



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT /DIPLOMAMUNKA

**Fénykép alapú 3D modellek publikálási
lehetőségei**

**OE-AMK
2021**

Hallgató neve: Pénzes Ádám
Hallgató törzskönyvi száma: T000153/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki/Geoinformatikai/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Cegléd, 2021.12.12.

.....
hallgató aláírása



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Pénzes Ádám

Szaktervezési száma: SZD21100421166666

Törzskönyvi száma: T000153/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök (BSc)

Specializáció: Geoinformatika

A dolgozat címe: Fénykép alapú 3D modellek publikálási lehetőségei

A dolgozat címe angolul: Publishing options for photo-based 3D models

A feladat részletezése: 3 dimenziós modellek megalkotási hátterének bemutatása. Kiválasztott munkaterületen a fényképek elkészítése, mérések elvégzése. 3 dimenziós modellek elkészítési módjainak felsorolása, az aktuális felmérési mód részletes kifejtése. A fényképek feldolgozásához szükséges valamint az elérhető szoftverek bemutatása és történeti hátterének prezentálása. A feldolgozás valamint az elkészült modell pontosságának bemutatása valamint a lehetséges pontossági követelmények kategorizálása. Az elkészült modell felhasználási területeinek felsorakoztatása valamint a publikálási lehetőségek bemutatása.

Intézményi konzulens neve: László Gergely Tibor

Külső konzulens neve: Iványosi-Szabó Zoltán

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 10. 28.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens

külső konzulens

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	5
1.1 SZEMÉLYES MOTIVÁCIÓ.....	5
1.2 TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS	6
1.3 A FELTÁRÁS RÖVID RÉSZLETEZÉSE.....	7
2. A RÉGÉSZET TUDOMÁNYA	8
2.1 RÉGÉSZETI FELTÁRÁS	8
2.2 FOTOGRAMMETRIA ÉS A RÉGÉSZET KAPCSOLATA	13
3. 3D MODELLEZÉS.....	14
3.1 ESZKÖZÖK ÉS A TÉRBELI MODELL ELKÉSZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI.....	16
3.2 3D MODELLEZÉS ELŐNYEI	19
3.3 3D MODELLEZÉS HÁTRÁNYAI	19
4. MUNKATERÜLET ISMERTETÉSE	21
5. 3D MODELL ELKÉSZÍTÉSÉNEK LÉPÉSEI.....	22
5.1 2D FÉNYKÉPEK FELHASZNÁLÁSA 3D MODELL LÉTREHOZÁSÁHOZ	22
5.2 ESZKÖZÖK ISMERTETÉSE	24
5.2.1 Fényképek elkészítése.....	24
5.2.2 Utófeldolgozásra használt szoftver	26
6. UTÓFELDOLGOZÁS MUNKAFOLYAMATA.....	27
6.1 AZ ALAPBEÁLLÍTÁSOK ELVÉGZÉSE	27
6.2 A MODELL MEGSZERKESZTÉSÉNEK MUNKAFOLYAMATA	29
6.2.1 Geometria szerkesztése	36
6.2.2 Helyi koordináta rendszer generálása és illesztőpontok elhelyezése	43
6.2.3 Sugárnyaláb kiegyenlítés	48
6.2.4 A modell exportálásának folyamata.....	50
7. PUBLIKÁLÁSI LEHETŐSÉGEK	53
8. ÖSSZEGZÉS	56
9. SUMMARY	58
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	59
IRODALOMJEGYZÉK.....	60
FÉNYKÉPEK	60

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témája a fénykép alapú 3D modellek publikálási lehetőségei, azon belül is a fotogrammetria és régészet kapcsolata. Prezentálom egy Árpád-kori romtemplom térbeli modellezésének folyamatát és a projekt részleteit mutatom be.

Megosztom személyes motivációm a szakdolgozat megírása kapcsán. Egy rövid történeti áttekintés után, melyben a mérési projekt tárgyát képező romtemplomot övező történelmi környezet bemutatása olvasható, magáról a régészet tudományáról és annak fotogrammetriával való kapcsolatát vizsgálom. A régészeti ásatás részleteit és a munkálatok során előbukkanó templomromot, valamint különböző emberi és tárgyi maradványokat is bemutatok, valamint a kutatásaim alapján a leletek történelembeli helyét is részletezem. Bemutatásra kerül a munkaterület, valamint az annak otthont adó vendéglátó és kulturális egység, amely egy mind kulináris és mind művészeti értelemben említésre méltó hely.

A 3 dimenziós modell elkészítésének módjait és megvalósítási lehetőségeit tárgyalom, azok közül is részletesebben a földi fényképeken alapuló modell elkészítésének folyamatát. Taglalom a 3D modellek, azon belül is részletesebben az általam használt technika megvalósítási folyamatát, valamint előnyeit és hátrányait. A térbeli modell előállításához szükséges szoftverek jellemzőit és az azzal való munka részleteit írom le.

A munkafolyamat végén összehasonlítást végzek egy másik általam készült térbeli modellel több szempont alapján is. Bemutatok az ilyen témájú modellek publikálási lehetőségeit és annak fontososságát, majd összegzem a dolgozatomat.

1.1 Személyes motiváció

Már korábban is érdekelt a térbeli modellek világa, az egyetemi éveim alatt lehetőségem nyílt megismerni és egy kicsit belelátni a pontfelhő feldolgozás világába. Véleményem szerint ez a mérési és feldolgozási technika robbanásszerűen elterjedt már mondhatni minden területen, így relevánsnak tartom ezt választani szakdolgozatom témájának. Mindig is egy természetet szerető és kalandra vágyó embernek tartottam magam, ezáltal az ilyen típusú kulturális emlékek felfedezésére szinte hobbiként tekintek. A lakiteleki romtemplom nem olyan régiben feltárt

leletei inspiráltak arra, hogy erről, a régióban egyedülálló épületről egy saját magam által készített térbeli dokumentációt készítsen. Az általam készített projekt másik fontos célja az is, hogy valamilyen módon népszerűsíteni tudjuk hazánk eme rejtett kincseit, amit a mai világban a világhálón nem is olyan nehéz megtenni, mégis a sok tartalom között lehet figyelmét veszti. Ezen gondolatok alapján döntöttem úgy, hogy ezt választom szakdolgozatom témájának.

1.2 Történelmi áttekintés

Sokáig merengtem a talányon, hogy létezhet-e meglevenedett történelem. Mára teljes bizonyossággal állítom, hogy igen, aminek ékes bizonyítékaént kívánom bemutatni egy Bács-Kiskun megyei nagyközség Árpád-kori romtemplomát. Lakitelek ikonikus kegyhelye nemcsak a település emlékét őrzi, hisz falaiban rejlik a magyar társadalom történetének több motívuma.

A honfoglalást követően elődeink számos ütközet elé néztek, melyek sorsdöntők voltak fennmaradásunkat tekintve. A XIII. századi, mai napig egyik legmeghatározóbb krónikásunk Anonymus elbeszélése szerint Árpád fontos csatába indult a térségből, melynek kimenetele egyik alappillére volt a kultúránk megszilárdulásának a Kárpát-medencében.

A kereszténység felvétele utáni években a vidéki lakosság jelentős része a pogány istenekhez fohászkodott. Ebből a szemszögből megközelítve az a tény, hogy már az 1075-ös évben említést tesznek egy keresztény templomról, kulcsfontosságú. A vallás különösképp szimbolikus jelentéssel bírt a magyarság körében, hisz annak szimbolikája alapozta meg a Magyar Szent Korona Országainak évszázadokon át fennálló dicsőségét.

Korábbi nevén Felső-Alpár fontos kereskedelmi útvonallá vált, melynek révén összekötötte Szeged és Szolnok városát. Az urbanizáció hatására feltételezhetőleg demográfiai robbanás történt. Ennek hatására bővíthették ki a mai romtemplomot. A térség azonban hamarosan elnéptelenedett a vérzivataros századokban. Az Oszmán Birodalom terjeszkedésének hatására a felső-alpári lakosság nagyobb része elmenekült korábbi életterületéről. Arról nem maradt hátra hiteles dokumentáció, hogy Felső-Alpár integrációja miképpen alakult a Hódoltság területén. A porta valószínűleg nem szentelt figyelmet a falunak.

A környéken Nagykőrös indult virágzásnak egyedül, aminek oka nem volt más, mint a korabeli puskaapor gyártásának fő alkotóeleme, a salétrom. A tizenöt éves háború, vagy más néven a

hosszú háború, mely 1593-1606 között zajlott a Habsburg Birodalom és Oszmán Birodalom között, minden magyar területre kiterjedt. A portyázó janicsárok és krími tatárok nemcsak a királyi Magyarország, valamint az Erdélyi Fejedelemség területét fosztogatták, hanem a Hódoltságban élők ellen is indítottak támadásokat. 1593-ban a tatárok lerombolták a falut. Később a szomszédos városok osztoztak a néhai Felső-Alpár földjein, de a fejlődés a török rabiga leverése után sem mutatkozott. Ennek oka, hogy a mai Bács-Kiskun megye északi részén, illetve a mai Pest megye déli részén, otthonom Nagykőrös határán több fegyveres összecsapás is kibontakozott a kurucok és labancokkal szövetkező északi irányba vonuló rácok között. A török dúlása és Rákóczi szabadságharc alatt kibontakozó események sorozata a feledés homályába üzte Felső-Alpár néhai emlékét is

A polgári korban Pest- Pilis-Solt- Kiskun vármegye újra fénykorát élte az Osztrák-Magyar Monarchia berkein belül, de az Árpádok korában emelt templom nem került rekonstruálásra. Az I. világháború végét követő években az ország számos pontján nyersanyaghiány jelentkezett. Számos történet kering arról, hogy a kialakult forráshiány következtében a lakosság a templom megmaradt falait tovább csonkítva nyert építőanyagot. Valószínűsíthető, hogy a szájhagyományok útján terjedő elbeszélések valós események alapján kaptak szárnyra, ám az nem igazolható tény, hogy Kiss Albert földbirtokos a maradványok megmentése érdekében betemette azt. Bárhogy is történt, egy valami bizonyos, hogy ez a műemlék közel száz esztendeig várt eltemetve a földben, mígnem archeológusok egy csoportja fel nem tárta azt. [1.]

1.3 A feltárás rövid részletezése

A régészeti szakértelem elismerése mellett azért is szót kell ejtenünk néhány mondatban a feltárás szakaszairól, mert ezáltal tárul elénk egy teljes kép a felfedezésről. 1986-ban, Lakitelken, bukkantak középkori ismeretek szerint felhúzott falak maradványaira. A munkálatok megkezdése előtt topográfiai vizsgálatok alá vetették a területet, illetve a kutatók szakirodalomra és egyéb forrásokra támaszkodhattak. [3.]

2. A RÉGÉSZET TUDOMÁNYA

„A régészet vagy archeológia tudománya a régi korok kultúráit tanulmányozza különböző tárgyi leletek alapján. A régészet legfontosabb társtudománya a történettudomány, amely a régészek kutatási eredményeit is felhasználja a történelem feltárásához. További társtudományai az antropológia, (fizikai és kulturális antropológia), paleontológia, (paleozoológia és paleobotanika: őslény- és ősnövénytan), földtudomány, nyelvészet és művészettörténet. A régészetet a történettudomány, nyelvészet és művészettörténet eszközeivel ötvözi. A régészek leggyakoribb módszere az ásatás, amikor a föld alól tárják fel pontos tervek és rendszerezés alapján a múltbeli épületek vagy sírok maradványait. Ezenkívül víz alatti és barlangi régészeti kutatások is előfordulnak. A régészet hazánkban is gyakorolt fontos ágai: Ősrégészet (őskőkorszak, neolitikum, rézkor), a bronzkor és a vaskor régészete, az egyiptomi régészet (egyiptológia), klasszikus régészet /"classica archaeologia"/ (Görögország és Róma), valamint a középkori régészet (ezen belül például a népvándorláskor, a honfoglalás-kor, az Árpád-kor és a késő középkor régészete). Sok olyan régi város vagy városrész van, ahol a legöregebb házak bejárata az utca szintje alatt található. Ennek nem az az oka, hogy mint a mesékben, a városok elsüllyednek, hanem az, hogy a földfelszín szintje sokféle lassan és észrevétlenül, de emelkedik. De hogyan? A levegőben milliónyi porszemcse lebeg, és ez a por leülepedik a földre, és egyre emeli a felszínt. Sok házat és várat így temetett be a szél,” valamint esetünkben is feltételezhető, hogy a templom romjai így kerülhettek földtakaró alá. [2.]

2.1 Régészeti feltárás

Az Árpád-kori romtemplom feltárási munkálatai 2015 május 18.-ától szeptember 28. áig tartott, amely a kivitelezést végző cég, Templom-Halom Nonprofit Kft. és a Kecskeméti Katona József Múzeum között létre jött megállapodás eredménye, amely a 2001. évi LXIV. törvény 22-23. §-a, valamint a régészeti örökség és a műemléki érték védelmével kapcsolatos szabályokról szóló 393/2012. (XII. 20.) Kormányrendelet alapján került megrendelésre.

A munkálatokat megelőző történeti és topográfiai kutatások alapján feltételezhető volt, hogy a helyszínen egy korabeli templom maradványai lapulnak. Az ásatást megelőzte egy kutató

beásás 1986. év során, amely során a homokdomb alól különböző, vegyes építésű falszakaszra bukkantak, amely falazási módja középkori technológiára enged következtetni. A későbbi 2011-2012-es évben folytatott további feltárások során bizonyossá vált, hogy a korabeli Felső-Alpár település azon a helyen helyezkedhetett el és a rom hajdanán a falu temploma lehetett.

Az ásatásokat a templomtól kissé távolabb kezdték meg, mivel a talaj rétegződését vették górcső alá. Ezekből kiderült, hogy komoly homokmozgás volt a területen. A legfelső homokréteg alatt körülbelül 1 méteres futóhomok fedte a területet, ami alatt agyagos földet fedeztek fel. Már a legfelső rétegből sírhelyek kerültek elő, lentebb ásva pedig embercsont töredékek.

Első szakaszban a környező növényzet eltávolítása, majd később gépi munkával a felső törmelékes réteg eltávolítása következett, amely helyenként akár 100-120 centiméteres vastagságot is elérte. A templom középső része felé haladva előkerültek mészkő és téglatörmelék maradványok, valamint vasszegek, amelyek az épület visszabontásából és összeomlásából származhatnak. A homokos réteg alatt teljesen elfedve került elő a 16. századi egyenetlen járószint.

További munkálatok után egy kéthelyiséges egyhajós pusztatemplom falai bontakoztak ki, amelyek körülbelül 160-190 centiméteres magasságúak voltak. A templom bejárata Déli oldalon található, viszont ablakokra utaló nyomok nem voltak felfedezhetőek, valószínűleg az épület visszabontott jellegéből adódóan csak néhány üvegszilánkot találtak a régészek. A templom belsejében 2 nagyobb beásás volt megtalálható, amelyet a régészek „kincskereső gödörnek” neveztek el.

Ezután kezdett kirajzolódni, hogy a templom valószínűleg a 11. század végén épülhetett. Kialakítását tekintve egy íves szentélyzáródású templomról beszélhetünk, amely falai 1 méter vastagságúak és alapozása is ilyen mélységű lehetett. Az alapozás zúzott kő, agyag és téglamateriálból épült fel. Ebben a korban épült padlózat nem maradt meg, az már a tatárjárás korában megsérülhetett. A templomot a 14. század közepén átépítették, amely formáját a mai napig őrzi. A templom Keleti és Déli oldalát visszabontották, viszont az ebből származó építőanyagot felhasználták és a szentélyt kibővítették. A hajó nyugati falát meghagyták és hozzáépítettek egy 1 méterrel kiugró részt. A hozzáépített résznél nem kötést használtak, hanem egy külső pillérrel támasztották meg a falat. A későbbi épület kivitelezés szempontjából

egyszerűbb és nem olyan erős, mint az Árpád-kori templomé, ahol még az is észrevehető, hogy a falak nem párhuzamosak és jelentős szögeltérés figyelhető meg az alaprajzon **(1. ábra)**

Az épület szentélyéből előkerültek figurális freskók. Az épület belső és külső felén jó állapotban megmaradt a fehérre meszelt felület, valamint nagy mennyiségben kerültek elő zsindelyszegek, amelyek arra engednek következtetni, hogy a templom tető része fazsindelyes kialakítású volt. A templom belső részéből 39 temetkezés került elő, melyek javarészt 14.-16. századiak. 4 temetkezés a templom megléte előtt történt, amely egy 11. századi temető meglétére utal. **(2. ábra) (3. ábra)**



1. ábra: Templom feltárása (saját fénykép)



2. ábra: Feltárt temetkezés (saját fénykép)



3. ábra: Feltárt csontváz (saját fénykép)

A sírokból jellegzetes 15-16. századi viseleti elemek kerültek elő, mint például két bőr pártav és egy ezüstszállal kivarrt textilöv. Előkerült még számos ruhakapocs, valamint 3 darab pecsétgyűrű és különböző pénzérme. **(4. ábra)**



4. ábra: Korabeli pénzérme (saját fénykép)

Az előkerült pénzérme (kép) nagy segítséget nyújtottak a korszak datálásához, mivel azok 12. század közepétől az 1500-as évekig léteztek. A szentély Északi oldalán nagy embercsontokból álló kupacot ástak ki a régészek, ahol a koponyák alapján legalább 60 megbolygatott sírhelyre lehet következtetni.

A garamszentbenedeki apátság 1075-ben kelt alapító levelében olvashatunk először említést a környékről. A forrásban Felsőalpárnak nevezik a települést, amely egy része a 12. században királyi adományként a szávaszentdemeteri monostor, később pedig a titeli prépostság birtokába került. A váci egyházmegye névtára, valamint a Lázár-deák féle 16. század elejéről való térkép templomos faluként jeleníti meg a települést. Régészek szerint a templom sokáig létezhetett eredeti fazsindelyes valójában, viszont a 19. században vélhetően a környékbeli építkezésekhez sok építőanyagot termeltek ki a templom falaiból. Talán a 20. század elején az egyik földtulajdonos meg is tilthatta a további bontást és eddig tisztázatlan okokból a templom romjai

fölé vastag homok takaró került. Az ásatások eredményeképpen előkerült emlék egyedülálló a megyében, de még a Dél-Alföldi régióban is ritkán látni ilyen középkori épületet. Valószínűleg ez a templom lehet az egyik olyan utolsó épített örökség, amely a magyarság korai történelméről árulkodik és mindeddig felfedezetlen volt.[3.]

2.2 Fotogrammetria és a régészet kapcsolata

Mindnyájunkban él egyfajta kép a régészekről. Sokakban felöltik a filmvászonról ismert Indiana Jones alakja, de hallani olykor – nem kifejezetten a megbecsülés hangján – a kapirgáló régész kifejezést is. Valószínűleg kevés ember van, aki a régészi hivatást a modern eszközökkel és napjaink korszerű digitális megoldásaival hozza kapcsolatba, inkább az jut az emberek eszébe, hogy a különféle munkaterületeken kis ecsetekkel és különböző eszközökkel „kapirgálják” a földet. Ellenben a régészet tudomány napjainkban már élen jár a műszaki-informatikai eszközök, szoftverek használatában.

A régészet egyik fő eszköze az ásatás, amely folyamán a különböző leletek felszínre kerülnek, viszont így az eredeti feltárás kontextusát elpusztítja. A feltárt leletek az eredeti kontextusukban való dokumentálása egy egyszeri alkalmat takar, amiben a fotogrammetria tudománya tud igen nagy segítséget nyújtani, hiszen a fényképek segítségével, jóval részletgazdagabb geometriai adatokhoz jutunk a feltárás során. Talán ebben az esetben lehet használnunk azt a kifejezést, hogy digitális régész, mivel az eddigi eljárásokkal szemben a digitális régész igyekszik csak digitális adatokkal dolgozni. Ezzel szemben a hagyományos értelemben vett régész a papír alapú adatok feldolgozását csak utólag tudta digitalizálni. Mivel a fejlődés megállíthatatlan, így saját magunk is tapasztalhatjuk, hogy szinte mindig kéznél van az ember okostelefonja, vagy legalább a zsebében lapul. Az okostelefonnal vagy tablettel könnyedén tudunk adatokat rögzíteni, viszont ezekből ki is kell nyernünk az információt, ezért szükségünk van az adatok adatbázisba szervezésére. A hálózati kapcsolat segítségével szinte határtalan az együttműködés.

A rendszer megvalósulásához a 2000-es évek elején elérhetetlenek voltak a megfelelő eszközök, így ezt találóan „Szent Grálként” is aposztrofálták. Ebből fakadóan talán egy kis párhuzamot vonva mondhatjuk azt, hogy a digitális régész egyfajta 21. századi Indiana Jonesként az ostort tabletre cserélve ered a „Szent Grál” nyomába. [4.]

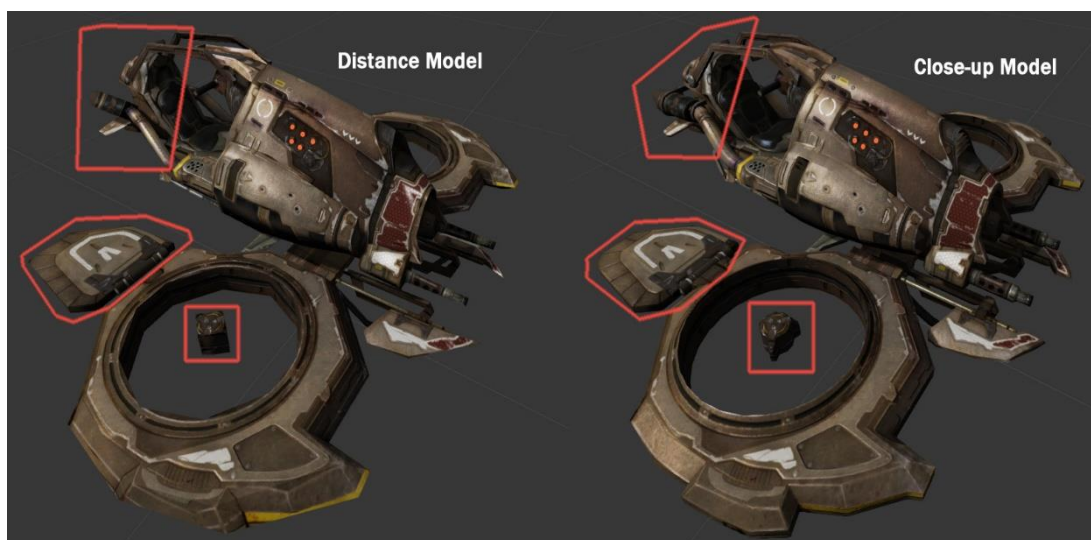
3. 3D MODELLEZÉS

„A 3D-s modellek mindegyikében egy pont definiálásához három koordinátát kell megadni. Mivel a pontok három dimenzióban vannak leírva, ezért a pontok által leírt alakzat testként jelentkezik nemcsak a képernyőn, hanem a számítógépen is. További követelmény még, hogy a test minden egyes felületén műveletek végezhetők.” A 3D modellek alapeleme a pont, melyeket különféle geometriai elemek kötnek össze. Ezek a kapcsolatok készíthetők manuálisan, de ami manapság már jobban elterjedt és széles körben alkalmazott, az az automatizált, különböző algoritmusok alapján felépített térbeli modell.[5.] [6.]

Már a középkorban is használtak valódi fizikai modelleket az épületek szemléltetésére. Akkoriban készült művészi mérnöki rajzokat egyre inkább felváltották a műszaki rajzok. Később már szabványokon alapuló műszaki rajzok készültek. A számítógépes technika fejlődése pedig lehetővé tette, hogy a különböző modellező szoftverek segítségével 3D modellek készülhessenek. A térbeli modellező szoftverek által készült modellek megfelelő felületi struktúrával vannak ellátva, melyek minősége szinte vetekszik a fényképekével vagy bizonyos esetekben még meg is haladja azt. [7.]

Mivel a modellezni kívánt objektumok felületei nem minden esetben állnak jól körülhatárolható kétdimenziós elemekből, szükség van ezek digitális elemekké való leegyszerűsítésére, amiket poligonoknak nevezünk. A legelterjedtebb a poligonháló, de létezik pont alapú ábrázolása is. A szinthalmazok módszerével pedig jól ábrázolhatóak deformálódó, változó topológiájú felületek is.

A 3D modellezésnek számos felhasználási területei léteznek, mint például a videójáték-ipar, az orvostudomány (szervek részletes modelljének készítése), építőipar (leendő tervek és látványtervek készítése). [6.] (5. ábra) (6. ábra) (7. ábra)



5. ábra: 3D modellezés a videójáték-iparban (1.)



6. ábra: 3D modellezés az orvostudományban (2.)

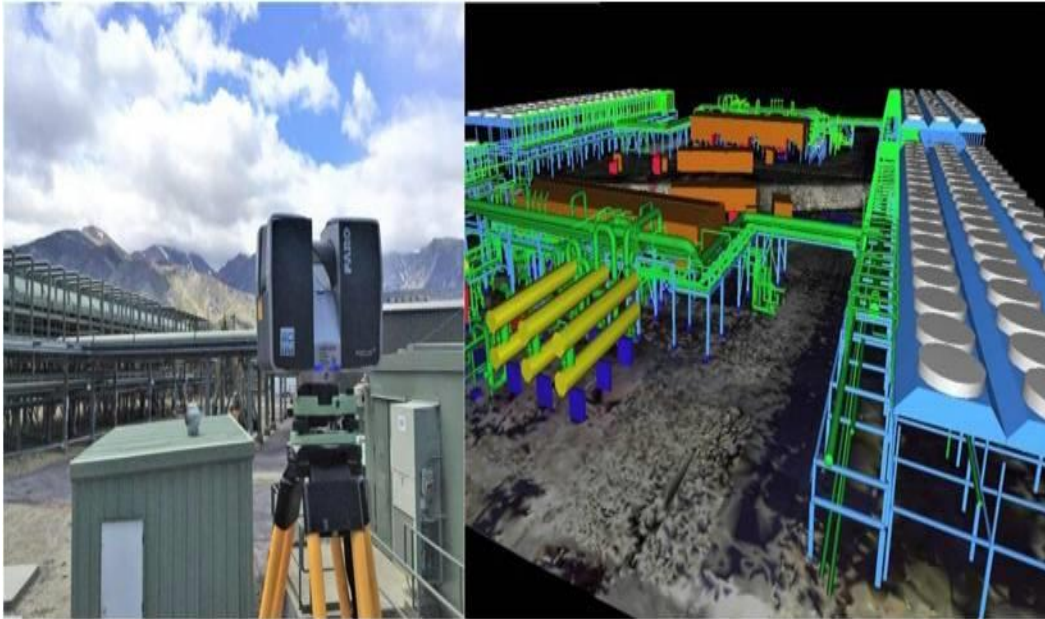


7. ábra: 3D modellezés az építőiparban (3.)

3.1 Eszközök és a térbeli modell elkészítésének lehetőségei

Térbeli modellek készítéséhez használhatunk lézer szkennereket, amely műszerek segítségével viszonylag rövid mérési időn belül sok pontot mérhetünk fel részletesen és nagy pontossággal. A műszer lézersugárral tapogatja le a terepet vagy felszínt és több millió pontos adatot is képes begyűjteni. A mérést több álláspontból is elvégezve, majd egy közös rendszerbe illesztve egy teljes egészében körbejárható modellt kapunk, amin a későbbiekben akár további távolsági adatokat is tudunk mérni. Egy megfelelően tájékozott műszer által mért koordinátákat ezek után az Egységes Országos Vetületi Rendszerben (EOV) el is tudjuk helyezni.

Az összegyűjtött adatokból, melyet pontfelhőnek nevezünk, utófeldolgozás után szintvonalas térképek, metszetek, valamint különböző nézetű térképek állíthatóak elő. [8.] (8. ábra)



8. ábra: Lézerszkennerral mért adatokból készített 3D modell (4.)

Más lehetőségeink is vannak térbeli modellek elkészítésére, mint például drónos felvételek alapján történő térbeli modellek generálása. A mai drónokon nagy felbontású képek készítésére alkalmas kamera/kamerák helyezkednek el, melyekkel egy mérés/repülés során számos felvételt tudunk elkészíteni. Drónos felvételek készítése sok esetben hasznos, mivel könnyen el lehet jutni az eszközzel olyan helyekre, ahol más műszerrel körülményes, vagy nem lenne lehetséges adatokat gyűjteni.

Az elkészült felvételeket akár kiegészítő mérésekkel is bővítve tudjuk feldolgozni és az adatokból 3D modellt generálni. Az utófeldolgozás során átlagosan pár centiméter pontosságú pontfelhőt tudunk generálni, amelyből az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) is becsatlakoztatható térbeli modellt tudunk készíteni. [9.] (9. ábra)



9. ábra: Drónos felvételekből készített 3D modell (5.)

Továbbá lehetőségünk van egy fényképezőgép által készített 2 dimenziós fotókon alapuló térbeli modell előállítására is. Ez a módszer az előbb felsorolt kivitelezési módoknál költséghatékonyabb és egy hétköznapi ember számára is elérhető és megérthető. Persze, ez nem azt jelenti, hogy kevesebb odafigyelést igényel ez a felmérési folyamat, mivel a kellő pontosságú és minőségű végeredmény érdekében itt is precíz munkát kell, hogy végezzünk mind a fényképek elkészítése, mind pedig a feldolgozás során. Fontos, hogy az eszközválasztás megfelelő legyen és kellő minőségű felvételeket tudjunk készíteni. A külső behatások is nagyban befolyásolják a munkánkat, például a fényviszonyok, megfelelő beállítás valamint felvétel pillanatában az eszköz stabil helyzete. A fényképezés során a tárgy minden részletét figyelembe kell vennünk és elegendő számú felvételt kell készítenünk, mivel ezzel a modellünk még összetettebb és részletesebb tud lenni.

A felvételek elkészítése után meg kell találnunk a megfelelő szoftvert, amivel fel tudjuk dolgozni az adatokat, ehhez lehetőségünk van különböző funkciókkal bíró programok használatára. Ezek a programok nagyrészt automatizáltak, de az ellenőrzési és javítási metódusokat saját magunknak kell megtennünk. Az elkészült modellt több fájlformátumban is tudjuk exportálni, majd felhasznosítani. A létrejött térbeli modellünkön akár távolsági adatokat

is letudunk mérni pár centiméter pontossággal, a felhasznált adatok és precíz munkavégzés függvényében.

3.2 3D modellezés előnyei

Talán az egyik legnagyobb előnye a térbeli modellek elkészítésének, hogy nagy részben képesek átadni az alkotó szándékát, vagyis a modell minden esetben vizuálisan szemléltetni tudja a készítő által megalkotott modellt értelmezések és szubjektivitások nélkül.

Másik előnye, hogy kiváló részletgazdagságot biztosít és különböző adatokat, is pontosan tudunk rajta mérni. A térbeli modellező programok használatának elsajátítása egy viszonylag könnyen tanulható folyamat, amely akár néhány hónapos gyakorlással elérhető. Az elkészült modellek könnyen módosíthatóak akár az elkészült állapot után is.

Különböző szoftverek automatizált folyamatai sok segítséget nyújtanak nekünk mind feldolgozásban, mind a mérések folyamatos ellenőrzésében.

A digitális állományban tetszőlegesen alakíthatjuk a modell textúráját és a 360 fokos nézet lehetővé teszi, hogy minden irányból betekintést nyerjünk. Egy munkafolyamat kezdetétől a végső produktum elkészültéig sok időt és munkaórát tudunk megspórolni egy hagyományos fizikai modellhez képest. **[10.]**

3.3 3D modellezés hátrányai

Hátrányai közé tartozik, hogy a fizikai modellekkel ellentétben mivel ezek digitális felületen készülnek, az anyagok textúráját csak vizuálisan tudjuk érzékelni, saját kezünkkel nem tudjuk megtapintani.

Minden esetben szükségünk van programokra, hogy elő tudjuk állítani a 3 dimenziós modellünket, valamint a fényképek elkészítéséhez használt és az utófeldolgozáshoz szükséges eszközök beszerzésének is komoly anyagi vonzatai lehetnek.

Valamint sok esetben egy munka abszolválásához digitális modell készítése olyan többlet költséggel jár, ami miatt egy esetleges megrendelő eláll az effajta szolgáltatás igénybevételétől.

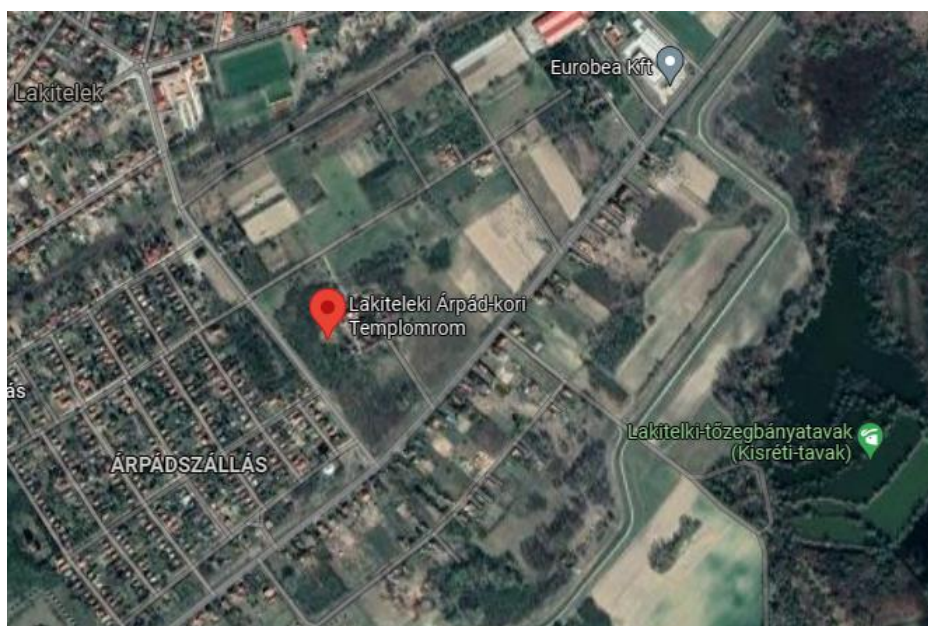
[10.]

4. MUNKATERÜLET ISMERTETÉSE

Az Árpád-kori romtemplom Lakitelken, Kecskemét megyei jogú várostól 28 kilométerre, Keletre terül el. Lakitelek nagyközség Bács-Kiskun megyében, a Tiszakécskei járásban található. Topológiaiilag a Homokhátság és a Tisza-völgy találkozásánál találhatjuk meg, amely nagyközséghez külterületként tartozik Felsőalpár, Kisalpár, Árpádszállás, Szikra, Szikra-Oncsatelep, Kapásfalu és Töserdő. Lakitelek lélekszáma 4547 fő.

A környék híres a termálvízéről és a Tösfürdő – Lakitelek Termálfürdőről, valamint a Népfőiskoláról, amely sok európai rangú konferenciának és tudományos tanácskozásnak ad helyet. A régió híres még gyönyörű túraútvonalairól, melyek a Kiskunsági Nemzeti Park részét képezik. Gyönyörű látványt nyújt a Holt-Tisza kanyargó vonulata is. **[11.]**

Az Árpád-kori romtemplom épülete a Harmincházás Pálinkaváros nevű vendéglátó és kulturális központ, egykori majorság területén található. Az épületegyüttesnek helyet adó terület régen a Szikra Tsz. központja volt a Muraközy-kúriával együtt. Az épület falain belül megtalálható egy múzeum, ami a 30-as évek történelmét mutatja be, valamint egy Archeológiai Központ is. A XI. századi pusztatemplom minden érdeklődő számára látogatható. **(10. ábra)**



10. ábra: Munkaterület ismertetése (képernyőkép)

5. 3D MODELL ELKÉSZÍTÉSÉNEK LÉPÉSEI

5.1 2D fényképek felhasználása 3D modell létrehozásához

Egy 3 dimenziós térbeli modell megalkotásához sokkal több információra és tudásra van szükségünk, mint a legtöbb 2 dimenziós fénykép feldolgozásához. A 3 dimenziós modelleket a térben lévő pontokat összekötő poligonok alkotják, melyeknek van hosszuk, szélességük és mélységük. Ilyen térbeli modellek elkészítéséhez szükségünk van különböző fotogrammetriai módszerek használatára és ismeretére.

„A fotogrammetria tudománya a földfelszín, illetve különféle objektumok (pl. épületek) helyzetének és alakjának fényképek alapján történő nagy pontosságú meghatározásával foglalkozik. Segítségével a méretek meghatározása tehát nem közvetlenül a terepen, hanem a fényképek utólagos kiértékelésével történik.” A digitális képanyagok digitális eszközökkel való kiértékelését hívjuk digitális fotogrammetriának. Az általam elkészített modell létrehozásához én is a digitális fotogrammetria tudományát használtam fel. [12.]

Első lépésként fontos volt megtervezni, hogy milyen módon és milyen eszközök használatával szeretném a feladatot végrehajtani. Az ilyen típusú modellek elkészítésének egyik fontos alappillére a megfelelő számú és minőségű 2dimenziós fényképek elkészítése. A fényképek elkészítéséhez a saját okostelefonomat használtam, mivel sajnos nem rendelkezem minőségi tükörreflexes fényképezőgéppel, valamint véleményem szerint a mai modern telefonok már közel olyan minőségű képeket tudnak készíteni, mint egy hagyományos értelemben vett fényképezőgép. Ezek után kilátogattam a helyszínre és pár próbafelvételt készítettem körbe a templomról, szám szerint 117 darabot.

A fotók elkészítésekor ügyeltem a megfelelő beállításokra és, hogy a felvételek stabil helyzetben készüljenek. A próbafotók után megkerestem a számomra és a feladat megoldásához megfelelő feldolgozó programot. Ennek tanulmányozásának és használatának céljából generáltam egy teszt állományt, melynek végeredményéből láthatóvá váltak, hogy a felvételek száma nem volt elegendő és elég részletes valamint, hogy a modell további szerkesztést és korrigálást kíván. Ezután még egyszer elmentem a munkaterületre és további 41 darab fényképpel kiegészítettem az eddig készülteket, mivel a romtemplom padlózata hiányos,

valamint némelyik részéről kevés fénykép készült a részletességet tekintve. Immáron 158 felvételt készítettem el és szerkesztettem meg a modellt, amely részletessége megfelelőnek bizonyult. Első körben a fényképekről nem vágtam le a felesleges részeket, így a második szerkesztési folyamatnál ezt is pótoltam. A pontfelhő elkészülte után is maradtak részek melyek feleslegesnek tűntek és nem a modellhez tartoztak, ezeket a pontokat töröltem.

Mivel célom az volt, hogy ezt a modellt igény szerint publikálni is tudjam webes felületen vagy egy PDF formájában, így a geometriai korrekciók után úgy szerkesztettem meg, hogy azt az előbb említett felületeken megjeleníthető legyen, tehát a fájl mérete én minősége is megfeleljen a későbbi felhasználásra. Ennél a fázisnál az eredeti állományt és a továbbszerkesztett állományt is külön-külön elmentettem. A továbbiakban publikálni kívánt állományt szerkesztettem, amiben átvizsgáltam az állományt és még maradék apró, oda nem illő részleteket és a kicsit homályosnak tűnő, valamint nem tökéletesen részletes poligonokat töröltem. Akadtak még olyan területek, ahol sajnos nem készült elegendő felvétel, mint például és a sarkok növényvel befedett részei, vagy a padlószintnél kicsit jobban kiemelkedő, a templom Északkeleti részén elhelyezkedő kőlépcső másik oldala. A probléma megoldására a programban van lehetőség amivel, ezeket a „lyukakat” a környezetével, azonos textúrával ki tudjuk tölteni. Mikor már nem találtam több részletet melyek nem a modellhez tartoznak, maximalizáltam a poligonok számát, amelyekből a modellem felépült, mivel ezáltal a fájl méretét csökkenteni tudtam, így probléma nélkül tudják kezelni más programok is az állományt. Ennek a módszernek csak az a hátulütője, hogy a kiindulási majdnem 3 millió poligonból felépülő modellt 200,000 poligonra redukáltam, ezáltal romlott a minősége, de ezt egy következő lépcsőben tudjuk korrigálni. A programban lehetőségünk van egy textúrát illeszteni az eddig elkészült sokszög háló modellünkre, amely egy virtuális matériát kölcsönöz a különböző típusú felületeknek.

A 2 dimenziós képekből felépülő modellünknek alapjába véve nincsen semmilyen vonatkoztatási rendszere emiatt és, hogy a modellt a későbbiekben távolsági adatok mérésére is tudjuk használni, egy saját koordináta rendszert kellett meghatároznom, amihez több terepi hosszúsági adatra is szükségem volt, ezáltal még egy mérési napot kellett eltöltenem a munkaterületen. Több hosszúságot is felmértem az általam elképzelt helyi koordináta rendszerhez.

A felmérés során 9 darab pont helyzetét határoztam meg, viszont mivel a templom alaprajza geometriailag nem szabályos, néhány pont mérése nem bizonyult egyszerű feladatnak. A pontok számozása mellett rögzítettem fényképekkel a helyzetüket is, hogy később könnyen beazonosíthatóak legyenek. Az adatok feljegyzését követően hozzáláttam az utófeldolgozáshoz.

5.2 Eszközök ismertetése

5.2.1 Fényképek elkészítése

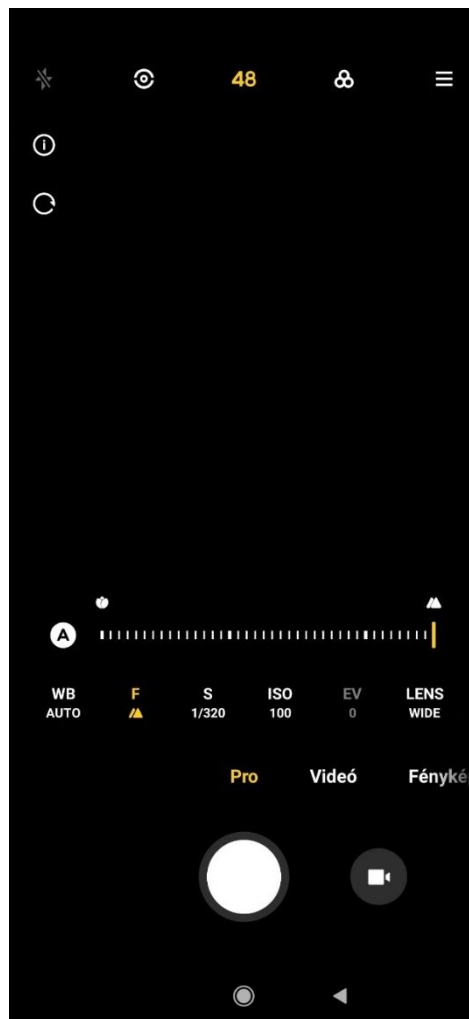
A fényképek elkészítésére a saját okostelefonomat használtam, ami egy Xiaomi Redmi 9T márkájú készülék. A készülék hátlapján 4 darab kamerát találunk, melyek 4 különböző funkciót látnak el. A fő kamera 48 megapixeles felbontású, ezen kívül található rajta egy 8 megapixeles széles látószögű kamera, amely 120 fokban tud felvételeket készíteni, és 2 darab 2 megapixeles kamera, amelyekből az egyik egy mélység érzékelő szenzor és egy makró érzékelő szenzor. A telefon fényképező képessége e feltételek mellett igen jónak mondható.

Első próbafényképeim elkészítésekor ezeket a funkciókat nem állítottam be manuálisan, melyek eredményeként a változó fényviszonyok miatt nem sikerültek tökéletesen a fényképek. Ezek után tanulmányoztam, hogyan tudom a megfelelő minőségű felvételeket elkészíteni.

A telefon rendelkezik egy 'Pro' fényképező funkcióval, ahol a fehéregyensúly, az expozíció, a fókusz, az ISO érték és a zársebesség manuális beállításával az éppen aktuális fényviszonyok zavaró tényezőit kiküszöbölve tudom elkészíteni a jó minőségű képeket. Ezen kívül még van rá lehetőség, hogy beállítsuk milyen megvilágítású a fényképezni kívánt területünk, mivel nem tudom, mi alapján észleli ezt a program, így ezt a beállítást automatikusra állítottam. Továbbá választhatunk, hogy milyen belátási szögű fényképek készüljenek, itt lehet használni a 120 fokos szögű kamerát, viszont én az alapbeállításon hagytam, mivel több egymást fedő képet szerettem volna készíteni. [13.]

A kameraállandó nem más, mint a fényképező kamera képtávolsága, vagy más néven kalibrált fókusz-távolság. Ennek beállításához a telefonon a fókusz-távolságot állandóra állítottam be, az

automata funkció helyett, mellyel a felvételek alapját a falak magassága és az attól való fényképezési távolság adta. Ezért fontos volt, hogy a fényképezni kívánt felülettől mindig ugyanolyan távolságban készüljenek a felvételek ez körülbelül 1-1,5 méteres távolság volt. A fényviszonyoktól függően a zársebességet 1/100 és 1/1000 értékek között állítottam be. Minél több fény szűrődött be a kamera lencséin, annál rövidebb expozíciós időt állítottam be. Az ISO érték a film érzékenységet határozza meg, de mivel a digitális fényképezőknél mindig ugyanolyan érzékenységgel készülnek a képek, az ISO értékkel utólagos digitális felerősítést tudunk adni a fényképeknek. Ezt az értéket 100 és 320 között állítottam be. A képeket különböző álláspontokból, statikusan készítettem úgy, hogy a képek legalább 1/3-a fedje egymást. [14.] (11. ábra)



11. ábra: Telefon fényképezőjének beállítása (képernyőkép)

5.2.2 Utófeldolgozásra használt szoftver

Az AgiSoft cég egy profi fotogrammetriai szoftverét, a Photo Scan programot használtam fel a szakdolgozatomban. A program képes sűrű pontfelhők generálására, sokszög modellek, valamint DTM (Digitális terepmodellek) és DSM (Digitális felület modellek) készítésére. A folyamatok sok esetben automatizáltak és a végeredmények akár 1 milliméter közelségben készített felvételek esetén is pontos. A program képes több ezer fotó kezelésére is anélkül, hogy bármilyen külső konvertálási folyamatot kellene elvégezni. Tapasztalatom szerint a program igen felhasználóbarát még akár olyan emberek számára is, akik nem a szakmában tevékenykednek. [15.]

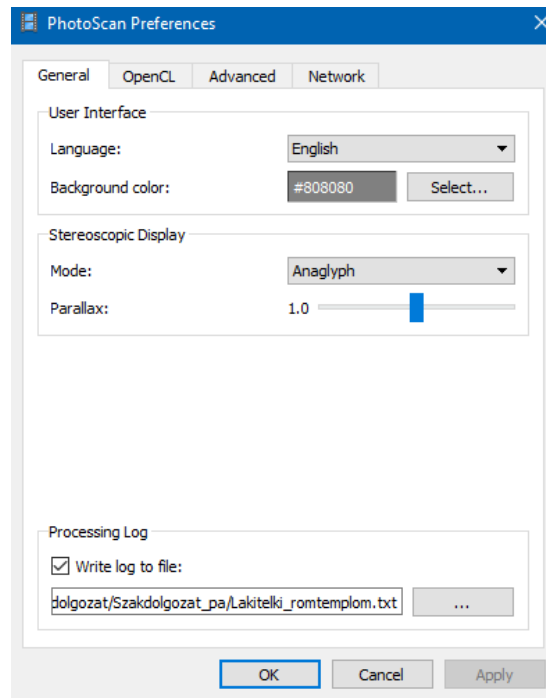
6. UTÓFELDOLGOZÁS MUNKAFOLYAMATA

6.1 Az alapbeállítások elvégzése

Egy ilyen volumenű modell készítéséhez, valamint a részletes végeredmény érdekében célszerű számos fénykép készítése, valamint ezek több szögből való megtétele.

Az általam készített modellhez 158 darab fényképet készítettem több álláspontból és különböző előmetsző szögekből. A 3 dimenziós modellezés folyamatának megkezdése előtt több részletes beállítást el kell végezni a programban, amelyek elengedhetetlenek a későbbi pontos végeredmény elérése érdekében. A fényképek feldolgozását az Agisoft Photoscannel végeztem, amelyek fotogrammetriai feladatok elvégzésére kifejlesztett program.

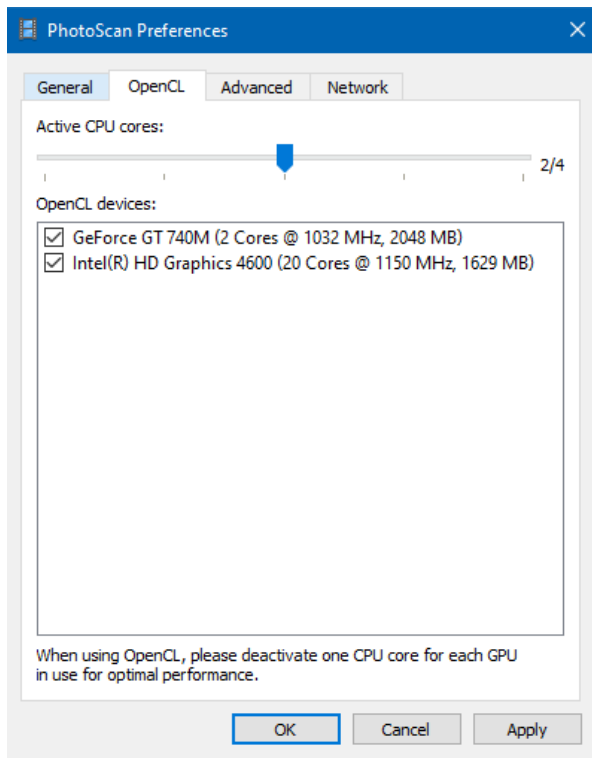
A program megnyitása után a felső menüsorban meg kell keresnünk a *Tools* (Eszközök) lehetőséget majd a lenyíló párbeszédablakban a *Preferences* (Beállítások) gombra kattintunk. Itt be kell állítanunk a megfelelő értékeket a paraméterekhez. A *General* (Általános) fül alatt a parallaxist a program által is megadott 1.0 értéken hagyjuk. Az általunk elmentett állományt a *Processing Log* (Feldolgozási Napló) lehetőségnél bepipáljuk a *Write log to file* (Naplózás fájlba való mentése) funkciót és megadjuk, hogy hová szeretnénk menteni. **(12. ábra)**



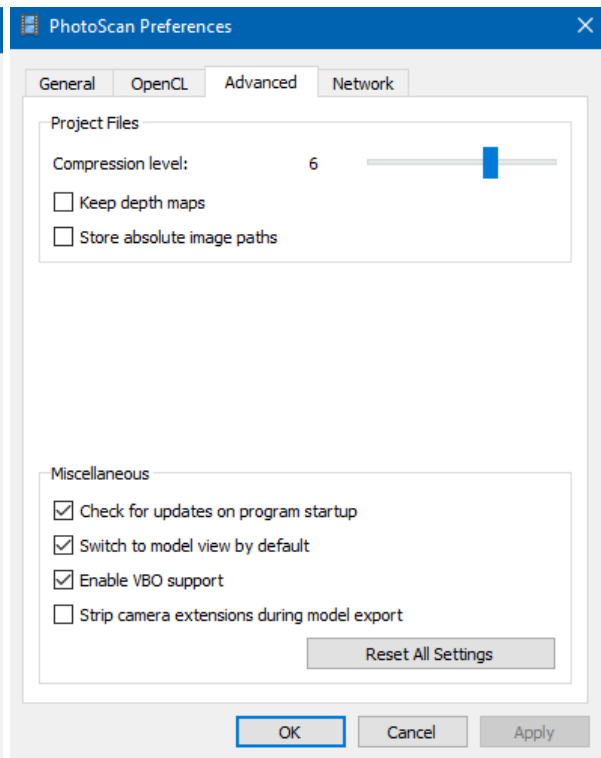
12. ábra: Preferences (képernyőkép)

A következő *OpenCL* fülön ellenőrizzük a számítógép által észlelt eszközöket és a lehetőségekhez mérten pipáljuk be azokat az eszközöket, amelyeket a program felajánl, mellyel tudjuk csökkenteni a processzor (CPU) által használt magok számát. Erre azért van szükség, hogy a program optimálisan tudja kihasználni a számítógép teljesítményét. **(13. ábra)**

Az *Advanced* (Haladó) fülön a *Project compression level* (Projekt tömörítési szint) szintet 6-os (alapértelmezett) beállításon hagyjuk. *Keep depth maps / Store absolute image paths* (Mélységtérképek megőrzése / Abszolút képútvonalak tárolása) lehetőséget letiltjuk, valamint a *Check for updates* (Frissítések keresése) engedélyezzük és végül az *Enable VBO support* (VBO támogatást) is engedélyezzük. **(14. ábra)**



13. ábra: Open CL (képernyőkép)



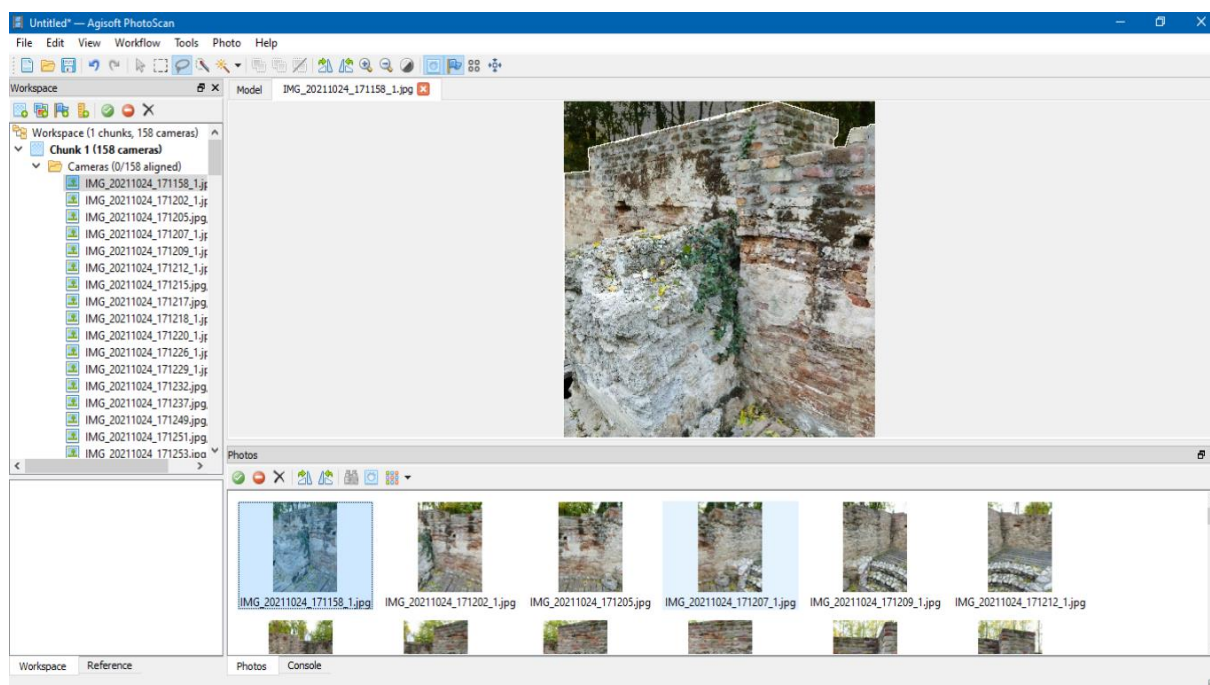
14. ábra: Advanced (képernyőkép)

6.2 A modell megszerkesztésének munkafolyamata

Az alapbeállítások elvégzése után az elkészült fotókat hozzáadjuk, ehhez kiválasztjuk a menüsorból a *Workflow* lenyíló párbeszédablakból az *Add photos*  parancsot. A fényképek hozzáadása felnyíló ablakban megkeressük a forrás mappát, amiben az elkészült fotóink vannak, kiválasztjuk őket és megnyitjuk.

Ezután következik a fotók editálása/maszkolása. Minden fotón érdemes az irreleváns részek pl.: a modellt nem érintő háttér vagy véletlen belefotózott elemek körülvágása. A PhotoScan programban a fényképek maszkja jelenti a ténylegesen modellezni kívánt részt a fotókon. A fényképeket dupla kattintással tudjuk megnyitni a *Workspace* vagy a *Photos* ablakban. A fotóinkat többféleképpen is körbe tudjuk vágni, amiket a menüsorban a *Photo* fül alatt tudunk elérni. Ha viszonylag szabályos formát szeretnénk körbevágni, akkor használjuk a *Rectangle selection* parancsot, amely téglalap alakzatban vágja le a felesleges részt. Ha szabálytalan alakzatot szeretnénk körbevágni, akkor az *Intelligent Scissors* lehetőséget választjuk, amellyel

több töréspontban körberajzolva tudjuk eltávolítani a nem kívánt részleteket. Én a saját modellem elkészítéséhez ezt az utóbbi eszközt választottam. (15. ábra)



15. ábra: Intelligent scissors (képernyőkép)

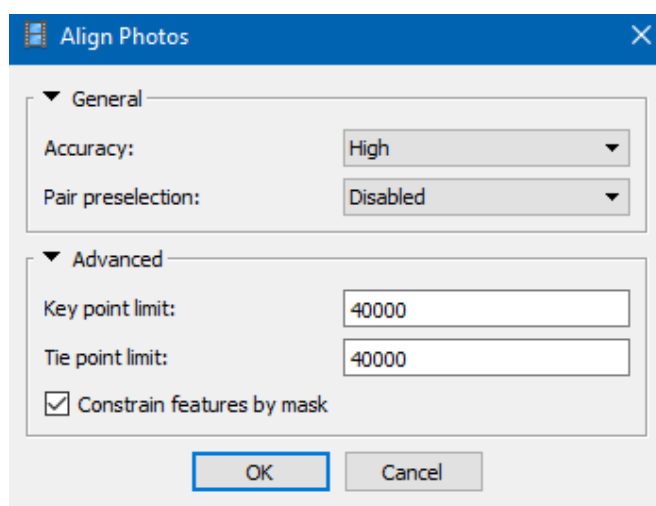
A következő lépésben fontos egyesíteni a kijelölést a maszkkal, amit az *Add Selection*  vagy a *Subtract Selection*  funkciók használatával tudunk megtenni. Az utóbbit akkor tudjuk használni, ha az általunk kijelölt rész ellenkezőjét szeretnénk levágni a fényképről.

Ezek után kiválasztjuk az *Align Photos* (képek összekapcsolása) parancsot, melyet a *Workflow* menüben találunk. Ebben a folyamatban már csak azok a részek szerepelnek, amiket a fényképekről kivágtunk, tehát csak a maszkolt részek. Így történik a fényképek összekapcsolása a megegyező pontokhoz tartozó vetítósugarak alapján. Ezek térbeli metszéspontjaiból készül el a ritka pontfelhő, valamint ebben a szakaszban a PhotoScan finomítja a kamera pozíciót minden egyes fényképhez.

A felugró párbeszédablakban a *General* fülön az *Accuracy* (Pontosság) opciót magas értékre állítjuk, amely beállítás segít a kamera pontosabb pozíciójának elérésében. Alacsonyabb pontosságú beállítás is használható, viszont ebben az esetben nem olyan pontos

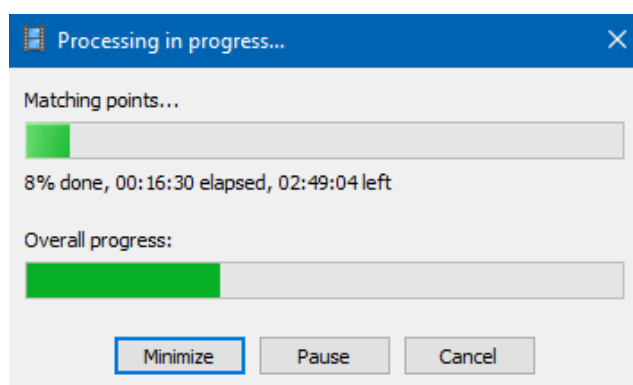
kamerapozíciókat kapunk, de a lefutási idő gyorsabb. a *Pair preselection* (Páros előválasztás) opciót nem engedélyezzük, mivel az a nagyobb számú fényképek feldolgozásához szükséges.

Az *Advanced* fülön a *Key point limit* (Kulcspont határ) értéket 40000-esre, valamint a *Tie point limit* (Kapcsolódási pont határ) értéket is 40000-esre állítjuk. Legalul a *Constrain features by mask* opciót abban az esetben használjuk, ha a fotók készítése során bármilyen a háttérben mozgó hatás volt jelen, ideértve a felhőket is. Viszont ha a mérés statikus volt ezt az opciót nem engedélyezzük. Mivel nem zárt helyen végeztem a fotók elkészítését és bár semmilyen mozgó hatás nem zavarta a mérésemet, a fényviszonyok változása miatt bekapcsoltam ezt a funkciót. (16. ábra)



16. ábra: Align Photos (képernyőkép)

A folyamat végbemeneteléhez viszonylag hosszabb időre van szükség. (17. ábra)

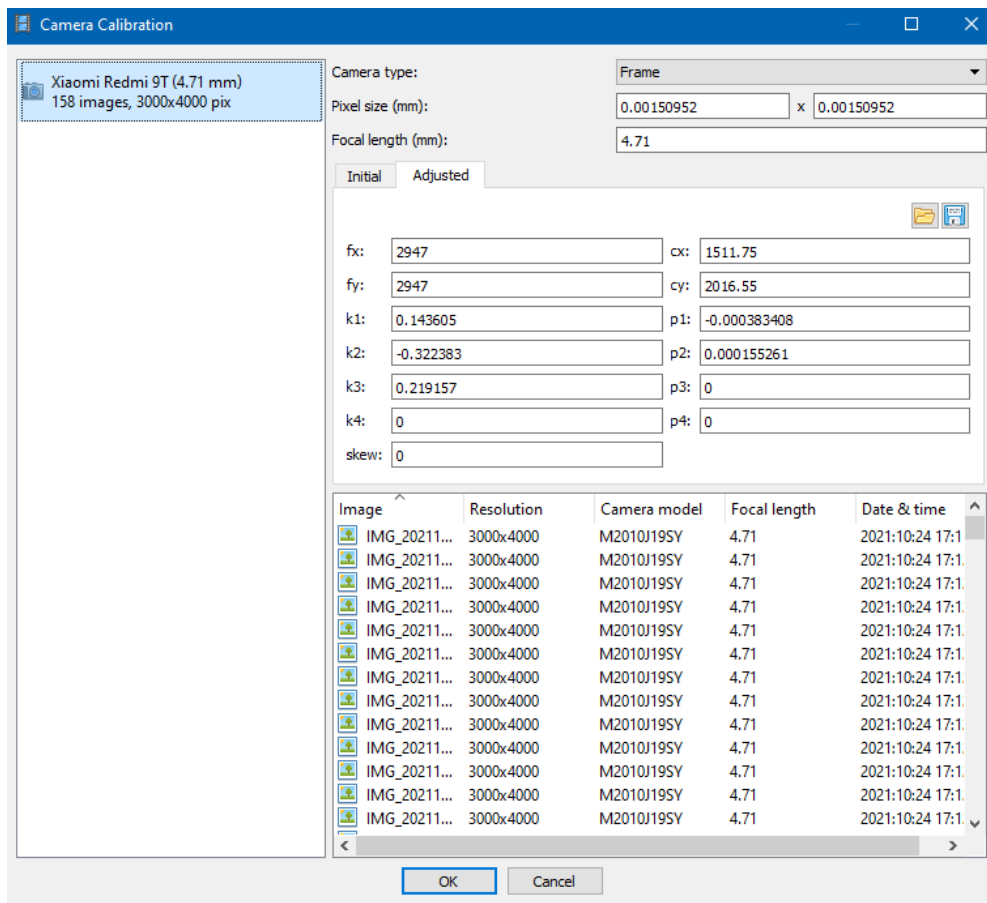


17. ábra: Align Photos processing (képernyőkép)

Először a program jellemző, összetartozó pontokat keres és a folyamat végeredményeként megtörténik a fényképek összekapcsolása. Ennek eredményeképpen a kameraállások becsült helyét is megkapjuk.

A kamerakalibráció eredményét a *Tools* menü *Camera Calibration* opció alatt tudjuk megtekinteni. A paraméterek értékei közül a k_1 , k_2 , k_3 értékek a radiális elrajzolás koefficiensei, a p_1 , p_2 értékek pedig a tangenciális elrajzolás koefficienseit mutatják meg.

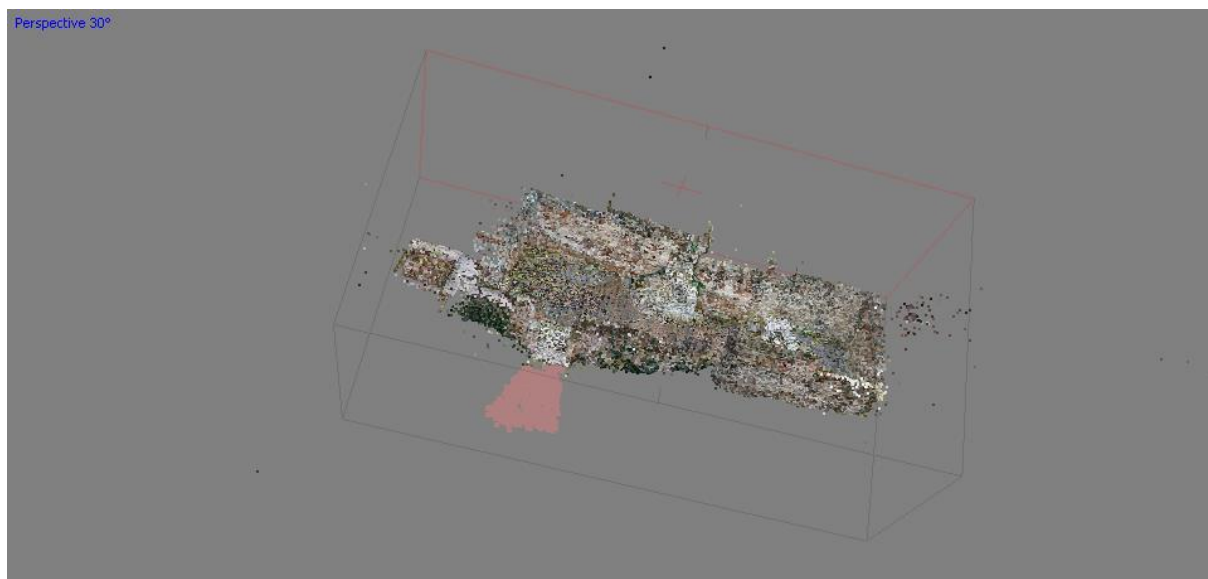
(18. ábra)



18. ábra: Kamerakalibráció (képernyőkép)

A kamerakalibráció ablakban több információt is láthatunk, mint például az elkészült felvételek felbontását (3000 x 4000) amit pixel formátumban ad meg a program, valamint a fókusz távolság (4.71) értékét, amit pedig milliméter egységben láthatunk.

Az elkészült pontfelhő után még lehetőségünk van arra, hogy a pontfelhőt módosítsuk akár pontok törlésével vagy az állományt körbevevő határoló keret helyzetének és tájolásának módosításával. A program automatikusan generál egy határoló keretet, mellyel már alapjába véve sok felesleges pontot kiszűr, viszont ennek ellenére és a gondos körülvágás után is maradnak felesleges pontok, mint például a templom egyik része mögötti füves terület. **(19. ábra)**

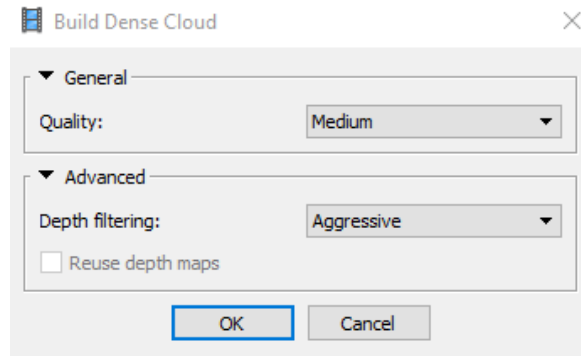


19. ábra: Felesleges füves rész kivágása (képernyőkép)

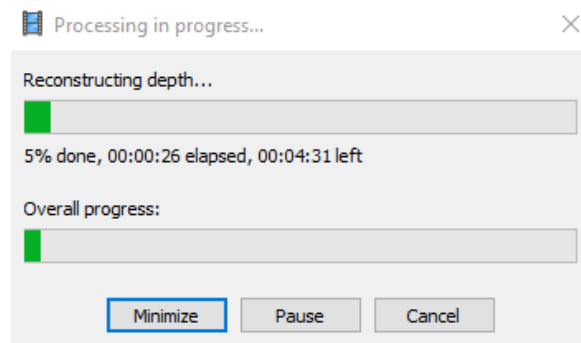
Két opció létezik a határoló keret módosítására az egyik a *Resize Region* , amellyel a keret méreteit tudjuk változtatni, valamint a *Rotate Region* , amellyel pedig a keretet forgatni tudjuk. Fontos ezt a lépést megtennünk, mivel a későbbiekben a geometriai-rekonstrukció lépés csak arra a poligonokra fog vonatkozni, amely a határoló kereten belül található.

A becsült kamerapozíciók alapján a program kiszámítja az egyes kamerák mélységinformációit, amiből egy ritka pontfelhőt generál a program.

Ha a felesleges pontokat töröltük és a határoló keretet a megfelelő pozícióba állítottuk, a következő lépésben a *Build Dense Cloud* parancsot kiválasztjuk, amely a *Workflow* lenyíló menüjében található. A megjelenő párbeszédablakban be kell állítanunk a megfelelő paramétereket. Elsőnek a *Quality* (minőség) opciót közepesre állítjuk, mivel a magas minőségi követelmény egy komolyabb hardveres háttérrel igényel, valamint kutatásaim alapján a végeredmény nem biztos, hogy minőségében jobb eredményt mutat és a számítási idő hatványozottan hosszabb. A mélységyszűrést erőteljesre (*Agressive*) állítjuk. Az enyhe (*Mild*) lehetőséget abban az esetben érdemes választani, mikor a modellezni kívánt objektum több apró részletet tartalmaz, mivel az erőteljes szűrés lehet, sok fontos elemet kiszűrnie a pontfelhőből. Ezek után elindíthatjuk a folyamatot, amely már kevesebb időt vesz igénybe, mint az első pontfelhő generálása. **(20. ábra) (21. ábra)**



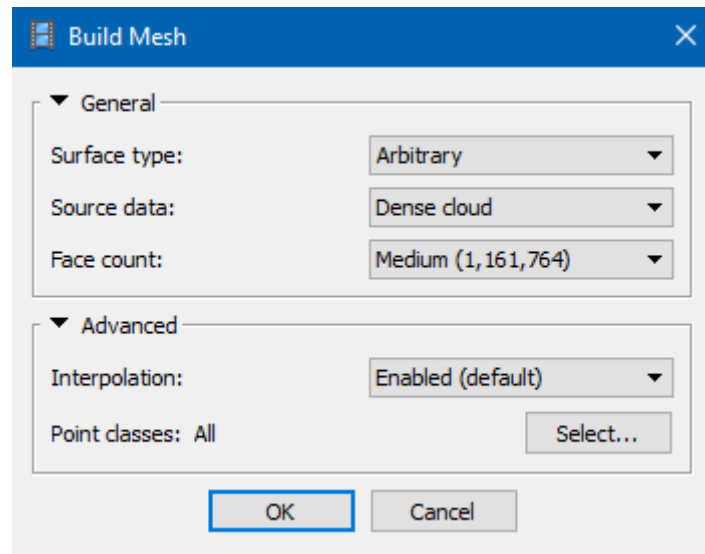
20. ábra: Sűrű pontfelhő beállítások (képernyőkép)



21. ábra: Sűrű pontfelhő előállítás (képernyőkép)

A sűrű pontfelhő rekonstruálása után lehetőségünk van sokszögháló modell generálására az előbb elkészített sűrű pontfelhő adatait alapul véve.

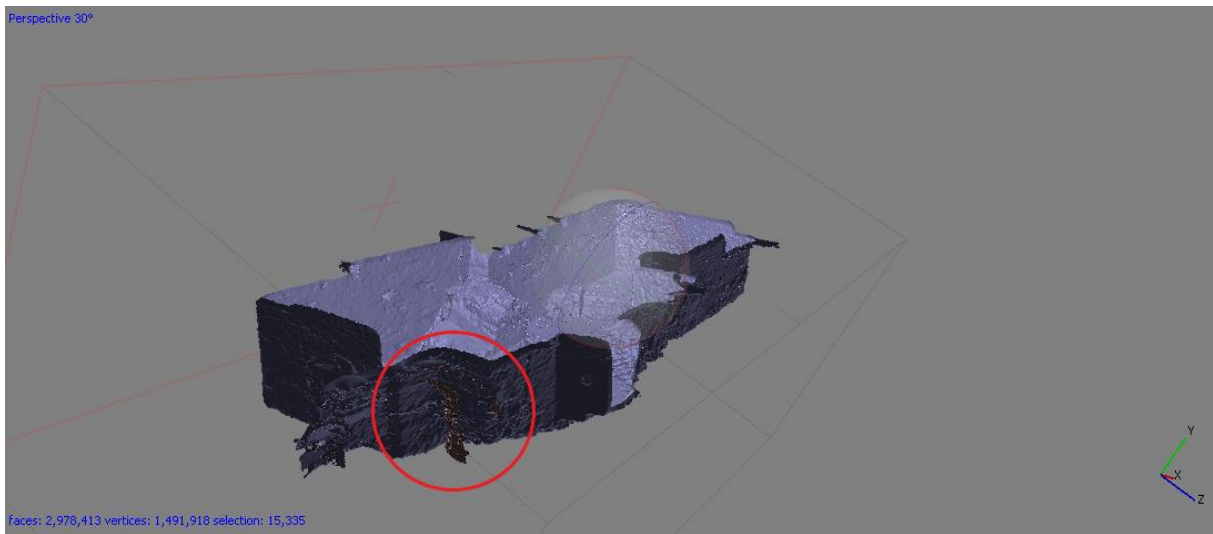
A folyamat elkezdéséhez ki kell választanunk a *Build Mesh* parancsot, amit a *Workflow* legördülő menüjéből tudunk elérni. Ezek után a következő ajánlott értékeket kell beállítanunk. A párbeszédablakban a *Surface type* (Felület típusa) értéket tetszőlegesre (*Arbitrary*) állítjuk, a *Source data* (Forrás adatok) az előzőleg generált sűrű pontfelhő (*Dense Cloud*), a *Face count/Polygon count* (Sokszögek száma) ahol választhatunk több opció közül is. Megadhatjuk a poligonok számát manuálisan is, de választhatunk Magas/Közepes/Alacsony értékek közül is, az én esetemben a közepes (*Medium*) lehetőséget választottam, mivel ahogyan a beillesztett képernyőfotó is mutatja, így is sok poligon állt a rendelkezésemre. Az Interpolációt engedélyezzük és ezután elindíthatjuk a folyamatot. **(22. ábra)**



22. ábra: Sokszögháló modell generálása (képernyőkép)

6.2.1 Geometria szerkesztése

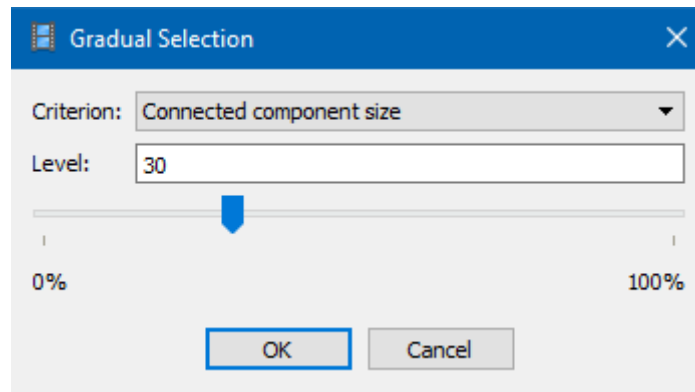
Bizonyos esetekben szükség van a geometriai tényezők editálására is, mely során a felesleges poligonokat el lehet távolítani a modelltől. Elsőnek ki kell jelölni azokat a poligonokat, melyeket el kívánunk távolítani, ezt a szelekciót már korábban az *Align Photos* fázisban részlegesen megtettem, azonban itt a maradék kis poligonokat is ki kell választani. Ebben az esetben a *Wireframe* nézetet használtam, ahol jobban elkülönül a kijelölt törölni kívánt rész (halvány piros színű) és az a rész, amit meg szeretnénk tartani. **(23. ábra)**



23. ábra: Delete Selection (képernyőkép)

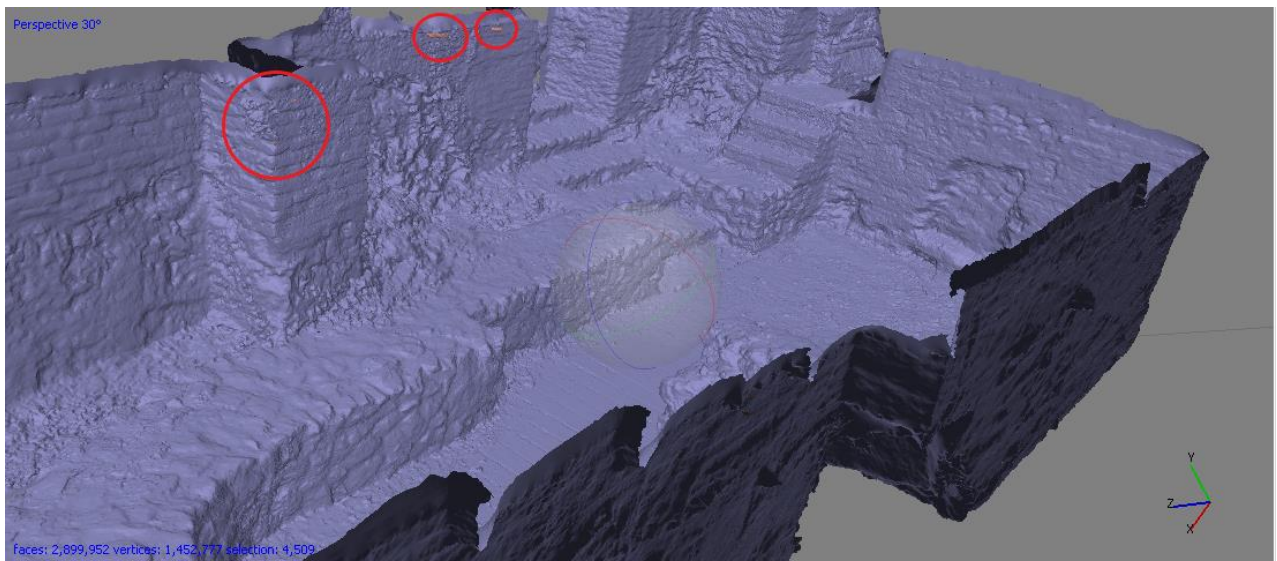
A kijelölést lehet törölni egyszerűen a Del billentyű használatával vagy az eszközsorban megtalálható *Delete Selection*  gombbal, valamint a *Crop Selection*  gombbal, amely egy inverz törlés, tehát amit kijelöltünk megtartja és az azon kívül eső minden részt töröl.

Egyes esetekben a geometriai interpoláció nélküli felépítés kicsi, a modellhez nem kapcsolódó poligonokat eredményezhet. Ezen kis poligonok kiszűrésére a *Gradual Selection* parancsot használjuk, amely a menüsorban az *Edit* legördülő listájában található meg. A *Criterion* (kritérium) fülnél az összekapcsolt sokszög mérete (*Connected polygon size*) lehetőséget választjuk ki, mivel az általunk készített modellhez nem kapcsolódó elemeket szeretnénk kiszűrni. Ezek után az egy csúszkán kitudjuk választani, hogy mekkora méretű objektumokat szűrjön ki a program. Én a 30%-os méretet választottam, mivel a fölötti százaléknál nem talált több objektumot. **(24. ábra)**



24. ábra: Kiválasztott objektumok százalékos mérete (képernyőkép)

Ha ez a szűrési folyamat lefutott, meg tudjuk tekinteni Modell nézetben azokat a kis poligonokat, amelyek nem kapcsolódnak a fő modellhez. Ezt a program halvány piros színnel jelöli. (25. ábra)

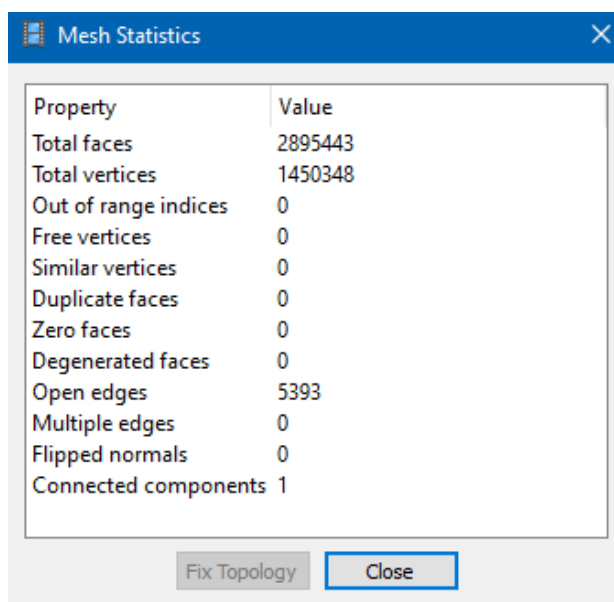


25. ábra: 3D modellhez nem kapcsolódó kis poligonok (képernyőkép)

Ha leellenőriztük, hogy a kis poligonokat, melyeket a program megszűrte tényleg feleslegesek, akkor ezeket egyszerűen töröljük.

Ezután célszerű ellenőrizni, hogy a térhálóban nincs-e valamilyen szabálytalanság, mivel célunk egy szabályos topológiai eredmény. A sokszög háló modellünk (*Mesh*) eredményeit meg tudjuk tekinteni a *Mesh Statistics* menüpontban, melyet a *Tools* legördülő menüjében a *Mesh* gombra kattintva érünk el. A felugró ablakban láthatjuk az eredményeket, és ha valamilyen

probléma merülne fel a *Fix Topology* (Topológia javítása) gombra kattintva a program ezt kiküszöböli. (26. ábra)

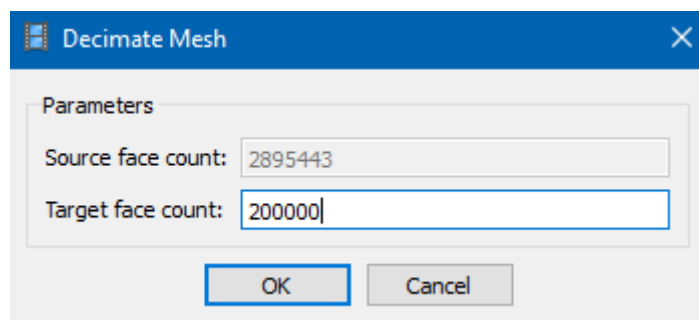


Property	Value
Total faces	2895443
Total vertices	1450348
Out of range indices	0
Free vertices	0
Similar vertices	0
Duplicate faces	0
Zero faces	0
Degenerated faces	0
Open edges	5393
Multiple edges	0
Flipped normals	0
Connected components	1

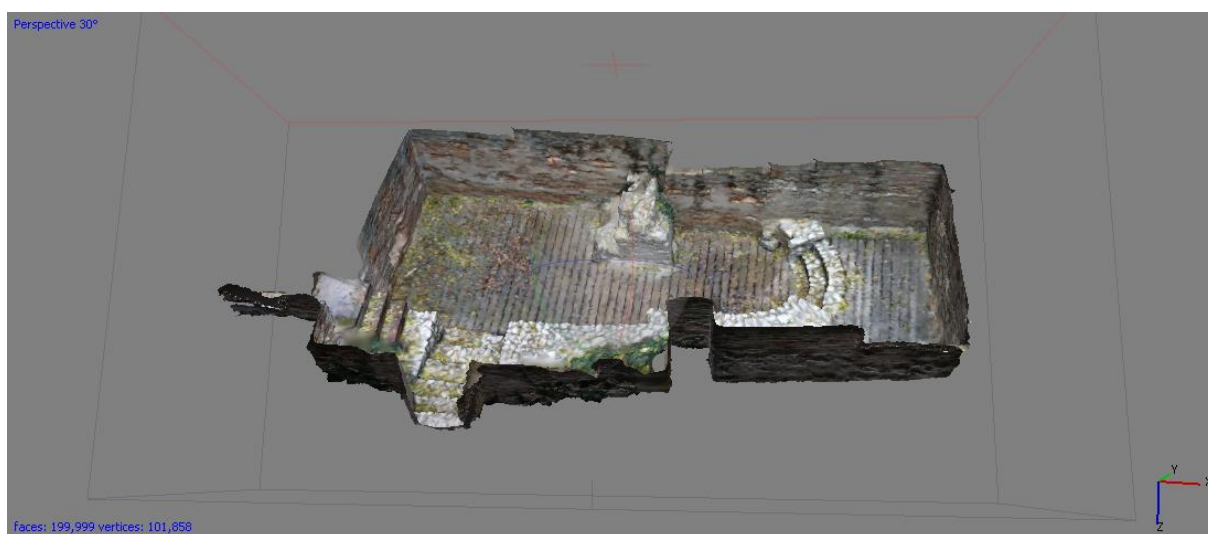
Fix Topology Close

26. ábra: Sokszög háló statisztikák (képernyőkép)

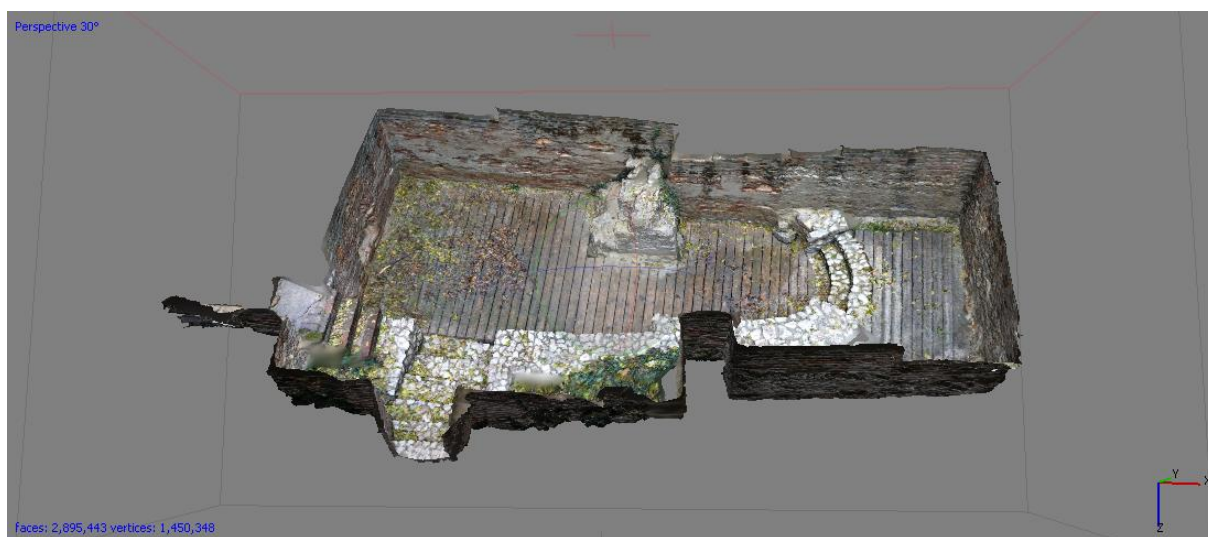
Az általam használt PhotoScan program hajlamos geometriailag sűrű felbontással készíteni a 3 dimenziós modellt. Ez azt jelenti, hogy az elkészült sokszög hálót sok különálló interpolált poligon alkotja, esetünkben 2,896,443 darab, amelyet a statisztikai adatokból tudunk ellenőrizni. Emiatt ajánlott az elkészült sokszög háló modellt némileg egyszerűsíteni a későbbi felhasználás kezelhetősége végett. Ehhez a programban lehetőség van a *Decimate Mesh* (Sokszög háló tizedelése) opcióra, melyet a *Tools* menü *Mesh* legördülő menüben találunk meg. A felugró párbeszédablakban lehetőségünk van a sokszöghálót alkotó poligonok maximalizálni, amely segít a későbbiekben az állomány más programban való megnyitását, kezelést, mint például PDF-exportálási feladathoz vagy webes felületen való megjelenítéshez. Érdemes a kiindulási állományunkat külön elmenteni, mivel a program által megadott 200,000-es darabszámra állítottam a poligonok maximalizását, amely láthatóan rontja az elkészült modell minőségét, valamint a művelet nem visszavonható. Erre a darabszámra azért van szükség, mivel a kutatásaim alapján, több helyen is 100000 és 200000 poligon közötti értéket ajánlanak. (27. ábra) (28. ábra) (29. ábra)



27. ábra: 200,000 poligonra maximalizált beállítás (képernyőkép)

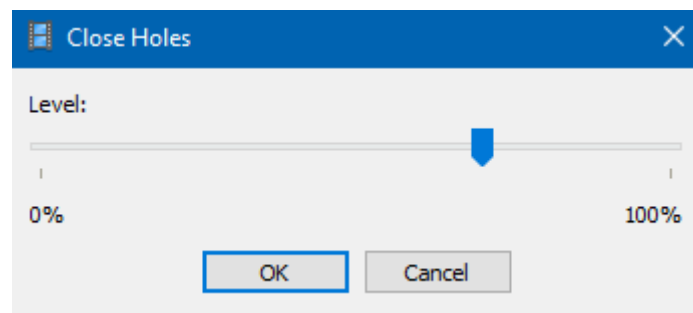


28. ábra: 200,000 poligonból felépülő modell (képernyőkép)



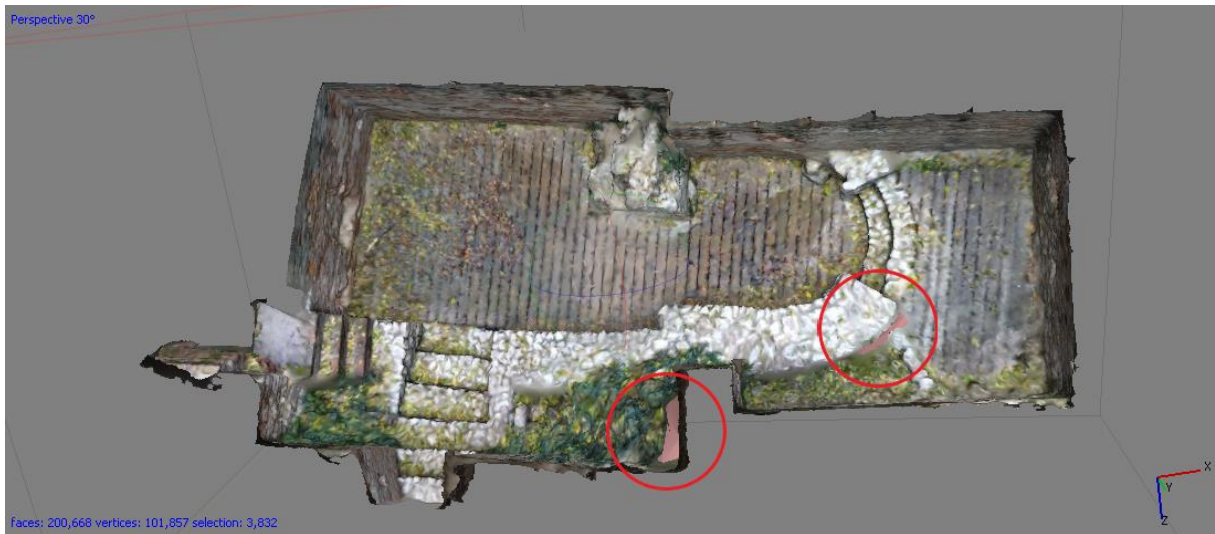
29. ábra: 2,895,443 poligonból felépülő modell (képernyőkép)

Ha egy területről nem készült megfelelő mennyiségű felvétel (minimum 2 darab), akkor a modellen ez úgynevezett lyukakat eredményezhet, ahol a program nem tudta elvégezni az interpolálást. Erre a program egy *watertight* (vízzáró) modell létesítését ajánlja fel, amit a *Tools* menü *Mesh* legördülő ablakában találunk meg *Close Holes* néven. A felugró ablakban egy csúszka segítségével kiválaszthatjuk az általunk, százalékos arányban megadott, legnagyobb befedésre szánt részt. Ezt úgy tudjuk ellenőrizni, hogy a csúszka beállítása után átváltunk a modell nézetre és a program halvány piros színnel jelöli azokat a poligonokat, amelyeket kiválaszt. Ha esetleg nem megfelelő a kiválasztás, akkor manuálisan állítanunk kell a csúszkán és újból ellenőrizni a modellt. (30. ábra)



30. ábra: Close Holes, beállítási arány (képernyőkép)

Ha sikerült megtalálni a megfelelő kiválasztási arányt, akkor megnyomjuk az OK gombot és a program a kiválasztott poligonokat az azok szomszédos szín és anyagmintájához hasonlóan tölti ki. (31. ábra) (32. ábra)



31. ábra: Close Holes, kiválasztott poligonok (képernyőkép)

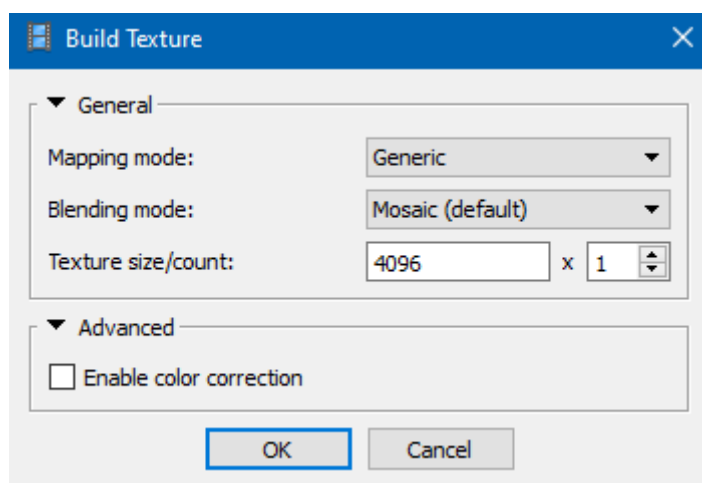


32. ábra: Close Holes, hiányos poligonok kitöltése (képernyőkép)

Ezen műveletek után a következő lépés a textúra, struktúra létrehozása a modellünkön. Ez a lépés kihagyható, ha a végeredményünkénél nem elvárás, hogy a modellünk megfelelő textúrával legyen ellátva. Esetemben ezt a lépést nem hagyom ki, mivel célom a lehető legjobb minőség elérése. A *Workflow* menüben kiválasztjuk a *Build Texture* (Textúra felépítése) parancsot és a felugró ablakban elvégezzük a szükséges beállításokat.

A *General* fül alatt a *Mapping mode* (Leképezési mód) lehetőséget *Generic* (Általános) módra állítjuk, a következő *Blending mode* (Keverési mód), a program által *Mosaic* (Mozaik)

alapértelmezett beállításon hagyjuk és a *Texture size/count* (Textúra mérete/száma) értéket is a megadott alapértelmezett beállításon hagyjuk. Ez esetben a 4096 x 1 számértékek a textúra szélességét és magasságát adják meg pixelben, amely meghatározza az exportálni kívánt textúra fájlok számát is. Több textúra fájl exportálása lehetővé teszi, hogy a végső modell minél jobb minőségben készüljön el, viszont arra érdemes figyelni, hogy a számos textúra fájlok végső egy fájlba való exportálásnak nagy RAM (rendszer memória) igénye van, amit ha a számítógépünk hardveres része nem tud kielégíteni, akkor a kiolvasásnál sérülhet a fájl. Végezetül az *Advanced* fül alatt az *Enable color correction* (Színkorrekció engedélyezése) lehetőséget nem engedélyezzük, mivel az abban az esetben hasznos, ha a feldolgozásra kerülő felvételek szélsőséges fényviszonyok között készültek, ellenkező esetben ez a funkció használata elhagyható, mivel ezzel a lefutási időt tudunk rövidíteni. **(33. ábra)**



33. ábra: Textúra felépítése (képernyőkép)

6.2.2 Helyi koordináta rendszer generálása és illesztőpontok elhelyezése

A modell textúrájának felépítése után lehetőségünk van a modell koordináta rendszerének beállítására. A koordináta rendszer helyzetének meghatározásához illesztőpontokra van szükségünk, amelyek a modellen helyezkednek el. Ilyen illesztőpontok meghatározását 2 módon tehetjük meg.

Az egyik lehetőségünk az, hogy 3 dimenziós koordinátákat mérünk RTK GPS-el vagy tájékozott mérőállomással, amely mérések megadják az illesztőpontok helyét. Ehhez jól beazonosítható pontjelölésekre van szükségünk, amelyeket a modellezni kívánt objektumon helyezünk el és a fényképek elkészítése során ezekről is minél több olyan felvételt készítünk, ahol látszódnak a pontjelölések. Ennek a módszernek az előnye, hogy az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) be tudjuk illeszteni a modellünket és mivel térbeli koordinátákat mérünk az elkészült modellnek magassági adatai is lesznek. A hátránya viszont sajnos az, hogy ilyen mérések végzéséhez szükségünk van geodéziai műszerekre, melyek hiányában nem végezhető el a művelet.

A másik lehetőség az, hogy egy helyi koordináta rendszert generálunk a modellünkön. Ennek a módszernek fontos eleme, hogy a koordináta tengelyeket jól válasszuk meg és olyan formában, hogy az elkészült fényképek igen nagy százalékában az illesztőpontok megjelölhetőek legyenek.

Ha sikeresen megterveztük a tengelyeinket, a kiinduló origó pontból meg kell mérnünk az illesztőpontjaink távolságát, mind szélességi és hosszúsági irányban. Hasznos, ha az illesztőpontjainkról egy manuálét készítünk, valamint a jobb beazonosíthatóság érdekében a pontok pontos helyéről külön fényképeket készítünk.

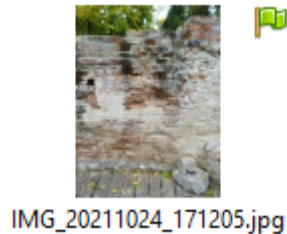
Az illesztőpontokat a *Reference* fül *Markers* ablakban tudjuk megtekinteni, ahol az illesztőpontok számát, koordinátáit (X, Y, Z) és annak pontosságait (*Error* (m)), magassági pontosságát (*Accuracy*), pixelbeli eltérések pontosságát (*Error* (pix)), valamint, hogy az egyes pontok hány darab képen szerepelnek. (34. ábra)

Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
☒ point 1	10.000000	10.000000	0.000000	0.005000	0.718681	7	0.406
☒ point 2	10.000000	4.800000	0.000000	0.005000	9.708832	15	0.555
☒ point 3	6.370000	10.000000	0.000000	0.005000	0.720633	11	0.413
☒ point 4	9.300000	20.630000	0.000000	0.005000	6.245949	7	0.318
☒ point 5	10.200000	4.900000	0.000000	0.005000	9.472038	11	0.848
☒ point 6	12.700000	20.400000	0.000000	0.005000	0.389806	7	0.502

34. ábra: Illesztőpontok adatai (képernyőkép)

Alul a *Photos* ablakban elsőnek meg kell keresnünk azt a fényképet, amelyen a legpontosabban meg tudjuk jelölni az első illesztőpontot. A kiválasztott fényképre duplán kattintunk és megjelöljük az illesztőpontunkat, ezt a fényképen 1 pixel pontosan kell, hogy megtegyük, amit

a fényképnézet nagyításával tudunk pontosan elhelyezni. Ha kiválasztottuk a pontos helyet jobbgomb megnyomásával a *Create Marker* paranccsal letesszük a pontot, amely zöld kis zászlócska piktogrammal jelenik meg a fénykép mellett. **(35. ábra)**



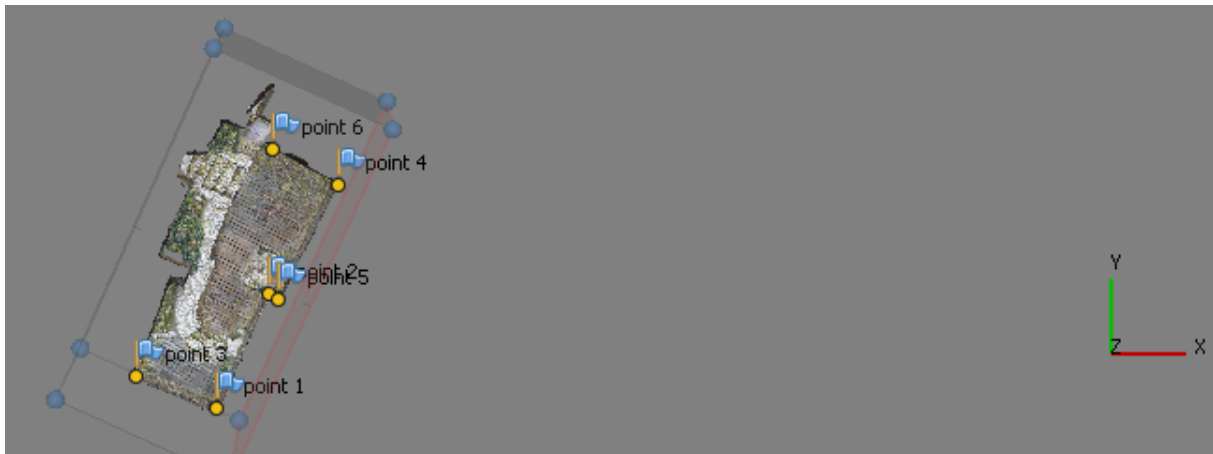
35. ábra: Marker elhelyezése (képernyőkép)

Ezután a program minden olyan képen körülbelüli helyre leteszi a pontot, ahol a képen megtalálható a pont. Ezek kék zászlócskával vannak megjelölve, amelyeket pixel pontosan, manuálisan kell, hogy a helyükre tegyünk. **(36. ábra)**



36. ábra: Marker elhelyezésének pontosítása (képernyőkép)

Ezeket alaposan ellenőriznünk kell, mivel a program olyan helyekre is leteszi a pontot, amik nem tartoznak a modellünkhöz, mint például levágott részek a fényképeken. Ezeket a pontokat törölnünk kell, amit a pontra jobb gombbal kattintva *Remove Marker* paranccsal tudunk megtenni, ekkor a kék zászlócska egy szürke kis piktogramra vált át, jelezvén, hogy az a pont nincs számításba véve. **(37. ábra)**

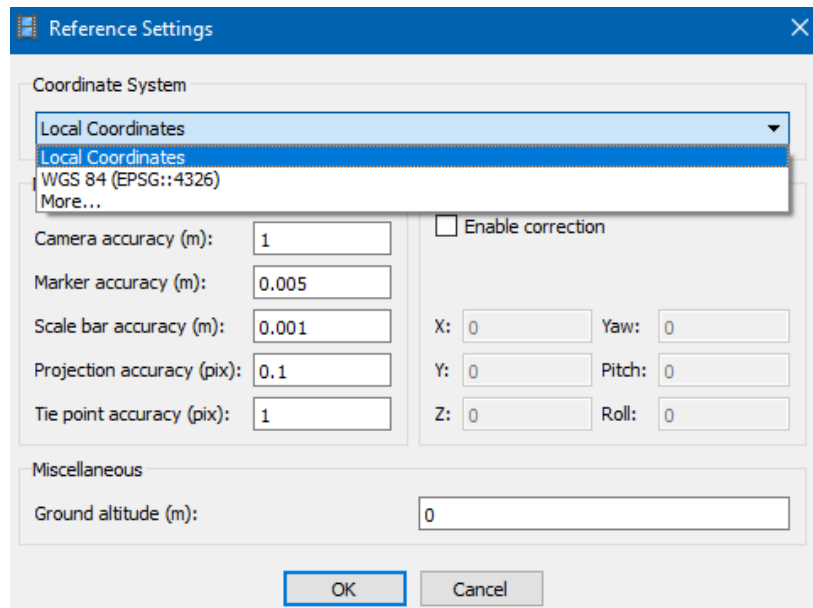


37. ábra: Elhelyezett illesztőpontok (képernyőkép)

A következő lépésben a pixelhibát minél jobban minimalizálni kell, amin az illesztőpontok helyének változtatásával tudunk javítani. A legelső képen megjelölt pontot változtatlanul hagyjuk, azt tekintjük etalonnak és ahhoz igazítjuk a többi illesztőpontot. Az összes képen, amin ugyanaz a pontszámú illesztőpont látható javítanunk kell az eredeti helyzetén, ha a végeredményt nem fogadjuk el, akkor a folyamatot még egyszer megismételjük.

A 0.5 pixeles pontosság már jónak tekinthető, persze adódhat olyan pont is, amelyiket egy bizonyos hibahatárnál alább nem tudunk csökkenteni, azt úgy hagyjuk. Ezt a lépést minden egyes illesztőpontunkkal meg kell, hogy tegyük és a végén, ha az összesített hiba 0.5 pixel körül adódik, akkor a pontosságot jónak tekinthetjük.

Az illesztőpontok elhelyezése után meg kell adnunk a pontok koordinátáit. Ahhoz, hogy a lokális rendszer koordinátáit meg tudjuk adni, a *Reference Settings* gombra kattintva a felugró ablakban a *Coordinate System* (Koordináta rendszer) beállításnál a *Local Coordinates* (Helyi koordináták) opciót kiválasztjuk. **(38. ábra)**



38. ábra: Helyi koordináta rendszer beállítás (képernyőkép)

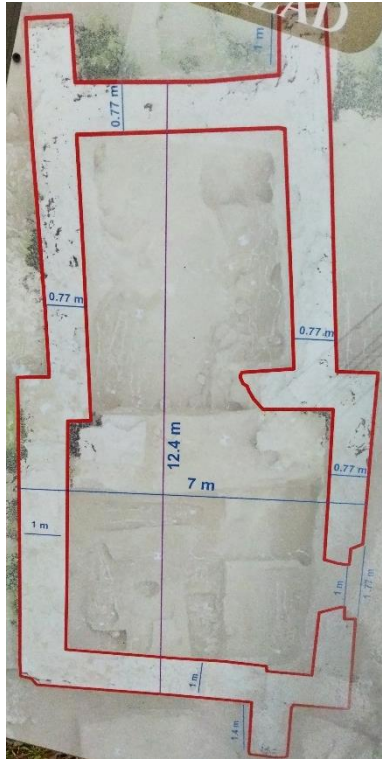
A *Markers* ablakban a megfelelő rublikába duplán kattintva tudjuk beírni minden ponthoz a hozzá tartozó koordinátákat. Az adatok beírása után láthatjuk, milyen pontossággal tudtuk a helyi koordináta rendszert megadni. A koordináták pontosítására is van lehetőségünk, amit a *Reference Settings* ablakban tudunk ugyancsak megtenni. A felugró ablakban az *Enable correction* (Korrekciók engedélyezése) parancsot bepipáljuk és rányomunk az OK gombra. Ezután a program lefuttatja a korrekciót és megtekinthetők az eredmények a *Markers* ablakban. Mivel nem mindegyik illesztőpont minősége kedvező, így azokat, amelyek pontossága nem megfelelő kivehetjük, a számításból. Ezt a pontok azonosítói mellett található pipa deaktiválásával tehetjük meg. (**39. ábra**)

Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
☒ point 1	10.000000	10.000000	0.000000	0.005000	0.727674	7	0.406
☐ point 2	10.000000	4.800000	0.000000	0.005000	9.671880	15	0.555
☒ point 3	6.370000	10.000000	0.000000	0.005000	0.700752	11	0.413
☐ point 4	9.300000	20.630000	0.000000	0.005000	6.236101	7	0.318
☐ point 5	10.200000	4.900000	0.000000	0.005000	9.434716	11	0.848
☒ point 6	12.700000	20.400000	0.000000	0.005000	0.239280	7	0.502
Total Error					0.599393		0.438

39. ábra: Illesztőpontok korrekciós értékei (képernyőkép)

Az eredményekből látható, hogy a pixelhiba 0.5-es érték alatt van, viszont a koordináták közel 60 centiméteres hibát hordoznak. Ez sajnos abból ered, hogy az illesztőpontok a modellt alkotó

158 darab képből összességében csak 58 darab képen azonosíthatóak és azokból is csak 25 darab felvételen szerepel olyan illesztőpont, amely koordinátáinak minősége megfelelő, valamint a templomrom alaprajza geometriailag nem szabályos. **(40. ábra)**



40. ábra: Romtemplom alaprajz (képernyőkép)

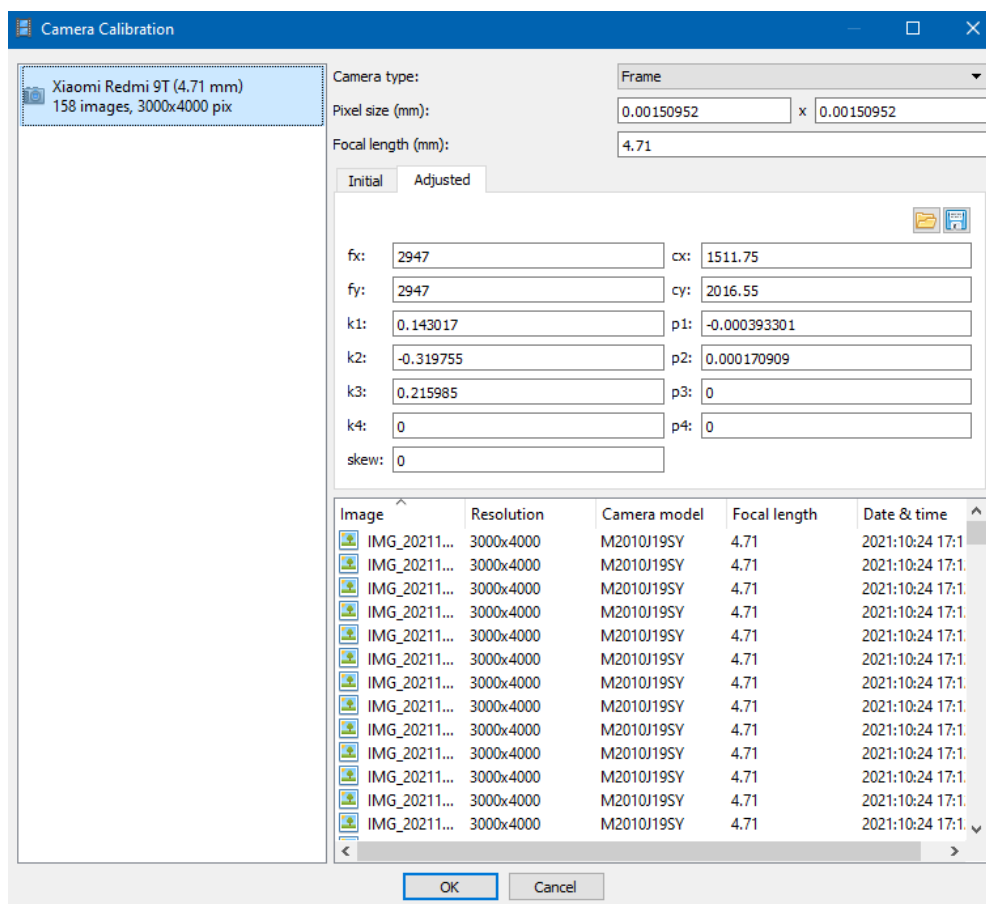
Ennek a koordinátarendszer meghatározásnak előnye, hogy nincs nagy eszközigénye és a felvételeken megfelelő arányban megjelölhető illesztőpontok eredményezhetnek akár pár centiméter pontos koordinátákat is. Hátránya viszont, hogy nem minden esetben érhető el pár centiméteres pontosság és mivel csak 2 dimenziós koordinátákat adunk meg a modell tengerszint feletti magasságát nem tudhatjuk és az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) sem tudjuk bekapcsolni.

6.2.3 Sugárnyaláb kiegyenlítés

A programban lehetőségünk van elvégezni a sugárnyaláb kiegyenlítést. „A képkoordinátákon alapuló térbeli hálózatmeghatározást a fotogrammetriai szakirodalomban sugárnyaláb-kiegyenlítésnek nevezik.” A sugárnyaláb-kiegyenlítés célja a térbeli hálózat pontjai és az egyes

képek külső tájékozási elemeinek meghatározása. A modell esetében a poligonok illesztését jelenti a megadott illesztőpontokhoz úgy, hogy közben igazítja a vetítősugarak metszését is és a maradék ellentmondásokat is minimalizálja. [16.]

A sugárnyaláb kiegyenlítést *Tools* menü *Optimize Cameras* parancs kiválasztásával tehetjük meg. Ennek következtében a radiális elrajzolás koeficiens (k_1 , k_2 , k_3) és tangenciális elrajzolás koeficiens (p_1 , p_2) értékei kis mértékben változnak, viszont a kameraállandó értéke nem mutat változást. (41. ábra)



41. ábra: Sugárnyaláb kiegyenlítést követő kamera kalibráció eredménye (képernyőkép)

A sugárnyaláb kiegyenlítés eredményeképpen a maradék ellentmondások csökkenése jól látható a koordináta hiba és a pixelhiba értékén. (42. ábra)

Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
☒ point 1	10.000000	10.000000	0.000000	0.005000	0.702318	7	0.471
☐ point 2	10.000000	4.800000	0.000000	0.005000	9.662456	15	0.355
☒ point 3	6.370000	10.000000	0.000000	0.005000	0.675880	11	0.253
☐ point 4	9.300000	20.630000	0.000000	0.005000	6.249582	7	0.254
☐ point 5	10.200000	4.900000	0.000000	0.005000	9.425267	11	0.553
☒ point 6	12.700000	20.400000	0.000000	0.005000	0.231860	7	0.353
Total Error					0.578453		0.354

42. ábra: Sugárnyaláb kiegyenlítést követő koordinátahiba és pixelhiba (képernyőkép)

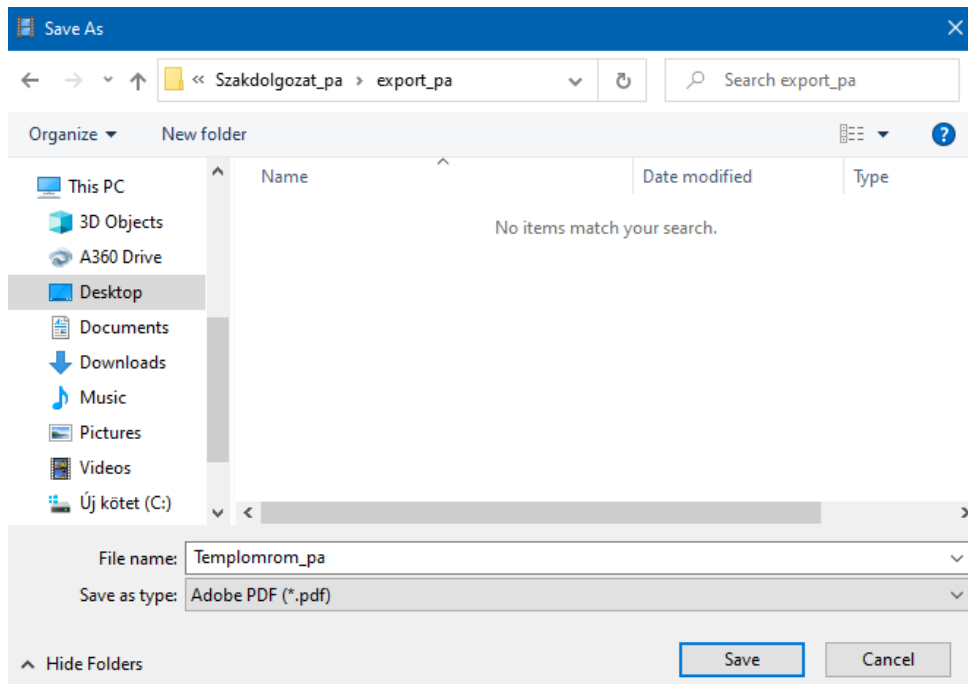
A folyamat lefutását követően megváltoznak a vetítősugarak metszéspontjai, emiatt újból el kell végezni a pontfelhő sűrítését, a háló készítését és a textúra létrehozását. Ebből kifolyólag a modellen végzett manuális szerkesztéseket ismét el kell végezni.

6.2.4 A modell exportálásának folyamata

Az elkészült modellt többféleképpen is ki tudjuk exportálni a PhotoScan programból. Tekintettel arra hogy, a célom az volt, hogy az eredményeket több felületen is publikálni tudjam, azt a modellt exportáltam, amelyik ennek a célnak megfelel, tehát a 200,000 poligonra maximalizált modellt.

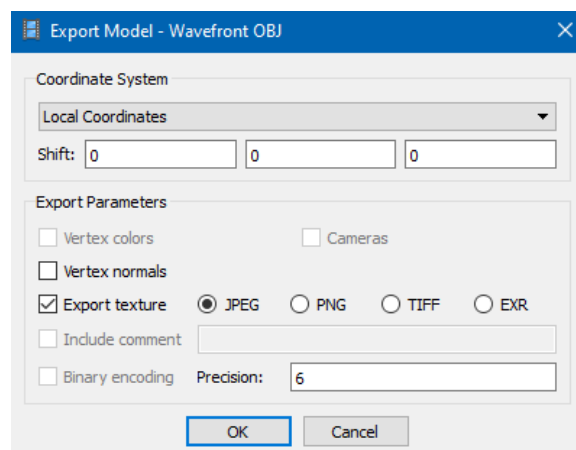
Két fájlformátumra volt szükségem, de ezen kívül még más kiterjesztésű adatokat is tudunk generálni a programból. Az egyik fájl egy .pdf a másik pedig egy .obj kiterjesztésű. A PDF dokumentumba exportált modellt felhasználhatjuk bármilyen szöveges dokumentumban vagy szöveges írásban a 3D Object Fájl (OBJ) pedig felhasználható különböző 3 dimenziós modelleket megjelenítő webes felületeken.

A programban, a *File* menüben az *Export Model* parancsra kattintunk, ami után a felugró ablakban megadjuk a menteni kívánt fájlunk nevét és kiterjesztését. **(43. ábra)**

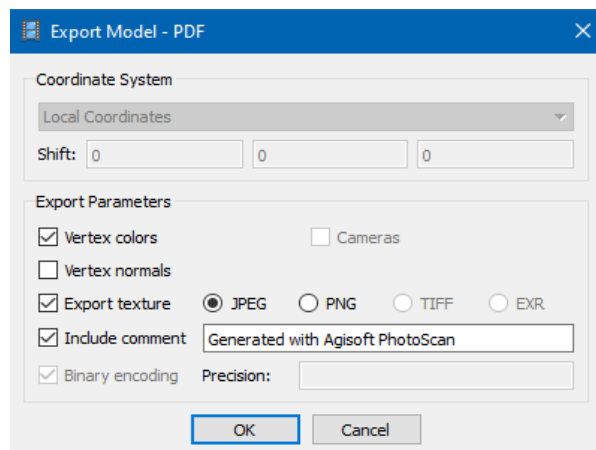


43. ábra: Kiexportált adat elérési útja (képernyőkép)

A *Save* gombra kattintva a programban felugrik egy *Export Model* ablak, amiben be tudjuk állítani az exportálni kívánt fájlunk további paramétereit az aktuális fájlformátumtól függően. A PDF dokumentumba való exportálásnál nem, viszont az OBJ fájl generálásánál van lehetőségünk az adatok beállítására. (44. ábra) (45. ábra)



44. ábra: Exportálás OBJ fájlba (képernyőkép)



45. ábra: Exportálás PDF fájlba (képernyőkép)

Ha a kívánt beállításokat megtettük, megnyomjuk az OK gombot és a program a megadott helyre eltárolja a fájlt.

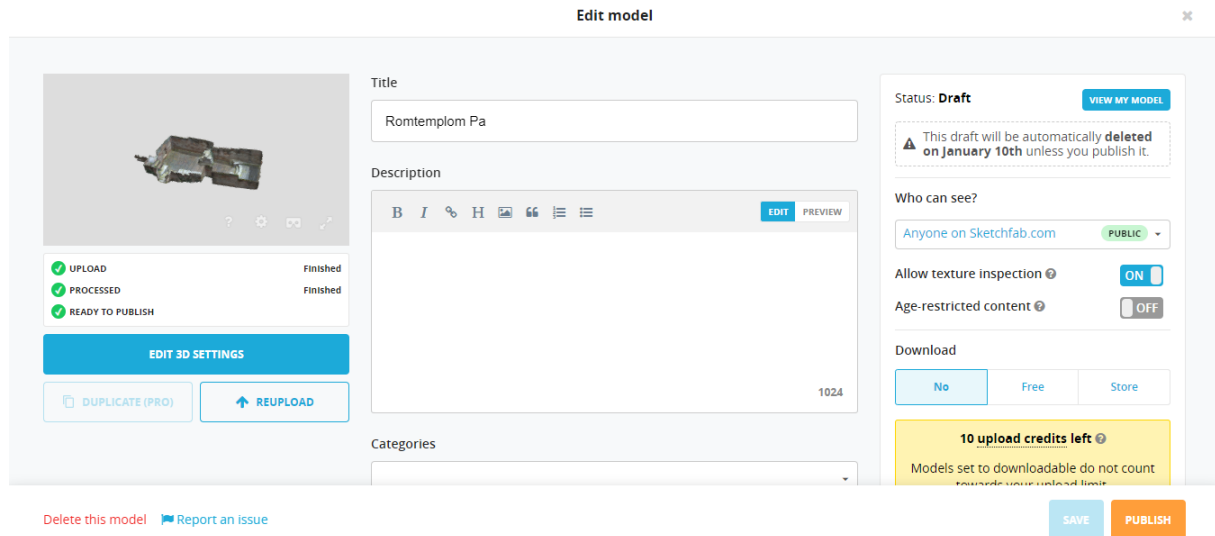
7. PUBLIKÁLÁSI LEHETŐSÉGEK

A 3 dimenziós modellek elkészítésének célja, hogy valamilyen formában bemutasson valamit vagy információkat közöljön a felhasználójával. Szakdolgozatom témájában foglaltak szerint a térbeli modellek és azok magosztásának lehetőségeivel és formáival foglalkoztam. Véleményem szerint a mai világban a különböző tárgyak és adatok prezentálásának egy igen korszerű és látványos formája a digitális modellek készítése.

Több platformon is meg tudjuk osztani ezeket a modelleket, mint például dokumentumokban különböző objektumok szemléltetésének céljából. Ezen felhasználási célból a bemutatni kívánt modellt egy írásos dokumentumba is bele tudjuk helyezni és szemléletesebben tudunk jellemezni, például egy régészeti leletet vagy egy múzeumi tárlat egyes tárgyait. Sokaknak egy írásos bemutatás nem mozgatja meg a fantáziáját, viszont egy 3 dimenziós modell, amelyet kedvünk szerinti szögben vizsgálhatunk és vehetünk szemügyre, jobban leköti az érdeklődő figyelmét.

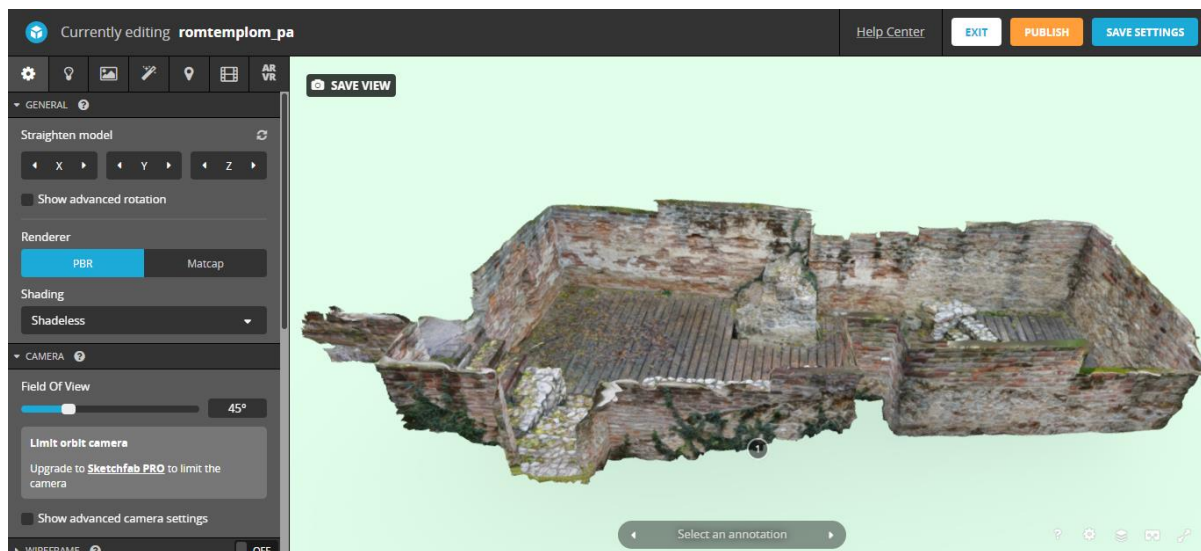
Ilyen térbeli modellek bemutatására tökéletesen alkalmas a *Sketchfab* weboldal, ahol nemcsak különböző leletek, kiállítási tárgyak láthatóak és nézhetőek meg, hanem egyéni felhasználók által feltöltött modelleket is megtekinthetünk. Az oldal segítségével tudtam megosztani az általam készült Árpád-kori romtemplom modelljét, amelyet az alábbi linken keresztül lehet megtekinteni: <https://sketchfab.com/3d-models/romtemplom-pa-c353421486254516881f0df21f05bbea>

Az oldalon lévő témák alapján bárki megkeresheti és megtekintheti az érdeklődési körébe tartozó modelleket, vagy egyes múzeumok kiállítási tárgyait. Egy regisztráció után van lehetőségük az általunk elkészített projektet feltölteni. **(46. ábra)**

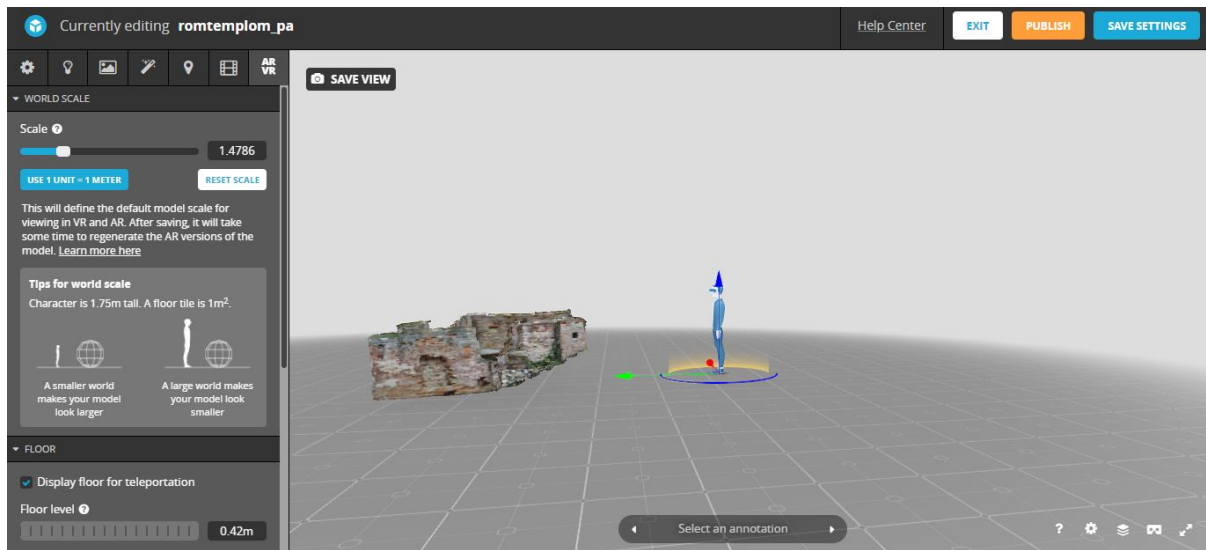


46. ábra: Modell feltöltése (képernyőkép)

Lehetőségünk van arra, hogy további beállításokat is végezzünk. Az *Edit 3D Settings* (3D beállítások szerkesztése) gombra kattintva egy új oldalon megnyílik a feltöltött modell és beállíthatjuk a fényviszonyokat, hátteret, a különböző megvilágításokat, editálhatjuk a matériákat, csatolhatunk linket is a modellhez, állíthatunk be animációt, valamint mivel az oldalon lévő modelleket VR (*Virtual Reality*) módban is meg lehet tekinteni, a megjelenés nagyságát és szögét is be tudjuk állítani. (47. ábra) (48. ábra)



47. ábra: 3D beállítások (képernyőkép)



48. ábra: VR (Virtual Reality) beállítás (képernyőkép)

Ha minden kívánt beállítást megtettünk, megjelölhetjük azt is, hogy az általunk feltöltött projekt milyen témákat foglal magába, valamint leírást és címet is tudunk adni neki.

8. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatomban egy fényképek alapján létrejött 3 dimenziós modell elkészítésének elvét és folyamatát mutattam be, egy 2015-ben feltárt Árpád-kori romtemplom térbeli modelljén keresztül. A dolgozat másik fő témáját, a térbeli modellek publikálási lehetőségeit pedig a régészet és a fotogrammetria kapcsolatán keresztül szemléltettem.

A modell alapját adó fényképeket a Lakitelek nagyközségben található Tőserdei Pálinkaház területén lévő XI. századi templomromról készítettem, amely régen a Muraközy család birtoka volt.

Több látogatást itt tettem a helyszínen, melyek közül elsőnek 117 darab fényképek készítettem, amelyek alapján elkészült az első térbeli modell a templomról, amely átvizsgálása után még 41 darab képpel egészítettem ki a feldolgozni kívánt fényképek halmazát. Az első térbeli modell generálása egy előzetes, próba modell volt. Elegendő számú kép birtokában és az általam használt AgiSoft PhotoScan szoftver alapos tanulmányozása után következhetett az utófeldolgozás.

A munka nagyobb és hosszadalmasabb része az utófeldolgozás volt. A feldolgozás során 2 térbeli modell is készült. Az egyik egy igen részletgazdag, közel 3 millió poligonból felépülő modell. A másik elkészítésére a későbbi publikálás miatt volt szükség, amelyben a poligonok számát 200,000 darabra maximalizáltam, ezáltal egy kisebb méretű és más programok által is kezelhető 3 dimenziós modellt hoztam létre.

A geometriai beállítások után, megterveztem a helyi koordináta rendszert és annak illesztőpontjait, felhasználva a templom alaprajzát. Az adatok begyűjtésére még egy terepi mérés szükségeltetett. A létrejött koordináta rendszert és annak hibáit részleteztem.

A projekt zárásaként az elkészült modellt egy általam ismertetett oldalon megosztottam, ahol a romtemplom térbeli modelljét meg is lehet tekinteni.

Dolgozatomban bemutattam, hogyan lehet sokak számára elérhető módon és eszközökkel egy 3 dimenziós modellt készíteni és, hogy ezt milyen területeken lehet hasznosítani.

A mai világban az adatok közlésében nagy szerepe van a térbeli modellek készítésének, mivel egyes tárgyakat, elkészült munkákat interaktívabban és szemléletesebben tudjuk bemutatni. A

dolgozatomban próbáltam rávilágítani, hogy ilyen módszerek használatával hogyan tudjuk az elsőre unalmasnak hangzó tudományágakat közkedveltebbé tenni.

9. SUMMARY

In my dissertation I presented the principle and process of making a 3-dimensional model based on photographs through the spatial model of an Árpáadian ruined church excavated in 2015. I illustrated the other main topic of the dissertation, the possibilities of publishing spatial models, through the relationship between archeology and photogrammetry.

The photographs on which the model is based are located in the XI. I made it from a 19th century church, which used to be the property of the Muraközy family.

I made several visits to the site, the first of which I took 117 photographs, from which the first model of the church was born, after which I added 41 more pictures to the set of photographs to be processed. Since the generation of the first spatial model was a preliminary, trial model. With a sufficient number of images and a thorough study of the AgiSoft PhotoScan software I used, post-processing could follow.

The larger and more lengthy part of the work was post-processing. During processing, 2 spatial models were also created. One is a very detailed model made up of nearly 3 million polygons. The other was needed for later publication, in which I maximized the number of polygons to 200,000, creating a smaller 3-dimensional model that could be handled by other programs.

After the geometric settings, I designed the local coordinate system and its interfaces using the floor plan of the church. Another field measurement was required to collect the data. I itemized the created coordinate system and its errors.

At the end of the project, I shared the completed model on a page I have described, where the spatial model of the ruined church can also be viewed.

In my dissertation, I showed how to create a 3-dimensional model with tools that are accessible to anyone, and I also highlighted in what areas it can be used.

In today's world, the creation of spatial models plays an important role in the communication of data, as we can present certain objects and completed works more interactively and clearly.

In my dissertation, I have tried to shed light on how we can make such disciplines more popular by using such methods.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Itt szeretnék köszönetet mondani azoknak az embereknek, akik segítségükkel hozzájárultak a szakdolgozatom megvalósulásához.

Elsősorban László Gergely tanár úrnak, konzulensemnek, aki a szakdolgozati téma kiválasztásában és a munkafolyamatok elvégzésében szakmai segítséget nyújtott, valamint a dolgozat megírása közben tartalmi és formai szempontból is segítette az írás előremenetelét.

Iványosi-Szabó Zoltán földmérőmérnök úrnak, külső konzulensemnek, aki a dolgozat szakmai és tartalmi háttérével kapcsolatosan tudott szakmai segítséget nyújtani.

Zöldi László politológusnak, akinek a szellemi munkája révén részletes és sok időszakot átívelő történelmi vonatkozásokat ismerhettem meg a romtemplommal és a régióval kapcsolatosan.

Honti Attila úrnak, Tőserdei Pál linkaház vezetőjének, akinek a segítségével az Árpád-kori romtemplomról elkészíthettem a fényképeket és méréseket, valamint, hogy megosztotta velem a feltárás részleteit és történelmi vonatkozásait.

Végül, de nem utolsósorban azon szaktársaimnak, akikkel többszörös konzultációval segítettük egymás előrehaladását és munkáját.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] <https://rubicon.hu/>
- [2.] <https://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9g%C3%A9szet>
- [3.] Wilhelm, Gábor Jelentés a Lakitelek-Felsőálpár területén, A Kecskeméti Katona József Múzeum által végzett megelőző feltárás eredményeiről
- [4.] <https://mnmm.hu/hu/cikk/regeszeti-21-szazadban-digitalis-regesz-szuletese>
- [5.] <https://rkk.uni-obuda.hu/sites/default/files/csatolmany/itsz-modellezes-szakszeminarium-2020-02-10.pdf>
- [6.] https://hu.wikipedia.org/wiki/3D_modellez%C3%A9s
- [7.] http://informatika.gdf.hu/wp-content/uploads/sites/25/2017/04/informatika_37_5.pdf
- [8.] http://laserscan.hu/i/_SourceImage/RegeszetiFelhasznalas.pdf
- [9.] <https://furaysolutions.com/epuletfelmeres-esettanulmany/>
- [10.] <https://www.3dhorse.com/blogs/3d/pros-and-cons-of-3d-models>
- [11.] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Lakitelek>
- [12.] <http://www.photometric.hu/fotogrammetria-11.html>
- [13.] <https://napidroid.hu/xiaomi-redmi-9t-teszt/>
- [14.] <https://acrsa.org/hu/index.php/fogalomtar>
- [15.] https://www.agisoft.com/pdf/photoscan_presentation.pdf
- [16.] <https://archive.edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=28667>

Fényképek

- (1.) <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/3d-primer-for-game-developers-an-overview-of-3d-modeling-in-games--gamedev-5704>
- (2.) [https://www.fotkyfoto.hu/fotok-kepke/nagy-felbontasu-koncepcio-vagy-fogalmi-emberi-vagy-ember-3ds-anatomy-test-izom-elszigetelt-fekete-hatter-mint-metafora-ferfi-izmos-orvosi-egeszsegugyi-orvostudomany-sport-fitness-csoport-biologia-vagy-keszlet\(4-179614218\)/](https://www.fotkyfoto.hu/fotok-kepke/nagy-felbontasu-koncepcio-vagy-fogalmi-emberi-vagy-ember-3ds-anatomy-test-izom-elszigetelt-fekete-hatter-mint-metafora-ferfi-izmos-orvosi-egeszsegugyi-orvostudomany-sport-fitness-csoport-biologia-vagy-keszlet(4-179614218)/)
- (3.) <https://foyr.com/learn/architectural-tools-software-that-can-get-you-more-sales/>
- (4.) <https://www.cadworld.in/product-designing/>
- (5.) <https://furaysolutions.com/galeria/>