

LIVONIJAS ORDEŅA CĒSU PILSDRUPU DOKUMENTĒŠANAS REZULTATI AR 3D LĀZERSKENERI DOCUMENTATION RESULTS WITH 3D LASERSCANNER IN LIVONIA CASTLE OF THE CESIS

M.Kaļinka, M. Reiniks

Atslēgas vārdi: arhitektūras fotogrammetrija, 3D lāzerskenēšana, 3D modelēšana

Ievads

Livonijas ordeņa Cēsu pils celta jau 13. gs. sākumā, bet vērienīgi pārbūvēta un savu arhitektonisko veidolu ieguva 16.gs. sākumā. Ap labi nocietināto pili izveidojās ciems, kam 14. gs. sākumā piešķīra pilsētas tiesības.

Pili ievērojami sagrāva Livonijas karā (1558 – 1583), bet Ziemeļu kara sākumā pēc 1703.gada to pameta un vairs neizmantoja militāriem mērķiem. Šodien pils drupas ir Cēsu iespaidīgākais vēstures liecinieks un piesaista ar savu viduslaiku arhitektūras romantisko pievilcību un vēsturisko vērtību.



1.att. Cēsu pilsdrupas iekšpagalms fotogrāfiju veidā un pilsdrupu komplekss punktu mākoņa attēlojumā

Vairāk kārt pārbūvētā un paplašinātā Cēsu pils savu pašreizējo arhitektonisko veidolu ieguva 16. gadsimta sākumā. Tad ordeņmestrs Volters fon Pletenbergs (1494-1535), lai pilnveidotu pils kodola aizsardzību, uzcēla arī diagonālos – ziemeļu un dienvidu torņus, pielāgojot pils nocietinājumus uguns ieroču lietošanas laikmeta prasībām. Pieeju pilij apgrūtināja aizsarggrāvji un stipru mūru ieskautas trīs plašas priekšpilis. Daļa pils būvapjoma virs zemes vairs nav saglabājusies, tādēļ tās izpētē par vienu no galvenajām metodēm kļuva arheoloģiskie izrakumi.

Līdz 2007.gadam kā galvenās ģeometrijas izpētes metodes tika izmantotas arhitektūras fotogrammetrijas, tahimetriskās uzmērīšanas un ģeometriskās nivelēšanas metodes.

2007.gadā pils tiek pirmoreiz dokumentēta ar 3D lāzerskeneri, iegūstot detalizētu pils mūru konstrukciju virsmas modeli (skat.1.attēlu). Dokumentēšana tika veikta ar Cēsu pilsētas domes atbalstu piesaistot ERAF līdzekļus. Darbi veikti 2007. gada septembris līdz 2008.gada maijam objektā. Lauka darbi ir veikti septembrī, oktobrī un aprīlī, maijā. Punktu biežums un precizitāte nodrošina objekta tālāko apstrādi 3D modeļa veidošanā un detaļu analīzē.

Darbu apraksts

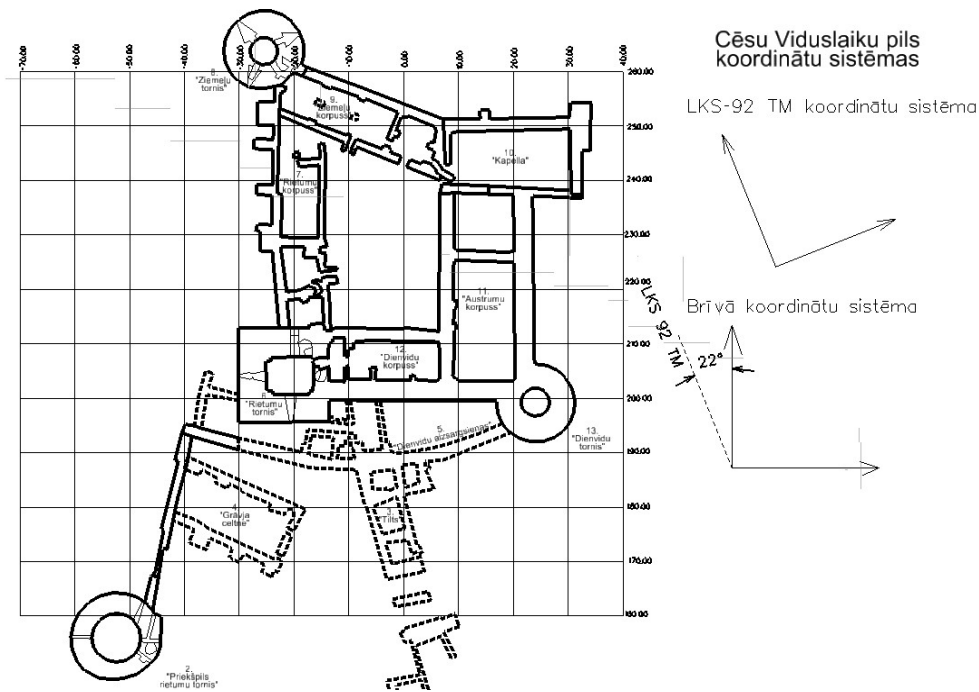
Skenēšanas darbi veikti ar Leica HDS 3000 lāzerskeneri. Izmantotas vairāk kā 15 savietojamo marku vietas. Krustojumu aprēķins veikts ar datorprogrammu Cyclone V5.5 pēc mazāko kvadrātu metodes un iegūtā rezultāta kļūda nepārsniedz 5 – 7 mm.

Objekta piesaiste veikta Baltijas augstuma sistēmai, kā arī piesaistīts LKS -92 TM koordinātu sistēmai un izveidota lokāla brīvā taisnleņķa koordinātu sistēma, kur pils sienas ir paralēlas koordinātu asīm. Par izejas atbalstpunktiem izmantoti LATPOS GPS tīkls un augstuma reperis, kas atrodas Cēsu luterāņu baznīcas sienā pie ieejas. Noteikto punktu precizitāte pret atbalstpunktiem nepārsniedz 6 mm.

Skanēts ir visi korpusi un torņi. Darbu skanējumos nav torņu trepju daļas, kas tehniski nebija iespējams ar 3D lāzerskeneri.



2.att. Leica HDS 3000 lāzerskeneris darba procesā pils pagalmā



3.att. Koordinātu sistēma Cēsu pilsdrupu dokumentēšanas procesā [6]

Punktu precizitāte un datubāze

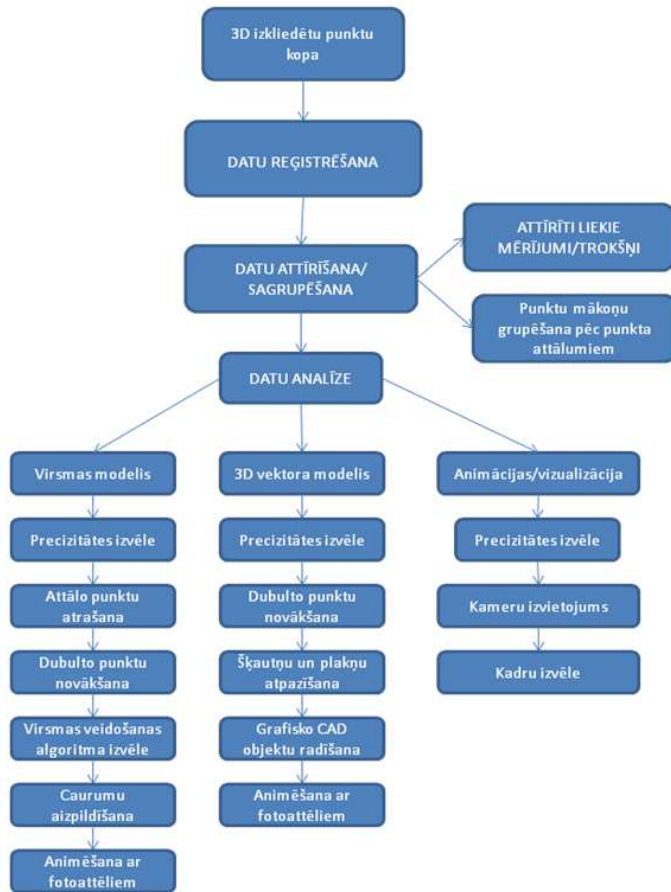
Punktu izšķirtspēja ir nodrošināta vidēji 8 -15 mm. Kopīgais punktu skaits datubāzē ~ 300 miljoni. Datubāzes apjoms ir 7 GB. Datubāze ir veidota izmantojot LEICA CYCLON, kas nodrošina punktveida lāzerskeneru datu uzkrāšanu un klasificēšana, šādā veidā nodrošinot datu ātru meklēšanu un attēlošanu uz ekrāna. Lietotājam gala rezultātā tika sagatavota punktveida datubāze, grafiskie faili Bentley un Atodesk programmatūrās, nodrošinot datu papildināšanu, aktualizēšanu un uzkrāšanu digitālā veidā.

3D lāzerskeneru datu apstrāde

3D lāzerskeneru datu apstrāde tika veikta, veicot datu apstrādi dažādos posmos. Sarežģītākais posms datu apstrādē ir korekta 3D modeļa izveide, novēršot konverģences- punktu pārklāšanos ietekmi uz kopīgo 3D modeli. Datu apstrāde atkarībā no rezultāta tika veikta pēc pašu izstrādātās shēmas, kas attēlota 4.attēlā.

Caurmēra izšķirtspēja starp punktiem 8 – 15 mm. Kopīgais punktu skaits datu bāzē ~ 16.8 miljoni.

Skenējuma apstrāde notiek vienā kopīgā telpiskā 3D modelī, kā arī koordinātu sistēmām nodrošinot datu pieejamību LKS-92 TM koordinātu sistēmā un Baltijas augstuma sistēmā 1977.gada, kā arī pilsdrupu lokālā koordinātu sistēmā.

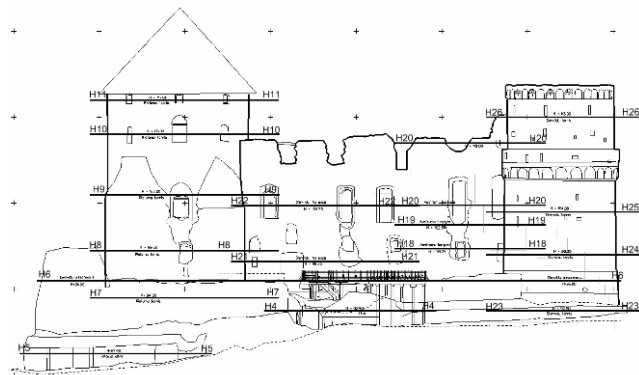
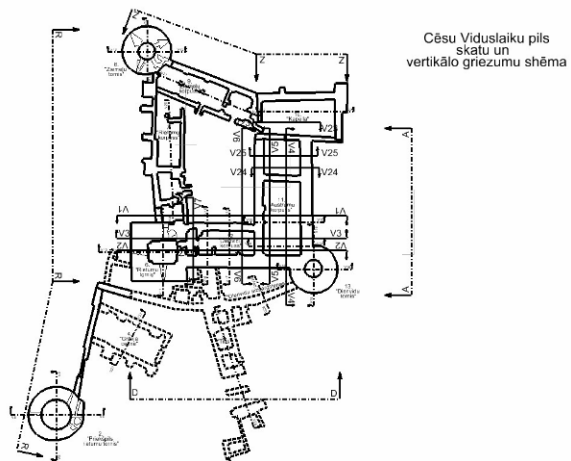


4.att. punktu kopas datu apstrādes un analīzes galvenie etapi [2]

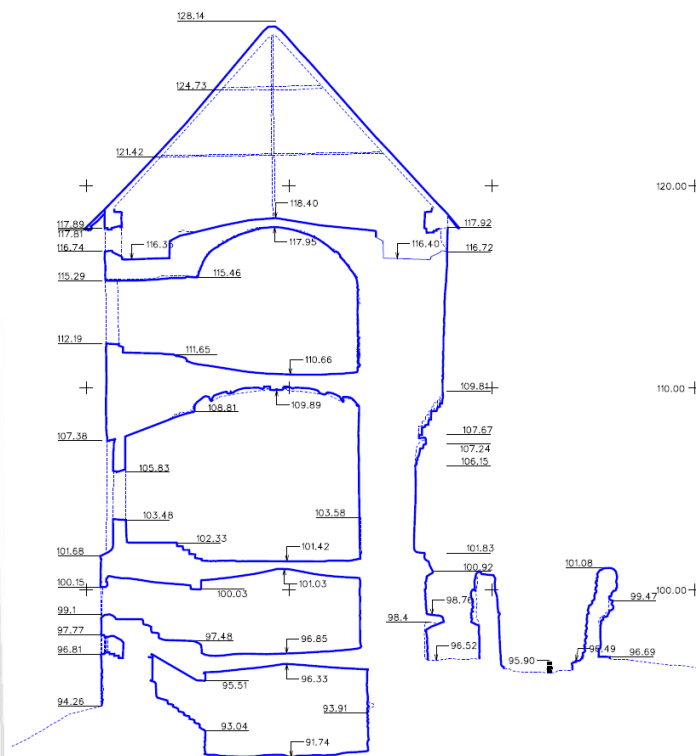
Rasējumu un plānu izgatavošana

Darbu izpildes gaitā tika izveidots grafisks materiāls, kas sastāv no sējuma ar 69 rasējumiem. Rasējumi satur viduslaiku pilsdrupu griezumus un plānus dažādos augstumos uz arhitektonisko mērogu 1:50 un 1:100. Skat. Attēlu Nr.5.

Rasējumu izgatavošanai tika izmantotas programmatūras Leica Cyclone un Bentley Microstation ar papildmoduli Cloudworks, kas nodrošina punkta mākoņa datu apstrādi Microstation 3D vidē. Griezumu un plānu izgatavošanai tika izmantots Leica Cyclone programmatūra. Skatīt attēlu Nr.6.



5.att. Vertikālo griezumu un skatu vietas pilsdrupās un Dienvidu sienas un daļas horizontālo griezumu izvietojuma plāns [6]



6.att. Rietumu tornis punktu mākoņa veidā un tā vertikālais griezums[6]

3D vektora modeļu izveide un pielietojums

Pilsdrupām ir veidoti dažāda veida 3D modeļi : ar augstāku detalizētību un zemāku. 3D modeļi ir veidoti dažādu mērķu vajadzībām: zinātniskai pētniecībai, arheoloģiskai analīzei un vizuālai reprezentācijai. Pilsdrupu detaļu un atsevišķu mūru 3D modelēšanai virsmas modeļa radīšanā ir veikta punkta mākoņa aproksimēšanu pēc BSPLINE NURBE līnijām, izmantojot BSPLINE aproksimāciju pēc liela punkta daudzuma, izmantojot Bspline vienādojumu: [2]

$$P(t) = \sum_{i=1}^m P_i B_i(t), \quad (1.)$$

kur P_i - kontrolpunkti.

Izmantojot iepriekšminēto vienādojumu, ir nepieciešams atrast tādus kontrolpunktus, kas minimāli atšķiras no izkliedētā punkta atrašanās vietas.[61]

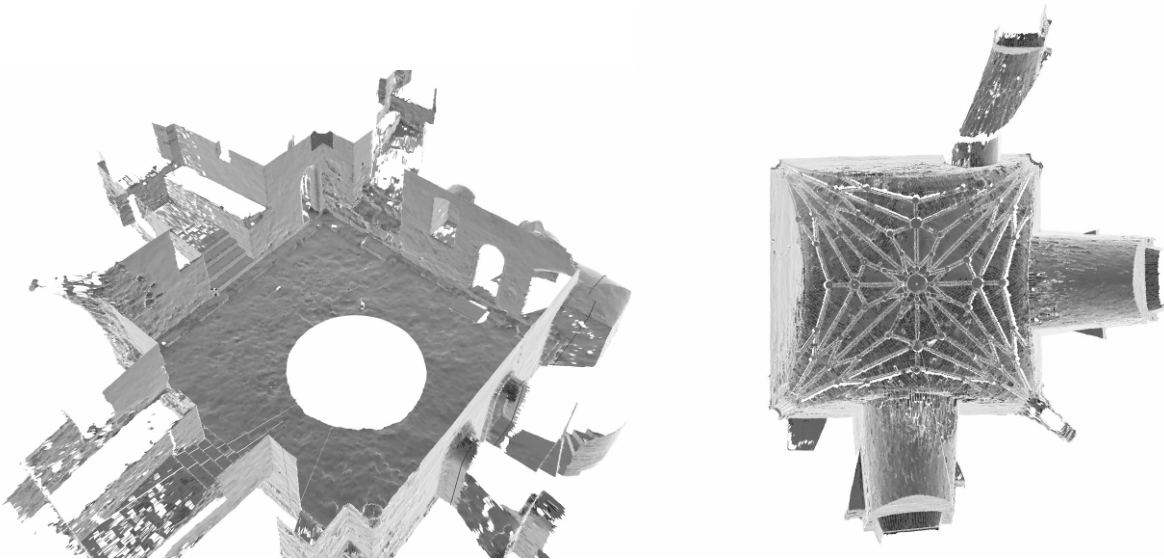
$$f = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n d^2(P(t), X_k) + \lambda f_s, \quad \text{kur} \quad (2.)$$

$d(P(t), X_k) = \min_t \| p(t) - X_k \|$ - datu punkta X_k attālums līdz līknei $P(t)$,

λ – pozitīva konstanta vērtība svāra f_s modulēšanai.

Bspline līknes ir iespējams izmantot gan virsmas modeļa radīšanai, pielietojot BSPLINE virsotnes kā kontrolpunktus trijstūru ģenerēšanai, gan arī BSPLINE izmantošanu kā vektora elementu CAD grafiskajās programmās, kur šos elementus ir iespējams pārvērst gan kā mesh, gan kā smartsurface (BSPLINE surface) vai solid tipa telpiskajos elementos

Šādu darbību nodrošina gan LEICA CYCLONE programmatūra, gan Geomagic Studio, kur gala rezultātā tiek iegūts Mesh (trijstūra vai četrstūra elementi).



7.att. Mestra telpas 3D modelis [6]

Nobeigums

Raksts papildina, ka kultūrvēsturiskos objektos nav iespējams pielietot vienu konkrētu ģeometrijas izpētes metodi, bet ir nepieciešams veikt metožu kombinēšanu. Cēsu pilsdrupās labākais risinājums ir arī veikt fotogrammetrijas un lāzerskeneru mērījumu apvienošanu, papildinot punktu mākoņu kopu vai vektordatus ar reālām krāsām dabā, ko iespējams iegūt no fotoattēliem. Viena no šādam iespējām ir izmantot Bentley Microstation iespējas un veikt attēla projicēšanu uz dažāda veida virsmām, tai skaitā arī uz liektām virsmām.

Cēsu pilsdrupās ir veikts pilns dokumentēšanas cikls, nodrošinot dokumentēšanas datubāzes izveidošanu uz digitāla materiāla pamata. Tāpat ir nodrošināta restaurācijas un projektēšanas darbu veikšana 3D vidē ar izšķirtspēju līdz 3 cm mūriem, bet detaļām līdz 1 cm.

Izmantojot visus Cēsupilsdrupu dokumentēšanas materiālus: rasējumus, fotoattēlus, mērījumus u.c., ir iespējams veidot pilsdrupu dokumentācijas centra datubāzi, kurā apvieno visus veiktos darbus. Datubāzi iespējams veidot, piemēram, uz ArcGis bāzes, nodrošinot glabāt gan vektora datus, gan tekstuālos datus, gan attēlus, veidojot pils pārskatu uz dažādiem gadsimtu un gadu periodiem.

Literatūra

1. Intra –site Level Cultural Heritage Documentation: Combination of Survey, Modeling and Imagery Data in a Web Information System Elise Meyer, Pierre Grussenmeyer, Jean-Pierre Perrin, Anne Durand, Pierre Drap The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage
2. M. Kaļinka Arhitektūras telpiskās dokumentēšanas tehnoloģija. Promocijas darbs. Rīgas Tehniskā Universitāte, Rīga 2008
3. Wenping Wang, Helmut Pottmann, Yang Liu Fitting B-Spline Curves to Point Clouds by Distance Minimization. Department of Computer Science, The University of Hong Kong, Hong Kong SAR, China. Geometric Modeling and Industrial Geometry, Vienna University of Technology, Austria 2004
4. <http://www.geomagic.com/en/>
5. www.bentley.com
6. Cēsu pilsdrupu dokumentēšanas atskaite, Rīga, 2009.

Māris Kaļinka, Dr.sc.ing., lector of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
maris.kalinka@rtu.lv

Mārtiņš Reiniks, Msc.ing, lector of the Department of Geomatics
Riga Technical university Department of Geomatics
Address: Azenes iela 16, LV 1048, Latvia
Phone: +371 7089263, Fax: +371 7089263
martins.reiniks@rtu.lv

KALINKA M., REINIKS M. LIVONIJAS ORDEŅA CĒSU PILSDRUPU DOKUMENTĒŠANAS REZULTATI AR 3D LĀZERSKENERI

Apraksta mērķis ir sniegt informāciju par dokumentācijas darbiem Cēsu pilsdrupās. Rakstā tiek diskutēts par 3D lāzerskenera izmantošanu Cēsu pilsdrupās, kā vienu no apjomīgākiem dokumentēšanas metodēm. Rezultātā ir iegūts punktu mākoņa dati un rasējumi. Rakstā tiek parādīts arī punkta mākoņa izmantošanas iespējas Cēsu pilsdrupu dokumentēšanas rezultātu analīzē un to publicēšanas iespējamību savietojamībā ar dažādiem dokumentēšanas ceļā iegūto informāciju. 3D punktu mākoņu apstrādes jautājumi ir ļoti aktuāli un tas ir jauns tehnoloģijas virziens Latvijā. Rakstā tiek diskutēts par publicēšanas iespējām, izmantojot pieejamākās programmatūras un pielietošanas sfēras. Raksts ir orientēts 3D lāzerskenera izmantošanu, datu apstrādi un uz datubāzēm, kuru lietotāji ir no dažādām sfērām. CAD programmatūras ir visplašāk pielietotās grafiskās programmatūra, kas būtu piemērojama grafiskās informācijas attēlošanā. Otra tēma, kas ir apskatīta ir virsmas izveide no punkta mākoņa un rezultātu apkopošana ĢIS datubāzēs. Izmantojot Cēsu pilsdrupu dokumentēšanas materiālus, iespējams veidot apjomīgu vektora, attēlu un tekstuālu datubāzi, vizualizējot pilsdrupu attēlojumu dažādos laika momentos.

KALINKA M., REINIKS M. DOCUMENTATION RESULTS WITH 3D LASERSCANNER IN LIVONIA CASTLE OF THE CESIS

The abstract give information about documentation process in castle of Cesis. Abstract discussing to use the 3D laserscanner in castle as one of the biggest documentation method. In result was given a 3D point cloud, drawing and pictures. and publications in WEB applications connecting with other materials in documentation process We are discussing about using 3D point clouds for analyzing and its publication together with another data, for example photogrammetry. The 3D point cloud is actual and new views of use the technologies. Abstract discuss possibilities to publish the 3D results to use the accessible software and field of the interests. Abstract give the information of the using 3D laserscanner, data processing and databases for collection the information from different documentation fields. CAD software are most popular graphical software for viewing and processing the graphical information. The second view in this abstract is surface model generation from 3D point cloud and publish its to use ĢIS. To use the collection of the all results of the all works in castle of the Cesis, is possible to make the vector, pictures and textual database, to visualize the castle in different moments of the time.