése), vízmélység mérés, városi modellezés, erdőzet vagy akár a régészet. Mivel nagy pontossággal kirajzolja a felszíni formákat ez a technológia, ezért a régészetben alkalmas például az úgynevezett

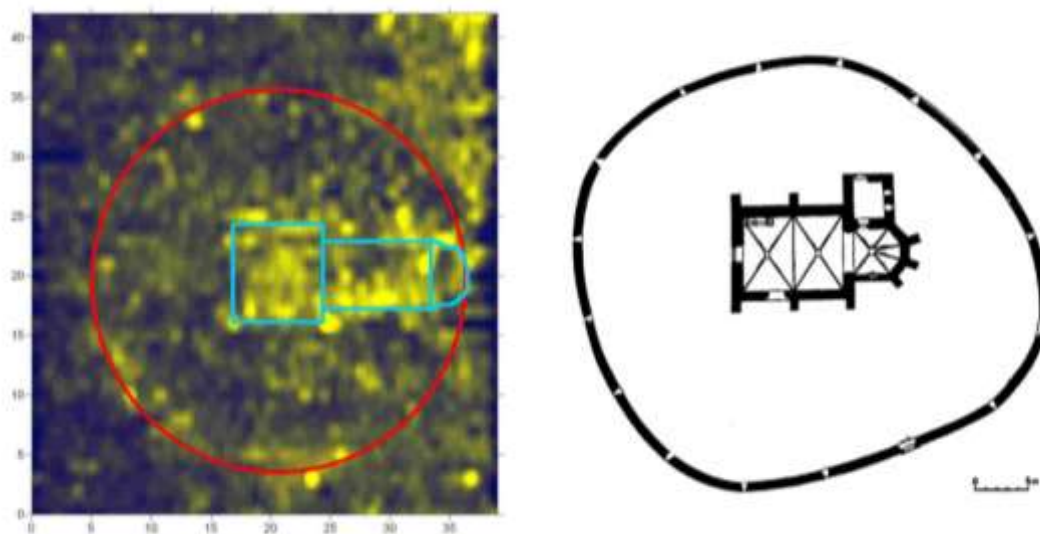
földvárak felvételezésére. Földvárnak nevezzük az olyan lakóterületet, amely különböző jellegű és méretű földművel, sánccal vagy árokkal (többnyire mindkettővel) van védve. A sánc készülhetett csak földből, kőből és földből, ritkább esetben csak kőből, vagy faszerkezettel erősített földből. Hazánkban a természet védelméről szóló törvény alapján valamennyi földvár védett természeti értéknek számít. Légi felvételek alapján lehetséges a várak állapotának felmérése, a közelmúltban számos objektumot fedeztek fel ennek segítségével. [4, 5]

2.3. Talajradar

A föld alatt elhelyezkedő objektumok helymeghatározásának fontos eszközei a talajradarok vagy más néven földradarok (GPR - Ground Penetrating Radar). Roncsolásmentes vizsgálati eszköz. Használatával számos geofizikai, geológiai és geotechnikai feladat megoldható. [30]

A radar nagy frekvenciájú hullámokat bocsát ki, amelyek fénysebességgel terjednek a levegőben és behatolnak a talajba, ahol megtörnek és visszaverődnek. Az eszköz a visszaverődés elvét használja alapvetően. A műszeren található egy adó és egy vevő készülék (antenna). Az adó bizonyos időközönként bocsát ki jelet (hullámot). Ez a hullám halad a közegben mindaddig, amíg egy másik közegbe nem ütközik. Ez a közeg a jel egy részét elnyeli, egy részét pedig visszaveri. A visszavert hullám eljut a vevőberendezéshez, amely tárolja azt. A felszín alatti határfelületeket a visszavert jelek képezik le. Ezeket a határfelületeket, pontszerű objektumokat anomáliának nevezik. [30]

A földradarok alkalmasak beton-és falvizsgálatra, közúti mérésekre, vasúti mérésekre, közművek, vezetékek kutatására vagy régészeti lelőhely kutatására. A régészek ezzel a módszerrel nagy területet, roncsolásmentesen tudnak felmérni. Gyorsan és hatékonyan végezhető el a szelvényezés a vizsgálni kívánt területen. Négyzethálóban történik a mérés. Könnyen értelmezhető, részletes információ nyerhető a feldolgozás eredményeként. A talajtakaró nagyban befolyásolja a mérés sikerességét. A talajradar régészeti alkalmazására egy példa a 2.3. számú ábrán látható. [5, 30]



2.3. ábra Árpád-kori kápolna kimutatása radarméréssel (forrás: http://tortenelemszak.uni-miskolc.hu/Hallgatoi_anyagok/BA_regeszeti/tereptan_anyagok/R%E9g%E9szeti%20K%E9zik%F6nyv%202011.pdf)

3. TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

Géza fejedelem feltehetően 949-ben született és 997-ben hunyt el. Az Árpád-házi dinasztia tagja volt. Gyermekai István, Judit, Ilona és Sarolt. Elődje, Taksony fejedelem halála után Ő lett a Magyar Fejedelemség uralkodója, 972 táján. Elkezdte a központi fejedelmi hatalom kiépítését és a kereszténység felvételét. Politikai meglátásai nagyon jók voltak, felismerte, hogy a külpolitikai viszonyok megváltoztak akkoriban. Úgy vélte, hogy csak akkor maradhat békesség, ha a magyar pogányság felveszi a kereszténységet. A kereszténység Géza fejedelem számára a központosítás eszközét és a külpolitikai biztonságot jelentette. [7, 8, 9]

A Magyar Királyságban is már fontos szerepet betöltő két várost, Esztergomot és Székesfehérvárt is Ő alapította. Később, fia I. István koronázása után e két várost magas rangra emelte: Székesfehérvárt a világi központjává tette az országnak, míg Esztergomot vallási központtá. Székesfehérváron, a későbbi királyi székhelyen megépítette az ország első keresztény templomát. A négykaréjos, centrális építésű, bizánci stílusú templom a mai Szent István székesegyház közvetlen közelében épült. Szent Péternek és Szent Pálnak szentelte az egyházat. Ez volt Fehérvár első temploma, de nem lett főtemploma, hanem plébániatemploma, mivel a mai romkert területén István új királyi szálláshelyet létesített. Az 1200-as években IV. Béla király Géza templomának helyén alapította a Szent Péter és Szent Pál apostolok bazilikáját. A Géza-kori építményt valószínűleg lebontották. [8, 10, 11, 12]

A négykaréjos templom alapfalait ma a Székesegyház főbejárata előtt fehér kövekből kirakott alakzat jelöli (3.1. ábra). A falak részbeni első feltárása 1971-ben volt, de 2014 szeptemberében újabb feltárássra került sor. [10]



3.1. ábra A négykaréjos templom fehér kövekkel kirakott alakzata.

(forrás: <http://fehervarianziks.blogspot.hu/2010/08/szekesfehervar-kialakulasa.html>)

Jan Dlugosz lengyel krónikás 1440-ben Székesfehérváron járt és feljegyzéseket tett arról, miszerint a Szent Péter – és Pál templomnál van eltemetve Gáza fejedelem. Kralovánszky Alán régész figyelmét is felkeltette a krónikás feljegyzése, így 1971-ben ásatást végzett az említett területen, a jelenlegi bazilika előtti részen. A feltárás sikeres volt, mivel épület maradványokra bukkant. A bazilika tengelyében (a bejárat előtt) valóban egy négykaréjos, centrális építésű templom állt. Ám a feltárt darabokat visszatemették és csak a fehér kövekből kirakott alakzattal jelölték a helyét. Az épület maradványait egyesek a X-XI. századra teszik, míg mások a XII. századra. Kralovánszky feltárása óta senki nem próbálta megoldani a rejtélyt, hogy Géza fejedelem valóban Székesfehérváron van-e eltemetve. [13]

4. A FELTÁRÁS KÖRÜLMÉNYEI

4.1. Új feltárás 45 év után

2014 szeptemberében újabb kutatásokra nyílt lehetőség. A bazilikát állami- és önkormányzati támogatással és egyéb hozzájárulások segítségével elkezdték felújítani, ezáltal újabb ásatás kezdődhetett. Így Székesfehérvár Önkormányzata kezdeményezésére a Szent István Király Múzeum régészei, az Árpád-ház program tematikájához kapcsolódva megkezdtek az egykori négykaréjos templom épületmaradványainak feltárását (4.1. ábra). A régészeti lelőhelyen jelentős károkat okozott a közműhálózatok kiépítése, így sajnos csak korlátozottan lehetett hozzá férni a centrális épület darabjaihoz is. Székesfehérvár nehezen kutatható, mivel történelmi belvárosa sűrűn beépített. [13, 14]



4.1. ábra Az ásatás helyszíne

A Szent István Király Múzeum munkatársai 2 és fél méterre ástak le. A templom alapjának egy részlete előkerült, valamint különböző korok falmaradványai és egy késő középkorból származó objektum is. A bazilika középkori temetője ezen a területen volt, így rengeteg csontmaradvány is előkerült az ásatás során, de ezek nem köthetőek a centrális templomhoz (4.2. ábra). [13]



4.2. ábra Csontmaradványok. Ezek is érdekes adatokkal szolgálhatnak a régészek számára.

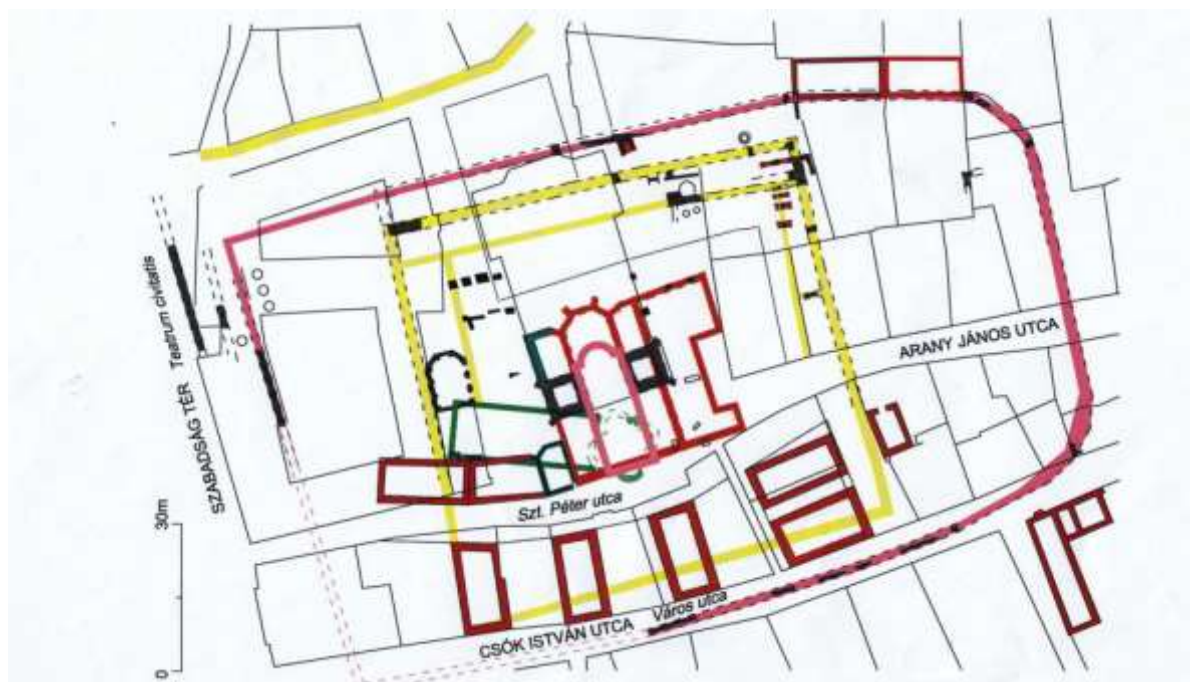
(ortofotó részlet)

A keleti és nyugati szentélyhez nem nyúlhattak a már említett közművek miatt, de a déli és északi részt feltárhatták. A déli karéjt anno 1971-ben Kralovánszky Alán csak részben ismerhette meg. Nos, annyi biztos, hogy egy négykaréjos templom volt a legkorábbi épület ezen a helyen, de természetesen maradnak nyitott kérdések és bizonyítékok hiányában az emberi logikára vagyunk utalva. [13]

A mai modern eljárások és technikai eszközök segítségével megtörtént a teljességre törekvő feltárás, hitelesítették az 1971-ben részben feltárt és dokumentált maradványokat. [14]

4.2. Eltérő nézetek a múlttal kapcsolatban

Hogy valóban volt-e királyi palota Székesfehérváron, még ma is vita tárgya. E témát körül járva összehívtak 5 neves szakembert, hogy állást foglaljanak e kérdésben, köztük volt Siklósi Gyula régész is. Már közel 40 éve, hogy a fehérvári belvárosban középkori épületmaradványokat kutatja. Ez hatalmas munka volt számára, amelynek eredményeit könyv formájában is szeretné megjelentetni a közeljövőben. Feltárásai alapján azt állítja, hogy a királyi palotát és a királyi vár falait megtalálta. Az elméletét az előkerült falrészletekkel támasztja alá, miszerint a királyi palotához kapcsolódott a négykaréjos centrális templom, mint kápolna, melynek alaprajza fehér kövekkel van kirakva ma is a bazilika előtt. Erre utal az is, hogy előkerültek a csatlakozó falmaradványok. Siklósi Gyula régész négy évtizedes kutatásai alapján egy feltételezett alaprajzot állított össze, amelyet a 4.3. számú ábrán mutatok be. [1]



4.3. ábra A feltételezett alaprajz, melyet Siklósi Gyula régész állított össze. A színek jelentése a következő: A zöld színhez köthető Géza fejedelem palotája és valószínű ehhez csatlakozott a négykaréjos centrális templom, a sárga szín I. István, a rózsaszín pedig III. Béla nevéhez rendelhető. (forrás: <http://feol.hu/hetvege/volt-e-kiralyi-palota-fehervaron-1792042>)

A Szent István Király Múzeum igazgatója szerint a 2014-es kutatások során bebizonyosodott, hogy Székesfehérvár Géza fejedelem fia (Szent István) koránál korábbi település. 1971-ben Kralovánszky Alán a négykaréjos templom 4. karéját nem találta meg, ezért a szakértők vitatták, hogy az építmény valóban négykaréjos lett volna, de a legutóbbi ásatás során sikerült feltárni a hiányzó karéj indítását is. [1]

2016 novemberében szerencsém volt egy újonnan megjelent könyvvel megismerkedni, amely Székesfehérvár Árpád-kori történelmével foglalkozik. Több fejezetben is találtam utalást a szakdolgozatom témájával kapcsolatban, amelyek felkeltették az érdeklődésemet. Az egyik fejezet témája kifejezetten Géza fejedelem temetkezési helye, míg egy másik arról ír, hogy mit neveztek Várnak a középkori Székesfehérváron.

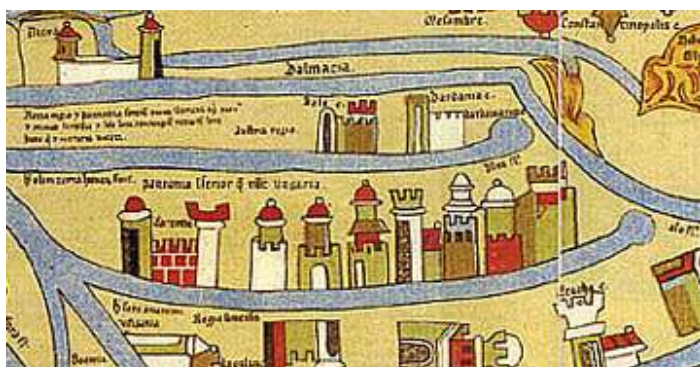
A Géza fejedelem temetkezési helyével foglalkozó fejezetben írtakról tulajdonképpen már említést tettem az előzőekben, amikor történelmi áttekintést adtam a témához kapcsolódóan. A most megjelent könyv szintén Jan Dlugosz lengyel krónikás

feljegyzéseire támaszkodik, viszont három különböző nézőpontból közelíti meg azt, hogy a krónikás valóban igazat írt-e, vagyis Géza fejedelem Székesfehérváron, pontosabban a mai Székesegyház területén van eltemetve. Első feltevése a könyv írójának az, hogy Dlugosz a saját fantáziájára hagyatkozott anélkül, hogy bármiféle pontos információja lett volna a kérdéses temetkezési helyről. Második álláspontja, hogy Dlugosz vagy informátora félreértett valamit az értesülések során. Ez már könnyebben elképzelhető, hisz abban az időben a hírek nem túl gyorsan és pontosan terjedtek. Végül, a könyv írója szerint a harmadik teória, hogy Dlugosz mégsem tévedett. Feltételezi, hogy István (Géza fejedelem fia) utólag hozatta át Fehérvárra az eredetileg Esztergomban eltemetett Géza maradványait. Ez olyan megoldás lenne, amely összhangot teremtené a Géza székvárosát Esztergomnak mondó magyar források és a lengyel krónikás közlése között. Ráadásul ilyenfajta újratemetésre találhatunk több példát a történelemben. Az, hogy Dlugosz feljegyzései a valóságnak megfelelnek-e, és hogy melyik feltételezésnek lehet hinni, azt mindenki döntse el maga. A könyv szerzője végül arról ír, hogy a forrás valóságtartalma elenyészően csekély. [6]

A Vár című fejezetben pontosan nem találunk utalást a centrális négykaréjos templom egykori létezésére, viszont arról olvashatunk, hogy a mai Székesegyház területén valóban volt királyi templom. Bizonyosra vehető, hogy épült egy templom, amely azonosítható az írott forrásokban szereplő, 9. fejezet 9.5. számú ábráján Szent Péter-egyház elnevezésű épülettel. Az joggal feltételezhető, hogy a XI. század elején épülhetett, de a X. századbéli létezése nem valószínűsíthető. Annyi biztos, hogy a középkor folyamán számos átépítésen ment keresztül. A magyar krónikák is erről tanúskodnak. További források azt is bizonyítják, hogy ez a templom lett a város plébániatemploma, amely mellett temető is volt. Középkori adatok alapján az épületet nyugatról, az egyháztól elnevezett Szent Péter utca határolta. Ez a mai Arany János utca nyomvonalán helyezhető el, míg maga a Szent Péter templom ezen feltételezések láttán a mai Székesegyház helyén állhatott. [6]

Az előzőekben leírtak csupán feltételezések, hipotézisek. A történészek az írásos forrásokra, míg a régészek a feltárt maradványokra hivatkozva foglalnak állást a kérdéses témákban.

Azt, hogy jelentős település volt Székesfehérvár, a 4.4. számú ábrán bemutatott XIII. századi térképrészlet is igazolja. A világtérképet 1211-ben pergamenlapokra rajzolta az angol Gervasius. Megjelenik rajta elsőként Magyarország "Ungaria" néven. A sok vár közül valamelyik bizonyára Fehérvár vára volt. Ha jobban megnézzük a város címerét és e világtérképet, akkor az Ungariánál jelölt területen egy, a mai címeren található hasonló vártípust lehet felfedezni. [26]



4.4. ábra Gervasius világtérképe és Székesfehérvár címere (forrás:

<http://albaregalis.hupont.hu/105/terkepek>

<http://www.nemzetijelkepek.hu/pictures/onkormanyzat/Szekesfehervar.jpg>)

5. ALKALMAZOTT ESZKÖZÖK ÉS SZOFTVEREK

5.1. A pilóta nélküli repülőeszközök

2016-ban, a XXI. században a technika új dimenzióba lépett. A régészek munkáját igyekeznek megkönnyíteni. A kutatások ma már elképzelhetetlenek korszerű eszközök nélkül. A legújabb technológiák lehetővé teszik azt is, hogy a felület bolygatása nélkül kutatást végezzünk akár 6 méter mélyen a föld felszíne alatt is. [15]

A fotogrammetria, a térinformatika, a geodézia és geoinformatika mind-mind olyan szakterületek, amelyek segítségével lehetnek a régészeti feltárás során az eszközeikkel, módszereikkel. Igen új, rohamos ütemben terjedő eszköz, a pilóta nélküli repülőgép. Több elnevezése van:

- drón (az angol drone szóból)
- UAV: Unmanned Aerial Vehicle, („személyzet nélküli légi jármű”)
- RPV: Remotely Piloted (Aerial) Vehicle, („távolról irányított (légi) jármű”) [16]

A régészet legújabb fegyverei az ember nélküli repülőgépek, a régi időkkel kapcsolatban rengeteg információval szolgálhatnak. Ezek az eszközök kiválóak arra, hogy gyorsan és költséghatékonyan kutassanak velük eddig még fel nem fedezett régészeti lelőhelyeket, de akár magát a feltárást is lehet vele dokumentálni. [17]

Nézzük meg kicsit részletesebben, hogy mi is az az UAV, köznap kifejezéssel a drón, milyen fajtái vannak és hogy mire is használható ez a mai modern technikai eszköz.

A XXI. században már az élet minden területén, a világ minden táján egyre nagyobb szerephez jutnak a pilóta nélküli repülőgépek, ennek ellenére már régebben is említésre kerültek. Kezdetben főleg a hadsereg, a haditechnika használta, itt már korábban elterjedt, mint a civil szférában. Veszélyes feladatok végrehajtására használták eredetileg, lehetőleg ezeket a feladatokat úgy végezve, hogy a legkevesebb emberáldozattal járjon. Például drónoknak hívták a cirkáló rakétákat vagy az úgynevezett repülőgép vontatta „kacsákat”, amelyekre a gyakorlatokon lőttek. [18]

Eredetileg ezeket a légi járműveket két csoportra lehetett felosztani. Az első a „személyzet nélküli légi jármű” (UAV), amely nem igényel emberi jelenlétet az eszközön. Igazából bárhonnan irányíthatóak, akár otthon az udvarunkból is vagy egy katonai létesítményből. De az ebbe a csoportba tartozó járművek egy részének még ennyi beavatkozás sem szükséges, ugyanis képesek arra, hogy előre meghatározott útvonalat végig járjanak, vagy elvégezzenek bizonyos feladatokat, azaz automatikus a működésük. Ilyen feladat lehet akár egy csomag kiszállítása vagy egy katonai felderítés, egy ellenséges terület bejárása. Ezeket hívták eredetileg drónoknak. A mai nyelvezetben az emberek között azonban ez a két fogalom összemosódott. Ugyanúgy drónnak nevezik a kézi vezérlésű, például katonai célokra használt repülőket és az automatizált járműveket is, mint például a már említett csomagszállításra alkalmas eszközöket, de idesorolhatjuk még a ma már bárki által beszerezhető, fotózásra és videózásra is alkalmas hobbi drónokat. A legnépszerűbb kategória jelenleg ez utóbbi, ugyanis ezek az eszközök ma már elérhető áron, egyszerűen megvásárolhatók. A polgári célú felhasználás egyre nagyobb teret hódít és a közeljövőben további elterjedésük várható. [18]

A haditechnikai felhasználáson felül az áttörés 2012-ben történt meg. Ekkor ugyanis megjelentek a Mikrokopter és Parrot gyártmányú kopterek. Tökéletes játékok voltak, elfogadható minőségű képeket és videókat tudtak rögzíteni az akciókamerák segítségével. Ezek után nem csak hobbimodellezők, vagy videósok, fotósak, hanem a mérnökök és térképészek is észrevették, hogy nagy jövő áll e járművek és a használatuk előtt. Igazából bármilyen objektumokat, tereptárgyakat, épületeket, létesítményeket vagy akár kisebb-nagyobb területeket meg tudunk figyelni a kopterekkel. Ezek a drónok segítenek bizonyos munkák meggyorsításában, olcsóbbak, mint a korábban elterjedt technológiák. Magyarországon is már több cég megjelent, amelyek ilyenfajta eszközökkel kínálják szolgáltatásaikat. [18]

Ha már tisztában vagyunk a drón fogalmával, akkor tekintsük meg annak csoportosítását, fajtáit.

A csoportosítást a hajtások száma, meghajtás típusa, méret, szárnyszerkezet és vezérlés fajtája szerint fogom bemutatni. [19]

Hajtások száma szerint: A multikopterek olyan repülőgépek, amelyek több karral és azon lévő motorral, valamint rotorral rendelkeznek. A kvadrokopterek a leggyakoribb

fajtái, amelyek a 4 karon lévő 4 rotorral vannak felszerelve. De ezen kívül megkülönböztetünk még 3 karon 3 rotoros (Tri-kopter), 3 karon 6 motoros, 6 karon 6 motoros (Hexa-kopter) és 8 karon 8 rotoros (Okto-kopter) multikoptereket. Megállapítható általánosan, hogy egy kopteren minél több kar (és azon található rotor) van, annál jobban tűri a hibákat és annál könnyebben lehet vezérelni. Előnyei, hogy stabilan repülnek, könnyű őket vezetni és könnyű a javításuk, valamint kevésbé rezonálnak és relatívan jól terhelhetőek. [19]

Meghajtás típusa szerint: Alapjaiban véve két fajtát különböztetünk meg, az elektromost, illetve az üzemanyaggal működőt. De megemlíthető az is, amelyet tulajdonképpen a szél és egyéb légáramlatok vezérelnek, ilyen például a vitorlázó modell gépek. Az elektromos meghajtásnak és az üzemanyagosnak is számos előnye és hátránya van. [19]

Méret szerint: Igen különbözőek a méretük alapján a pilóta nélküli légi járművek. Léteznek az úgynevezett nano UAV-k, de vannak akár a repülőgép méretűek. Tulajdonképpen a besorolás a „kicsi” és „nagy” méretbe történik, amely a főrotor levelének hosszától függ. [19]

Szárnyszerkezet szerint: E szerint megkülönböztetünk merevszárnyú és rotoros drónokat. A legnagyobb különbségek, hogy míg a rotoros UAV-k képesek a helyből le- és felszállásra, valamint a lebegésre, addig a merevszárnyú gépek nem, viszont a rotorosak repülési ideje alacsony és kevésbé terhelhetőek. [19]

Vezérlés fajtája szerint: Három típusba sorolhatók, mégpedig a kötéllel történő megoldás, az RC távirányítás és az automatikus vezérlés. Egyértelműen az utóbbi kettőt alkalmazzák a mai világban, valamint azok kombinációját. A távirányító segítségével, rádiójelekkel irányítja a pilóta drónt. Az automatikus vezérlés során a GPS jelekre támaszkodva, előre programozzák be a gépeket, így az „önállóan” képes a repülésre. [19]

A csoportosítás után részletezem azt, hogy milyen területeken is alkalmazhatóak hatékonyan a pilóta nélküli légi járművek.

Ahogy már korábban írtam, elsődlegesen katonai célokra alkalmazták ezeket az eszközöket és csak a közelmúltban kerültek a civil szférába is. Katonai felhasználás során elsősorban kémkedésre, felderítésre és csapásmérésre (például terroristák ellen) alkalmazták. A hobbi célú használatára több példát is említhetünk, így a rendezvények

fényképezése, videózása. Számos természeti jelenséget megfigyelhetünk vele, vagy akár a madarakat, de különböző fesztiválokon és sporteseményeken is szebbnél szebb felvételeket készíthetünk ezekkel a modern eszközökkel. A hobbi célok mellett természetesen különböző gazdasági tevékenységek is megemlíthetőek, mint például a gabonatóblák növényvédő szer igényének felbecsülése, növényvédelem ellenőrzése, belvízkár, hozambecslés, permetezési alkalmazások, gátak megfigyelése, általános mérések, levegő összetételének mérése, nehezen hozzáférhető helyek vizsgálata, csomagkiszállítás, illegális tevékenységek követése. Természetvédelmi alkalmazási területek például a vegetáció és vadállat monitoring. A tevékenységi körök közé sorolható még a térképészet (például ortofotó és,- digitális magassági modell előállítására alkalmas képek készítése), objektumok állapotának ellenőrzése, baleseti helyszínelés, kárfelmérés, régészet, geodéziai alkalmazás, mint például külszíni bányák állapotfelmérése, a kitermelt mennyiség számítása. Ezek az eszközök akár mentési feladatokat is el tudnak látni. Végso soron csak a képzelet szabhat határt az alkalmazási területeknek. [20, 21]

5.2. UAV alkalmazása a régészeti feltárás során

A dolgozatomban szereplő régészeti lelőhelyet a Szent István király Múzeum régészeinek a megbízásából a GeoMontan Geodéziai Bányászati és Műszaki Szolgáltató Kft., a DJI Phantom 2 (kvadrokopter) típusú, pilóta nélküli repülővel fotózta le, illetve dokumentálta. Ez az UAV viszonylag az olcsó kategóriába tartozik, könnyen beszerezhető. Kis területet nagy pontossággal képes lefényképezni. Canon típusú kamerával van felszerelve. A repülésre 2014. december 5-én került sor, amin személyesen nem vettem részt. Borús idő volt, nem voltak éles árnyékok, ami kedvező, mivel az árnyékos területeken nehezebb az azonosítás. A feltárás helyszíne a jelenlegi szabályozásnak megfelelően biztosítva volt. A szükséges engedélyeket beszerezték. A terület közterületet érintett, el volt zárva, de a régészek távolabbról mégis lehetőséget adtak a kíváncsi érdeklődők számára, hogy betekintést nyerhessenek a feltárás részleteibe. Bármilyen kérdésre szívesen válaszoltak. A feltárás során 76 darab kép készült a kvadrokopterral. Az eredeti képek felbontása 4608 x 3456. Ez a terepen 2 x 2

mm-es terepi lefedettséget jelent. A jó felbontás köszönhető az alacsony repülési magasságnak, ami 10 méterre adódott. Elsődleges feladatomban az volt, hogy a képeket feldolgozzam és egy ortofotó mozaikot állítsak elő belőlük. Az általam létrehozott ortofotó 5 x 5 mm-es felbontású. A fényképezéshez elengedhetetlen az illesztőpontok elhelyezése. A 21 darab illesztőpont terepen azonosított részletpont, vagy más néven tárgypont volt, ezek homogén módon, többféle mélységben kerültek elhelyezésre, valamint a régészek által használt jelekkel voltak ellátva. Az illesztőpontok így egy 5 x 5 cm-es fehér műanyag” lappal” voltak jelölve, amit középen egy szöggel rögzítettek. A pontok mérése Leica 1200-as típusú GPS-sel történt. A régészek által elhelyezett illesztőpontok kialakítása megfelelt a 3-5 cm-es pontosságú GPS technológiának.

5.3. Az ortofotó

A feltárási területről UAV-val készített képek alapján egy ortofotó mozaik előállítása valósult meg, ezért röviden ismertetném az ortofotó jellemzőit.

Mind a sík, mind pedig a nem sík területről készült felvételeket torzulások terhelik. Sík terep esetén csak perspektív torzulással, nem sík terep esetén perspektív és magasságkülönbségből eredő torzulással kell számolnunk. Ezek megszüntetésére különböző eljárások alkalmazhatóak. Valamennyi eljárás eredményeképpen az eredeti torzult felvételnél egy merőleges vetítésű, torzulásmentes megfelelőjét, az ún. ortofotót kapjuk. A torzulások megszüntetése az analóg képek esetében a mainál hosszadalmasabb eljárás volt. Manapság már a digitális eljárási módot alkalmazzák. A digitális ortofotóknak sok előnye van, mint például az, hogy rendkívül részletgazdagok, torzulásmentesen ábrázolják a tereptárgyakat és a terepet, valamint lehetővé teszik azt, hogy bármikor újabb információkat és adatokat nyerjünk ki belőlük. Fontosabb jellemzői még, hogy akár nagy területről is tud szolgáltatni adatot, mindezt gyorsan; ehhez kapcsolódóan nagy mennyiségű információt hordoz, számítógép használatával ezek a tárolt adatok könnyen mérhetőek, elemezhetőek, valamint nagyon fontos még megemlíteni, hogy bármilyen méretarányban meg lehet jeleníteni információ veszteség nélkül. [2]

5.4. Felhasznált szoftverek

Az UAV-val készült képek feldolgozásához különböző szoftverek állnak rendelkezésre, amelyekkel ortofotót lehet előállítani. A szakdolgozati feladat elkészítése során az AgiSoft PhotoScan szoftver került felhasználásra.

5.4.1. AgiSoft PhotoScan

Az AgiSoft PhotoScan az oroszországi AgiSoft gyártja. Ez egy kép alapú modellező, fotogrammetriai szoftver. A „laser scan” egy egyszerűbb változata, ugyanis 3D modellt képes létrehozni a pontok helyzetéből, és megjeleníti a textúrát a fotókból. 3 fontos szó jellemzi: az építés, mérés és vizualizálás. Épít, mert létre tud hozni 3D-s modelleket, pontfelhőket és digitális fényképeket illeszt a felületekre. Térbeli adatok alapján területeket, távolságokat és térfogatot tud meghatározni, vagyis mérni. Az eredményeket jó minőségben és részletesen mutatja be. Egy önálló szoftver, amely a digitális képeket fotogrammetriai úton dolgozza fel és 3D térbeli adatokat generál. A légi fotogrammetriai, térinformatikai és térképészeti alkalmazásokon túlmenően a digitális ortofotó, és az előállított 3D-s modell felhasználható különböző területeken. Elő lehet állítani vizuális effektusokat, a tárgyak térbeli adatait közvetett módon lehet mérni, valamint háromdimenziós dokumentációs feladatok ellátására is alkalmas. Sok hasznos funkciója van a szoftvernek. Ilyenek például: ortofotómozaik előállítása, digitális felszínmodell (későbbiekben DEM) generálás, pontfelhő osztályozás, négydimenziós modellezés, hálózatos feldolgozás, szférikus panorámakép, fotogrammetria háromszögelés, pontfelhő generálás és szerkesztés, földi illesztőpontok használata, python szkript támogatás, multispektrális képfeldolgozás, georeferált ortofotó előállítása, NDVI és egyéb vegetációs index számítása, távolság, terület, köbtartalommérés, halszemoptika támogatás, háromdimenziós modell generálás, textúra leképezés. Fontos még megemlíteni, hogy a légi háromszögelés során a sugárnyaláb kiegyenlítést alkalmazza, amely nemzetközi szinten a legjobban elfogadott módszer. Gyorsabbá és egyszerűbbé teszi a szakemberek munkáját szerte a világon. Jól felépített a működése, könnyen kezelhető, egyszerű és világos. [22, 23, 24, 25]

5.4.2. AutoCAD Civil 3D 2013

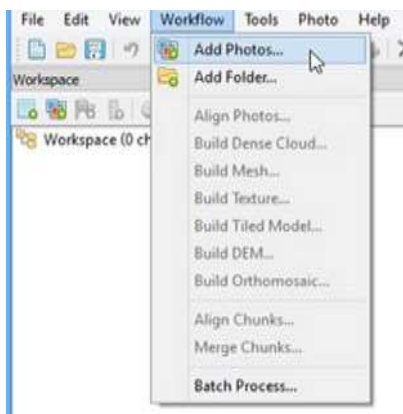
Az AutoCAD egy a mérnököknek kifejlesztett, általánosan elterjedt rajzoló és egyben tervező szoftver. A feladat során az AutoCAD Civil 3D 2013 szoftver került felhasználásra, amely segítségével a különböző korok régészetiileg fontos épületmaradványait rajzoltam át.

Az AutoCAD Civil 3D 2005-ben jelent meg Magyarországon. A munkafolyamatok sok esetben felgyorsulnak, mivel a hosszadalmas folyamatok automatizálhatóak. Kevesebb energia befektetéssel jár a tervezési folyamat ezáltal gördülékenyebben is zajlik. Összetett objektumokkal találkozhatunk az egyszerűbb rajzi elemek helyett. Ilyenek például a hossz- és keresztmetszetek, a nyomvonalak vagy akár a mintakeresztmetszelvevények. Ezek szoros kapcsolatban állnak egymással, így ha egyiken hajtunk végre módosításokat, akkor azok kihatnak a másikra is. Ez a mérnököket támogató szoftver már a földmérési munkák megkezdésénél fontos szerepet játszik, hiszen a mérési adatokat is képes importálni, tudunk vele szerkesztéseket végezni, alakzatokat és felületeket létrehozni. Az előkészületek után kezdődhet a tervezés. Különböző létesítmények tervezése kivitelezhető, ilyenek például nyomvonalas objektumok, tározók, parkolók. Az egységes tervek elkészítéséhez felhasználhatóak szabványok, sablonok, melyek megkönnyítik a munkánkat. Nem szükséges külső adattárolás, ugyanis a program a rajzban tárol minden információt. Azonban előfordulhat, hogy a rajz már nehezen kezelhető, mert sok adatot tárol, ekkor lehetőség van az úgynevezett adathivatkozások használatára. A program térképkészítő és térinformatikai elemző funkciókkal van ellátva. Látványosnál látványosabb képek, modellek készíthetők segítségével, nagyobb projekteket képes kezelni, jól teljesít, stabil és megbízható. Az AutoCAD Civil 3D legfőbb szolgáltatásai a földmérésben a nyers földmérési adatok importálása, a koordináta-geometria, a különböző transzformációk, a nagy felületek támogatása és természetesen a földmérési értékek és adatok kezelése. Segítségével tervezni lehet nyomvonalat, rézsút, árkot, kivitelezhető útvonalterv vagy akár vízelvezetési terv is. Telekrendezések kapcsán is hasznos lehet a program felhasználása. A tervezésen kívül elemzési feladatokra is alkalmas. [27, 28]

6. ORTOFOTÓ MOZAIK ELŐÁLLÍTÁSA

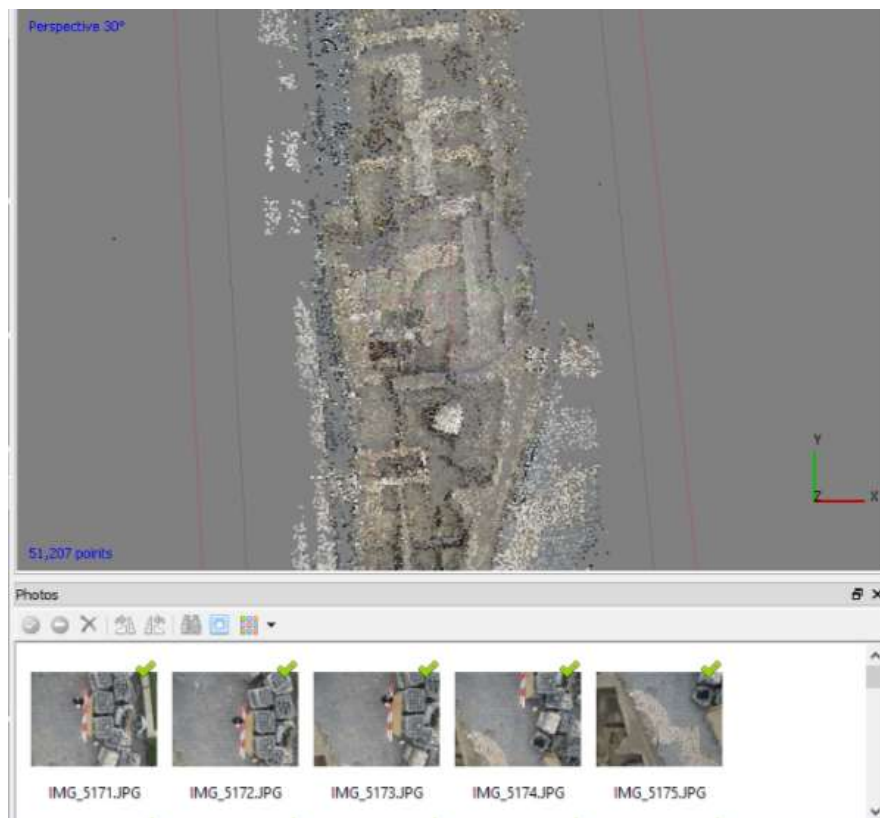
6.1. Pontfelhő előállítása

Az AgiSoft alkalmazásakor első lépésként a „Workflow” menüből kiválasztottam az „Add Photos” opciót. Ezzel betöltöttem az UAV-val készült 76 darab képet. Itt lehetőség van akár egész mappák betöltésére is. A sikeres betöltés után kezdődhet az ortofotó mozaik előállítása. A legtöbb esetben a „Workflow” menüt használtam (6.1. ábra), amelynek menüpontjai az elvégzendő feladatok sorrendjében vezetnek végig a munkafolyamaton. Ez nagymértékben megkönnyíti a felhasználó dolgát.



6.1. ábra Workflow menü

A „Workflow” menüből először, az „Align Photos” opciót választottam. Ezzel tulajdonképpen a program automatikusan összeilleszti (automatikus matching) a képeket egy modellé, de még illesztőpontok felhasználása nélkül, önálló rendszerben. Közös pontok alapján, a többszörös átfedés figyelembe vétele mellett létrejön egy térbeli pontfelhő, amelyet az 6.2. számú ábrán szemléltetek. Ez a pontfelhő elforgatható. Az illesztés generálására 5 különböző fokozatú lehetőség van, a lassabbtól az egészen gyorsig. Ez a számítás hosszúságát befolyásolja.



6.2. ábra Térbeli pontfelhő (saját munka)

6.2. Illesztőpontok megadása

A képek automatikus illesztése után egy következő lépésként az illesztőpontok segítségével a létrejött modellt a terepi rendszerbe illesztettem, miközben a modellt is pontosította a program. Az illesztőpontok kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy azok homogén eloszlásban fedjék le a területet. Már meglévő txt fájl tartalmazta az általam felhasznált illesztőpontok koordinátáit. Ezt a fájlt a „Reference” menü, „Import” opciójával tudtam behívni. A megjelenő „import” ablakban elfogadtam a felkínált lehetőségeket, az Ok gomb megnyomása után betöltődtek a koordináták, és a képernyő bal szélén, a „Markers” fül alatt megjelentek. Miután az illesztőpontokat és azok koordinátáit sikeresen betöltöttem, azokat egyesével felkerestem a képeken. Ez úgy történt, hogy a „Photos” fül alatt kerestem egy olyan képet, amelyen valószínű megtalálható az illesztőpont. A képen ránagyítottam a pontjelre, az egér jobb gombjával kattintottam és a „Place Marker” lehetőséget választva megtaláltam a pont számát, és ezt hozzárendeltem a pont helyéhez a képen. Ha egyet sikerült beazonosítanom, akkor a

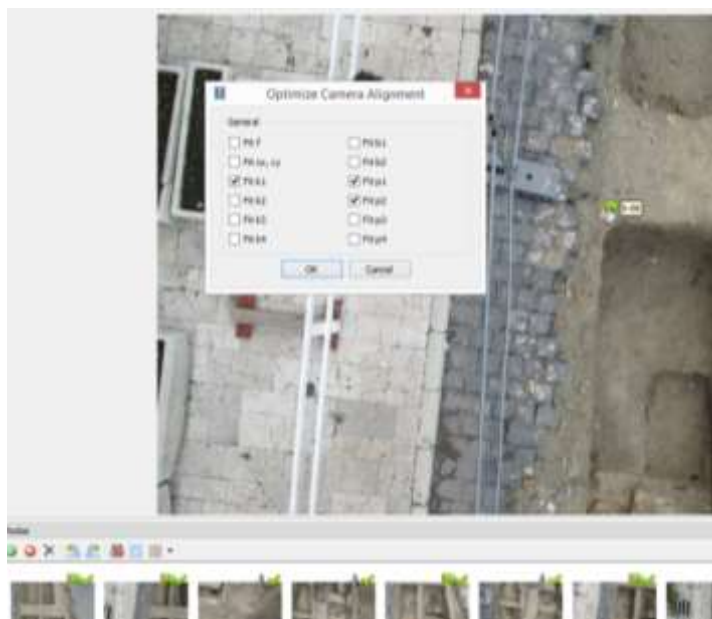
további képeken már egyszerűbb dolgom volt, ugyanis az epipoláris egyenes kijelölte azt a vonalat, ahol lehetséges volt a pont helye.

Ez az 6.3. számú ábrán látható. Amikor beazonosítottam legalább két képen a pont helyét, akkor a „Markers” fül alatt a pont számára kattintottam az egér jobb gombjával, majd a „Filters Photos by Markers” lehetőséget választottam, és így a „Photos” fül alatt megjelent az összes olyan kép, amely tartalmazta a kérdéses illesztőpontot. Ezt követően a program által felkínált képeken egyesével pontosítottam, vagyis helyére húztam a kis hibával azonosított ponthelyeket. Előfordult teljesen hibás képazonosítás (az adott képen megjelenített pont a valóságban egyáltalán nem ott volt), ezeket a képeket a számításnál figyelmen kívül hagytuk. A sikeresen elhelyezett pontokat a program zöld zászlóval jelölte.



6.3. ábra Epipoláris egyenes segíti a pontok azonosítását (saját munka)

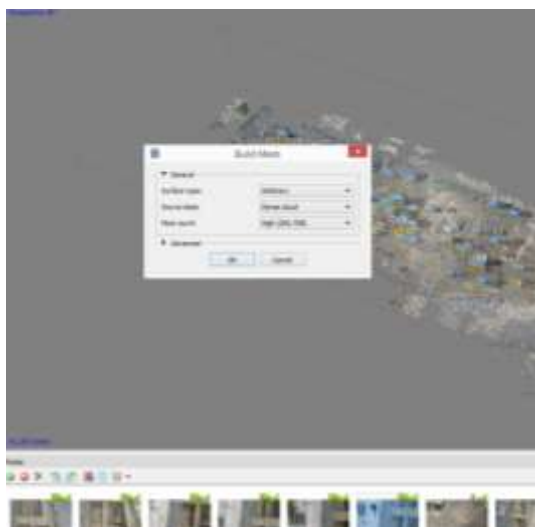
Az illesztőpontok elhelyezése után a „Workflow” menü, „Optimize Camera Alignment” opciójával folytattam a feldolgozást. Ebben az ablakban lehet kiválasztani, hogy milyen mennyiségeket határozzon meg a program a képekre vonatkozóan (pl. kameraállandó, elrajzolás). (6.4. számú ábra) Elfogadtam a felkínált beállításokat. Az illesztést követően a „Markers” menüjében megjelentek az illesztőpontok maradék ellentmondásai. Ebben az esetben az ellentmondások értéke 3-4 mm-re adódott, így elfogadtuk a tájékozást.



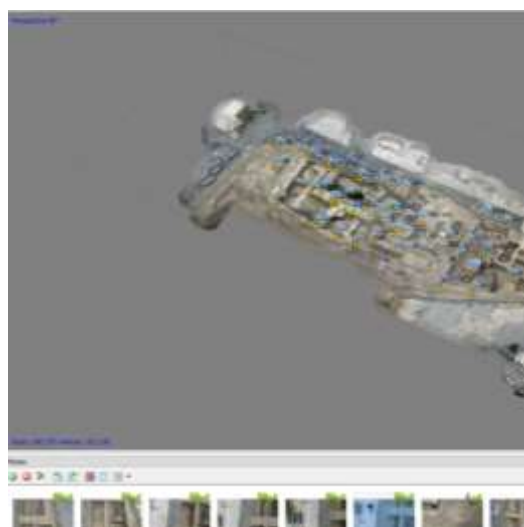
6.4. ábra Optimize Camera Alignment opció lehetőségei (saját munka)

Eddig a pontfelhő az automatikus illesztés alapján jött létre. Mivel elvégeztem az illesztőpontok alapján a modell illesztését és pontosítását is, ezek után lehetőség volt a sűrűbb pontfelhő létrehozására. A „Workflow” menü „Build Dense Cloud” opcióját alkalmazva ezt elvégeztem. 5 minőségi fokozat közül lehet választani, attól függően, hogy milyen sűrű pontfelhőt szeretnénk létrehozni. Ez természetesen befolyásolja, hogy mennyi ideig fut a program. Az elkészült pontfelhőt a „Model” fül alatt tudtam megtekinteni.

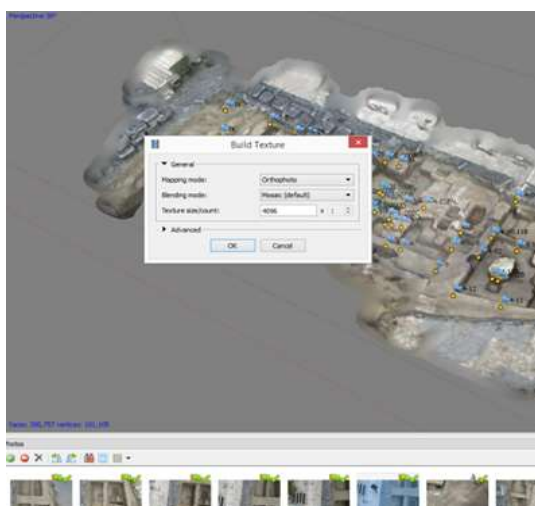
A pontfelhő - igaz már sűrűbb lett -, de még mindig csak pontokból állt, nem alkotott felületet. Ezért a pontokra a „Workflow” menü „Build Mesh” opcióval a program folytonos felszínt generált. Így már nem csak szólo pontokról volt szó, hanem egy egységes felszínről. Itt is különböző beállítási lehetőségeink vannak a felszín generálása előtt. Szintén elfogadtam a program által felkínált opciókat és egy TIN háromszöghálót hozott létre a program a pontok felhasználásával. A „Workflow” menü „Build Textura” opció segítségével az egész modellre textúrát illesztettem és azzal jelenítettem meg. A változást az 6.5. ábrán mutatom be.



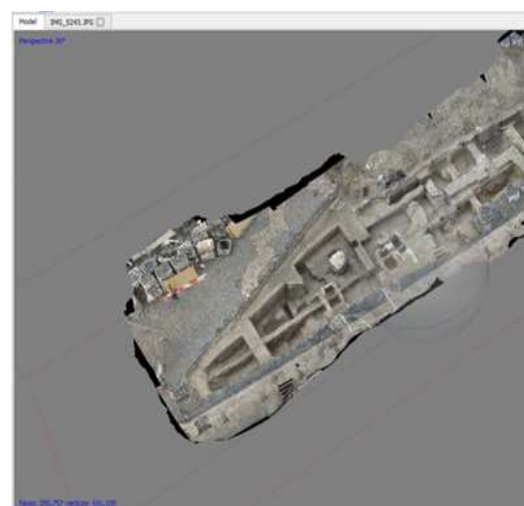
a)



b)



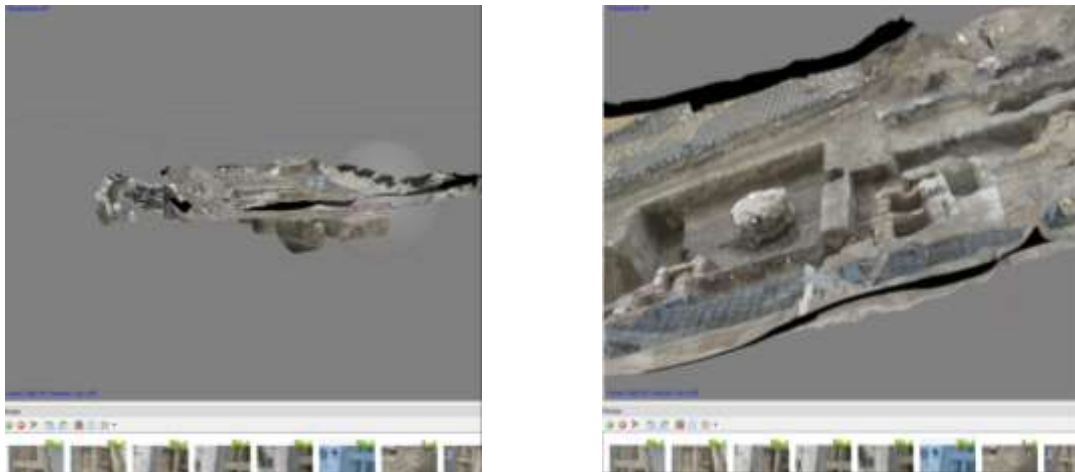
c)



d)

6.5. ábra a) b) Folytonos felszín generálásának opciója és annak eredménye (saját munka)
c) d) Textúra illesztése és annak eredménye (saját munka)

A program lehetőséget ad különböző nézőpontokból történő, háromdimenziós, azaz térbeli megjelenítésre is. Az 6.6. ábrán két nézőpontból is megjelenítettem a pontfelhő alapján generált felszínt.



6.6. ábra A pontfelhő két nézőpontból (saját munka)

6.3. Ortofotó előállítása

Az ortofotó mozaik előállítása előtt mindenképp szükséges a modell mentése. A „Workflow” menü „Build Orthomosaic” opció kiválasztását követően lehetőségem volt az ortofotó paramétereinek beállítására. Ez látható az 6.7. számú ábrán. A program által felkínált értékeket elfogadtam. Csak ezután tudtam az előállított terméket kiexportálni a program segítségével. A „File” menü, „Export Orthomosaic” opcióval kiexportáltam az elkészített ortofotó mozaikot. A felkínált beállításokat, amelyek szintén elfogadtam, az 6.8. számú ábrán szemléltetek.

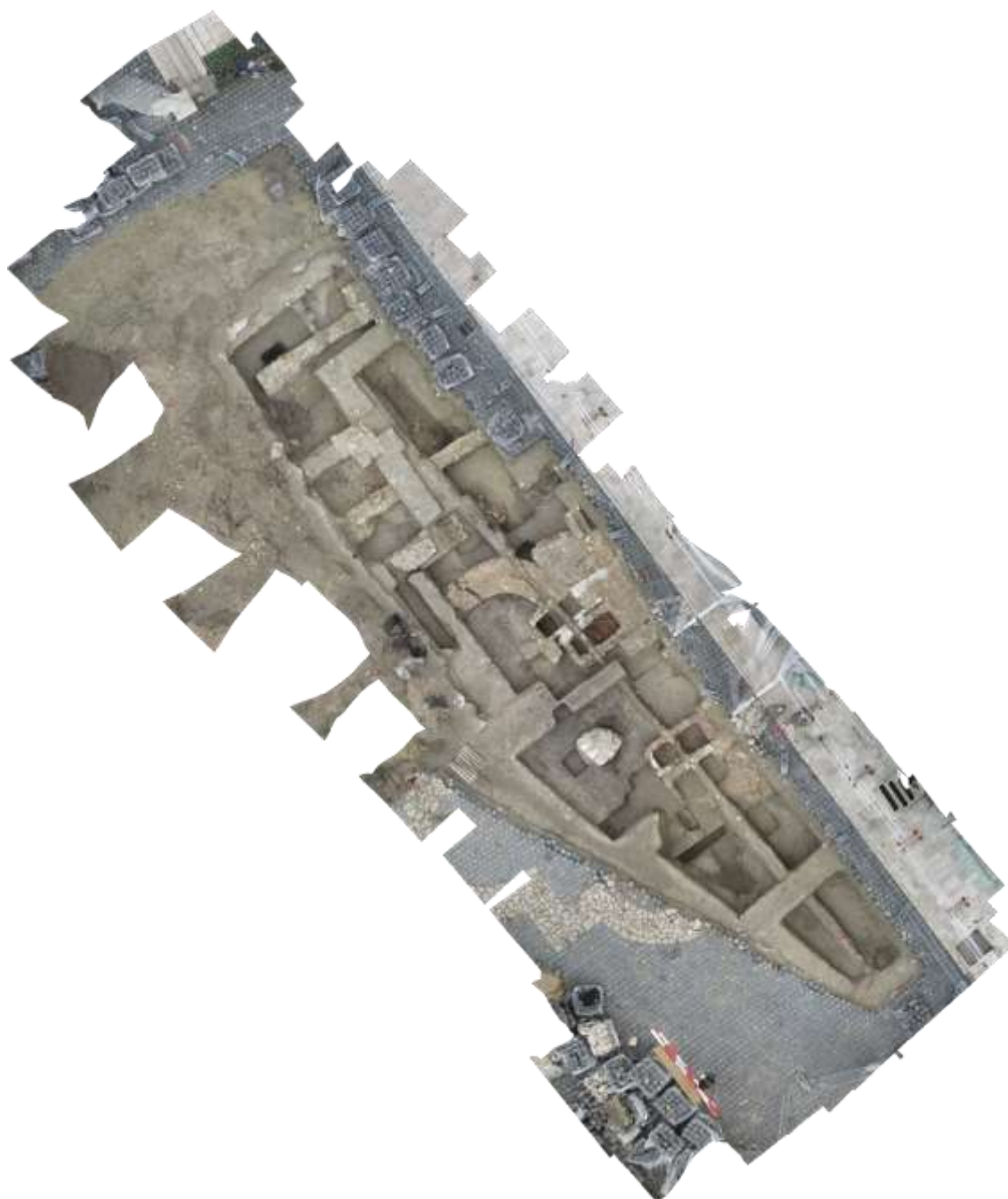


6.7. ábra Az ortofotó paramétereinek beállítása



6.8. ábra Az ortofotó exportálása

A paraméterek megválasztása után a program a megadott 5 x 5 mm-es terepi felbontással előállította az ortofotó mozaikot. Ezt láthatjuk az 6.9. számú ábrán.



6.9. ábra Az előállított ortofotó mozaik (saját munka)

Ahogy az 6.9-es ábrán is látható, az ortofotó minőségét jó felbontás, a közeli színárnyalatok ellenére megfelelő árnyalati terjedelem jellemzi, így a különböző maradványok vektorokkal történő lehatárolása vizuális interpretáció alapján lehetségesnek tűnt.

7. AZ ÉPÜLETMARADVÁNYOK VEKTOROS ÁLLOMÁNYÁNAK ELŐÁLLÍTÁSA

Ahhoz, hogy az AgiSoft PhotoScan programmal előállított ortofotó mozaikon át tudjam rajzolni az épületmaradványokat, az AutoCAD-ben azt, mint külső referenciát kellett csatolnom. Ezt úgy oldottam meg, hogy a „Beszúrás” menüben a „Csatolás” almenüt használtam. Itt különböző fájlokat lehet beilleszteni, akár vektoros, akár raszteres állományokat.

A fájl kiválasztását követően a beillesztési paramétereket kellett megadni. Kijelöltem a beillesztési pontot és a méretarányt a képernyőn adtam meg. A felkínált 0 fokos elforgatási szöveget nem változtattam meg. Az ortofotó mozaik georeferálását később, az alaptérképi kivágat segítségével végeztem el. Léptéktényezőként, vagyis méretarányként az „1”-et adtam meg.

Ezek után megjelent a raszterkép, amely még önálló vonatkozási rendszerben volt értelmezett. Ugyanebben a rendszerben kezdtem el a falmaradványok vektorizálását vizuális interpretáció alapján. A lehatárolást minden esetben zárt poligonokkal végeztem, mivel a csatlakozó falfelületeknél – amennyiben különböző korban keletkeztek – a záródást külön rétegben is biztosítani kellett.

A „Rajz” menüből a „Vonal, Vonallánc, Kör és Ív” funkciókat alkalmaztam. Minden egyes falmaradványt, kőmaradványt, tégladarabot átrajzoltam. A vektorizálás során akadtak nehézségek, ugyanis minden egyes átrajzolendő épületmaradványt fel kellett nagyítanom és gyakran az egyértelmű azonosítás érdekében pixelenként haladva a maradvány vonalait követtem. Ehhez segítségemre volt az úgynevezett „Tárgyraszter” funkció, amellyel a végponthoz, felező ponthoz, középponthoz vagy akár a metszésponthoz tudtam illeszteni a vonalláncot.

Íves falrészek esetén további akadályokba ütköztem, ugyanis volt olyan eset, hogy az ív nem követte megfelelő pontossággal az épületmaradvány vonalát. Erre az esetre olyan megoldást találtam, hogy kettő vagy több kört szerkesztettem az íves maradvány vonalára és a „Módosítás” menü, „Metszés” funkcióval ezeket a köröket elmetsettem. Ezt a megoldást a 7.1. számú ábrán két kép segítségével szemléltetem.



7.1. ábra Görbe határoló vonalak létrehozása körívekkel (saját munka)

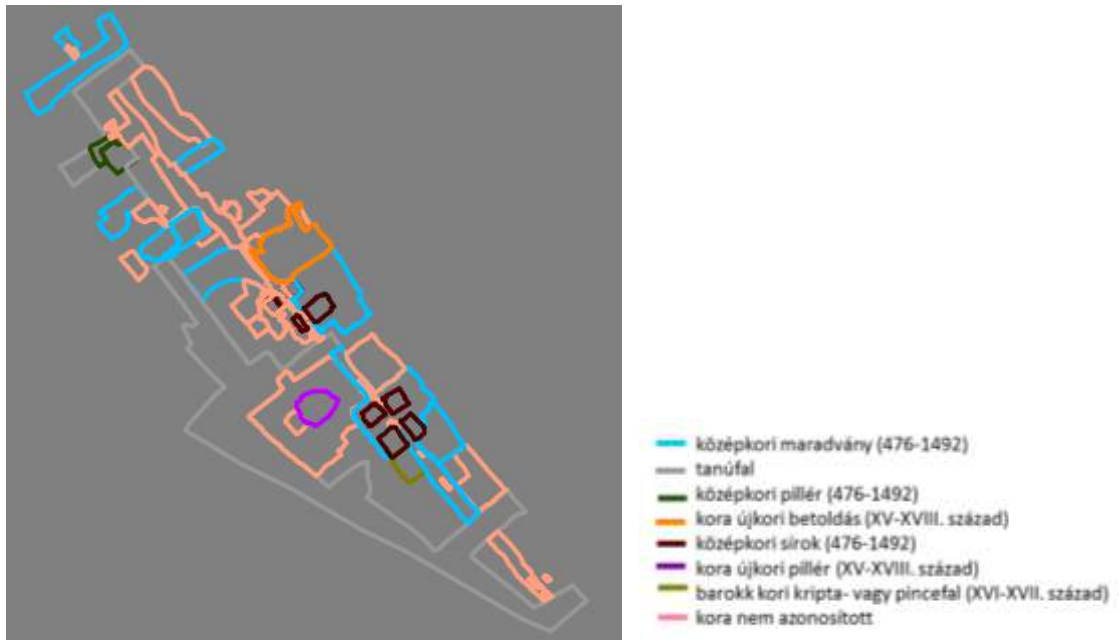
Abban az esetben, ha a szerkesztés után a vonallánc nem jól illeszkedett a falmaradványra, akkor nem a „Törlés” funkciót alkalmaztam, hanem megpróbáltam kijavítani a hibás részt vagy részeket. Erre több megoldást is találtam. Amennyiben a vonallánc több vonalból, több töréspontból állt, de egyetlen vonalláncként hoztam létre, nem lehetett részenként törölni. Ezért, ha csak bizonyos részeit akartam módosítani elegendő volt a töréspontokat a helyére igazítanom, vagy több töréspontot beilleszteni a vonalba, vagy esetleg töréspontot törölni. A 7.2. számú ábrán a kijelölt objektumot és vonallánc előbb leírt szerkesztési lehetőségeit mutatom be.



7.2. ábra Vonallánc szerkesztési lehetőségei (saját munka)

A vonallánc – az előzőekben leírtak szerint - több vonalból állt, így egy összetett objektumot alkotott. Ezért a módosítására van olyan lehetőség is, hogy kijelölése után a „Módosítás” menü, „Szétvetés” opcióval az összetett objektumot alkotóelemeire lehet bontani. Ezt akkor alkalmaztam, ha több vonal sem illeszkedett jól az épületmaradványra, vagy túlhúztam a vonalat a maradványon, vagy csak egyszerűen nem találtam megfelelőnek az illeszkedést. A vonallánc szétvetése után a vonalakat már külön tudtam módosítani, vagy akár törölni. Amikor a javításokat elvégeztem, a vonalakat egyesével kijelöltem és a „Módosítás” menü, „Egyesítés” opciójával ismét összefűztem, vagyis a funkció alkalmazásával a vonalakat egy vonallánccá egyesítettem.

A szerkesztés során nem csak a rajzolás pontosságára kellett odafigyelnem, hanem arra is, hogy egyáltalán mit és hogyan rajzolok át. Ez alatt azt értem, hogy az ásatás során előkerült maradványok különböző korokból származnak, különböző mélységben helyezkednek el, így figyelniem kellett arra, hogy valamennyit önálló objektumként hozzam létre. Emellett arra is gondolnom kellett, hogy a későbbi munka során ezek önálló szemléltetése is megoldható legyen. A különböző korok maradványait külön fóliákba (rétegekbe) rendeztem és külön színekkel jelöltem a későbbi önálló megjelenítésre is gondolva (ki- és bekapcsolás lehetősége), ezért nagy odafigyelést igényelt a vektorizálás. Az ásatási területen előkerült falmaradványok kor és típus szerinti besorolásához, az ásatáson részt vevő régésztől kaptam segítséget. Így a létrehozott rétegek, a maradványok kora szerint, ahogy azt a 7.3. ábra mutatja, a következők voltak:



7.3. ábra Az ortofotó mozaik alapján elkészített vektoros állomány (saját munka)

8. KÜLÖNBÖZŐ FORRÁSÚ ADATOK KÖZÖS ADATBÁZISBA ILLESZTÉSE

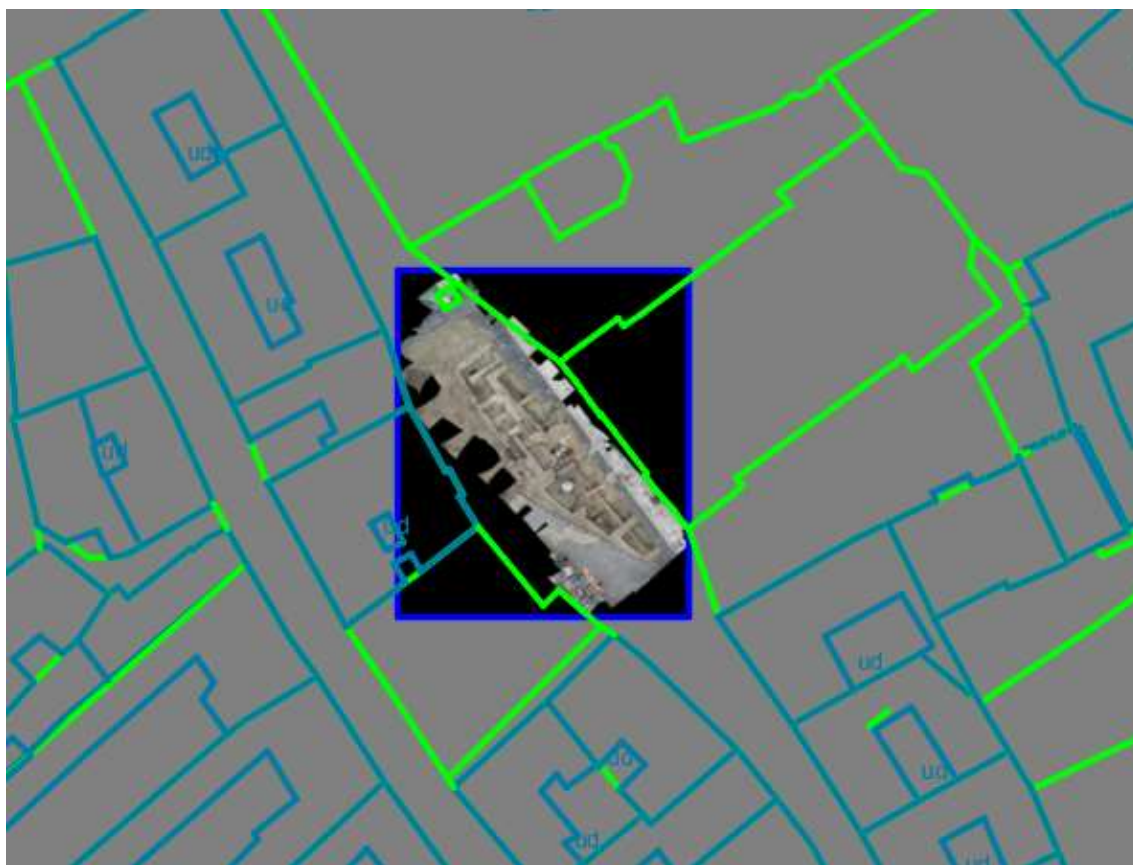
A szakdolgozatom során további feladatomból volt, hogy az általam létrehozott és a már meglévő állományokból egy közös adatbázist hozzak létre, hiszen csak így volt lehetséges a különböző forrású adatok közötti kapcsolatok vizsgálata. A következő állományokat illesztettem közös adatbázisba:

- a területről készült alaptérképi kivágat EOVS rendszerben (ennek alapján történt az illesztés)
- az általam létrehozott ortofotó mozaik (raszteres állomány, önálló rendszerben)
- a falmaradványok vektoros állománya (ugyanabban az önálló rendszerben történt az előállítás, amelyben az ortofotó mozaik is)
- az illeszkedés vizsgálatához példaként egy korabeli térkép kivágata a területről (raszteres állomány, Wüstringer József által 1826-ban készített térkép részlete)
- az illeszkedés vizsgálatához példaként egy állomány, mely tartalmazza további falmaradványok lehetséges helyzetét a terület környezetében (digitalizált vektoros állomány, Siklósi Gyula – féle feltételezett alaprajz)

A közös adatbázis létrehozásához a különböző rendszerben lévő állományokat közös vonatkozási rendszerbe illesztettem. Megfelelő rétegekiosztást alakítottam ki, amelynek az a szerepe, hogy különböző szempontok alapján szemléltetni tudjam az illeszkedéseket az egyes állományok között. Ezzel lehetőség nyílik tetszőleges megjelenítési kombinációkra. Az adatbázis létrehozásának lépéseiről a továbbiakban fogok részletesen írni.

Az adatbázis alapját a területről kapott alaptérképi kivágat képezte, mert ez már EOVS rendszerben volt, így ezt használtam a többi állomány illesztésére. Ez a térképkivágat DXF formátumú volt, amely az AutoCAD-ben megjeleníthető. Az állományban a rétegek nagy része számomra felesleges volt, így azokat kitöröltem. A földrészlet határ és lakóépület főliákat hagytam meg és tettem láthatóvá, mert ezek voltak fontosak a feladat megoldása szempontjából. Elsőnek az általam előállított ortofotó mozaikot illesztettem be. A 8.1. számú ábrán látható az eredmény. Ez esetben nem közös pont

alapján történt az illesztés, hanem az AgiSoft által szolgáltatott adatok alapján, ugyanis az ortofotó elállítása során egy szöveges txt állomány is keletkezik, amely tartalmazza a síkbeli transzformációhoz szükséges adatokat. A raszter kép behívása után a „Tulajdonságok” panelen, a „Geometria” ablakban megadtam az állomány pozícióját, azaz a txt fájlban lévő Y és X koordinátákat. Ezután a szélességét és magasságát kiszámoltam. Megnéztem az ortofotó tulajdonságainál az ortofotó méretét és ezt még megszoroztam 5-tel, igazodva annak 5 x 5 mm-es felbontásához. Ezt követően a léptéket állítottam be. Az állományt az „Ortofotó mozaik” föliába helyeztem át.



8.1. ábra Az ortofotó mozaik az alaptérképbe illesztve (saját munka)

A következő, amit beillesztettem az adatbázisba, az általam létrehozott falmaradványok vektoros állománya. Ez egy DWG kiterjesztésű fájl. Itt sem közös pontok alapján történt az illesztés, hanem a már beillesztett ortofotó mozaik volt a segítségemre. A falmaradványok állományának ugyanaz volt az Y és X pozíciója, mint az ortofotónak. Ezután csak léptéket kellett állítani. Ebben az állományban több réteget is létrehoztam,

mivel a falmaradványok különböző korokból származnak, ahogy ezt már az előzőekben írtam. A 8.2. számú ábrán szemléltetem az illesztés eredményét.



8.2. ábra Az alaptérkép és a falmaradványok vektoros állományának együttes megjelenítése
(saját munka)

A Wüstinger – féle térkép kivágat beillesztése következett. A „Beszúrás” menüben a „Csatolás” opciót alkalmaztam és a raszteres állományt képként kezeltem. Ennek illesztése már közös pontok alapján történt. A síkbeli transzformáció eltolás, elforgatás és méretarány tényező transzformációit alkalmaztam. Tulajdonképpen egy olyan pontot kerestem, amely biztosan és jól azonosítható mindkét állományon, azaz a Wüstinger-féle raszter képen és az alaptérkép kivágatán is. Ilyen pont lehet például épületsarok, vagy útkereszteződés. Miután sikerült beazonosítanom a pontot, a „Mozgatás” opciót alkalmaztam, az egérrel rákattintottam a képen és ráhúztam az alaptérképen annak megfelelőjére. Ezt követően az „Elforgatás” opciót használtam, ezzel beforgattam a képet a helyére. A „Léptékezés” opciót alkalmazva megváltoztattam a raszter állomány méretarányát, vagyis az alaptérkép szerint léptékeztem. A képnek „Wüstinger József

térkép” réteget hoztam létre és oda helyeztem át. Az illesztés eredményét a 8.3. számú ábrán jelenítettem meg.



8.3. ábra Az alaptérkép és a Wüstringer-féle térkép kivágatának illeszkedése (saját munka)

Végül a Siklósi Gyula által készített, feltételezett alaprajzot georeferáltam a közös adatbázisba. Ez egy vektoros, DWG kiterjesztésű fájl. Ebben már külön fóliákba voltak rendezve a különböző korok maradványai, így ezt a rétegekiosztást elfogadtam és nem változtattam rajta. Nem kellett méretarányt állítanom és elforgatnom sem, csak a „Mozgatás” opcióval a helyére kellett húznom a kiválasztott vektorokat. Ezt úgy oldottam meg, hogy miután megnyitottam a fájlt, létrehoztam egy blokkot a vonalakból, vonalláncokból és így már egy objektumként tudtam kezelni. Ezután egyszerű volt mozgatni és a helyére tenni a vektoros rajzot. A 8.4. ábrán látható az eredmény.



8.4. ábra Az alaptérkép és a Siklósi-féle feltételezett alaprajz illeszkedése (saját munka)

A különböző forrású raszteres és vektoros állományok mindegyike már ugyanabban az EOV vonatkozási rendszerben, közös adatbázisban volt. Valamennyi állományban különböző rétegkiosztást alkalmaztam, biztosítva ezzel a tetszőleges megjelenítési lehetőségeket a kapcsolatok elemzése során.

9. ELEMZÉSI LEHETŐSÉGEK

A következőkben bemutatok néhány példát arra, hogy milyen elemzési lehetőségek végezhetők el a különböző forrású és formátumú állományok között.

9.1. Raszteres és vektoros állományok összehasonlító elemzése

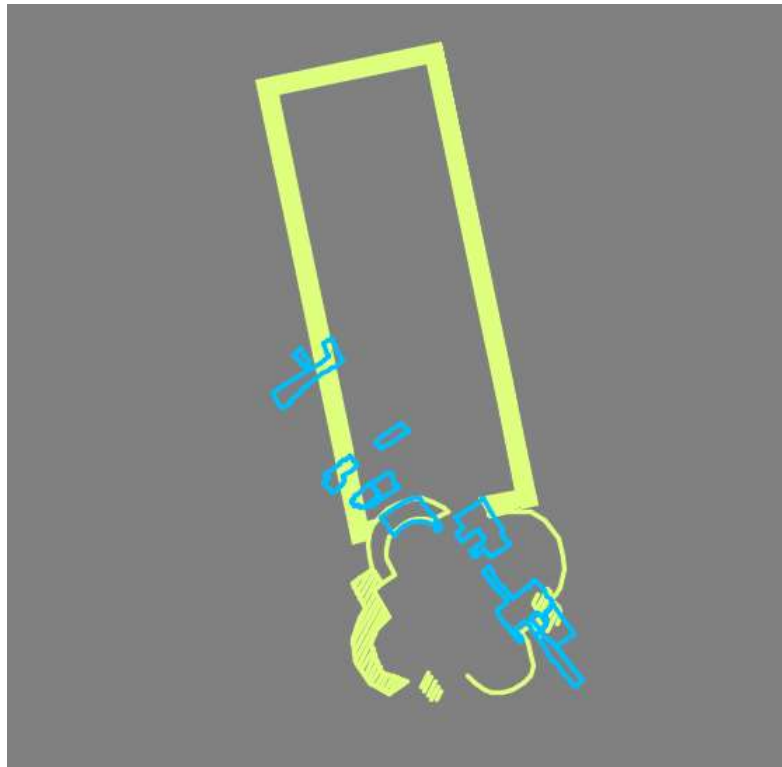
Székesfehérvárról rendelkezésre állnak térképek az elmúlt századokból. Ezek raszteres digitális állományára - közös vonatkozási rendszer esetén – ráilleszthető az ásatáson előkerült falmaradványok vektoros lehatárolása. Bár elég gyenge felbontású a példában szereplő raszteres kivágat, de ez az első, részletes, Székesfehérvárt ábrázoló térkép. A 9.1. ábra az ortofotó alapján lehatárolt épületmaradványok körvonalait mutatja be a georeferált kivágaton.



9.1. ábra A Wüstinger-féle térkép kivágat és a falmaradványok vektoros lehatárolásának illeszkedése (saját munka)

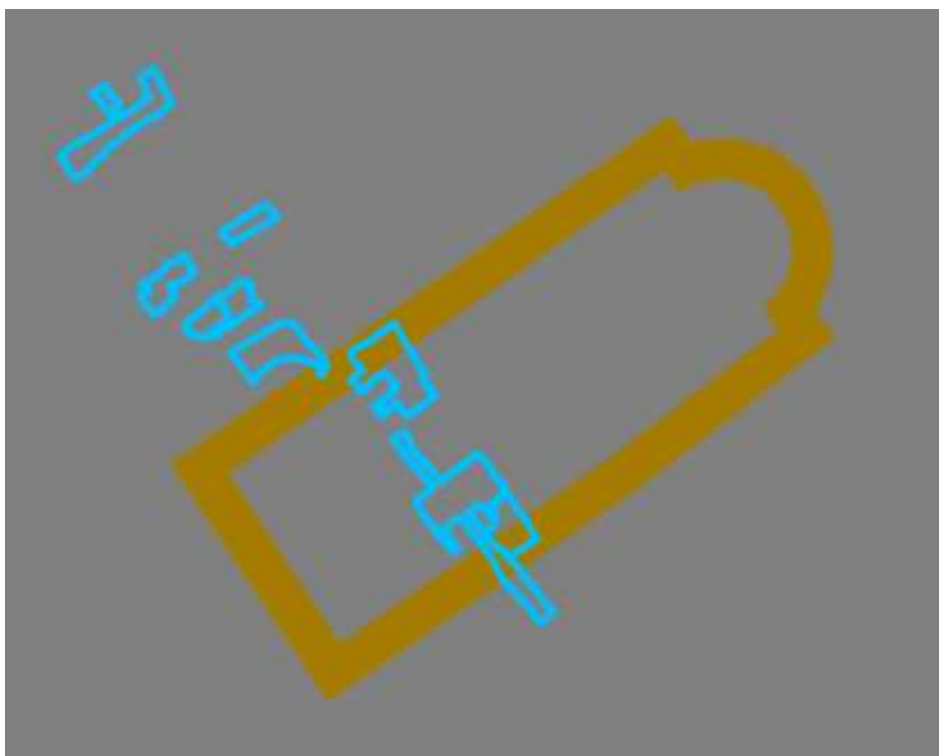
9.2. Vektoros állományok összehasonlító elemzése

A célszerűen rétegekbe rendezett, vektorosok állományok között számos megjelenítési lehetőség adódik, amelyek többféle összehasonlítást tesznek lehetővé. Az ortofotó vektorizálásával kapott épületmaradványok kor szerinti besorolásánál nem tettem különbséget a középkor századain belül (36. oldalon jelöltek szerint), míg a Siklósi Gyula- féle feltételezett alaprajzon több korszak is megjelenik. Ezek zömében az uralkodókhoz köthető korszakok. Ezért a nálam középkori épületmaradványként jelölt állományhoz a lehetséges kapcsolatok felderítése érdekében a Siklósi-féle alaprajzból két korszakot is illesztettem és megjelenítettem.



9.2. ábra Géza fejedelem korában feltételezett épületek alaprajzai (Siklósi Gy.) és az ásatás nyomán ebből a korból előkerült falmaradványok együttes megjelenítése (saját munka)

A 9.2. ábrán Géza fejedelem négykaréjos templomának részletei (X. század) láthatóak korábbi ásatások és feltételezések alapján, sárgával jelölve, valamint az ortofotó mozaik alapján előállított, középkori besorolású vektorok kék színnel megjelenítve.



9.3. ábra III. Béla korabeli palota feltételezett alaprajza és az ásatás középkori falmaradványai
(saját munka)

Szintén az ortofotó vektorizált állománya látható kék színnel, amely a XV. század előtti falmaradványokat mutatja, a barnával megjelenített alaprajz pedig III. Béla uralkodási idejéhez köthető (XII. század). (9.3. ábra)



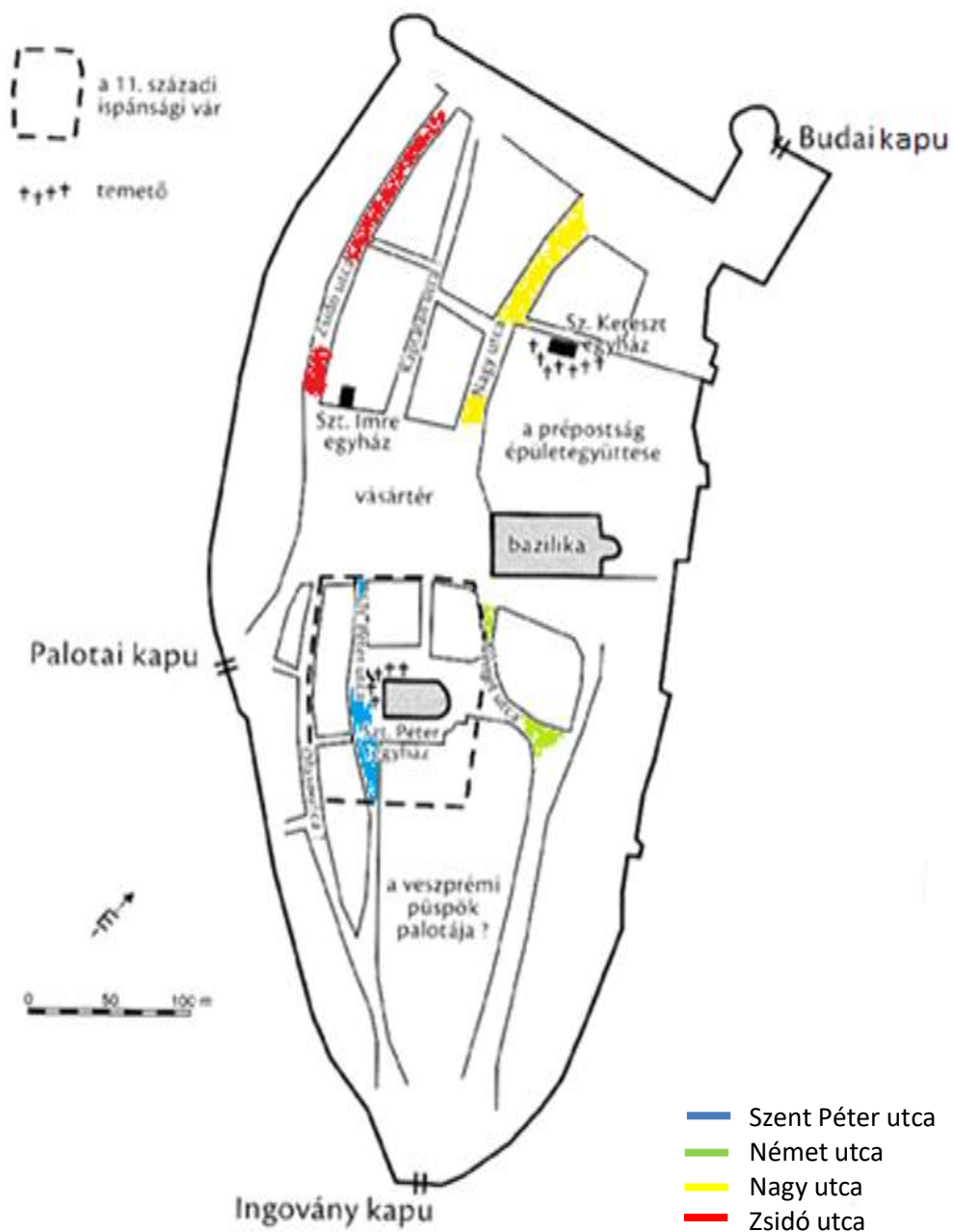
9.4. ábra Középkori pillérek, sírok, és a középkort követő időszaktól származó falmaradványok a XIV – XV. századi feltételezésekkel együtt ábrázolva (saját munka)

A 9.4. számú ábra az alaptérképen mutatja a Siklósi-féle XIV-XV. századi épületmaradványok feltételezett helyét (rózsaszínnel és kézzel jelölve), valamint az ortofotó alapján lehatárolt maradványok közül, azokat, amelyek az előzőekben nem kerültek bemutatásra. Ezek:

- tanúfal,
- középkori pillér (476-1492),
- kora újkori betoldás (XV-XVIII. század),
- középkori sírok (476-1492),
- kora újkori pillér (XV-XVIII. század),
- barokk kori kripta- vagy pincefal (XVI-XVII. század).

Ami nem régészeti szakemberként is szembetűnő, hogy a XIV-XV. századi épületmaradványok és a jelenlegi földrészlet- és épülethatárok jól illeszkednek egymásra. Ez megfelel annak a ténynek, hogy Székesfehérvár történelmi belvárosának utcaszerkezete ma is követi a középkorban kialakult szerkezetet.

A 9.5. ábrán látható Székesfehérvár belvárosa a XIII. század végén. Ezen a térképrészleten is feltűnik a mai Székesegyház területe. Az előbb említett, a középkorban kialakult utcaszerkezet szintén jól felismerhető. Az akkori Szent Péter utca megfelel a mai Arany János utcának, a Német utca a mai Kossuth utca északi részével egyezik meg, a Nagy utca a mai Fő utcának felel meg és végül a Zsidó utca a mai Jókai utcával azonosítható. A térképrészletet szerettem volna szintén a közös adatbázisba illeszteni és további elemzési lehetőségeket elvégezni a segítségével, de sajnos nem elég részletes, így nem találtam olyan pontokat, amelyek biztonsággal azonosíthatóak az általam felhasznált, a közös adatbázis alapjául szolgáló alaptérkép pontjaival.



9.5. ábra Székesfehérvár belvárosa a XIII. század végén (forrás: Zsoldos A., Thoroczkay G., Kiss G. (2016): *Székesfehérvár története az Árpád-korban, Városi Levéltár és Kutatóintézet, Székesfehérvár*)

A bemutatott példák módszertanilag kívántak segítséget nyújtani a leletek térbeli- és időbeli kapcsolatainak elemzésére. A vizsgálatok által kapott eredmények minősítése mindenképpen régészeti szakember közreműködését kívánja meg.

10. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatomban bemutattam a korszerű technológiák közül a pilóta nélküli repülő eszközök régészeti alkalmazását, valamint a különböző forrású adatok közös adatbázisba illesztésével megvalósítható elemzési lehetőségeket. A Géza fejedelem négykaréjos temploma feltárásáról UAV-val készült felvételek alapján előállítottam az ásatási terület ortofotó mozaikját. Annak vizuális interpretációjával vektorizáltam és struktúrált rétegekbe rendeztem a különböző korú falmaradványokat. Közös adatbázist hoztam létre, amelybe korabeli térkép raszteres állományát és korábbi ásatások, valamint feltételezések alapján készült vektoros alaprajzot illesztettem. A különböző forrású adatok közötti elemzési lehetőségekre példákat mutattam be. A feladat végrehajtása során szerzett tapasztalataimat az alábbiakban foglalom össze.

A korszerű technológiák kiváltják a hagyományos mérési eljárásokat és a kézi rajzzal történő dokumentálást a régészetben. Ezek segítségével sokkal gyorsabban végezhető el a leletek és az előkerülés körülményeinek rögzítése. Lényegesen részletesebb adatokhoz jutunk. A közterületek lezárása rövidebb ideig tart, ami egy település életében nem mellékes. Az időjárás kevésbé befolyásolja a terepi munkákat. Lehetőség van utólagos adatkinyerésre, térbeli adatrögzítésre, 3D-s modellezésre. Különböző nézetrajzok állíthatók elő a modellek alapján. A felvételkedészítés a helyszínen ellenőrizhető és szükség esetén ismételhető. Az alacsony repülés következtében nagyon jó felbontás adódik a képeken. A többszörös átfedésnek köszönhetően – kedvező esetben - akár az eredeti felbontással megegyező relatív pontosság érhető el az ortofotó mozaikon. Az UAV-val készült felvételekből előállított termékek – ortofotó mozaik, felületmodell – illesztése a vonatkozási rendszerbe történhet a feldolgozás közben vagy utólag, terepi ismert pontok alapján. Az ortofotó mozaikot jellemző pontosságot befolyásolja az illesztőpontok meghatározásának pontossága.

A régészetben más geoinformatikai technológiák is hasznosíthatóak. Például a földi- és légi lézerszkennelés, a különböző felszínalatti feltárásokra alkalmas talajradarok, légifényképezés infra- és egyéb spektrális tartományokban, földi fotogrammetria, stb. Mindig a körülmények határozzák meg, hogy melyik technológia alkalmazása a legoptimálisabb, melyik a leghatékonyabb és leggazdaságosabb megoldás a feladat

szempontjából. Esetenként ezek kombinált alkalmazása növelheti a kutatás és felmérés sikerességét, a leletek dokumentálásának pontosságát és részletgazdagságát. Valamennyi korszerű adatgyűjtő eljárás során raszteres, vagy vektoros digitális állomány keletkezik, amelyek közös vonatkozási rendszerbe illeszthetők. Ezek jellemzően térbeli adatok, így számos térbeli megjelenítési lehetőséget biztosítanak, amely a további értelmezést segítheti. Mind az adatnyerési módszerek, mind a digitálisan tárolt adatok számos új megoldást kínálnak, és ezzel új korszakot nyitottak a régészetben.

11. IDEGEN NYELVŰ ÖSSZEGZÉS

SUMMARY

In my thesis I presented how today's technology UAV's can be used for archaeological applications as well as how data integration can widen our analysis possibilities. Based on UAV captured photos about Prince Géza's church exploration, I created an ortophoto mosaic of the excavation area. With the visual interpretation of this ortophoto I created a vector map of the perimeter walls and then organized them in structured layers. I created a shared database where I matched the early raster map and the two vector map which are based on previous excavations and presumption theories. I presented examples of data analysis based on different source of data. I summarize my experiences I got during this task below.

Modern technologies are replacing the traditional measuring techniques and drawing based documentation in archeology. With the help of these, diagnosing excavation finds is so much faster. We get much more detailed information. The duration the closure of public domain areas is much shorter which is very important for the city. The weather has less influence in field works. We can extract data post measurement, do spatial data capture or make 3D models. Different point of view pictures can be made of these models. The raw captured data can be examined on the field and the whole process can be repeated again if needed. Low-height flying and data capturing result in great resolution photos. Thanks to the multiple overlap – in a favourable case - it's possible to get close to the original resolution accuracy on the ortophoto mosaic. Products made from UAV captures – ortophoto mosaic, surface model – can be integrated into the reference system during or post processing, based on control points on the field. The accuracy of the photo mosaic is influenced by the accuracy of the control points. Other geoinformatics technologies can be used in archaeology. For example, the air- and ground- laser scanning, underground excavation radars, air and ground photogrammetry ext.... Always the circumstance determine which technology is the most optimal and most efficient for the application. Some cases, the combination of more technology can further improve the success of analysis and the detail of documentation. Several modern

data collecting method generate digital vector and raster files which can be integrated into the same reference system. These are usually spatial data, so they can be used in several three-dimensional display applications which further helps with explanation. These data acquisition methods and digitally stored data offers us a lot more possibilities and with it, opens a whole new era in archaeology.

12. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik a szakdolgozatom elkészítése során segítséget nyújtottak. Első sorban konzulenseimnek, Balázsik Valériának és Dr. Tóth Zoltánnak, akik a dolgozat írása során végig támogattak és bármikor bizalommal fordulhattam hozzájuk. Köszönöm, hogy lehetőséget biztosítottak dolgozatom megírásához és a munka sikeres megvalósításához. Hálás vagyok a dolgozatom alapos és kritikus átnézéséért, a szakmai tanácsokért, a szakmai fejlődésemért. Külön köszönettel tartozom a GeoMontan Kft-nek azért, hogy a régészeti feltárásról készült UAV felvételeket rendelkezésemre bocsátotta a dolgozat elkészítéséhez, és hogy a feldolgozás során biztosította eszközeinek használatát. Köszönöm a Szent István Király Múzeum régészének, Reich Szabinának, hogy segített a különböző falmaradványok történelmi korszak szerinti besorolásában. Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a támogatást a családomnak és a barátaimnak.

13. IRODALOMJEGYZÉK

1. Fejér Megyei Hírlap (2016. október 1.)
2. Balázsik Valéria (2011): Fotogrammetria 8. , Ortofotoszkópia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
3. Dr. Engler Péter (2010): Fotogrammetria 7. , A légi fotogrammetria alapjai, Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
4. Verőné Wojtaszek Malgorzata (2010): Fotointerpretáció és távérzékelés 3. , A lézer alapú távérzékelés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
5. Müller Róbert (2011): Régészeti kézikönyv, Magyar Régész Szövetség, Budapest
6. Zsoldos A., Thoroczky G., Kiss G. (2016): Székesfehérvár története az Árpád-korban, Városi Levéltár és Kutatóintézet, Székesfehérvár

Internetes források:

7. <http://magyartortenelem.lapunk.hu/?modul=oldal&tartalom=10618>
8. https://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9za_magyar_fejedelem
9. <http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/tarsadalomtudomanyok/tortenelem/a-kozepkor-tortenele-476-1492/a-magyar-allamalapitas/geza-fejedelem-uralkodasa-vajk-utja-a-tronig>
10. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9kesfeh%C3%A9rv%C3%A1r>
11. <http://www.templom.hu/phpwcms/index.php?id=14,435,0,0,1,0>
12. [https://hu.wikipedia.org/wiki/Szent_Istv%C3%A1n-sz%C3%A9kesegyh%C3%A1z_\(Sz%C3%A9kesfeh%C3%A9rv%C3%A1r\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Szent_Istv%C3%A1n-sz%C3%A9kesegyh%C3%A1z_(Sz%C3%A9kesfeh%C3%A9rv%C3%A1r))
13. http://mno.hu/magyar_nemzet_magazin_ajanlo/nyomkereso-magazin-ajanlo-1264965
14. http://www.okkfehervar.hu/index.php?pg=news_1_3993
15. <http://mno.hu/belfold/dronok-es-radarok-a-regeszeti-szolgalataban-1282337>
16. https://hu.wikipedia.org/wiki/Pil%C3%B3ta_n%C3%A9lk%C3%BCl_rep%C3%BCl%C5%91g%C3%A9p

17. http://index.hu/tudomany/tortenelem/2014/08/25/dronok_a_regeszet_legujabb_fegyverei/
18. <http://perspective.hu/technologia/egy-kis-dronkorkep/>
19. <http://www.ant.hu/hu/blog/drone-ok-csoportositasa>
20. http://uni-obuda.hu/users/kutor/MoI%202015%20%C5%91sz/Beadott%20anyagok/Flaska%20Viktor/Flaska_Viktor-MoI_2015_11_02_prez.pdf
21. <http://geodrone.hu/GYIK/%C3%A1ltal%C3%A1nos>
22. <http://www.agisoft.com/>
23. <http://www.interspect.hu/index.php/termekeink/photoscan.html>
24. http://www.datakart.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=392&lang=hu
25. <http://www.meshmag.hu/2015/05/12/agisoft-photoscan/>
26. <http://albaregalis.hupont.hu/105/terkepek>
27. <http://www.hungarocad.hu/main.php?folderID=880>
28. <http://www.cadi.hu/products/cad-rendszerek/epitomernoki-tervezes/autocad-civil-3d.html>
29. <http://interspect.hu/iasp/isasp.html>
30. <http://www.mfgi.hu/hu/node/194>