

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

ODDELEK ZA
GEODEZIJO



**UNIVERZITETNI
ŠTUDIJ GEODEZIJE
SMER PROSTORSKA
INFORMATIKA**

Kandidat:

MATEJ VIŠNJAR

**IZDELAVA INFORMACIJSKEGA MODELA LINHARTOVE
DVORANE CANKARJEVEGA DOMA NA OSNOVI
PODATKOV TERESTRIČNIH LASERSKIH SKENERJEV**

Diplomska naloga št.: 883

**CREATING A BUILDING INFORMATION MODEL OF
LINHART HALL OF THE CANKARJEV DOM ON THE BASIS
OF DATA BY TERRESTRIAL LASER SCANNING**

Graduation thesis No.: 883

Mentorica:
doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:
mag. Domen Smole

Ljubljana, 2012

ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani MATEJ VIŠNJAR izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»Izdelava informacijskega modela Linhartove dvorane Cankarjevega doma na osnovi podatkov terestričnih laserskih skenerjev«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitorju UL FGG.

Ljubljana, 10.1.2012

Matej Višnjar

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.7/.8:004.4(043.2)
Avtor:	Matej Višnjar
Mentorica:	doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
Somentor:	mag. Domen Smole
Naslov:	Izdelava informacijskega modela Linhartove dvorane Cankarjevega doma na osnovi podatkov terestričnih laserskih skenerjev
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	60 str., 3 pregl., 50 sl.
Ključne besede:	informacijsko modeliranje zgradbe, BIM, upravljanje z zgradbo, terestrično lasersko skeniranje, ArchiCAD, Cankarjev dom, Linhartova dvorana

Izvleček

V diplomski nalogi je predstavljena izdelava informacijskega modela stavbe (angl. BIM – Building Information Model) Linhartove dvorane Cankarjevega doma na podlagi podatkov, pridobljenih s terestričnim laserskim skeniranjem. Na kratko je opisano informacijsko modeliranje – način projektiranja, pri katerem imamo vse informacije o zgradbi zbrane na enem mestu. Čeprav sodi projektiranje zgradb v gradbeno stroko, ponuja geodezija z merjenjem in tehnologijo terestričnega skeniranja, kjer lahko v zelo kratkem času zajamemo ogromno prostorskih podatkov, način, kako zajeti dejansko stanje zgradb in prostorov. Naloga je razdeljena na dva dela.

V prvem delu je predstavljeno informacijsko modeliranje in tehnologija laserskega skeniranja. Opisan je tudi postopek laserskega skeniranja Linhartove dvorane Cankarjevega doma. Skeniranje je izvedlo podjetje DFG CONSULTING d.o.o., s 3D laserskim skenerjem RIEGL VZ-400.

V drugem delu pa je predstavljeno modeliranje, s poudarkom na praktičnem delu in modeliranju v programu ArchiCAD 14. V tem delu so, poleg kratke predstavitve programa, opisani koraki izdelave modela, od prenosa podatkov v program, izdelave posameznih delov dvorane, do končnega izdelka in možne uporabe.

Končen model in možnost uporabe modela sta potrdila uporabnost terestričnega laserskega skeniranja pri izdelavi informacijskega modela.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDK:** 528.7/.8:004.4(043.2)
- Author:** Matej Višnjar
- Supervisor:** doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
- Cosupervisor:** mag. Domen Smole
- Title:** **Creating a building information model of Linhart Hall of Cankarjev dom on the basis of data obtained by terrestrial laser scanning**
- Document type :** Graduation Thesis – University studies
- Notes:** 60 p., 3 tab., 50 fig.
- Key words:** **building information modeling, BIM, facility management, terrestrial laser scanning, ArchiCAD, Cankarjev dom, Linhart hall**

Abstract

The thesis presents the making of the BIM (short for Building Information Model) of Linhart Hall of Cankarjev dom on the basis of data obtained by terrestrial laser scanning. It contains a brief description of the information modeling - design method, where we have all the information about the building collected in one place. Although the design of buildings is more of a civil engineering profession, surveying and measuring with the terrestrial scanning technology, that enables the acquirement of greater amounts of spatial data in very short time, offers a good method of how to acquire the actual state of buildings and spaces. The thesis is divided into two parts:

The first part presents information modeling and laser scanning technology. It also outlines the process of laser scanning of the Linhart Hall in Cankarjev dom. Scanning was carried out by DFG Consulting Ltd with 3D laser scanner RIEGL VZ-400.

The second part presents the modeling with emphasis on practical work and modeling in the program ArchiCAD 14. In addition to the short presentation of the program, there is a step by step description of the creation of the model, from the data transfer into the program, the designing of the individual parts of the hall, to the final product and its potential use.

The final model and the usability of the model have confirmed the usefulness of terrestrial laser scanning in the creation of an information model.

ZAHVALA

Za pomoč in svetovanje pri izdelavi te diplomske naloge ter korekten odnos se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Kosmatin Fras in somentorju mag. Domnu Smole.

Posebno zahvalo bi izrazil podjetju DFG CONSULTING d.o.o. za pridobitev podatkov terestričnega laserskega skeniranja. Za dovoljenje uporabe podatkov projekta bi se zahvalil tudi Cankarjevemu domu.

Nenazadnje pa bi se rad zahvalil tudi staršema za vso podporo v času študija in vsem prijateljem, ki so mi vedno stali ob strani, še posebej Barbari, Jerneji, Ireni, Jerneju in Črtu.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Raziskovalni problem in namen diplomske naloge.....	2
1.2	Metodologija	2
1.3	Pregled vsebine	2
2	INFORMACIJSKO MODELIRANJE ZGRADB IN UPRAVLJANJE Z ZGRADBO	4
2.1	Informacijsko modeliranje zgradb.....	4
2.1.1	Definicija informacijskega modela zgradbe	6
2.1.2	Koristi.....	6
2.1.3	Princip BIM.....	7
2.1.4	Govoriti isti jezik.....	8
2.1.5	Primeri uporabe informacijskega modeliranja	9
2.2	Upravljanje z zgradbo – Facility Managment	11
3	TERESTRIČNO 3D LASERSKO SKENIRANJE	13
3.1	Opis tehnologije	13
3.2	Postopek izmere	14
3.3	Skener.....	15
3.3.1	Glavne značilnosti	15
3.3.2	Zgradba inštrumenta.....	16
3.3.3	Tehnični podatki.....	16
3.4	Prednosti terestričnega laserskega skeniranja	18
3.5	Potek snemanja v danem primeru	18
4	MODELIRANJE V PROGRAMU ARCHICAD 14	23
4.1	Zgodovina	24
4.2	O programu	25
4.3	Parametrični objekti	26
4.3.1	Prednosti GDL objektov.....	26
4.4	Izmenjava modelov in datotek	27
4.4.1	IFC.....	27
4.4.2	Združljivost z ostalimi CAD programi.....	28
4.4.3	Podpora Adobe PDF.....	29
4.5	Uvoz podatkov	30
4.6	Modeliranje	33

4.6.1	Osnovne funkcije za modeliranje	33
4.6.2	Modeliranje pritličja	39
4.6.3	Modeliranje balkona	45
4.6.4	Modeliranje stropnih elementov	46
4.6.5	Modeliranje ostalih elementov	47
5	UPORABA INFORMACIJSKEGA MODELA LINHARTOVE DVORANE CANKARJEVEGA DOMA.....	53
6	Zaključek.....	58
	Viri.....	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Prihodnost informacijskega modeliranja (NBS, 2011)	5
Slika 2: Povprečni stroški v življenjskem ciklu zgradbe (Hardin, 2009, 264)	6
Slika 3: Odvisnost uspešnosti projekta od dodajanja sklopov podatkov projektu	7
Slika 4: Stavba alkiTECHNIK, Ingolstadt, Nemčija (Graphisoft, 2011)	9
Slika 5: Poslovalnica Sony Centre na 5. terminal letališča Heathrow (Graphisoft, 2011)	10
Slika 6: Hotel Aquarium Hilton Garden Inn, Atlanta, ZDA (Graphisoft, 2011)	10
Slika 7: Razlika v življenjski dobi stavbe z in brez rednega vzdrževanja (Hardin, 2009, 269)	12
Slika 8: Delovanje impulznega razdaljemera laserskega skenerja (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)	14
Slika 9: Shematičen prikaz inštrumenta (Riegl, 2011)	16
Slika 10: Tlorisni pogled vseh 17 stojišč	19
Slika 11: Pogled na polovico dvorane, balkon in most za luči	19
Slika 12: Oblak točk odra, vlekov, galerije za odrom in portalnega mostu	20
Slika 13: Detajlni prikaz površine odra	20
Slika 14: Zelo gost oblak točk, posledica združitve večino skenov za dani del dvorane	21
Slika 15: Rezultat terestričnega skeniranja	22
Slika 16: Primer osnovnih gradnikov, njihov zapis in podajanje parametrov	26
Slika 17: Izmenjava med različnimi aplikacijami s pomočjo IFC standarda (Pilon, 2011)	28
Slika 19: Levo: tlorisni prerez dvorane; desno: tlorisni prerez odra (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)	30
Slika 20: Vzdolžni prerez dvorane (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)	31
Slika 21: Podatki v formatu dwg	32
Slika 22: Uvoženi podatki v ArchiCAD	32
Slika 23: Paleta Orodja	33
Slika 24: Pogovorno okno z nastavitvami za izbrano steno	35
Slika 25: Prikaz pogovornega okna nastavitve lastnosti vrat	36
Slika 26: Profile Manager	37
Slika 27: Izbor že narejenih GDL objektov, natančneje opreme za kratki čas	38
Slika 28: Zunanje stene dvorane	39
Slika 29: 3D pogled na izdelane zunanje stene, stopnice za stole in oder	40
Slika 30: Postavitev sedežev v parterju	41

Slika 31: Sedeži v parterju v 3D	41
Slika 32: Tlorisni pogled na vleke	42
Slika 33: 3D pogled na vleke. Zaradi boljše vidljivosti so postavljeni diagonalno	43
Slika 34: 3D pogled na skoraj končan oder	44
Slika 35: Pogled na pomožni prostor – skladišče, s tovornim dvigalom	45
Slika 36: Prikaz stopnic balkona in postavitve sedežev	46
Slika 37: Kabine za prevajanje ob straneh dvorane	47
Slika 38: GDL objekt za zvočnik	48
Slika 39: Zanimiv prikaz postavitve zvočnikov v dvorani	48
Slika 40: Vstavljanje vrat v stene	49
Slika 41: Končen rezultat modeliranja	50
Slika 42: Pogled iz odra Linhartove dvorane Cankarjevega doma	51
Slika 43: Pogled iz balkona Linhartove dvorane Cankarjevega doma	51
Slika 44: Pogled na dvorano	52
Slika 45: Tlorisni pogled izdelanega modela	52
Slika 46: Samodejno generirana preglednica vseh predmetov, ki so v Linhartovi dvorani	53
Slika 47: Podrobnejši prikaz predmetov	54
Slika 48: Samodejno generirana preglednica materialov, ki so v Linhartovi dvorani	55
Slika 49: Razdelitev Linhartove dvorane na posamezne dele	56
Slika 50: Popis tlorisnih površin prostorov v Linhartovi dvorani Cankarjevega doma	57

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zmogljivosti razdaljemera.....	16
Preglednica 2: Zmogljivosti skeniranja.....	17
Preglednica 3: Fizične lastnosti inštrumenta	17

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

PZI	Projekt za izvedbo
PID	Projekt izvedenih del
POV	Projekt za obratovanje in vzdrževanje
BIM	Building Information Modeling (Informacijsko modeliranje zgradbe) ali Building Information Model (Informacijski model zgradbe)
FM	Facility Managment
3D	Tridimenzionalen (trirazsežen)
CAD	Comupter-Aided Design
TLS	Terestrično lasersko skeniranje
MEP	Mechanical Electrical Plumbing (strojni, električni ter vodovodni elementi)
GDL	Geometric Description Language (Geometrijski opisni jezik)
IFC	Industrial Foundation Classess (Temeljni industrijski razredi)
DXF	Drawing eXchange Format (Format za izmenjavo načrtov)
DWG	Drawing (Format za shranjevanje 2D in 3D projektnih podatkov)
PDF	Portable Document Format
AEC/FM	Arhitecture, Engineering, Constrution and Facility Management (arhitektura, projektiranje, gradnja/upravljanje z objekti)
IAI	International Alliance for Interoperability (Mednarodno združenje za Interoperabilnost)

1 UVOD

Geodezija je v svoji osnovni definiciji veda o merjenju, dimenziji in določitvi oblike Zemlje in njenih delov. Geodetska stroka je tako skozi čas izpopolnila merjenje, zajem prostorskih podatkov in tehnologije obdelave teh podatkov. S 3D terestričnim laserskim skeniranjem pa sedaj ponuja geodezija gradbeništvu uporaben način, kako zajeti dejansko stanje izgrajenih zgradb in prostorov. Praksa v gradbeni stroki kaže, da se končni izdelek pri gradnji v veliki večini primerov razlikuje od tistega, ki je bil projektiran. Gre za odstopanje dveh pomembnih dokumentov za izvedbo objekta, to sta projekt za izvedbo del (PZI) in projekt izvedenih del (PID). Vsa odstopanja privedejo do precejšnje razlike v količini materiala in posledično tudi do spremembe vrednosti projekta gradnje, največkrat podražitve. Ker se vsak investitor želi izogniti morebitnim doplačilom, je smiselno že vnaprej skonstruirati model grajenega objekta z vsemi instalacijami in opremo, ki podaja vrednosti materiala, rok zastaranja in finančno ovrednotenje projekta na podlagi 3D modela projektiranega objekta.

V gradbeništvu se v zadnjem času ponuja zanimiva nova metoda oziroma koncept, kako imeti vse te dokumente oziroma projekte zbrane na enem mestu. Imenuje se informacijsko modeliranje zgradb (angl. Building Information Modeling, v nadaljevanju BIM). V fazi projektiranja lahko izdelamo virtualni 3D model, ki ga pred samo gradnjo preizkusimo in optimiziramo. Tako lahko na primer zmanjšamo stroške gradnje, izdelamo podroben časovni načrt gradnje, predvidimo stroške vzdrževanja objekta in že v tej fazi skrbimo za čim boljšo rešitev tudi v smislu trajnostnega razvoja in ekonomične uporabe (angl. Green BIM - »zeleni BIM«). S tako pripravljenim modelom lahko na gradbišču spremljamo gradnjo in s pomočjo 3D laserskega skeniranja nadzorujemo izvedena dela. S 3D laserskim skeniranjem dobimo tudi dejanske geometrijske podatke objekta po gradnji. Ker pa BIM ni samo 3D model, namenjen vizualizaciji, je uporaben tudi v obdobju vzdrževanja objekta. Pri tej nalogi se pokaže izjemna sposobnost tega koncepta, da omogoča uporabo orodij za upravljanje stavbe (angl. Facility Managment). BIM je dejansko neke vrste 3D informacijski model stavbe, saj imamo na enem mestu zbrane različne podatke o objektu. Ti podatki so lahko debelina sten, konstrukcijski elementi, število oken, vrat, luči ... Še večjo uporabnost modela dosežemo z različnimi atributi, ki jih pripišemo posameznim elementom modela. Na primer, vrata opišemo s konkretnimi podatki, kot so širina, višina, material, podatek o proizvajalcu, datumu vgradnje itd. Do teh informacij lahko dostopamo z enim klikom na vrata modela, kar je z vidika uporabe modela zelo učinkovito.

Informacijsko modeliranje objektov je najlažje izvesti na projektu pred začetkom izvedbe del, kajti takrat še lahko spreminjamo obliko, velikost in karakteristike objekta, tako da dobimo optimalno rešitev. Vendar pa je model BIM zelo uporaben tudi na že obstoječih stavbah, kjer se delajo prenove instalacij, notranje opreme ali rekonstrukcija objekta. Tako dobimo bistvene podatke, kje so locirani elementi stavbe, njihovo trajanje in stroške morebitne zamenjave.

Tehnologija BIM se je v tujini že močno uveljavila, zdaj pa počasi prodira tudi k nam. V nalogi nas je predvsem zanimalo, kako tehnologijo terestričnega laserskega skeniranja ustrezno uporabiti pri izdelavi informacijskega modela obstoječega stanja zgradbe.

Postopek izdelave informacijskega modela stavbe je pri nas še precej neznan in neveljavljen. Ravno zato želim v svoji diplomski nalogi predstaviti očitne prednosti uporabe informacijskega modela stavb.

1.1 Raziskovalni problem in namen diplomske naloge

Razvite države zahodne Evrope in Amerika so, v primerjavi s Slovenijo, na omenjenem področju v tehnološkem razvoju zelo uspešne. V diplomski nalogi sem se zato posvetil tej temi, ki bo po mojem mnenju v bližnji prihodnosti tudi pri nas pomembno posegla v način priprave projektne dokumentacije in spremljanja objektov v različnih fazah. Ker se geodetska stroka ukvarja z zajemanjem podatkov in evidentiranjem obstoječega stanja, me je predvsem zanimalo, ali je mogoče s pomočjo laserskega skeniranja na že obstoječem objektu narediti uporaben informacijski model stavbe.

1.2 Metodologija

V diplomski nalogi me zanima, kako izdelati informacijski model že izgrajenega objekta na podlagi podatkov, pridobljenih s 3D laserskim skeniranjem in ta model uporabiti v namen upravljanja stavbe (Facility Management). S tehnologijo 3D laserskega skeniranja je omogočeno enostavno, učinkovito in celovito zajemanje prostorskih podatkov. Zajem podatkov poteka hitreje od klasičnih meritev saj inštrument iz enega stojišča z veliko hitrostjo zajame veliko število točk na površini objektov, ki so v njegovem snemalnem polju. Dobimo veliko število kvalitetnih prostorskih podatkov, ki jih lahko uporabimo za izdelavo informacijskega modela zgradbe. Na ta način dobimo dejanske geometrijske podatke objekta po gradnji. S temi podatki lahko naredimo primerjavo med načrtovanim in dejanskim stanjem – lahko dopolnimo že obstoječi model BIM (če predhodno obstaja) ali pa izdelamo novega.

Kot predmet raziskave sem izbral Linhartovo dvorano Cankarjevega doma. Za pridobitev teh podatkov sem se dogovoril s podjetjem DFG CONSULTING d.o.o., ki je meritve izvedlo s 3D laserskim skeniranjem dvorane. Modeliranje in izdelavo BIM sem izvedel v programu ArchiCAD.

1.3 Pregled vsebine

Uvodu diplomske naloge sledi poglavje, namenjeno podrobnejši razlagi informacijskega modeliranja zgradb (BIM) in poglavje o upravljanju (FM). V njem bom na kratko opisal kaj BIM je, kako ga lahko definiramo, kakšne koristi nam nudi in princip njegovega delovanja ter pomen usklajenosti različnih programskih oprem različnih proizvajalcev, da lahko uporabljajo isti model. Nadalje bom na kratko predstavil, kje pridejo prav dosledne in usklajene informacije o zgradbi, ki jih ponuja BIM.

Tretje poglavje je posvečeno terestričnemu 3D laserskemu skeniranju. V njem je na kratko opisana teorija oziroma tehnologija laserskega skeniranja, princip in postopek izmere. Opisan je tudi inštrument, s katerim je bilo skeniranje izvedeno – RIEGL VZ-400. Temu teoretičnemu delu poglavja pa sledi čisto praktičen del – podrobnejši opis poteka snemanja za dani primer.

V četrtem poglavju bom predstavil enega izmed glavnih BIM programskih orodij na tržišču – ArchiCAD 14. Na kratko bom povzel njegovo zgodovino in razvoj, nato sledi opis aktualne različice progama, kratek opis parametričnih objektov in izmenjave modelov in datotek. Sledi podrobnejši opis poteka modeliranja dvorane, ki jo lahko razdelimo na štiri glavne prostore: parter, balkon, oder in skladišče.

V petem poglavju je predstavljen rezultat modeliranja – informacijski model stavbe, navedene so tudi ugotovitve, ki so nastale med modeliranjem. Predstavljene so možnosti uporabe modela.

Temu poglavju sledi še zaključek in spisek uporabljenih virov.

2 INFORMACIJSKO MODELIRANJE ZGRADB IN UPRAVLJANJE Z ZGRADBO

2.1 Informacijsko modeliranje zgradb

Pojem »Informacijsko modeliranje zgradb« je v angleščini definiran kot »Building information modeling« oziroma na kratko BIM.

Informacijsko modeliranje zgradb je po Carmonu in Irwinu (2007) proces ustvarjanja in upravljanja informacij o zgradbi skozi njen življenjski cikel. V informacijskem modelu imamo preplet geometrijskih in ne-geometrijskih elementov. Tako pokriva BIM geometrijo, prostorske odnose med gradniki, analize svetlobe, geografske informacije, količine in lastnosti gradbenih elementov. Z modelom BIM lahko predstavimo celoten življenjski cikel zgradbe, od projektiranja preko poteka gradnje, do kasnejše uporabe in upravljanja z njo. S pomočjo orodij, ki jih omogoča BIM, imamo dostop do najrazličnejših pogledov in prerezov skozi model, kar pomeni, da lahko za vsak posamezni del zgradbe dobimo podroben načrt, seznam materialov in površin. V modelu BIM imamo vse informacije zbrane na enem mestu. Vsi pogledi na model se generirajo iz te ene baze podatkov, kar pomeni, da so vsi pogledi samodejno usklajeni - isti element ima v različnih pogledih enako velikost, položaj v prostoru in lastnosti oz. attribute, saj se, kot v realnosti, ta element v projektu pojavi samo enkrat in je samo enkrat zapisan v bazi. S to lastnostjo se lahko prepreči mnogo napak podvajanja elementov. Prav tako se baza podatkov samodejno osvežuje, kar pomeni, da imamo vedno na voljo najnovejše stanje modela z vsemi spremembami. Kakršna koli sprememba v katerem koli pogledu avtomatsko pomeni tudi spremembo v drugih pogledih.

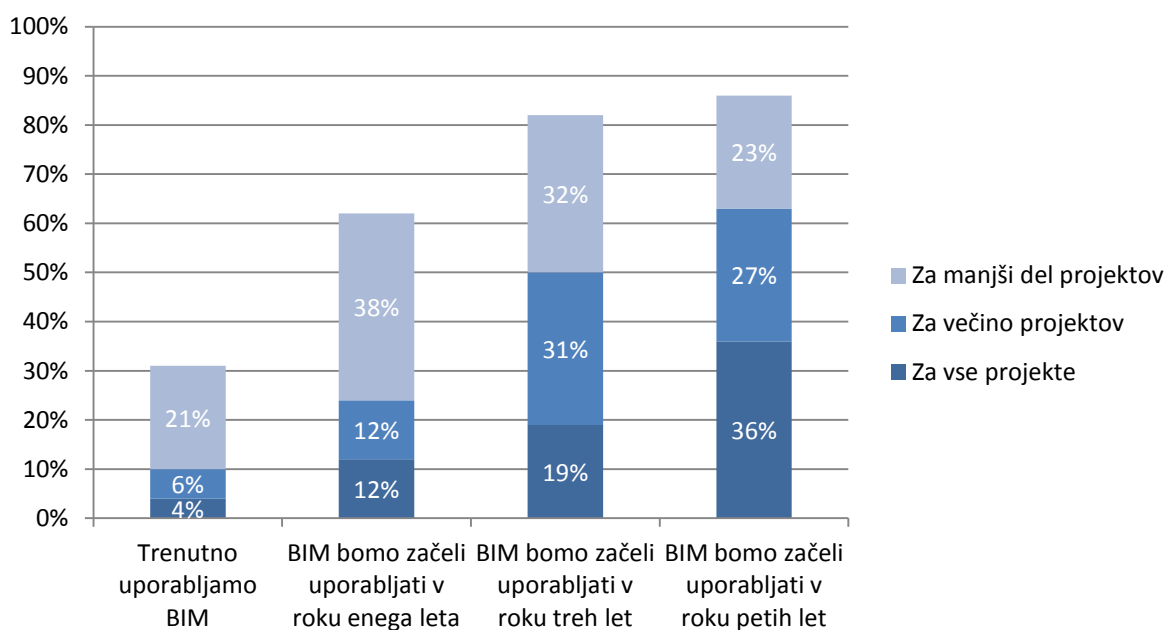
Rezultat informacijskega modeliranja zgradb je informacijski model zgradbe, malo nerodno se zanj uporablja enaka kratica BIM (angl. Building Information Model). Pri takšnem modelu gre za virtualno zgradbo, sestavljeno iz gradnikov, ki predstavljajo realne predmete. Za razliko od računalniško podprtih sistemov (angl. Computer-Aided Design ali CAD), kjer imamo opravka s črtami, ravninskimi liki in telesi, so modeli BIM sestavljeni iz dejanskih elementov zgradb, ki jih lahko prikazujemo tako v 2D kot 3D načinih. Ti elementi lahko vsebujejo attribute o materialih, cenah in proizvajalcih. Ta metoda dela je zelo praktična in učinkovita, saj lahko že v fazi projektiranja dobimo dobro oceno stroškov, popis materialov in proizvajalcev. S tem tudi zmanjšamo negotovosti v fazi gradnje, ker lahko razne nejasnosti in probleme rešimo že v fazi projektiranja.

Bistvo BIM-a je izgradnja virtualne zgradbe preden se začnejo kakršna koli fizična dela z namenom reševanja problemov, izdelave simulacij obratovanja zgradb in trajnostnih analiz. Celoten potek gradnje je bolj organiziran – deli zgradbe se lahko že prej sestavijo in pripeljejo na gradbišče, zmanjša se količina odpadkov na gradbišču in elementi se lahko pripeljejo na gradbišče takrat, ko se dejansko rabijo in jih tako ni potrebno skladiščiti na gradbišču.

BIM pa ni samo 3D model. Čedalje bolj se uveljavlja tako imenovano 4D, 5D in celo 6D modeliranje. Pri prvem predstavlja četrto dimenzijo čas, torej dobimo časovno sliko izvedbe projekta, v drugem primeru peto dimenzijo predstavljajo stroški povezani z gradnjo zgradbe, 6D modeliranje oz. projektiranje pa predstavlja celotni življenjski cikel zgradbe od ideje, projektiranja, gradnje preko uporabe in upravljanja ter do morebitne rušitve (Tobin, 2008).

BIM je bistveno bolj uporaben od klasičnega računalniško podprtega načrtovanja. S pomočjo informacijskega modela zgradbe prihranimo ogromno časa predvsem pri izdelavi projektne dokumentacije, saj imamo vse podatke zbrane na enem mestu, usklajene in kakovostne. Tako lahko prihranimo kar 55 % časa od izdelave statičnega izračuna do armaturnih načrtov in s tem povečamo produktivnost izdelave projektov. Ker čedalje več aplikacij nudi povezavo med modeli BIM in različnimi specializiranimi programi, lahko na osnovi modela BIM generiramo razne mreže končnih elementov konstrukcije, delamo študije izvedljivosti kot tudi študije osončenosti in trajnostnega razvoja. (Slovensko društvo za gradbeno informatiko, 2011)

Podrobnejši vpogled v koncept pokaže velik potencial za izboljšanje učinkovitosti v celotnem življenjskem ciklu načrtovane ali že zgrajene stavbe. Zaradi tega BIM čedalje hitreje postaja pomembno orodje, tako za projektante kot tudi upravljavce in uporabnike zgradb. V tujini (raziskava NBS National BIM Survey, slika 1) se vedno več velikih projektov dela s podporo BIM-a, predvsem v fazah projektiranja in gradnje zgradbe. Uporaba te tehnologije na že obstoječih objektih pa še ni dovolj izkoriščena. Najverjetnejši razlog je premajhno poznavanje tega koncepta s strani uporabnikov modela, ki pa sicer že v svoji osnovi predstavlja odlično orodje za dolgoročno upravljanje z zgradbo.



Slika 1: Prihodnost informacijskega modeliranja (NBS, 2011)

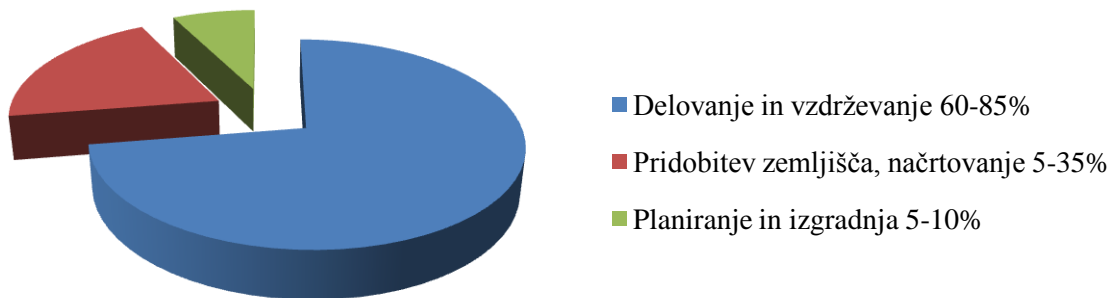
2.1.1 Definicija informacijskega modela zgradbe

»Informacijski model zgradbe predstavlja digitalno predstavitev fizičnih in funkcionalnih lastnosti zgradbe. Je skupni vir informacij o zgradbi, ki tvori zanesljivo osnovo za sklepanje odločitev v življenjskem ciklu stavbe, od zamisli do rušitve.« (National Institute of Building Sciences, 2011)

Čeprav na prvi pogled večina nepoznavalcev enači modele BIM z modeli CAD (Computer-Aided Design) pa vsebuje pravi model BIM veliko več kot samo 3D računalniško podprt model zgradbe. Poleg geometrijskih informacij, kot so sistemi sten, konstrukcijski načrti, napeljave, postavitve vrat in oken, vsebuje model BIM tudi ne-geometrijske informacije o stavbi in njenih elementih, kot so proizvajalci, dobavitelji in popisi kvadratur materialov, uporabljenih v projektu.

2.1.2 Koristi

BIM predstavlja v industriji veliko novost, ki bo spremenila način projektiranja, predvsem v smislu učinkovitejšega upravljanja. Čeprav pri uvajanju te nove tehnologije obstajajo zadržki, pa je ena največjih koristi uporabe modela BIM predvsem zmanjšanje stroškov upravljanja z zgradbo že v fazi projektiranja. Kot kažejo raziskave, večino stroškov z zgradbo ne predstavljajo projektiranje in izgradnja, ampak upravljanje z njo preko 20 do 50 let. Tako je bilo ugotovljeno, da delovanje in vzdrževanje zgradbe predstavlja med 60 in 85 odstotkov celotnih stroškov lastništva, kot je prikazano na sliki 2.

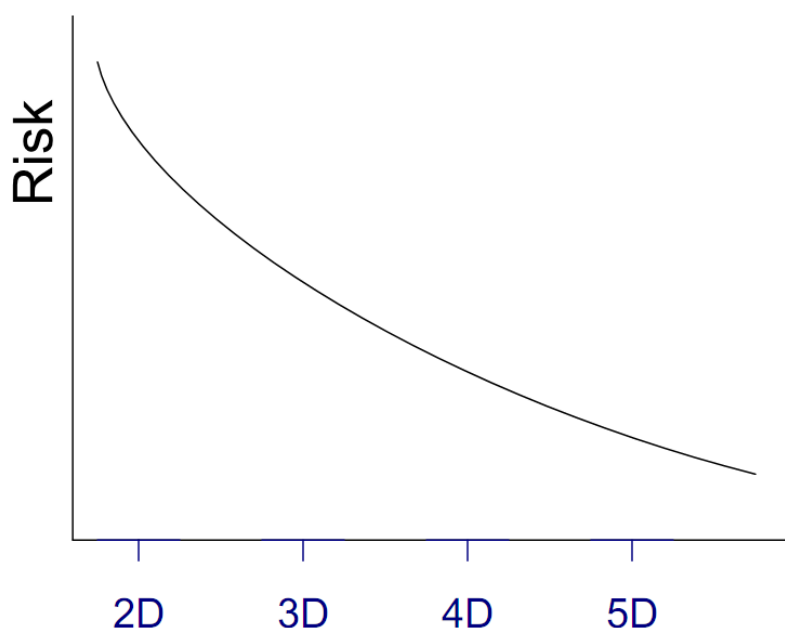


Slika 2: Povprečni stroški v življenjskem ciklu zgradbe (Hardin, 2009, 264)

Bazo podatkov, ki jo dobimo z informacijskim modelom zgradbe, lahko koristimo in uporabljamo skozi celoten življenjski cikel zgradbe. Z njo lahko generiramo tlorisne načrte dejansko obstoječega stanja. S pomočjo baze lahko prikličemo podatke o poljubnih delih zgradbe, npr. lahko dobimo podatek o barvi stene nasproti vrat v konferenčni sobi na 11. nadstropju. Lahko dobimo podatek o kvadraturi te stene in s tem podatek o količini barve, ki jo potrebujemo za prebarvanje te stene.

Pomembna korist BIM tehnologije je, da omogoča prikaz celotnega projekta stavbe v petih dimenzijah (5D). To je bistveno, saj, kot kaže slika 3, je tveganje za projekt toliko manjše, kolikor večji je napredek projekta od dvodimenzionalnih podatkov, kot so načrti do treh dimenzij objekta do vključene

četrtek dimenzije, ki predstavlja terminski plan izgradnje ali celo do pete dimenzije, ki predstavlja stroške, oziroma finančno ovrednotenje.



Slika 3: Odvisnost uspešnosti projekta od dodajanja sklopov podatkov projektu (Issa idr, 2011)

Z informacijskim modelom stavbe imamo vse podatke o objektu, od konstrukcije do notranje opreme, zbrane na enem mestu. Bistvena prednost tako izgrajenega modela je v tem, da nam ni potrebno iskati načrtov ob vsaki prenovi in rekonstrukciji objekta ali izgradnji novih prostorov. Zbiranje načrtov je bilo v preteklosti težavno, saj so ob vsaki rekonstrukciji lastniki morali načrte pridobiti, pobrskati po arhivih, morebiti pridobiti od arhitekta ali pa pri starejših stavbah celo na novo izrisati. Pri tem pa se je porabljal nepotreben čas in denar.

2.1.3 Princip BIM

Izraz BIM se pogosto uporablja izmenično za opis končnega produkta (sam model zgradbe) kot tudi za proces (metoda dela za izvedbo projekta). Iz praktičnega vidika pomeni BIM delovni proces in sredstvo za komunikacijo znotraj ekipe, odgovorne za projekt, končni produkt tega procesa pa je sam model. BIM lahko smatramo kot virtualni proces, ki zajema vse vidike gradnje (od načrta do obratovanja) in komponente zgradbe znotraj enotnega, virtualnega modela. V tem modelu sodeluje celotna ekipa udeležencev na projektu – od arhitekta, projektanta, inženirjev do lastnika, pogodbenika in svetovalcev. Z ustvarjanjem modela imajo vsi udeleženci možnost dopolnjevati in usklajevati model glede na njihove želje, izkušnje in možnosti, tako da postane model zgradbe čim bolj natančen in premišljen ter usklajen še preden začnemo s prvimi fizičnimi deli.

Sam model lahko tako služi kot medij komunikacije med posamezniki in različnimi smermi projekta. Preko njega lahko lastnik dobi natančne podatke o potrebnih materialih pred gradnjo, s tem predviden strošek gradnje in možnost sprememb projekta.

Ker je celoten model digitalen, je iskanje neskladij (angl. clash detection) enostavno, saj so vsi elementi stavbe med sabo povezani. S tem, ko lahko odkrivamo morebitne napake v konstrukciji že pred gradnjo, lahko le-te odpravimo in s tem zmanjšamo stroške, ki bi nastali ob morebiti ugotovitvi napake pri raznih napeljavah. Takšne napake so lahko ne samo stroškovno drage, ampak tudi časovno zamudne.

Z uporabo BIM-a proces načrtovanja ni več linearen. Celoten poudarek je na sodelovanju. Po tradicionalni poti (angl. design – bid – build, oz. oblikovanje – ponudba – izgradnja) investitor naroči arhitektu, da najprej razvije obliko zgradbe in to preda inženirjem s področij strojnih, električnih in vodovodnih inštalacij. Ko vsak od njih izdela svoj del, je na vrsti izdelava celotne dokumentacije gradnje. S tem dokumentom lahko investitor izda ponudbo in išče izvajalce. Izbere izvajalca z najboljšo ponudbo in delo se lahko začne. V procesu BIM pa so posamezni udeleženci združeni veliko hitreje, že skoraj na začetku projekta. Vsaka sprememba enega člana ekipe vpliva na celoten model, s čimer je zagotovljena stalna komunikacija med sodelujočimi tekom projekta.

BIM je tudi spremenil porabljen čas za izvedbo posameznih faz dela, kjer je večji poudarek v začetnih fazah projekta in manjši v fazi dokumentacije gradnje. Z razliko od CAD načina načrtovanja, kjer je veliko časa porabljenega pri pripravi gradbene dokumentacije, zahteva BIM več časa za izdelavo celovitega razvoja oblike stavbe in modela. Ko s to fazo končamo in preidemo na izdelavo gradbene dokumentacije, je edina stvar, ki jo moramo narediti, izbrati želene prereze in odseke ter natisniti dokumente.

2.1.4 Govoriti isti jezik

BIM povezuje arhitekta, gradbenike, inženirje in upravljavce stavb. Kako lahko ustvarimo model oziroma informacijsko bazo podatkov, ki se bo lahko povezala z vsemi različnimi programi, ki se uporabljajo v BIM procesu in zagotovimo, da se bodo vsi ti programi med seboj ne samo razumeli ampak tudi uporabljali model v največjem obsegu? Čeprav je BIM relativno nov pojem, je koncept v razvoju že od leta 1980. Z napredkom tehnologije se je tako pojavil tudi nov univerzalni format.

V začetku leta 2006 je Informacijski svet za zgradbe (angl. Facility Information Council – FIC) Nacionalnega inštituta za gradbene vede v ZDA (angl. National Institute of Building Sciences – NIBS) ustanovil odbor, ki naj bi ustvaril nacionalni standard o informacijskem modeliranju zgradb (angl. NBIMS – National Building Information Model Standard). Glavna naloga tega komiteja je zagotoviti skupni model za opisovanje informacij objekta in skupne standarde za izmenjavo podatkov med različnimi uporabniki in njihovimi platformami.

Soroden komite, Mednarodna zveza za interoperabilnost (angl. International Alliance for Interoperability – IAI) je razvil mednarodni protokol za odprto komunikacijo med različni avtomatiziranimi informacijskimi modeli zgradb. Protokol je pravzaprav oblika zapisa podatkov v datoteko s končnico .ifc, ki predstavlja temeljni industrijski razred (angl. Industry Foundation Class – IFC). Ta format je mogoče shraniti iz različnih programov namenjenih modeliranju in zaradi univerzalnega zapisa uporabiti v ostalih programih. Tako je zagotovljeno univerzalno sporazumevanje z vsemi sodelujočimi v projektu.

2.1.5 Primeri uporabe informacijskega modeliranja

V tem podpoglavju bom na kratko predstavil tri zanimive primere uporabe informacijskega modeliranja zgradbe in koristi, ki jih je prinesel ta sistem naročnikom, graditeljem in upravljavcem. Navedene primere sem našel na uradni spletni strani podjetja Graphisoft (2011).

Kot prvi primer bi navedel poslovno stavbo podjetja alkiTECHNIK, Ingolstadt, Nemčija. Zgradba je zelo atraktivna ne samo zaradi izjemno zanimive oblike in arhitekture, ampak tudi zaradi svojega inovativnega trajnostnega energetskega koncepta. Stavba za gretje in hlajenje uporablja energijo, ki jo pridobi iz Zemlje in od Sonca. Cena izgradnje je bila višja za samo 5 %, kot bi bila za podobno stavbo s klasičnim načinom ogrevanja, kar pa se bo zaradi 50 % nižjih stroškov ogrevanja takoj povrnilo. S pomočjo BIM-a je bilo možno pred samim začetkom gradnje preveriti različne koncepte gradnje in predvideti stroške gradnje in vzdrževanja ter se na podlagi teh podatkov odločiti.



Slika 4: Stavba alkiTECHNIK, Ingolstadt, Nemčija (Graphisoft, 2011)

Kot drugi primer bi navedel poslovalnico Sony Centre na 5. terminalu letališču Heathrow, London, kjer so s pomočjo ArchiCAD-a izdelali načrt oziroma koncept njihove poslovalnice. Ob tem primeru

lahko vidimo, da je širina uporabe informacijskega modeliranja zelo velika. Uporabnost informacij in delo z njimi prekaša navaden 3D model namenjen samo vizualnem prikazu. Zaradi informacijskega modela so lahko oblikovalci tega prostora prikazali oziroma zagotovili tako Sony-ju kot tudi pristojnemu organu za Britanska letališča (angl. BAA – British Airports Authority), da bo oblika poslovalnice dobro izgledala v danem prostoru in ne bo predstavljaj nevarnosti v kakšni sili. Tako so pokazali, da stojnice ne ovirajo pogledov, da se lahko celotna postavitve hitro preuredi in mnogo drugih stvari. Modeli so bili odobreni z obeh strani.



Slika 5: Poslovalnica Sony Centre na 5. terminal letališča Heathrow (Graphisoft, 2011)

Kot zadnji primer bi navedel hotel Aquarium Hilton Garden Inn, Atlanta, ZDA. Primer predstavlja projekt vreden 46 milijonov dolarjev. Glavni izvajalec je združil razne 2D načrte zgradbe in izdelal 3D arhitekturne, strukturne in strojne modele zgradbe. Zaradi 3D koordinacije je lahko ekipa, ki je delala na tem projektu, hitro odkrivala morebitne napake, s tem pa prihranila več kot 800.000 USD stroškov, ki bi dodatno nastali in se s tem tudi izognila zamudam, ki bi nastale ob teh (pred BIM-om) nepričakovanih dogodkih. Izvajalec del je za ta projekt leta 2007 prejel nagrado za najbolj inovativno rabo tehnologije (Construction Best Information Technology Solutions – BITS).



Slika 6: Hotel Aquarium Hilton Garden Inn, Atlanta, ZDA (Graphisoft, 2011)

2.2 Upravljanje z zgradbo – Facility Management

Kot smo v podpoglavju 2.1. predstavili na primerih, BIM spreminja način, kako so zgradbe načrtovane in izdelane, vendar nas tudi zanima ali lahko spreminja način, kako se zgradbe vzdržuje in upravlja. V tujini je veliko zanimanja za t.i. facility management v povezavi z BIM-om. Kako takšna uporaba deluje in kakšne prednosti s tem v zvezi lahko prinese BIM, bom na kratko predstavil v nadaljevanju.

Uporaba informacijskega modela zgradbe presega samo fazo projektiranja. Model BIM je mogoče uporabiti tudi med in po gradnji ter predvsem v kasnejši fazi upravljanja. To področje se imenuje facility management ali po slovensko upravljanje z zgradbo.

Kaj pa lahko BIM pripomore na tem področju? Kot prvo, BIM poveže gradbene strokovnjake, arhitekta in upravljavce. S tem lahko upravljavci sodelujejo z arhitektom, ki je zgradbo načrtoval in z izvajalci, ki so zgradbo postavili. Boljše sodelovanje pomeni več informacij, same informacije pa lahko z lahkoto pridobimo iz modela. Podlaga za upravljanje niso več papir in razne evidence ampak kar virtualni model zgradbe. Nastavimo si lahko razna opozorila in samodejne opomnike za kakšna opravila v zvezi z zgradbo, omogočeno pa je tudi realno-časovno spremljanje vseh vidikov zgradbe v danem trenutku ali predvideno obnašanje skozi njen življenjski cikel. Seveda obstaja tudi nekaj programskih rešitev, ki na svoj način rešujejo oz. pripomorejo k upravljanju z zgradbami. Vendar je žal vsak program navadno namenjen samo določenim nalogam in vrstam podatkov. BIM pa že v osnovi omogoča obdelavo in analizo različnih podatkov o zgradbi, poleg tega pa, preko 3D spletnih vmesnikov, omogoča tudi uporabo modela v spletnem okolju.

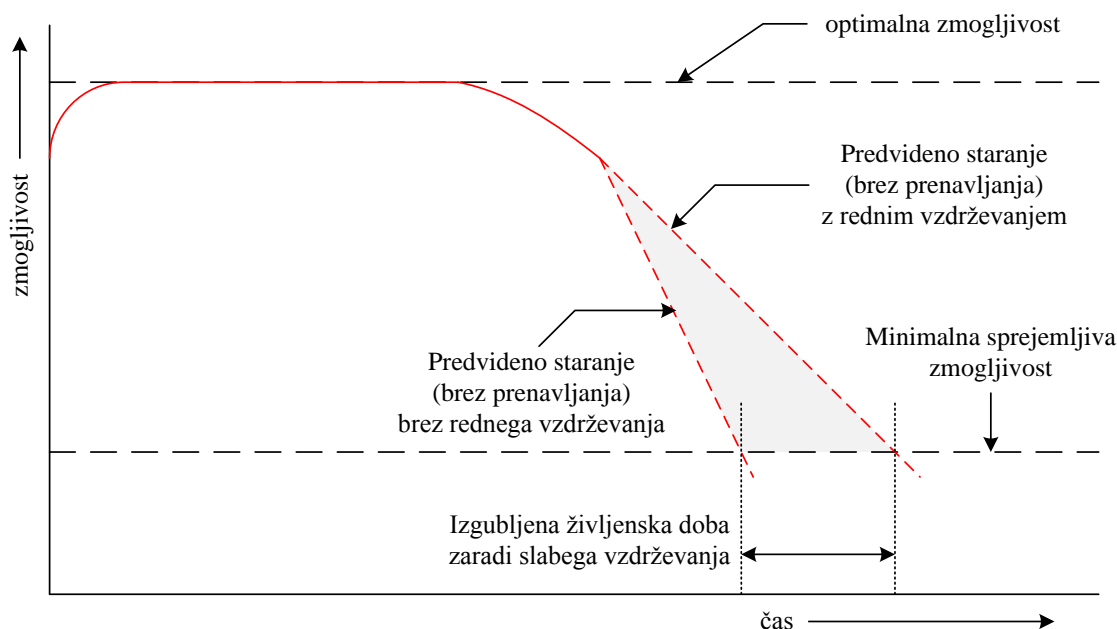
Z združevanjem obstoječih orodij za upravljanje z zgradbami in informacijskim modelom zgradbe dobimo celovit paket informacij z dodatno možnostjo interaktivnosti in vizualne predstavitve. Kjer imamo npr. v nekem programu za FM podatke o klimatski napravi sestavljene predvsem iz pisnih podatkov, nam ponuja BIM za isto stvar 3D predstavitev te enote s povezavami do mehanizmov in senzorjev, ki poročajo o pretoku zraka, temperature in položaja zračnikov.

Večina podatkov je opisnih, pri nekaterih podatkih pa imamo prikaz pogojev, ki se dogajajo v danem trenutku, torej »v živo«. Med opisne podatke štejemo predvsem informacije o izdelku, jamstva, smernice delovanja, sheme naprave, okoljska poročila, sezname rezervnih delov, rezultate preskusov, evidence o vzdrževanju in urniki pregledov.

Za ključna mehanska sredstva, kot so HVAC (angl. Heating, Ventilation, Air Conditioning – ogrevanje, prezračevanje in hlajenje), električni, vodovodni in varnostni sistemi, je omogočeno spremljanje »v živo« s pomočjo senzorjev proizvajalcev opreme.

Vse to pomeni, da se v primeru kakšne nepravilnosti delovanja problem ne le hitro najde, ampak tudi hitro odpravi. Tehnik, zadolžen za popravilo, ima takoj na voljo vse podatke o garanciji, logistiki,

možnih prejšnjih problemih delovanja, številkah delov in priporočenih korakov za popravilo. S tem prihranimo čas in delo poteka bolj učinkovito. S pravim vzdrževanjem zgradbe lahko njeno življenjsko dobo oz. dobo koristnosti podaljšamo, kar vidimo na sliki 7.



Slika 7: Razlika v življenjski dobi stavbe z in brez rednega vzdrževanja (Hardin, 2009, 269)

Pravilno uporabljanje orodij FM za upravljanje zgradb pomeni zmago na dolgi rok, saj lahko pridobivamo podatke, sledimo spremembam in nadzorujemo sisteme tekom delovanja zgradbe. S tem dobimo veliko prednost, ko pride do časa večjih obnov, prodaje zgradbe ali rušenja.

Takšne prednosti zagotovo izzivajo ustaljen tok. Glede na nekatere raziskave, izvedene s strani NIBS, traja pridobivanje zadostnih informacij o neki tipični zgradbi, po tem, ko je bila zgradba že vseljena in se uporablja brez BIM orodij, šest in več mesecev, stane pa med 25.000 USD in 40.000 USD. Pri tem pa je zelo verjetno, da je bila dokumentacija za zgradbo že narejena dvakrat ali trikrat prej, predvsem s strani arhitektov ali izvajalcev, vendar je ti niso delili z upravljalci. S tega vidika je ekonomska škoda velika (Freeman, 2009).

3 TERESTRIČNO 3D LASERSKO SKENIRANJE

Podatki, ki sem jih uporabil v diplomski nalogi, so bili zajeti s tehnologijo 3D laserskega skeniranja. To je ena izmed novejših merskih tehnik, ki omogoča enostavno, učinkovito in celovito zajemanje prostorskih podatkov. Zajem podatkov poteka hitreje od klasičnih meritev saj inštrument iz enega stojišča z veliko hitrostjo zajame veliko število točk na površini objektov, ki so v njegovem snemalnem polju. Tehnologijo laserskega skeniranja omogočajo visoko zmogljivi optično-mehanski senzorji in učinkovita programska oprema, zmožna obdelovanja velikih količin podatkov.

Terestrično lasersko skeniranje (TLS) zagotavlja rezultate v obliki natančnih, tridimenzionalnih podob. Obdelava poteka na bogatih oblakih točk. Skener deluje tako, da s snemalnim mehanizmom pošilja posamezne svetlobne impulze. Vsak svetlobni impulz potuje v oddani smeri in se vrne nazaj, sam mehanizem pa oddaja impulze po vertikalnih pasovih od zgoraj navzdol, ti pasovi pa si sledijo od leve proti desni. Z usmerjenim snopom laserskih žarkov "pometamo" čez objekte, predmete in scene. Merilna naprava laserskega skenerja, ki meri v impulznem načinu, meri čas potovanja in smer impulza. Na podlagi teh dveh podatkov se izračunajo točke s koordinatami X, Y in Z. Točke lahko nato uporabimo v CAD programih in v raznih 3D aplikacijah, kjer jih prikazemo kot oblake točk (angl. point clouds). Oblake točk lahko predstavimo na več načinov: z izbrano barvo, v sivi tonski lestvici (angl. grey values), z lažnimi barvami (angl. false-color) ali z dejanskimi barvami vidnega spektra, ki jih v oblak točk prenesemo iz fotografije. Ker so vse točke tridimenzionalne, lahko dobljeni rezultat vizualiziramo v 3D prostoru, se po njem pomikamo, objekte merimo in analiziramo.

3.1 Opis tehnologije

Laserski skener je sestavljen iz laserskega razdaljemera, optično mehanskega skenerja in naprave za nadzor in beleženje podatkov.

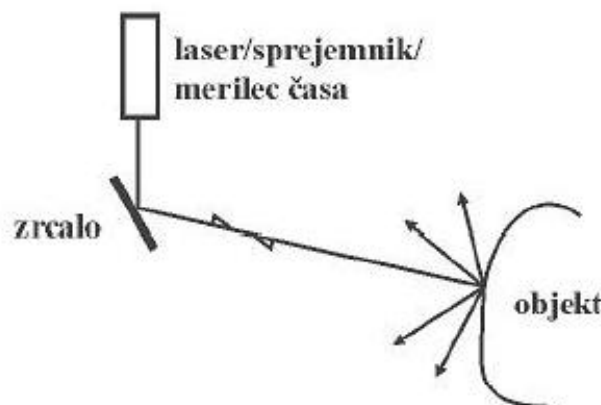
Laserski skenerji imajo dve bistveni lastnosti: so aktivni, žarki (impulzi) pa imajo majhen kot razširjanja. Laserski skenerji pošiljajo proti objektom in predmetom lastno valovanje, zato imamo opravka z oddanim in sprejetim impulzom (slika 8).

Glede na način merjenja delimo laserske razdaljemere na diskretne (impulzne) in valovne (fazne).

Impulzni razdaljemer določi dolžino na podlagi direktnega merjenja časa, ki ga svetlobni impulz potrebuje, za pot od razdaljemera do objekta in nazaj. Svetlobni impulz predstavlja kratek svetlobni sunek trikotne ali pravokotne oblike, katerega čas trajanja je cca. 10ns. Razdaljemer izmeri čas potovanja direktno in ob znani hitrosti svetlobe preračuna razdaljo (Kogoj, 2005).

Delovanje faznih razdaljemerov temelji na moduliranem elektromagnetnem valovanju, kjer se združi dve ali več elektromagnetnih valovanj, ki se ujemata v fazi ali frekvenci ali pa imata oba elementa

različna. Modulacija je proces spreminjanja valovanj v času in prostoru. Pri faznih razdaljemerih gre za združitev dveh elektromagnetnih valovanj. Ti sta nosilno valovanje in mersko valovanje. Nosilno valovanje je nosilec faze in ga lahko ponazorimo z merskim trakom, na katerega še ni nanešena merska razdelba. Mersko valovanje je tisto, ki modulira nosilno valovanje s pomočjo kremenovega kristala. Le ta pa generira to mersko frekvenco (Kogoj, 2005).



Slika 8: Delovanje impulznega razdaljamera laserskega skenerja (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)

3.2 Postopek izmere

Tako kot pri vsaki stvari je tudi pri laserskem skeniranju prva stvar na poti do rezultata dobra opredelitev ciljev in končnega izdelka. Potrebno je določiti kaj želimo s skeniranjem zajeti in kakšno natančnost potrebujemo (ali želimo popoln posnetek ali potrebujemo samo grob model in ključne točke). S tem ko opredelimo končen cilj skeniranja, opredelimo tudi obseg projekta. K temu spadajo stopnja popolnosti (popolnost modela – ali poskeniramo samo opredeljene predmete ali tudi okolico), stopnja detajla (kako detajlno zajemamo – osnovna oblika ali detajlni gradniki) in stopnja natančnosti (odstopanje med dejanskim in skeniranim). Bistvo definiranja obsega projekta je doseganje primerne razmerja med naštetimi, da bo rezultat ustrezal naročnikovim potrebam in projekt ne bo prekoračil predvidenega urnika in proračuna.

Za boljše razumevanje projekta in delovnih pogojev je pomembno zbiranje obstoječe dokumentacije. Ta obsega fotografije, obstoječe načrte, opise in terenske ogleda. Z zbrano dokumentacijo lahko ocenimo delovne pogoje, preučimo omejitve pri delu in izdelamo plan izmere. V planu določimo stojišča skenerja, lokacije tarč, izvedbo geodetske izmere točk za vključitev v izbran koordinatni sistem (ko je potrebno; če bo rezultat v lokalnem koordinatnem sistemu tega koraka ne potrebujemo). Stojišča določimo glede na vidno polje skenerja, postavitev tarč in možna prekrivanja med elementi. Za vsak korak se izdelava tudi časovni plan poteka.

Za pridobitev kvalitetnega izdelka moramo pri zajemanju z laserskim skenerjem paziti na položaj skenerja in razporeditev tarč. Tarče so pomembne predvsem zaradi kasnejšega združevanja skenogramov. Na voljo imamo različne tarče: sferne, cilindrične, ravne in ploščate, izberemo pa tiste,

ki nam v danem primeru najbolj ustrezajo. Za čim boljše združevanje skenogramov je seveda poleg samega števila tarč pomembna tudi razporeditev le teh. Tarče morajo biti postavljene po celotnem prostoru, izogibamo se postavitvi v linije in postavitvi veliko tarč na malem prostoru. Pred samim snemanjem je pomembno narediti dober plan stojišč. Eden izmed večjih problemov pri laserskem skeniranju so »sence«, ki nastanejo za objektom, saj se laserski žarek odbije od objekta, ki je prvi na njegovi poti. Problem je podoben kot pri fotografiji, kjer prav tako ne vemo, kaj se skriva za objekti v ospredju. Iz tega razloga uporabimo namesto enega stojišča več stojišč in tako zajamemo celoten prostor. Zato morajo biti stojišča razporejena po celotnem prostoru, dobro je tudi imeti stojišča na različnih višinah oz. nivojih.

Za povezavo različnih stojišč in skenogramov moramo določiti glavni posnetek ali glavni skenogram (angl. master scan). Nanj je vezan projektni koordinatni sistem in na njem določimo vse tarče, ki smo jih posneli kot oslonilne točke. V primeru Linhartove dvorane je bil za glavni posnetek izbran skenogram številka 2. Za glavni posnetek je pomembno ali vsaj priporočljivo, da je skener postavljen tako, da z njim lahko zajamemo čim več tarč. Vsi nadaljnji posnetki se na glavnega navežejo prav preko teh oslonilnih točk, ki jih skener v naslednjih skenih avtomatično prepozna in registrira na podlagi relativnih medsebojnih razdalj med tarčami. Kot rečeno, z glavnim posnetkom določimo projektni koordinatni sistem, ostali posnetki se pa posnamejo v lokalnih koordinatnih sistemih, ki jih potem na računalniku združimo v projektni koordinatni sistem. Projektni koordinatni sistem lahko tudi naknadno določimo po svojih željah oz. željah naročnika.

Pridobivanju podatkov sledi obdelava. Sem spada združevanje skenogramov ali registracija podatkov, čiščenje podatkov oz. filtriranje (odstranjevanje šumov), ureditev topoloških pravil (povezovanje točk v urejeno obliko) in vizualizacija. Čiščenje podatkov oz. odstranjevanje šumov je brisanje točk, ki so moteče, nepotrebne oziroma napačne. Do teh točk prihaja predvsem na zaobljenih robovih (kot so naslonjala sedežev), pojavljajo pa se v oblikah lis in zaves.

3.3 Skener

Kot že prej omenjeno, sem podatke za to nalogo dobil pri podjetju DFG CONSULTING d.o.o. Meritve so v tem podjetju opravili s 3D laserskim skenerjem RIEGL VZ-400. V tem poglavju bom na kratko predstavil ta skener in podal nekaj njegovih osnovnih lastnosti. Opis in tehnični podatki so povzeti po uradnih podatkih proizvajalca Riegl (2011):

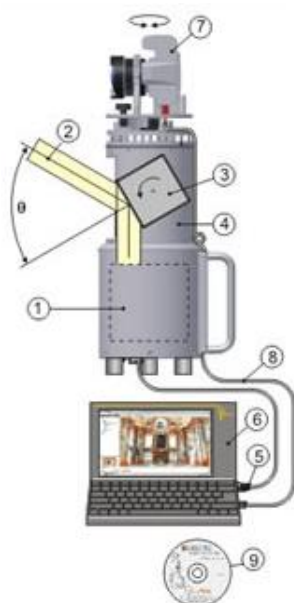
3.3.1 Glavne značilnosti

- visoka hitrost pridobivanja podatkov,
- široko vidno polje, možnost kontrole med samim skeniranjem,
- visoka natančnost in točnost merjenja razdalj,
- možnost uporabe več tarč,

- doseganje boljših rezultatov meritev tudi v nenaklonjenih atmosferskih razmerah,
- nastavek za digitalni fotoaparata,
- vgrajeni senzorji nagiba in lasersko grezilo,
- vgrajen GPS sprejemnik,
- različni vmesniki (LAN, ELAN, USB 2.0),
- notranji pomnilnik za shranjevanje podatkov.

3.3.2 Zgradba inštrumenta

Zgradba uporabljenega inštrumenta je v shematični obliki predstavljena na sliki 9.



- 1 ... Prostor za elektroniko in procesno enoto
- 2 ... Laserski žarek
- 3 ... Vrteče mnogokotno zrcalo s številnimi odbojnimi površinami
- 4 ... Glava inštrumenta
- 5 ... Povezava inštrumenta z računalnikom preko vmesnika
- 6 ... Prenosni računalnik
- 7 ... Digitalni fotoaparata
- 8 ... USB/FireWire vmesnik
- 9 ... RiSCAN Pro programska oprema.

Slika 9: Shematičen prikaz inštrumenta (Riegl, 2011)

3.3.3 Tehnični podatki

Tehnični podatki uporabljenega inštrumenta so predstavljeni v preglednicah 1, 2 in 3. V preglednici 1 je prikaz zmogljivosti razdaljemera, v preglednici 2 zmogljivost skeniranja in v preglednici 3 fizične lastnosti inštrumenta

Preglednica 1: Zmogljivosti razdaljemera

	<i>način Long Range (dolge razdalje)</i>	<i>način High Speed (hitro snemanje)</i>
Frekvenca laserskih pulzov	100 kHz	300 kHz
Hitrost meritev	42000 meritev/s	122000 meritev/s
Merilni doseg		
površine z 90 % odbojnostjo	600 m	350 m
površine z 20 % odbojnostjo	280 m	160 m

Maksimalno število tarč na en laserski pulz	Skoraj neomejeno	Skoraj neomejeno
Točnost ¹⁾	5 mm	5 mm
Natančnost ²⁾	3 mm	3 mm

Minimalna razdalja merjenja 1,5 m
 Valovna dolžina laserja Bližnja infrardeča
 Divergenca žarka ³⁾ 0,3 mrad

- 1) Točnost kot stopnja skladnosti izmerjene količine z njeno dejansko (resnično) vrednostjo
- 2) Natančnost, ki je stopnja, za katero nadaljnje meritve kažejo enake ali podobne rezultate
- 3) 0,3 mrad pomeni povečanje odtisa laserskega žarka za 30 mm na 100 m razdalje

Preglednica 2: Zmožljivosti skeniranja

	<i>Navpično (linijsko) skeniranje</i>	<i>Vodoravno skeniranje</i>
Območje zajema	Skupaj 100° (+60°/-40°)	360°
Način zajemanja	Vrtenje mnogostraničnega zrcala	Vrtenje glave
Hitrost zajemanja	3 linije/s do 120 linij/s	0°/s do 60°/s
Širina kotnega koraka $\Delta\theta$ (navpično) $\Delta\phi$ (vodoravno)	$0,0024^\circ \leq \Delta\theta \leq 0,288^\circ$ med zaporednima pulzoma laserja	$0,0024^\circ \leq \Delta\phi \leq 0,5^\circ$ med zaporednima linijama
Kotna ločljivost	$< 0,0005^\circ$	$< 0,0005^\circ$

Preglednica 3: Fizične lastnosti inštrumenta

Senzor nagiba	Vgrajen, za navpično postavitev skenerja
GPS sprejemnik	Vgrajen, L1 antena
Klasifikacija laserja	Ta naprava emitira viden laserski žarek razreda 1 glede na standard IEC60825-1:2007
Temperaturno območje:	delovanje: 0°C do +40°C shranjevanje: -10°C do +50°C
Teža približno 9,6 kg	

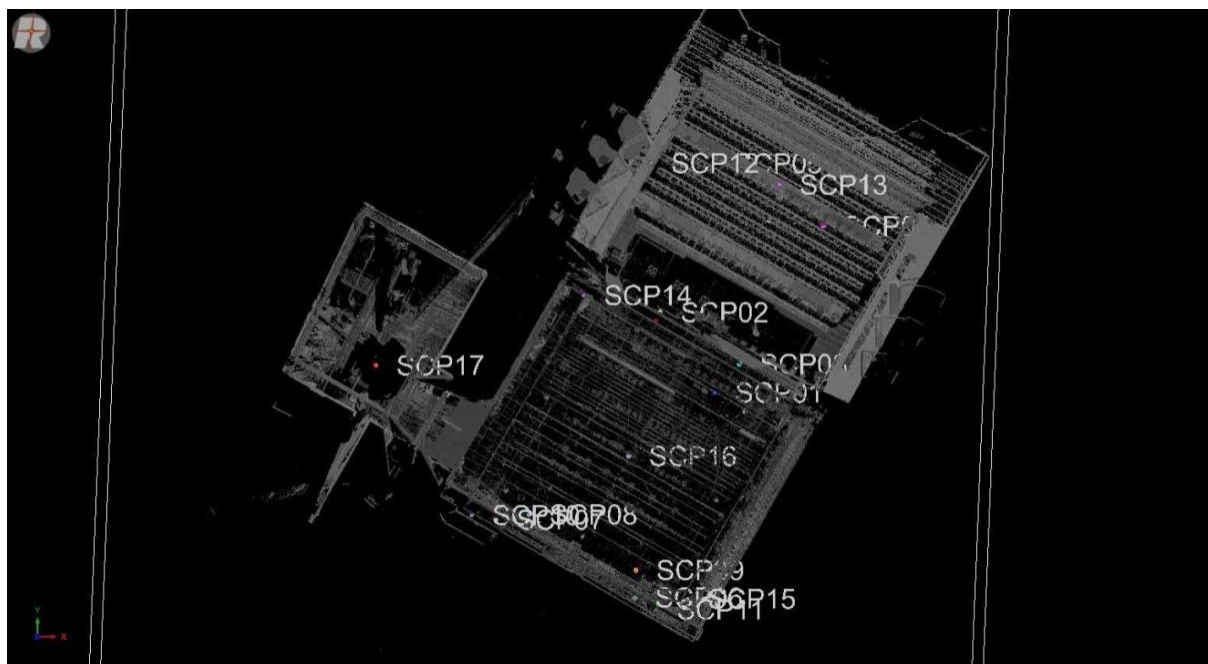
3.4 Prednosti terestričnega laserskega skeniranja

- Glavna prednost terestričnega laserskega skeniranja je zagotovo hitrost meritev, saj v zelo kratkem času dobimo ogromno točk. Lasersko skeniranje nam skrajša čas meritev, s tem pa seveda tudi stroške meritev.
- Visoka gostota posnetih točk nam zagotavlja zelo dober približek dejanskemu stanju v naravi. Več kot je točk, bolj popolno predstavo o objektih in topografiji pridobimo.
- Prav zaradi prejšnje trditve imamo pri terestričnem laserskem skeniranju veliko množico podatkov, ki nam zagotavljajo nadštevilne meritve in natančnost.
- Zajamejo se vsi podatki o objektih, strukturah in geometrijah zelenega območja.
- Visoko gostoto točk in natančnost zagotovimo z neposrednimi meritvami.

3.5 Potek snemanja v danem primeru

Snemanje je potekalo v Linhartovi dvorani Cankarjevega doma z inštrumentom RIEGL VZ-400. Cankarjev dom predstavlja kulturni in kongresni center, ki je pričel delovati v letu 1981. V njem se predstavljajo, producirajo, koproducirajo, organizirajo in posredujejo kulturno-umetniške, kongresne, sejemske, protokolarne in druge prireditve, razstave in festivali. Cankarjev dom sestavljajo Galusova, Linhartova, Štihova in Kosovelova dvorana, dvorana Duše Počkaj in druge manjše konferenčne dvorane. Linhartova dvorana je druga največja dvorana Cankarjevega doma. V njej se vrstijo koncerti različnih glasbenih zvrsti, gledališke predstave, sodobni ples, razvedrilni program, kongresi itn.

Osnovna obdelava pridobljenih oblakov točk je potekala v programski opremi, ki je sestavni del snemalnega sistema – RiSCAN PRO, izdelava tlorisnih in prečnih prerezov pa s programom, ki ga je podjetje DFG CONSULTING razvilo samo. Glavni cilj projekta je bil ugotoviti neskladje zgrajenega objekta z načrti oziroma izdelati projekt izvedenih del (PID). V ta namen je bilo po celotni dvorani postavljenih skupaj 17 stojišč. 6 stojišč je bilo postavljenih po odru, 5 stojišč je bilo za odrom (galerija in portalni most), 2 stojišči sta bili med sedeži v parterju, 2 na mostu za luči nad dvorano, eno nad zaveso in portali ter eno v sobi s tovornim dvigalom in skladiščem.



Slika 10: Tlorisni pogled vseh 17 stojišč

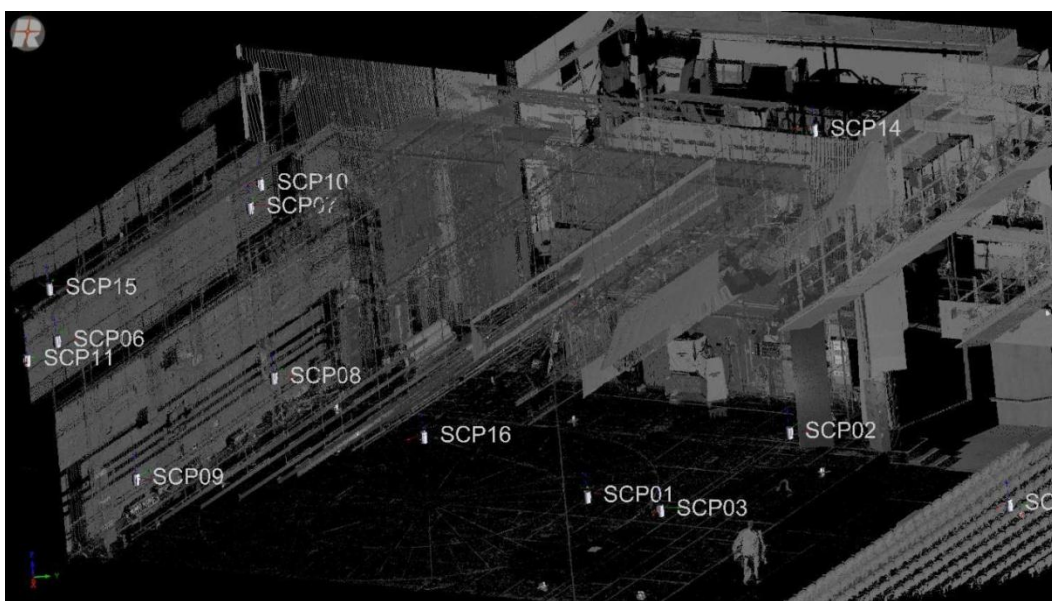
Na sliki 10 je tlorisni prikaz razporeditve stojišč za dani projekt. Več stojišč je na mestih z več objekti oziroma območjih večjega zanimanja. Ker je bil pri projektu poudarek predvsem na določitvi in ugotovitvi pravih razdalj na samem odru in pri vlekih, je na tem območju skupaj kar 11 stojišč. Vleki so dolgi kovinski nosilci, na katere se obesijo scene, luči, zvočniki in druge stvari, ki so del predstav. Med predstavo je tako lahko na več vlekih obešenih več stvari različnih širin, zato je izredno pomembno vedeti, koliko znašajo dejanske razdalje med vleki. Ta podatek je predvsem pomemben za razne tuje gledališčne skupine, ki pridejo gostovat v Cankarjev dom.



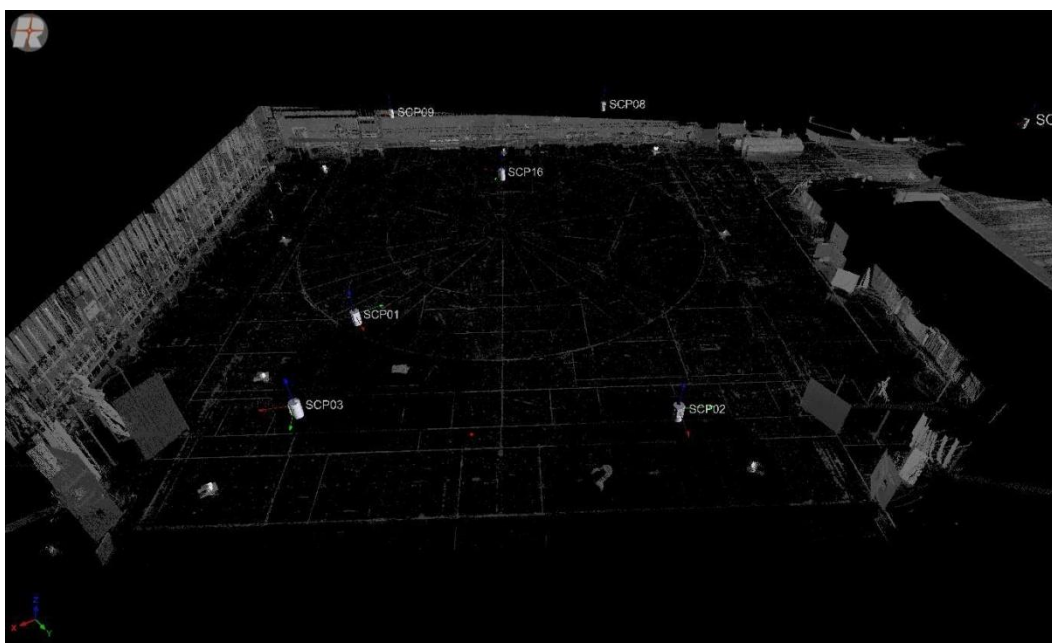
Slika 11: Pogled na polovico dvorane, balkon in most za luči

Na sliki 11 vidimo delni rezultat snemanja. Slika prikazuje rezultat združitve dveh oblakov točk oz. dveh skenogramov. Čeprav sta združena samo dva oblaka točk se že da ugotoviti glavne oblike dvorane, vendar vsebuje dana slika zelo veliko senc – črnih območij, za katera nimamo podatkov.

Na sliki 12 vidimo oblak točk odra, vlekov, galerije za odrom in portalnega mostu. Vleki so bili med snemanjem postavljeni v diagonalo, saj je tako prišlo do čim manj medsebojnega prekrivanja in senc.



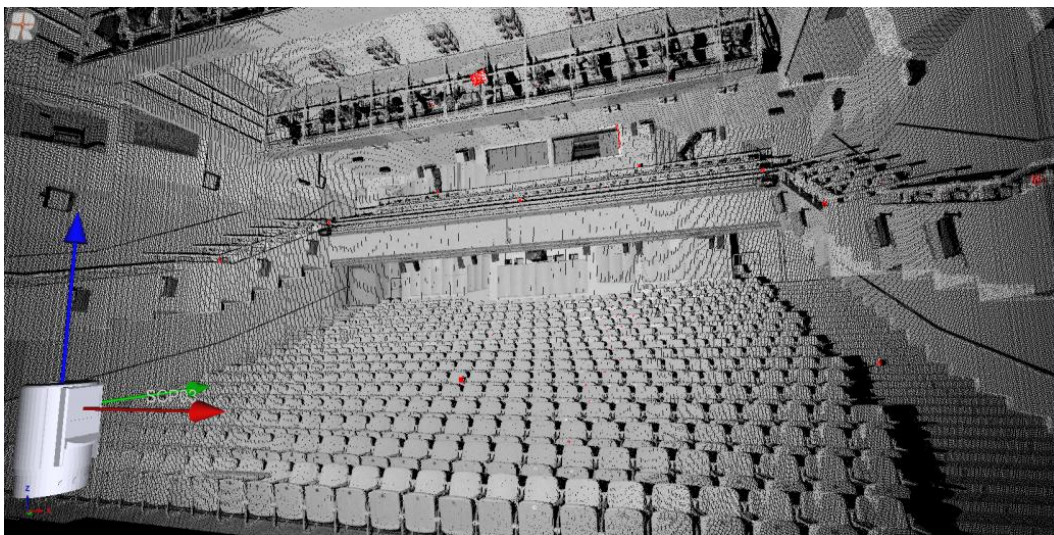
Slika 12: Oblak točk odra, vlekov, galerije za odrom in portalnega mostu



Slika 13: Detajlni prikaz površine odra

Na sliki 13 pa vidimo, do kakšnega nepričakovanega problema lahko pride pri laserskem skeniranju. Oder v Linhartovi dvorani je prekrit s črnim lesenim podom, ki je dobro polakiran in gladek. Zaradi tega pride do nepravilnih odbojev laserskih žarkov – zaradi gladke površine pride do popolnega

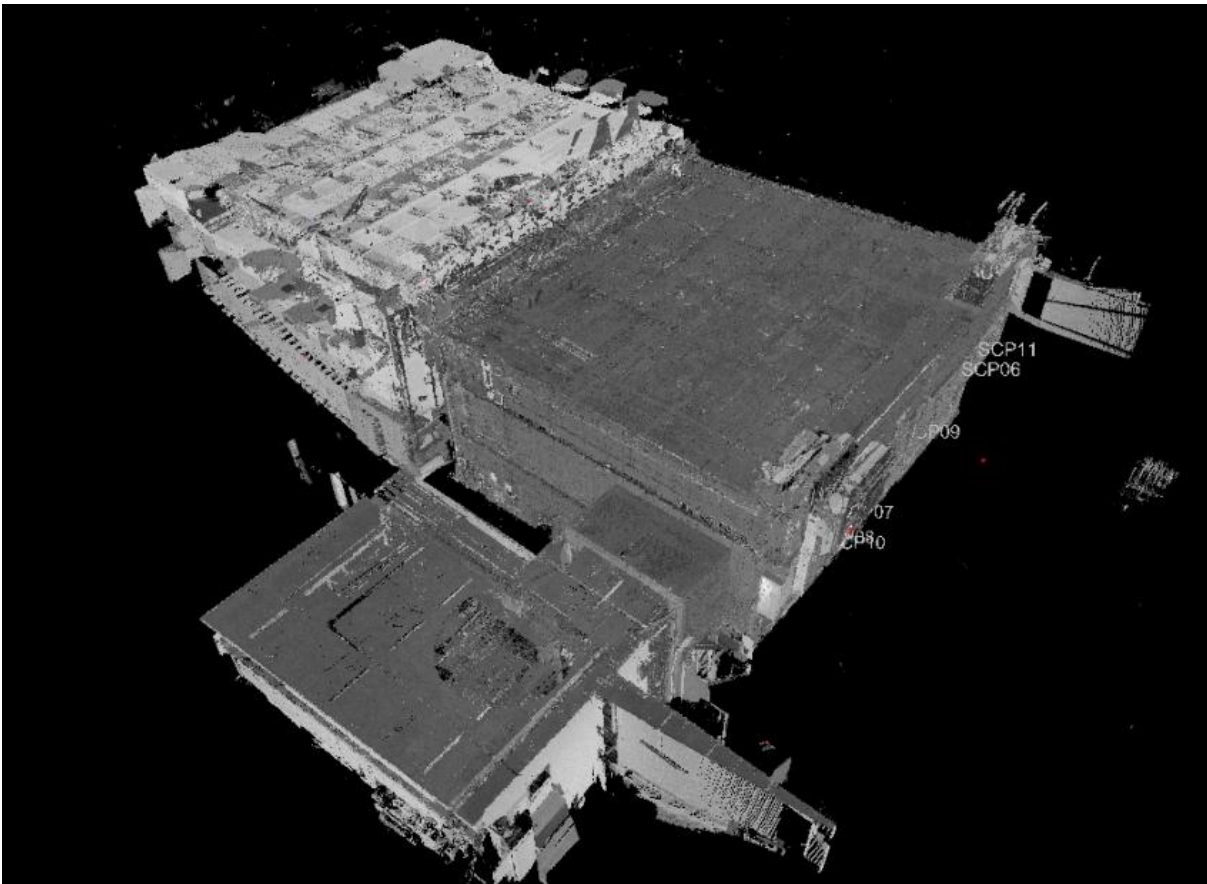
odboja. Ker pa je oder črne barve, se del žarkov tudi vpije, tako da se zelo malo ali skoraj nič žarkov ne vrne v inštrument. Edini žarki, ki so se vrnili in se vidijo na sliki 13, so žarki, ki so se odbili od raznih razpok v podu in prahu v njih. Tako vidimo na sliki ravne črte robov desk, ki sestavljajo oder. Podoben problem se je pojavil pri stropu, ki je prav tako zelo temen.



Slika 14: Zelo gost oblak točk, posledica združitve večino skenov za dani del dvorane

Na sliki 14 vidimo končni produkt združevanja oblakov točk – enoten, zelo gost oblak točk in dobro pokritost danega dela dvorane s točkami. Oblak točk ima tudi enoten koordinatni sistem, ki je predstavljen s simbolom na spodnjem levem koncu slike 14. Zelena X os prestavlja os sredine dvorane, rdeča Y os je pravokotna na X os in predstavlja linijo začetka odra, modra Z os dopolnjuje koordinatni sistem, je pravokotna na XY ravnino in predstavlja višinsko os. Prikaz koordinatnega sistema je simboličen, dejansko izhodišče koordinatnega sistema je na višinskem nivoju odra.

Na sliki 15 vidimo rezultat terestričnega skeniranja, pogled na dvorano iz ptičje perspektive. Na sliki vidimo vse tri dele dvorane, parter, oder in pomožno sobo. Število vseh točk v oblaku je okoli 66,5 milijonov.



Slika 15: Rezultat terestričnega skeniranja

4 MODELIRANJE V PROGRAMU ARCHICAD 14

V tem poglavju bom predstavil potek same izdelave informacijskega modela Linhartove dvorane Cankarjevega doma. Modeliranje je potekalo v programu ArchiCAD 14, sicer študentski, učni verziji EDU, ki sem jo pridobil od podjetja Pilon AEC, predstavnika programske opreme Graphisoft v Sloveniji. S tem programom pred diplomsko nalogo nisem imel izkušenj, prav tako z nobenim podobnim BIM programom. Tako sem pred samim začetkom naloge primerjal glavne tri modelirnike na tem področju: Graphisoftov ArchiCAD, Autodeskov Revit ter Nemetschekov Allplan. Za ArchiCAD sem se odločil na podlagi naslednjih dejstev (povzeto po PILON AEC d.o.o., Matjaž Likeb, 2011):

- ArchiCAD je prisoten na trgu že 25 let in preizkušen na milijonih projektov, podjetje Graphisoft pa je pionir na področju informacijskega modeliranja.
- Kot edini omogoča delo več sodelavcev na istem projektu istočasno na različnih lokacijah s pomočjo TeamWork tehnologije.
- Kot edini podpira vse 32 bitne in 64 bitne verzije operacijskih sistemov za Windows in Mac okolje, kot tudi večprocesorske računalnike.
- Je že več kot 10 let prisoten v izobraževalnih sistemih z brezplačno verzijo programa tako po celem svetu kot tudi pri nas (srednje in visoko šolstvo).
- Slovenski ArchiCAD forum, organizirane brezplačne delavnice in dogodki.

V naslednjih podpoglavjih bom najprej predstavil zgodovino programa ArchiCAD, na kratko opisal trenutno verzijo programa ArchiCAD 14, njegove osnovne lastnosti oz. glavne prednosti, opisal pomen GDL objektov ter povedal nekaj o povezljivosti programa z drugimi podobnimi programi. Temu bo sledil prikaz uvoza podatkov v program in modeliranje posameznih delov dvorane.

»ArchiCAD ni generičen CAD program, ampak je bil razvit prav za področje arhitekture. Osnovna ideja za program, ki so ga začeli razvijati že pred več kot 20 leti pri podjetju Graphisoft, ni bila zgolj zamenjati risalne mize z računalnikom. ArchiCAD je v arhitekturno oblikovalskemu procesu predstavil moč integriranega 3D modela in objektne tehnologije z uporabo BIM tehnologij« (Pilon, 2011).

Tako pokriva ArchiCAD s samo enim programskim paketom vse nivoje arhitekturnega procesa; od načrtovanja projekta in izdelave dokumentacije vse do sodelovanja in komunikacije med različnimi udeleženci. Pri delu se uporablja inteligen 3D digitalni model zgradbe, zato je proces projektiranja in načrtovanja dokaj poenostavljen. S programom lahko izdelamo simulacijo resnične zgradbe – virtualno zgradbo s stenami, okni, vrati, ploščami, stopnicami in streho. Vsi ti pametni elementi nadomestijo črte, elipse in krivulje kot je navada v klasičnih CAD programih. ArchiCAD pri delu ustvarja centralno enotno bazo, ki lahko istočasno upravlja tako z 2D kot 3D modelom. Podatki iz

baze so na voljo za gledanje v 2D načinih (tlorisi, prerezi), 3D načinih (različni 3D pogledi, premikanje po zgradbi), prav tako pa imamo možnost iz te baze podatkov narediti razne popise komponent in količin ter materialov. Ker je baza enotna in povezana, ima za posledico to lastnost, da se kakršnakoli sprememba projekta avtomatično upošteva v celotni dokumentaciji, ne glede na to, kje se je le ta pojavila. Tako imamo v modelu zgradbe v vsakem trenutku najnovejše podatke o projektu, spremembah in specifikacijah.

»Sprememba izvedena v enem od oken, se avtomatsko spremeni v vseh drugih; to velja za vse tlorise, prereze, fasade, 3D modele in tudi specifikacije o materialih ter stavbnem pohištvo: oknih in vratih« (Pilon, 2011).

4.1 Zgodovina

ArchiCAD ima že zelo dolgo zgodovino obstoja, verzija programa, ki sem ga uporabil za nalogo (torej ArchiCAD 14), je že 25. različica programa, letošnje leto pa je izšla tudi naslednja verzija ArchiCAD 15. Zgodovina programa sega že v daljno zgodovino računalništva, v 80. leta, natančneje v leto 1984, ko je takrat še pod imenom Radar CH izšla prva verzija tega programa, ki je imel ločen modul za 2D in 3D načrtovanje. Že čez dve leti se je poimenovanje programa spremenilo v to, kar je še danes, ArchiCAD (verzija 2.0). Do leta 1992 je izšlo že 8 verzij programa ArchiCAD, takratna verzija je bila 4.1, vse verzije pa so delovale samo na Apple Macintosh operacijskih sistemih. Skozi verzije sta največja napredka v programu predstavljala sprememba iz črno-belega na barvni prikaz in možnost renderiranja. Leta 1993 je izšla prva verzija programa tudi za operacijski sistem Windows (ArchiCAD 4.16), leta 1995 pa prva verzija, ki je delovala tako na Macintosh kot Windows sistemu (ArchiCAD 4.55). Skozi čas je program pridobil veliko uporabnih orodij ter možnost timskega dela na projektu. Naslednja verzija, ki je prinesla veliko spremembo, je bila leta 2002 izdana verzija ArchiCAD 8 (17 verzija po vrsti), ki je uvedla standard OpenGL. OpenGL je specifikacija standarda, ki določa programski vmesnik za pisanje računalniških programov, ki prikazujejo 2D in 3D računalniško grafiko. Vmesnik sestavlja več kot 250 funkcij, ki omogočajo izrisovanje kompleksnih 3D scen sestavljenih iz preprostih osnovnih geometričnih oblik. Poleg tega standarda je verzija prinesla tudi možnost operiranja z objekti (Solid Element Operations) ter možnost editiranja vročih točk (hotspots). Napredek v renderiranju je bil narejen leta 2004, z verzijo ArchiCAD 9, ki je predstavila nov način oziroma nov pogon za renderiranje »LightWorks rendering engine«. Leta 2009 je verzija ArchiCAD 13 prinesla revolucijo v BIM sodelovanju s svojo inovativno rešitvijo BIM strežnika. Poleg tega je ArchiCAD 13 uvedel številne izboljšave in novosti pri samem projektiranju in tako še dodatno izboljšal svoje rešitve za oblikovanje arhitekturnih objektov. Novost je tudi podpora 64-bitnim operacijskim sistemom Windows in večprocesorskim računalnikom. Naslednja verzija, ki je izšla že naslednje leto, ni prinesla veliko novosti in je razočarala mnogo uporabnikov. Na veliko forumih so se uporabniki pritoževali, da je filozofija podjetja preveč naklonjena povezovanju programa s

konkurenčnimi produkti (na prvem mestu z Autodeskovimi rešitvami) ter premajhnim poudarkom na izboljšavi svojega programa in vzporedne programske opreme. Tako je bila večja mera pozornosti namenjena povezavi ArchiCAD-a z Autodeskovima programoma Revit Structure (program za načrtovanje in modeliranje statike zgradb) ter Revit MEP (program za načrtovanje in modeliranje strojnih, električnih ter vodovodnih elementov) namesto izboljšanja svojega MEP Modeler-ja. Pri načrtovanju statike nimajo svojega orodja temveč se zanašajo na dobro povezljivost z rešitvami drugih proizvajalcev. Vzrok tega je filozofija povezovanja, da lahko sodelujejo različni ljudje, z različnimi programi pod istim programskim jezikom. V verziji ArchiCAD 14 so, poleg izboljšane povezljivosti z drugimi programi, novost sence v OpenGL, možnost uvoza podatkov o terenu iz opazovanj ter 64-bitni BIM server za Mac OS (sam program je sicer za Macintosh še vedno samo 32 biten, vendar je na voljo v 32 in 64 bitni različici za Windowse). Izboljšava povezljivosti se nanaša predvsem na IFC standardu.

Najnovejša verzija, ki je izšla konec leta 2011 (ArchiCAD 15) prinaša obogatene arhitekturne oblike, novo definicijo oblikovalskega prostora, podporo projektiranju prenove objektov ter izboljšave v samem BIM delovnem procesu. Zahtevnejše oblike se bodo sedaj lahko lažje naredile z novim orodjem Shell, ki podpira izdelavo najrazličnejših arhitekturnih oblik, tako klasičnih kot modernih. Ker so oblike čedalje bolj zahtevne in težko opisljive v samo dveh dimenzijah, ponuja ArchiCAD oblikovanje direktno v treh dimenzijah. Zaradi te svobode v oblikovanju pa se lahko zatakne pri orientaciji v 3D prostoru. Novi ArchiCAD rešuje ta problem z novimi vodilnimi črtami in prikazom delovne ravnine, ker olajša oblikovanje v perspektivnem pogledu. Za hitrejšo delo je izboljšana tudi hitrost avto-shranjevanja in na voljo je tudi 64 bitna verzija za Mac OS.

4.2 O programu

ArchiCAD ponuja mnogo funkcij in pripomočkov za lažje delo na projektu. Med njimi je ena najboljših lastnosti programa, da se dokumentacija celotnega projekta ustvarja že med samim oblikovanjem, podatki pa se zbirajo na enem mestu v centralni bazi podatkov in se tekom dela samodejno osvežujejo. Tako imamo na enem mestu zbrane vse informacije o zgradbi, baza podatkov vsebuje vse informacije o tlorisih, prerezih, stavbnih komponentah, oknih, vratih, materialih ... Katerokoli stvar spremenimo v enem od oken dokumenta, se sprememba odrazi tudi v vseh ostalih. Pri delu imamo opravka z virtualno zgradbo in s tem tudi inteligentnimi gradbenimi elementi, kot so vrata, okna, stene in stebri. Delo je zato hitrejšo, saj se ti objekti odzivajo na okolje v katerem so. Z delovnimi orodji imamo možnost oblikovati, ne zgolj izrisovati. S pomočjo »čarobne palice« lahko izdelamo inteligentne gradbene elemente tudi iz preprostih črt, krivulj ali ploskev. Samo modeliranje brez primerne predstavitve ni uporabno, zato ponuja ArchiCAD svoja orodja za vizualizacijo. Z njimi lahko brez pretirano velikega znanja izdelamo vrhunske rezultate. Poleg same vizualizacije program omogoča tudi izdelavo študij potovanja sonca, tako lahko za kateri koli čas dneva in lokacijo na

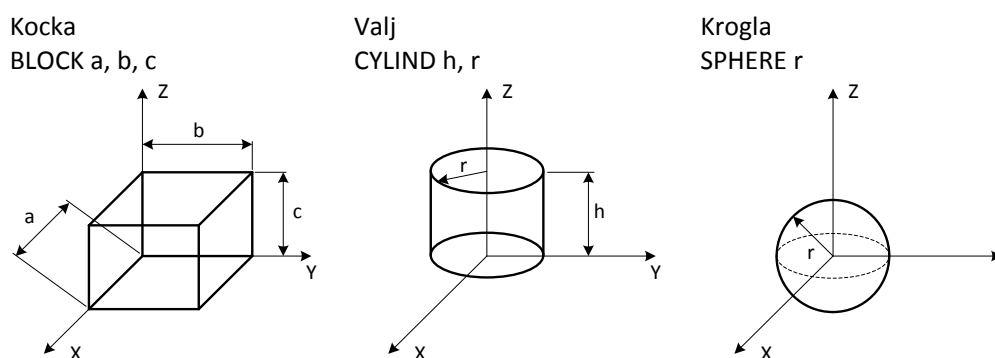
Zemlji pridobimo in izdelamo prave sence za objekt. Program podpira tudi izdelavo animacij za razne virtualno resničnosti predstavitev.

Kot rečeno lahko z ArchiCADom vse dokumente, ki jih potrebujemo o projektu, črpamo direktno iz modela virtualne zgradbe. Tako lahko enostavno in hitro izdelamo razne sheme oken in vrat, dobimo popis materialov. Vsi ti podatki so vedno vezani na zadnje stanje modela, z vsemi popravki vred. Program omogoča definicijo različnih prostorov v zgradbi, kar poenostavi razne izračune površin in volumnov. S programom lahko izdelamo tudi popis elementov, tako hitro dobimo podatke o cenah elementov, številu kosov in ceno dela. Vsak popis avtomatično osveži model zgradbe in obratno, vsaka osvežitev modela sproži osvežitev popisa.

4.3 Parametrični objekti

»GDL (Geometric Description Language) vsebuje vse informacije, ki so potrebne za popoln opis določenega objekta ali njegovega dela v elektronski obliki, in sicer: besedilo, 2D simbole in 3D modele za izračune ali fotorealistične predstavitev« (Pilon, 2011).

GDL je programski jezik, uporabljen za izdelavo inteligentnih objektov v ArchiCAD-u. Posebnost takega programiranja objektov je njihova parametričnost in povezava 2D in 3D funkcij. GDL skripta opredeli objekt v knjižnici v vseh njegovih glavnih vlogah, ki so 3D model, projekcija 3D modela, projekcija 3D modela na 2D ravnino, 2D tloris, prikaz objekta v uporabniškem vmesniku, vedenje objekta in popisnih količin. Vsaka verzija ArchiCAD-a vsebuje svoje knjižnice teh objektov, za večjo preglednost pa so objekti razdeljeni po kategorijah, kot so pohištvo, okna, vrata, postelje, stoli, avti, ljudje ... Slika 16 prikazuje primer zapisa treh osnovnih gradnikov.



Slika 16: Primer osnovnih gradnikov, njihov zapis in podajanje parametrov

4.3.1 Prednosti GDL objektov

GDL objekti so optimizirani za internet prav zaradi svoje parametrične strukture. Gre za odprt standard, enostaven za učenje in uporabo. Za vzdrževanje knjižnic ne potrebujemo veliko dela, tako lahko z majhnimi stroški poskrbimo za ažurno stanje knjižnic. GDL objekti so zelo prilagodljivi in

zaradi svoje zgradbe uporabni tako na Windows kot Macintosh operacijskih sistemih. Brez večjih težav jih lahko tudi pretvorimo v večino ostalih formatov, kot npr. IFC DXF in DWG.

Objekti GDL vsebujejo vse informacije o izdelku, tako osnovne (razne dimenzije, materiali, cena ...), kot tudi razne specifične informacije, za katere proizvajalec meni, da jih projektant potrebuje (poraba električne energije, moč, svetilnost luči ...).

GDL objekti so integrirani z modelom stavbe, tako se objekti odzivajo na okolje v katerem so – npr: vrata ali okna moramo vstaviti v steno, vrata sama ne morajo stati v praznem prostoru. Ker so vrata vrata in okna okna, imamo lahko že v zgodnji fazi projektiranja možnost izbire realnih objektov oz. komponent, ki bodo kasneje dejansko uporabljene. Na ta način dobimo dve odlični lastnosti: projektant lahko dela z realnimi komponentami, proizvajalec komponent pa lahko trži svoje izdelke že preden jih dejansko proda.

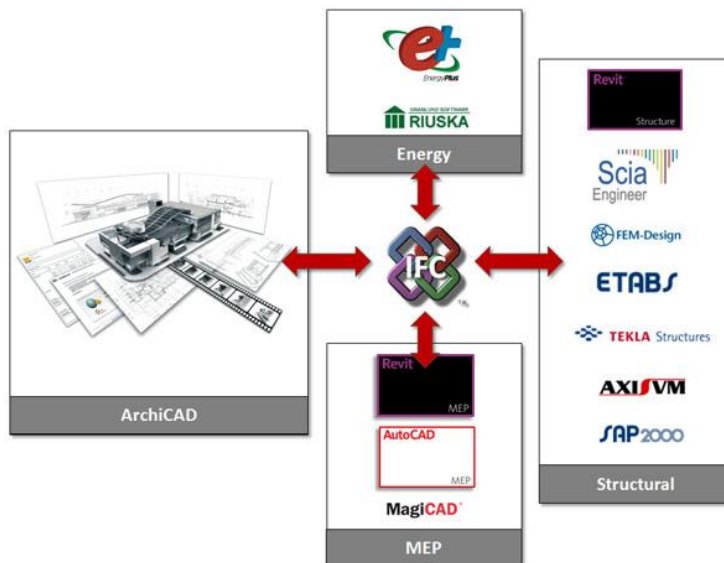
4.4 Izmenjava modelov in datotek

4.4.1 IFC

»IFC (angl. Industrial Foundation Classes) postaja formalni standard, ki omogoča izmenjavo modelov BIM med programi, ki jih uporabljajo različni strokovnjaki v gradbenem projektu. Osnovni cilj pri razvoju standarda je bil:

- zagotoviti modularno strukturo za izmenjavo informacij med strokami v AEC/FM (angl. Architecture, Engineering, Construction and Facility Management) v industriji,
- olajšati vzdrževanje in nadaljnji razvoj modelov BIM,
- omogočiti ponovno uporabo komponent modela pri modeliranju,
- avtorjem programske opreme omogočiti uporabo že izdelanih komponent in skrbeti za združljivost med različicami modelov za vnaprej« (Cerovšek, 2010).

Od leta 1996 je podjetje Graphisoft aktivno v Mednarodnem združenju za Interoperabilnost (International Alliance for Interoperability - IAI) in podpira IFC 2x, 2x2 in 2x3 standarde za izmenjavo 3D gradbenih modelov. Glavna prednost IFC formata pred geometrijskimi (kot je format DWG) je v tem, da poleg samega objekta vsebuje tudi ostale informacije o objektih, ki sestavljajo naš model, relacije med objekti, strukturo in namen. S pomočjo dobre implementacije IFC standarda lahko ArchiCAD kvalitetno komunicira z večino ostalih aplikacij na področju statičnih izračunov, konstrukcij, energetskih preračunov ... kot je prikazano na sliki 17.

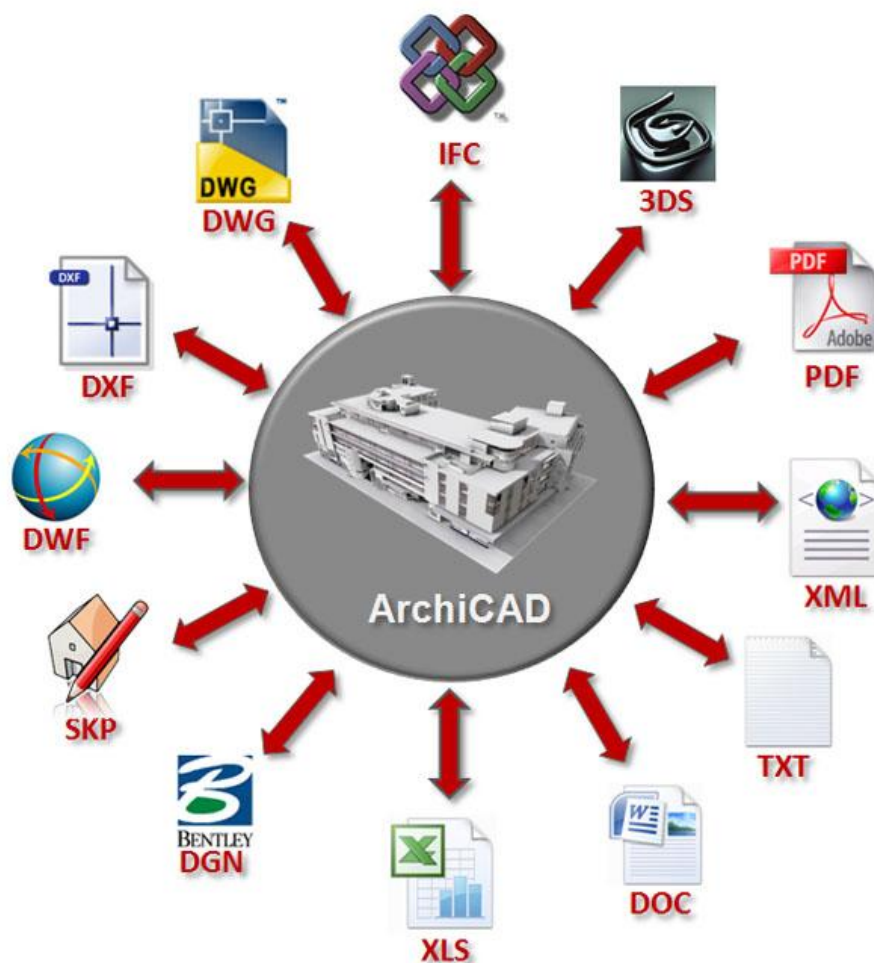


Slika 17: Izmenjava med različnimi aplikacijami s pomočjo IFC standarda (Pilon, 2011)

4.4.2 Združljivost z ostalimi CAD programi

Velik poudarek pri interoperabilnosti je združljivost datotek različnih izvajalcev, oz. sodelavcev na različnih področjih, kot so projektanti strojnih ali elektro inštalacij, statiki in zunanji svetovalci. Tako mora biti zagotovljen prenos datotek med različnimi programi različnih proizvajalcev. ArchiCAD ponuja pretvornik DXF/DWG, ki zanesljivo pretvori ravnine, barve peres, pisave in bloke iz programa Autocad. Pri izvozu iz programa ArchiCAD lahko uporabimo funkcije Paper Space in Model Space v isti datoteki. Prav tako ArchiCAD podpira funkcije Xref (sklicevanje, ang. cross-reference), tako pri uvozu kot izvozu datotek.

ArchiCAD lahko uvozi ali izvozi tudi datoteke formata DWF in DGN. Pri 3D modelih so tu še VRML 2.0, 3DS, OBJ, Artlantis render, lightscape, FACT, 3DMF, pri vizualizacijah pa še popularni rastrski formati JPEG, TIF, GIF, BMP, MOV, AVI ... Poleg navedenih formatov se lahko uvoz in izvoz datotek še razširi z ustreznimi vtičniki, ki jih podjetje naknadno razvija in objavlja. Na sliki 18 je prikazana povezljivost programa ArchiCAD z drugimi formati.



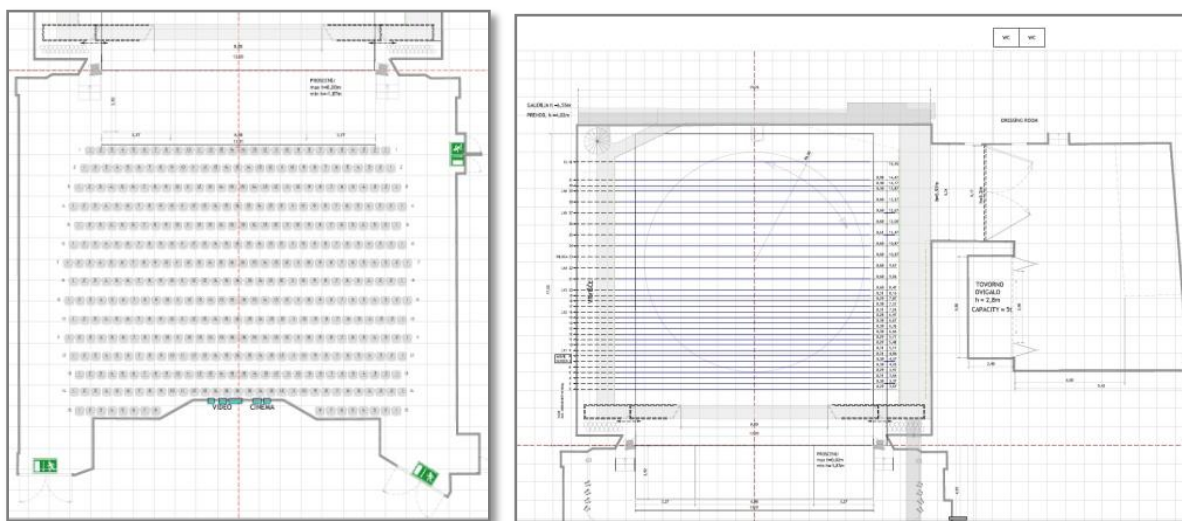
Slika 18: Možnost uvoza in izvoza različnih datotek v ArchiCAD (Pilon, 2011)

4.4.3 Podpora Adobe PDF

Adobe's Portable Document Format (PDF) je postal najpopularnejši format za objavo, tisk in arhiviranje arhitekturne dokumentacije. ArchiCAD ima vgrajeno podporo formatu PDF, kar zagotavlja tako branje kot zapis PDF datotek. Tako lahko uvoz PDF načrta detajlov proizvajalca neposredno na list za izris predstavlja zelo učinkovit način izogibanja dvojnega dela. ArchiCAD tudi omogoča izdelavo 3D modela znotraj PDF datoteke, kjer model izvozimo v PDF format. Po tem dokumentu se nato lahko sprehajamo, merimo razdalje, vklapljammo in izklapljammo sloje ter na tak način najbolje predstavimo svoj model.

4.5 Uvoz podatkov

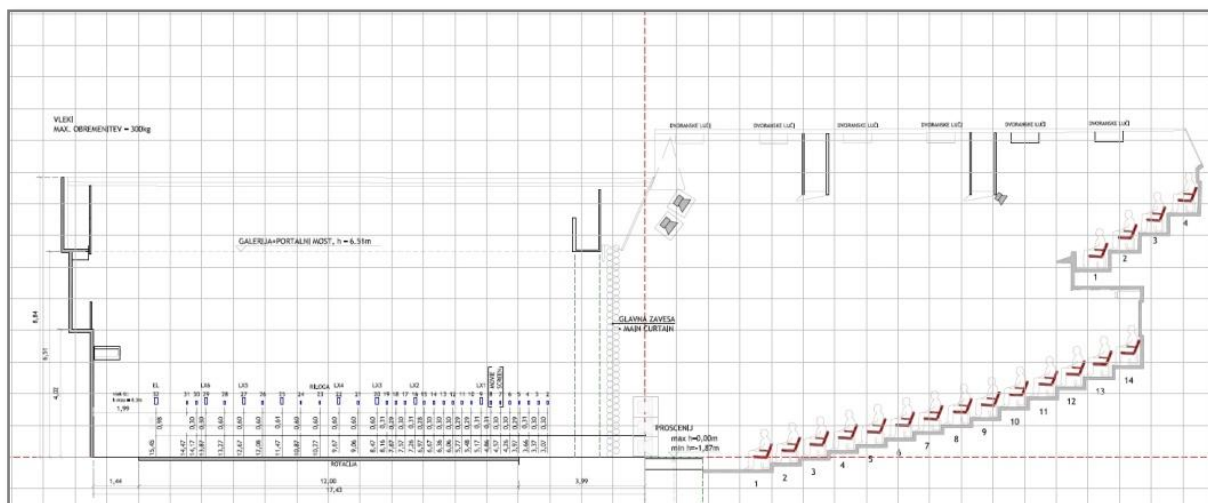
Naslednja stvar pri nalogi je prenos podatkov iz oblaka točk v informacijski model. Žal na tem področju ne obstaja enotna rešitev za ta problem, saj sta tako tehnologija terestričnega skeniranja kot princip informacijskega modela stavb novi tehniki. Kažejo se že zametki programskih oprem za ta prehod, vendar konkretnjših in uporabnih rešitev še ni. Predvsem se problem pojavlja pri zaznavanju teles. Tako sem v svojem primeru postopal po že znani poti, s pomočjo programske opreme, ki jo je razvilo podjetje DFG CONSULTNIG d.o.o. samo. Program omogoča izdelavo poljubnih prerezov v oblaku točk. Rezultat predstavljajo prečni, vodoravni in vzdolžni prerezi za poljubno mesto v oblaku točk. Program deluje tako, da okoli ravnine, ki določa prerez, vzame pas točk nad in pod to ravnino ter jih projicira na njo. Dobimo projekcijo 3D točk na ravnino, iz točk pa lahko s pomočjo vektorizacije izdelamo linije. Končni rezultat te stopnje predstavljajo trije tlorisni načrti dvorane in en tlorisni načrt odra, en prečni prerez odra ter en vzdolžni prerez celote. Podatki so zapisani v *.dwg formatu, ki je standardni CAD format, uporabljen v AutoCAD-u.



Slika 18: Levo: tlorisni prerez dvorane; desno: tlorisni prerez odra (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)

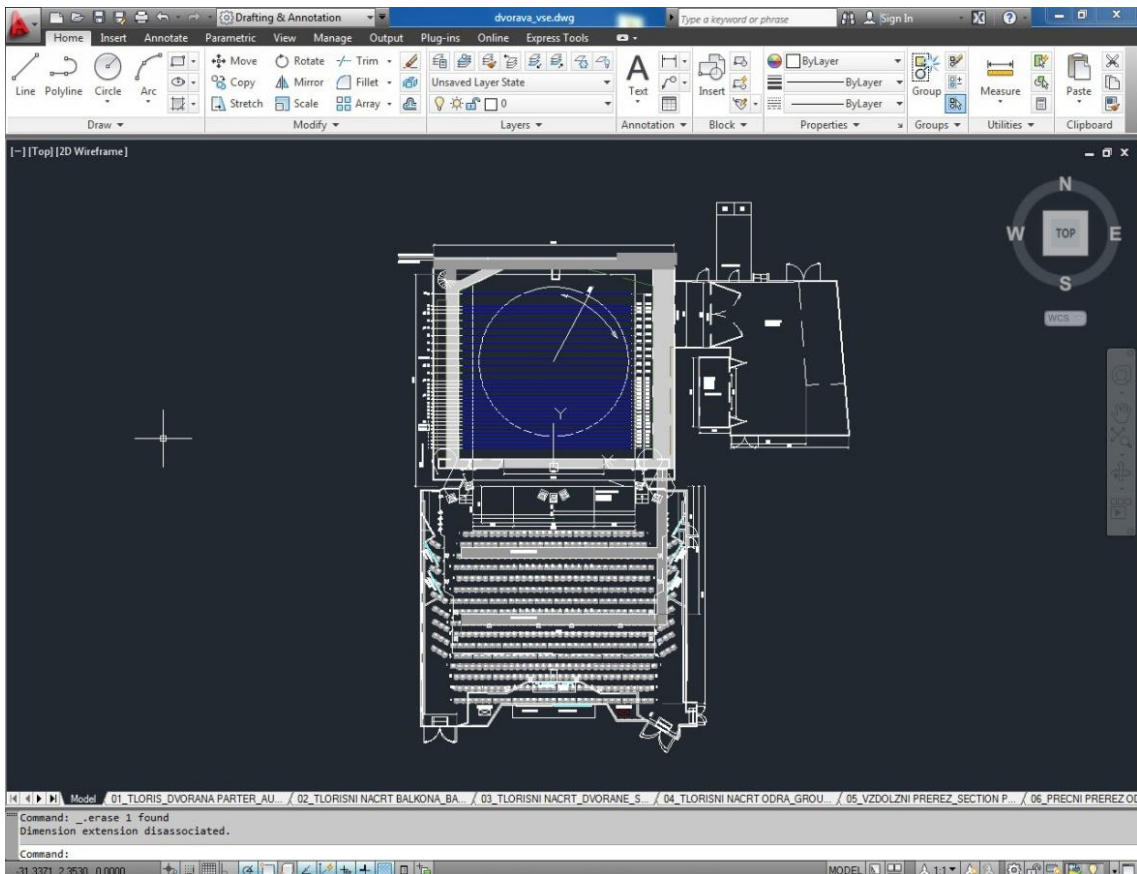
Na sliki 19 sta prikazana tlorisna prereza dvorane in odra z skladiščem. Ti tlorisni prerezi predstavljajo delni rezultat – prehod iz 3D oblaka točk, pridobljenim s terestričnim laserskim skeniranjem, v 2D projekcijsko ravnino oziroma vektoriziran tlorisni prikaz.

Na sliki 20 je prikazan dopolnjujoči vzdolžni prerez dvorane.

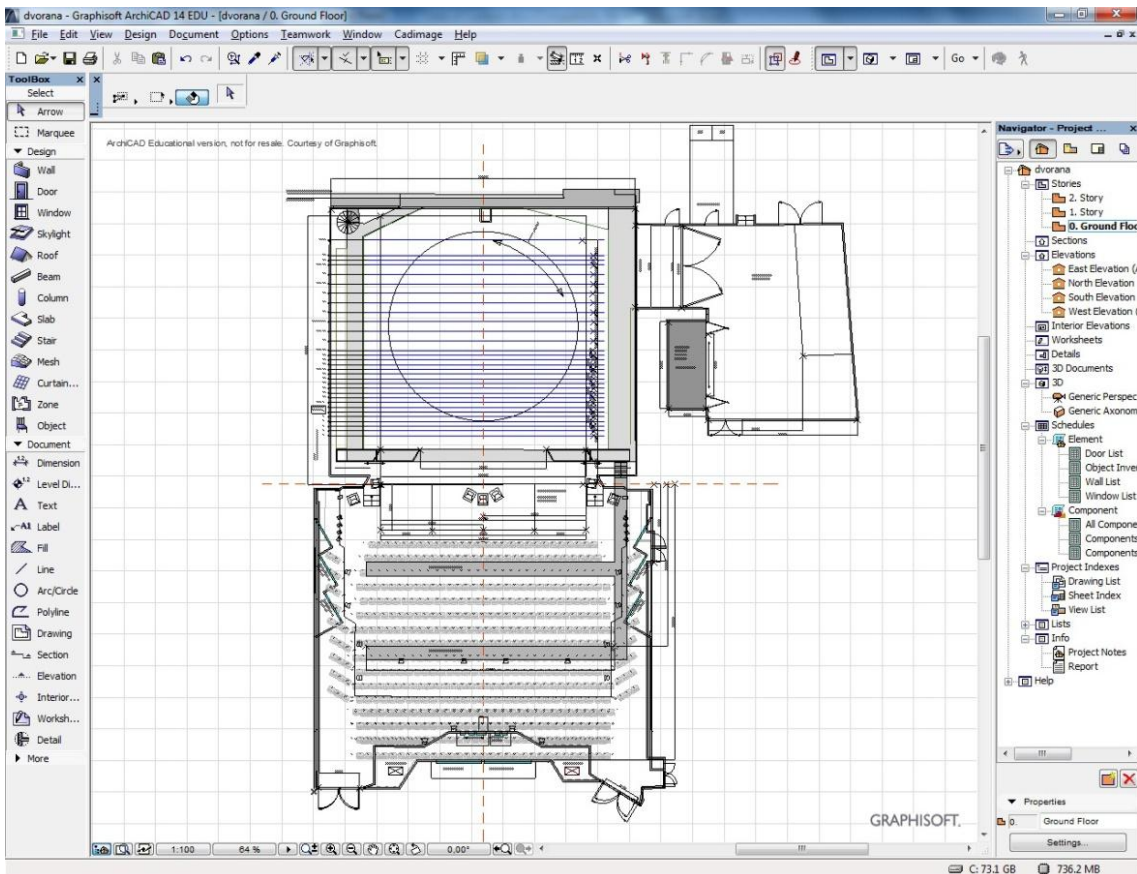


Slika 19: Vzdolžni prerez dvorane (DFG CONSULTING d.o.o., 2010)

Zaradi prej omenjene združljivosti programa z drugimi CAD programi, naj uvoz .dwg datotek v ArchiCAD ne bi predstavljal večjih težav in tako je tudi bilo. Edina stvar na katero bi tukaj opozoril je problem osnovnih delovnih (merskih) enot obeh programov. Tako morata za uspešno komunikacijo med programoma biti nastavljeni enaki delovni enoti, sicer prihaja do pomanjševanja oz. povečevanja. Do te ugotovitve sem prišel na začetku nastajanja naloge ob prvih poskusih uvoza podatkov. Vsi podatki, ki sem jih uvozil so bili 1000x pomanjšani, sicer relativno še vedno točni in povezani med seboj, ampak enostavno pomanjšani za to merilo. Vzrok tega problema je bila nastavev delovnih enot. V ArchiCAD-u je bila osnovna delovna enota 1 mm, v AutoCAD-u pa 1 m. Tako je ArchiCAD dobil napačne podatke o dolžinah, na primer črta, ki je ponazarjala zunanjo steno v programu AutoCAD in je bila dolga 8 m, je bila prenesena v ArchiCAD kot samo 8 mm dolga linija, kar je pa ravno faktor 1000, ki sem ga prej omenil. Na sliki 21 je prikaz datoteke s tlorisom v formatu .dwg, na sliki 22 pa je prikazan isti tloris, pridobljen z isto datoteko v programu ArchiCAD.



Slika 20: Podatki v formatu dwg



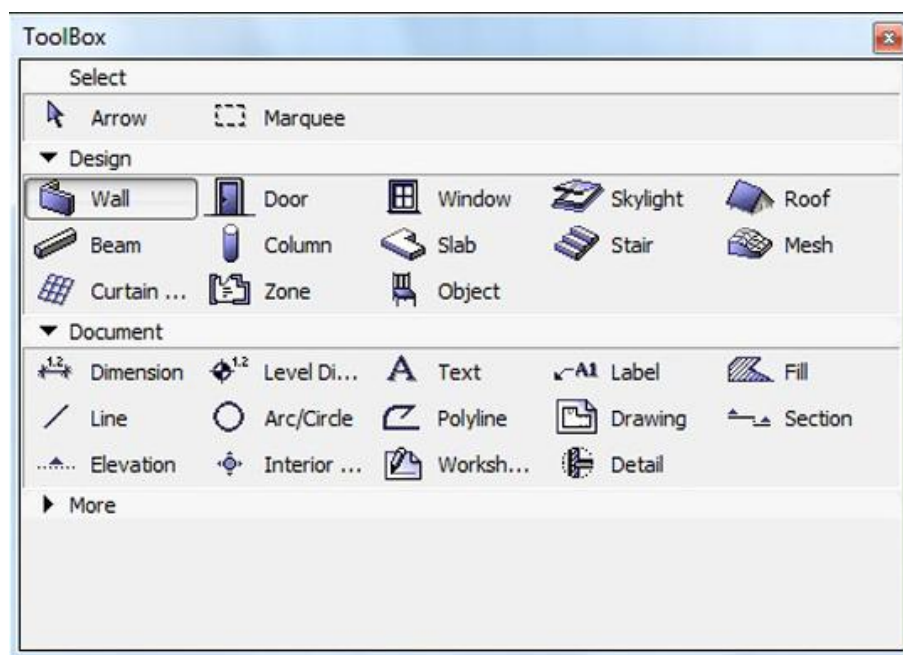
Slika 21: Uvoženi podatki v ArchiCAD

4.6 Modeliranje

Prvo fazo modeliranja predstavlja uvoz pridobljenih podatkov v program, spoznavanje z obliko objekta in razumevanje zasnove objekta. Objekt je sestavljen iz štirih glavnih prostorov: parter, balkon, oder in skladišče. Glavni cilji modeliranja so točna določitev položaja stolov v parterju in balkonu ter določitev položajev in razdalj med vleki na odru. Poznavanje točnih razdalj med vleki je pomembna zaradi različno širokih predmetov, ki se obešajo na njih. S podatkom o razdaljah med vleki lahko točno določimo, kaj lahko obesimo na določen vlek, brez da bi ob tem poškodovali sceno na katerem drugem vleku.

4.6.1 Osnovne funkcije za modeliranje

Glavni konstrukcijski elementi se nahajajo v paleti Orodja (ToolBox), deljene so na tri področja: Oblikovanje (Design – Wall, Door, Window, Beam, Column, Slab, Object ...), Dokument (Document – Dimension, Fill, Text, Label, Line, Arc, Polyline ...), in Več (More – Grid Element, Lamp, Wall End, Angle Dimension, Hotspot, Camera). Na sliki 23 je prikazana paleta Orodja.



Slika 22: Paleta Orodja

Torej imamo v zavihku oblikovanja zajeta orodja, s katerimi oblikujemo stene, vrata, okna, nosilce, stebre, plošče, predmete; v zavihku dokumenta so zbrana orodja za dokumentiranje projekta kot so dimenzioniranje, dodajanje teksta, šrafur, oznak, risanje 2D elementov kot so linije, loki ... Pod zavihkom Več pa imamo razna orodja, ki nam tako ali drugače pomagajo pri urejanju in upravljanju s projektom. V paleti orodja najdemo tudi dve orodji za izbor: Arrow in Marquee, za izbiro posameznih elementov oziroma za izbor elementov za določeno območje. Za vsak gradnik lahko z dvoklikom na njegovo ikono v paleti orodij prikličemo pogovorno okno z nastavitvami, kjer določimo lastnosti izbranega gradnika. Do istega pogovornega okna pridemo tudi s klikom na gumb Settings Dialog v

paleti Default Settings za dani gradnik. Pogovorno okno je za vsak gradnik podobno strukturirano, najprej določamo geometrijo in položaj gradnika, nato lastnosti prikaza izbranega gradnika v tlorisnem oziroma 2D pogledu, material(e) iz katerega je gradnik sestavljen in opisne podatke gradnika. Ker so pogovorna okna podobna, je delo z njimi enostavno in hitro, saj ni potrebno vedno znova razmišljati, kje se v pogovornem oknu skrivajo parametri, ki bi jih radi spremenili.

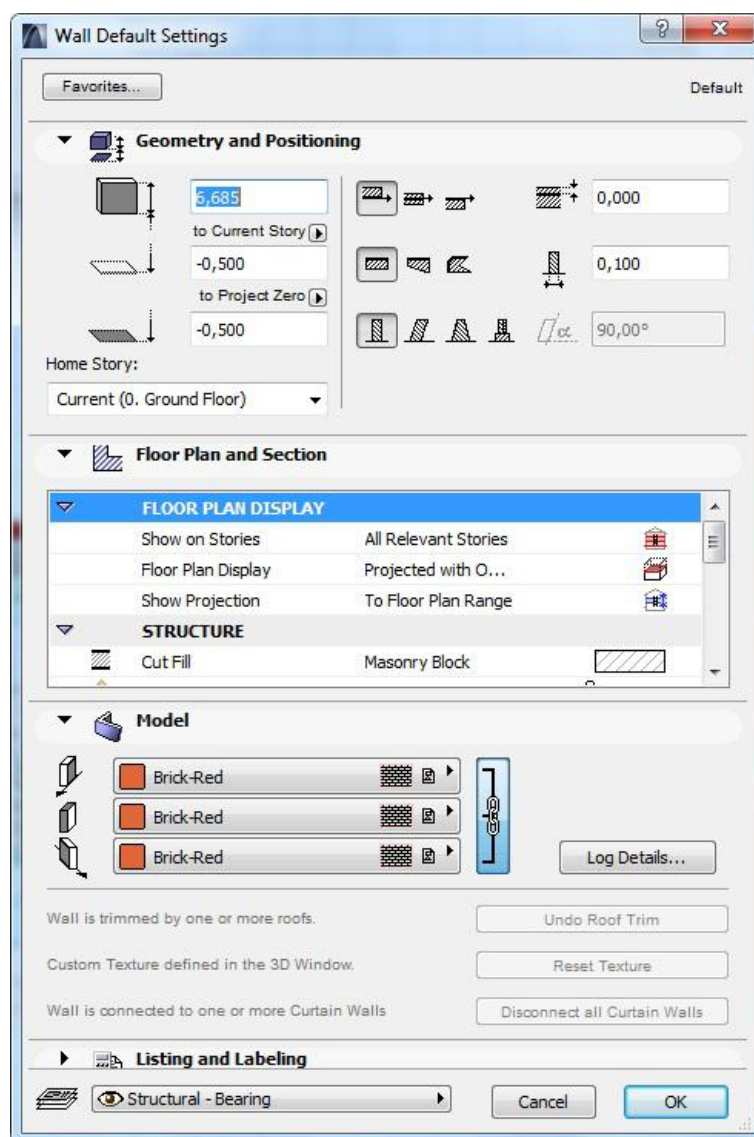
Glavni gradniki, ki so bili uporabljeni za modeliranje danega objekta in njihov kratek opis:

- Wall – stena

S klikom na ikono začnemo modelirati želeno steno. Z dvoklikom na ikono oziroma klikom gumba Default Settings odpremo pogovorno okno osnovnih lastnosti. Odpre se nam okno, v katerem lahko določimo lastnosti in parametre želene stene. Nastavimo lahko geometrijo in položaj stene: višino, odmik od tal oziroma izbranega nivoja, obliko stene (ravna, nagnjena, nagnjena na vsaki strani, kompleksna) in širino stene. Primer takšnega okna je na sliki 24.

Nastavimo lahko obnašanje stene v 2D pogledih: kako se bo stena prikazovala v tlorisu, določimo šrafuro, prioriteto stene, oblike in barve črt, ki opisujejo steno.

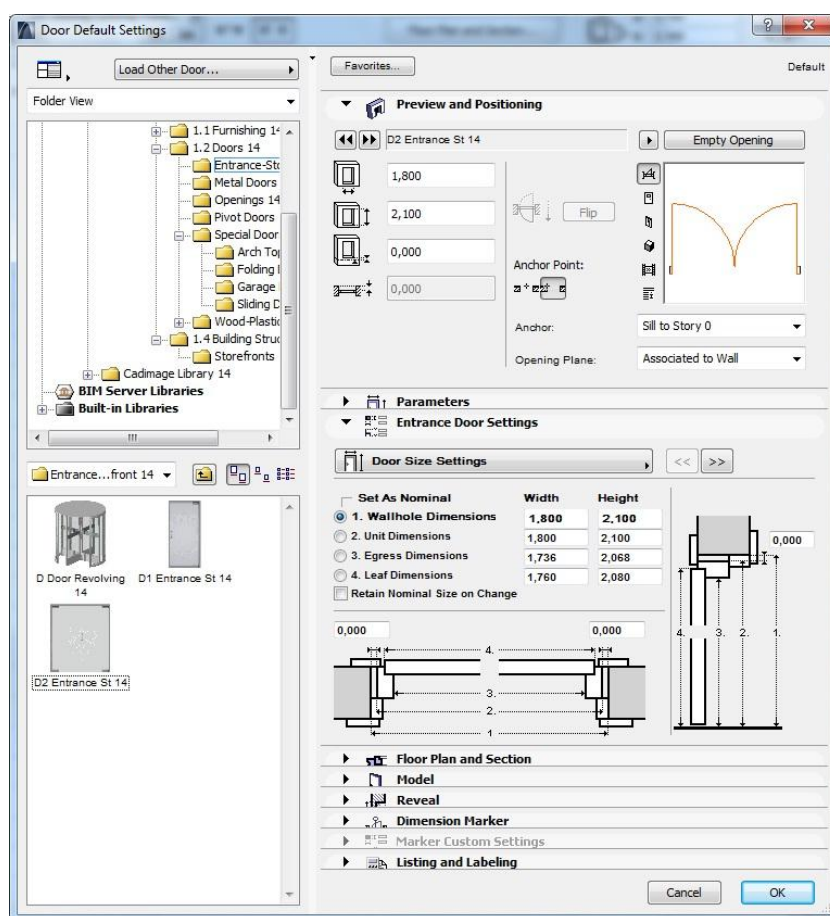
V tem oknu določimo tudi materiale iz katerih je stena sestavljena, kako se bo prikazovala v 3D načinu in jo opremimo z opisnimi podatki njenih lastnosti za uporabo v evidencah.



Slika 23: Pogovorno okno z nastavitvami za izbrano steno

- Door – vrata in Window – okna

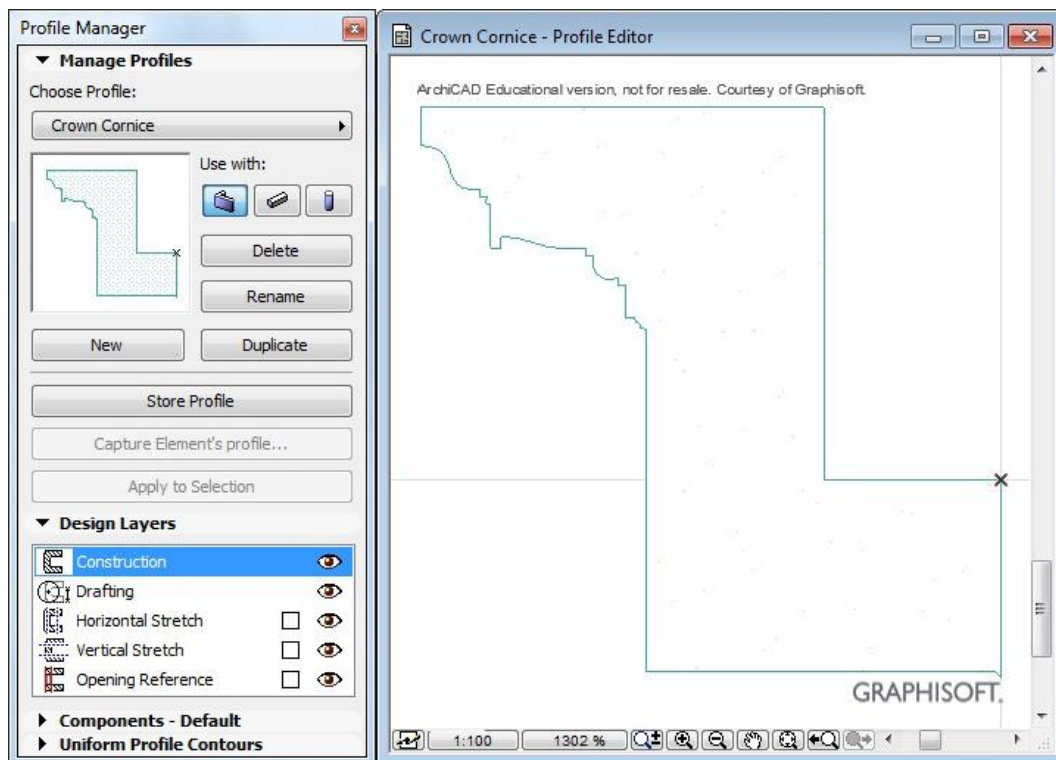
Vrata in okna vstavljamo direktno v stene preko tlorisnih pogledov, prerezov in celo v 3D pogledu. Program avtomatično zazna spodnji nivo stene, mi samo določimo želene odmike levo in desno od roba stene, oziroma odmik od spodnjega nivoja stene. Vrata in okna spadajo med parametrične GDL objekte, kar jih naredi enostavne za uporabo, brez težav jim spreminjamo dimenzije in obliko, lahko pa izdelamo tudi povsem svoje objekte in jih vstavimo v objekt. Pogovorno okno osnovnih lastnosti je podobno kot za stene, le da imamo tukaj opravka z veliko podrobnimi parametri s katerimi opišemo velikost, obliko in možnosti posameznih vrat oziroma okna. Pogovorno okno z lastnostmi vrat je na sliki 25.



Slika 24: Prikaz pogovornega okna nastavitve lastnosti vrat

- Beam – nosilec

Podobno kot stene lahko modeliramo tudi nosilce. Izbiramo lahko med enostavnimi in kompleksnimi oblikami nosilcev. Nekaj osnovnih oblik vsebuje sam program, kompleksne oblike pa lahko enostavno izdelamo z urejevalnikom profilov (Profile Manager), s katerim lahko izdelamo poljubne profile tudi za stene in stebre. Primer pogovornega okna in izdelava poljubnega profila je na sliki 26.



Slika 25: Profile Manager

- Column – steber

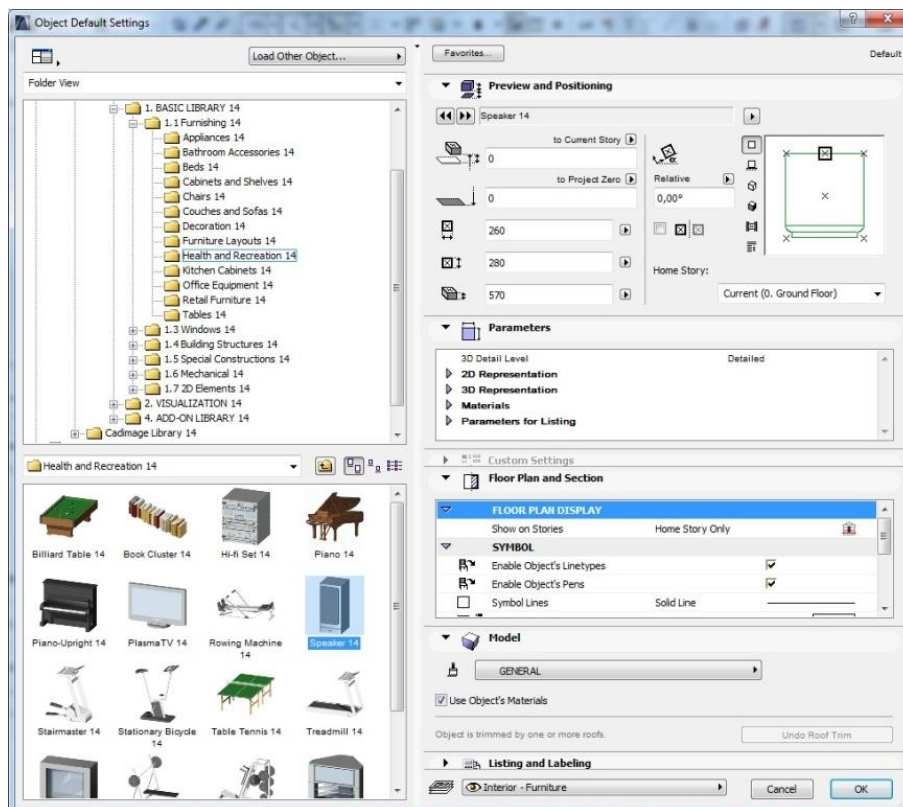
Tudi pri stebrih lahko z dvoklikom na ikono oziroma s klikom na gumb Default Settings priključimo pogovorno okno za urejanje izbranega stebra. Določimo lahko višino stebra, obliko (kvadratna, okrogla, kompleksna), naklon, zasuk in seveda debelino ter material.

- Slab – plošča

Z orodjem Slab modeliramo plošče. Območje plošč lahko določimo z risanjem zaprtih zank poljubnih linij ali, lažje, z uporabo čarobne palice (Magic Wand) kliknemo znotraj zaprte zanke in program avtomatsko izdela ploščo. Pogoji za izdelavo na takšen način je nujno zaprta zanka. Plošči lahko nastavljamo poljubno debelino, prikazovanje v nivojih, zelo preprosto pa tudi izrezujemo luknje oziroma preboje.

- Object – predmet

Med objekte spadajo različni GDL objekti, razvrščeni v različne knjižnice. Med njimi ločimo knjižnice objektov kot so pohištvo, ograje, luči, strojne komponente ... Ker imamo opravka z GDL objekti, jih lahko s poznavanjem programskega jezika enostavno spreminjamo kar v kodi, veliko možnosti za spreminjanje objektov pa imamo tudi direktno v pogovornem oknu. Primer pogovornega okna z lastnostmi za zvočnik je na sliki 27.



Slika 26: Izbor že narejenih GDL objektov, natančneje opreme za kratki čas

- Stair – stopnišče

Stopnišče je tudi del GDL objektov, vendar ima zaradi svoje kompleksnosti svoje orodje. Modeliranje stopnišča v ArchiCAD-u je zelo razčlenjeno in podrobno, tako lahko dobimo zelo natančno stopnišče. V samem programu je veliko že pred pripravljenih osnovnih oblik stopnišč, vendar lahko ustvarimo tudi čisto poljubno stopnišče za svoje potrebe. V njem lahko sami izberemo ali gre za stopnišče ali samo za klančino, določimo potek stopnišča (ravno, v obliki črk L, Z, U, okrogle ...), kakšna ob razdalja med stopnicami, koliko bo stopnic, velikost stopnice, kakšna bo ograja, skratka imamo ogromno podrobnih parametrov, ki jih lahko nastavimo.

- Lamp – luč

S tem orodjem urejamo osvetljenost prostora. To orodje je najbolj uporabno kasneje pri vizualizaciji, v samem modelu nima bistvene vloge. Obnaša se kot GDL objekt, s tem, da ima svetilnost. Nastavimo lahko moč svetilnosti, obliko snopa svetlobe, barve svetlobe ...

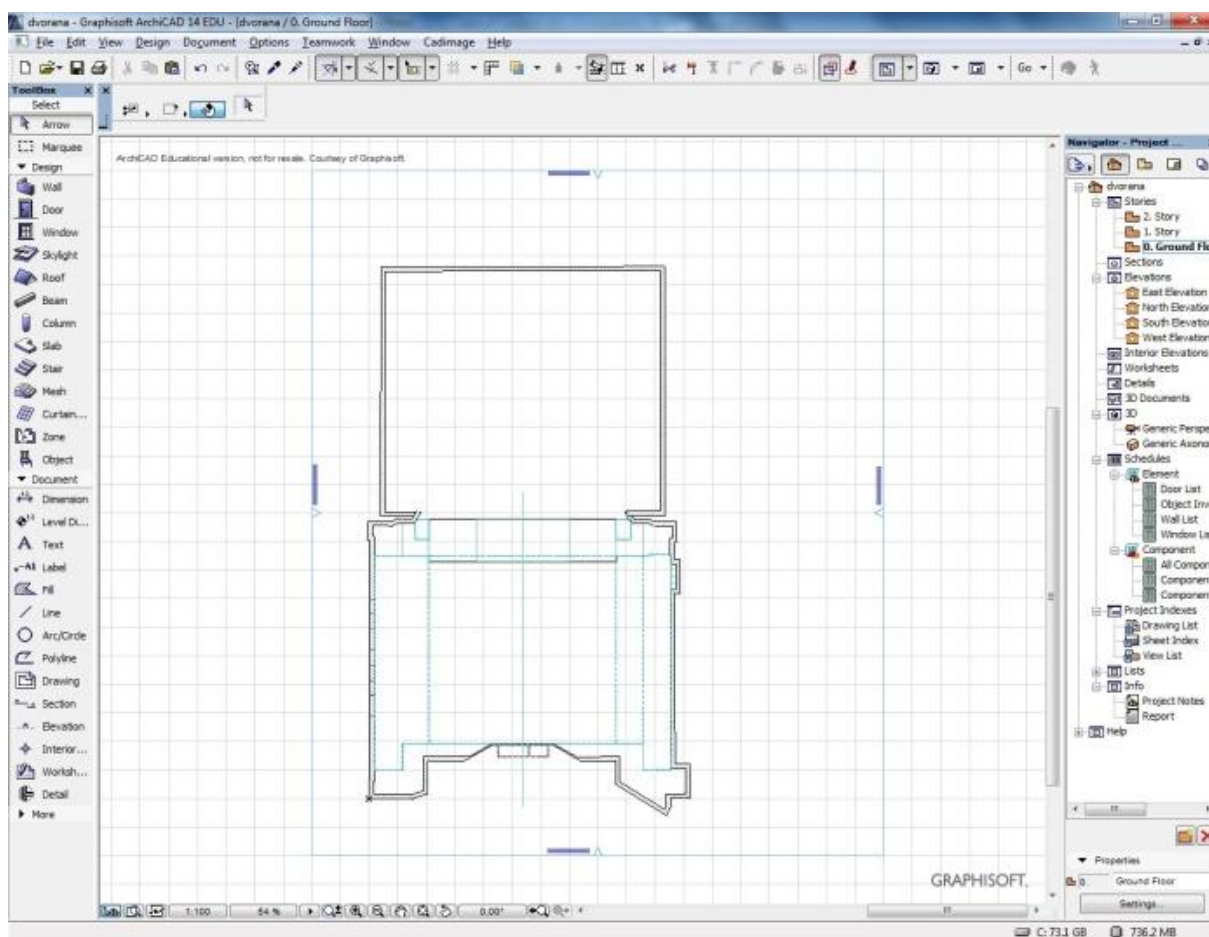
- Magic Wand – čarobna palica

Orodje čarobna palica je zelo priročno in uporabno za modeliranje sten in plošč. Prikličemo ga s pritiskom in držanjem preslednice. S klikom ob poljubno linijo ali zanko program generira

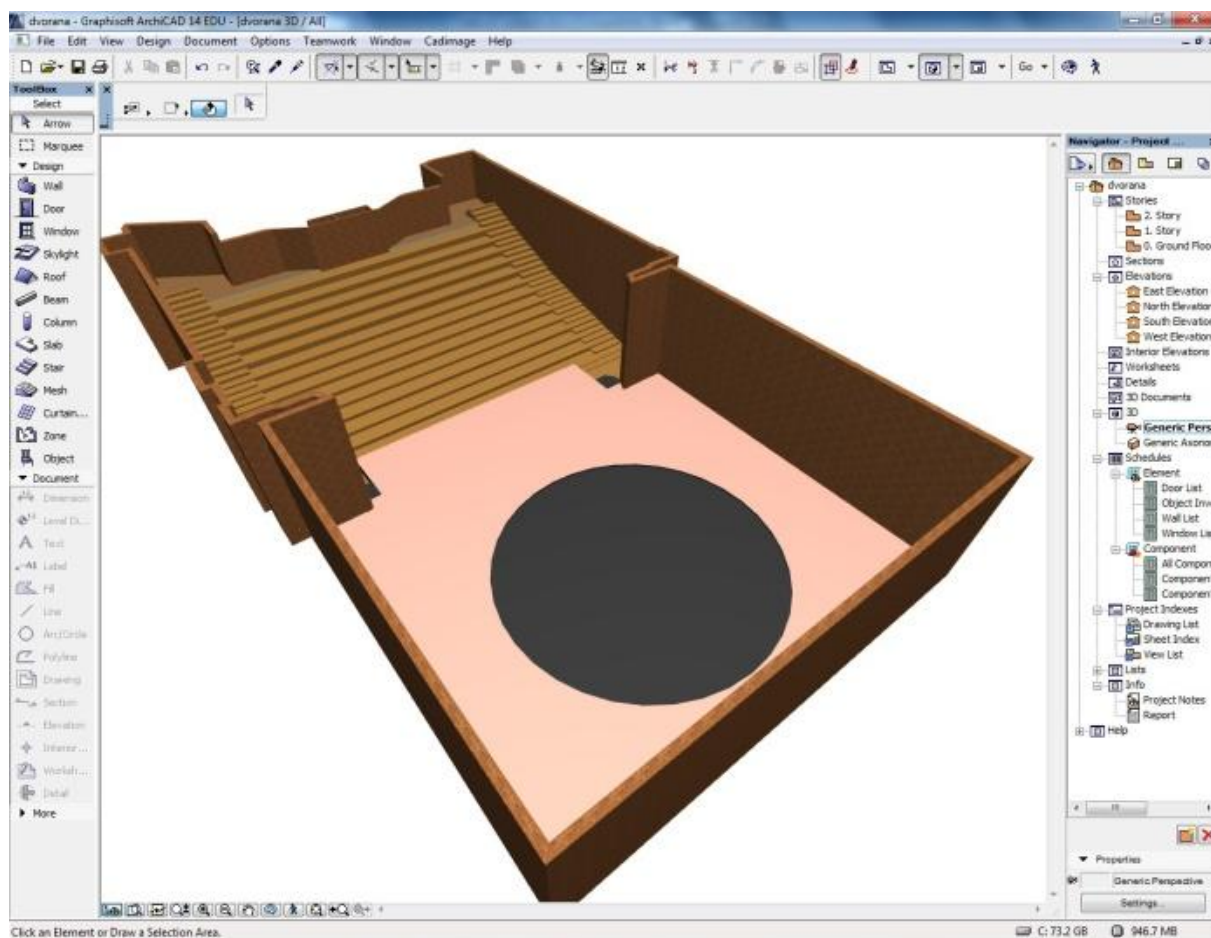
steno ob liniji ali ploščo znotraj zaprte zanke. Pri postavitvi stene ob liniji imamo tri možnosti: stena na zunanji strani linije, na notranji strani linije ali linija na sredini stene.

4.6.2 Modeliranje pritličja

Začetek modeliranja predstavlja nastavev projekta za lažje delo – nastavev etaž, višino posamezne etaže in uvoz podatkov v tako pripravljen projekt. Višinski nivo 0 predstavlja nivo odra, nivo prve etaže je na višini 5,94 m nad tlemi, kar predstavlja nivo prve vrste stolov na balkonu. Modeliranja sem se po prenosu podatkov lotili s postavitvijo zunanjih sten dvorane. S pomočjo orodja Wall in čarobne palice sem »zgradili« stene dvorane, dobljene s tlorisom. Na sliki 28 je prikazan tako pridobljen obod zunanjih sten dvorane, oder in parter. Na sliki 29 je prikazana ista situacija v 3D pogledu.

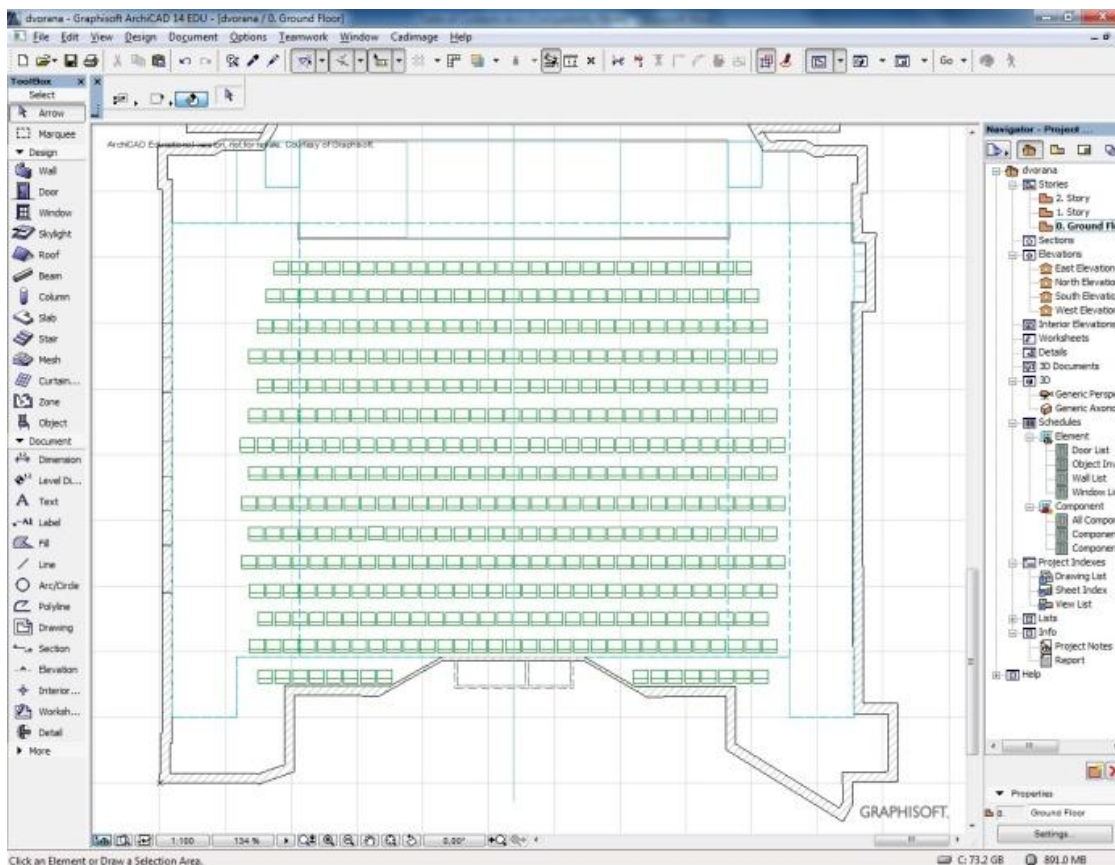


Slika 27: Zunanje stene dvorane

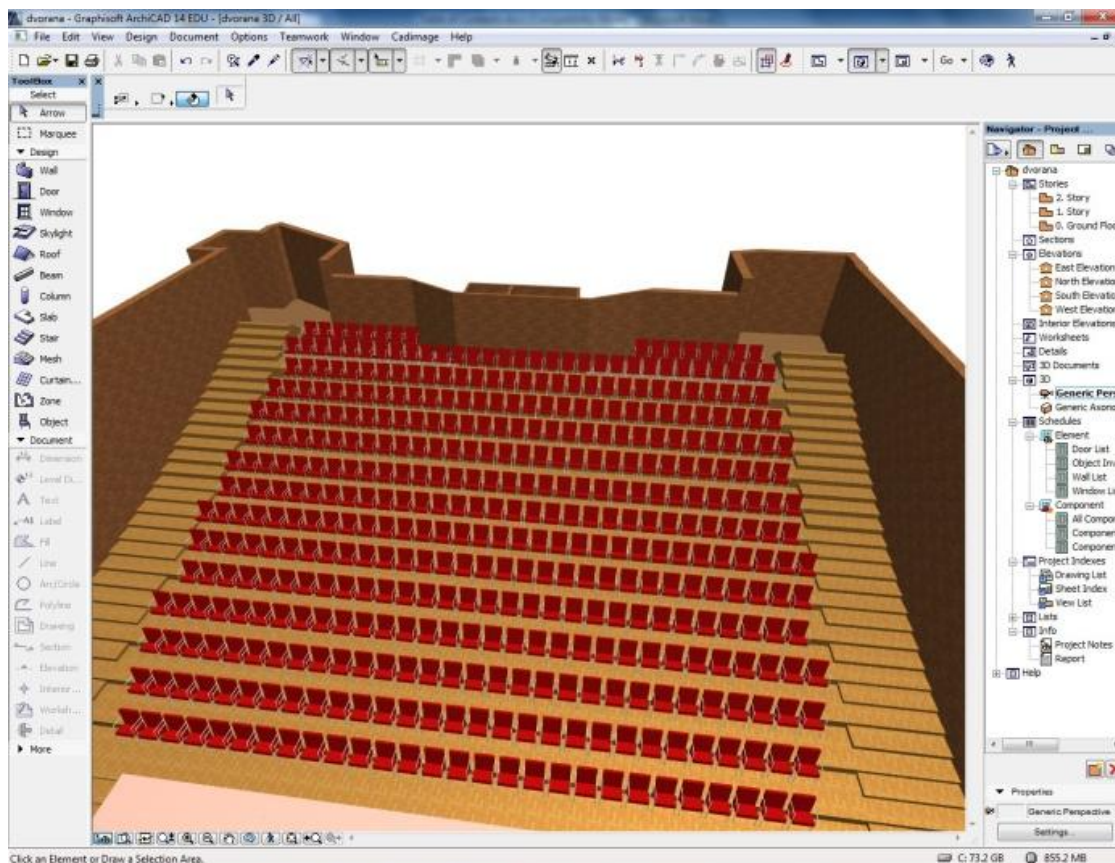


Slika 28: 3D pogled na izdelane zunanje stene, stopnice za stole in oder

Na srečo so bili podatki, ki sem jih uvozil v program, lepo urejeni in spravljani v posamezne sloje, tako da je delo potekalo hitreje, saj se je dalo nepotrebne sloje ugasniti oziroma skriti. S tem ko sem uredili zunanje stene, sem se lotili notranjega prostora parterja, ki je sestavljen iz nekakšnih velikih stopnic, na katerih so stoli. Za izdelavo stopnic sem uporabili orodje Beam, torej sem naredili nosilec poljubne oblike, ki ima profil v obliki zelenih stopnic. Na tako dobljene stopnice sem postavil stole iz že pripravljene knjižice. Za zadnjo vrsto stolov se v pritličju nahajata tudi dve sobici z opremo za kinoprojektije, projekcije videa in diapozitivov (35 mm). Na slikah 30 in 31 je prikazan parter Linhartove dvorane, najprej v tlorisnem pogledu, nato pa še v 3D.



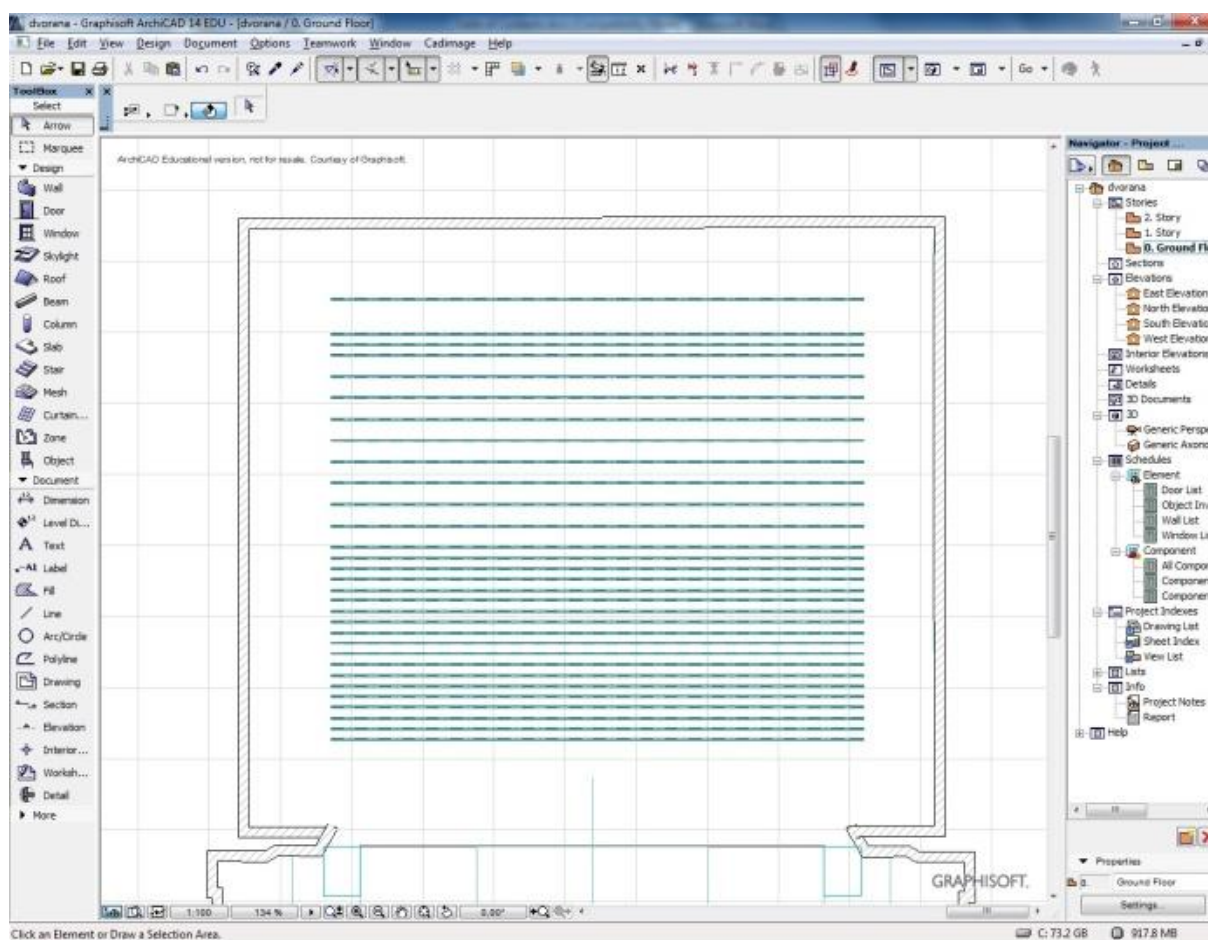
Slika 29: Postavitev sedežev v parterju



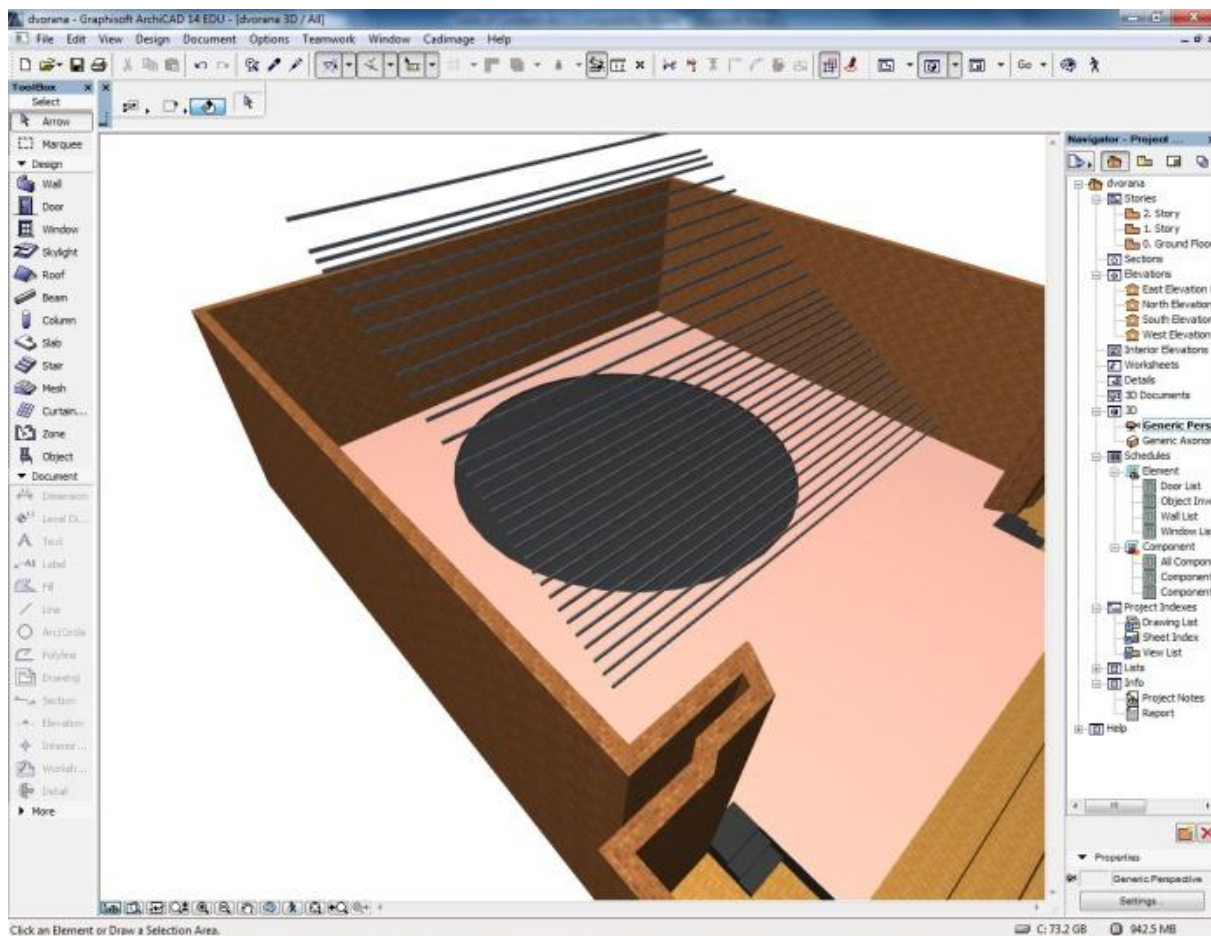
Slika 30: Sedeži v parterju v 3D

Nato sem se posvetil odru. Oder je sestavljen iz več delov, na sredini odra je okrogla plošča, imenovana rotacija, ki se vrti, na njej so pa lahko postavljene scene. Pred odrom je proscenij, sestavljen iz treh premičnih plošč, ki se lahko spuščajo do 1,87 m pod nivojem odra. Ta prostor je namenjen predvsem manjšim orkestrom, ki skrbijo za zvočno spremljavo ob kakšnih predstavah.

Na odru so najpomembnejši element vleki, na katerih so obešene scene in luči. Skupaj je 31 vlekov, od tega je 6 vlekov namenjenih izključno lučem, dva vleka sta namenjena kino platnu, ostali pa so namenjeni obešanju scen. Vleki se lahko spustijo do vsega 1,67 m, najvišja višina, ko se dvignejo pa znaša 8,30 m. Nosilnost teh vlekov znaša maksimalno 300 kg. Vleke sem modeliral z orodjem Beam. Na sliki 32 je prikazan tlorisni prikaz odra z vleki, na sliki 33 pa ista situacija v 3D.



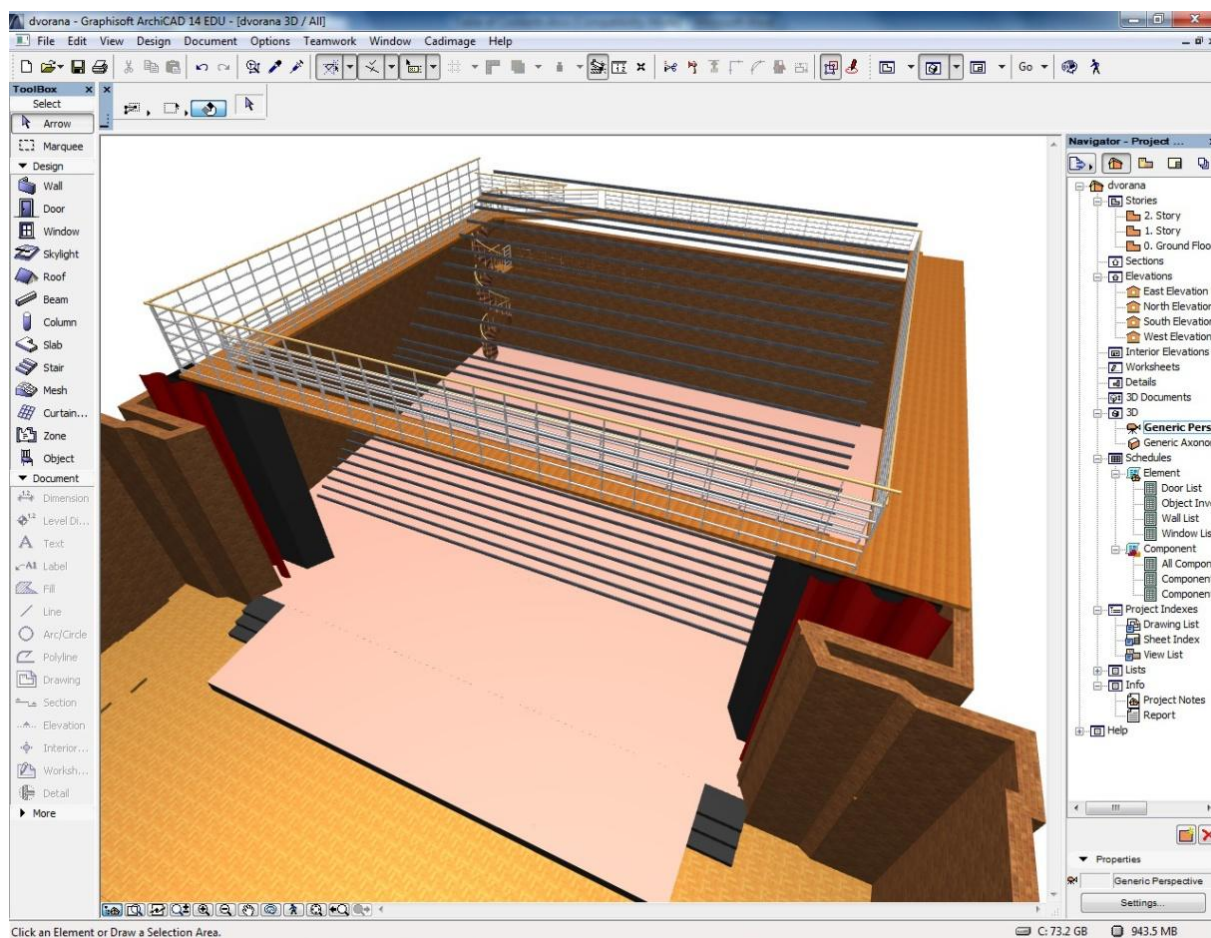
Slika 31: Tlorisni pogled na vleke



Slika 32: 3D pogled na vleke. Zaradi boljše vidljivosti so postavljeni diagonalno

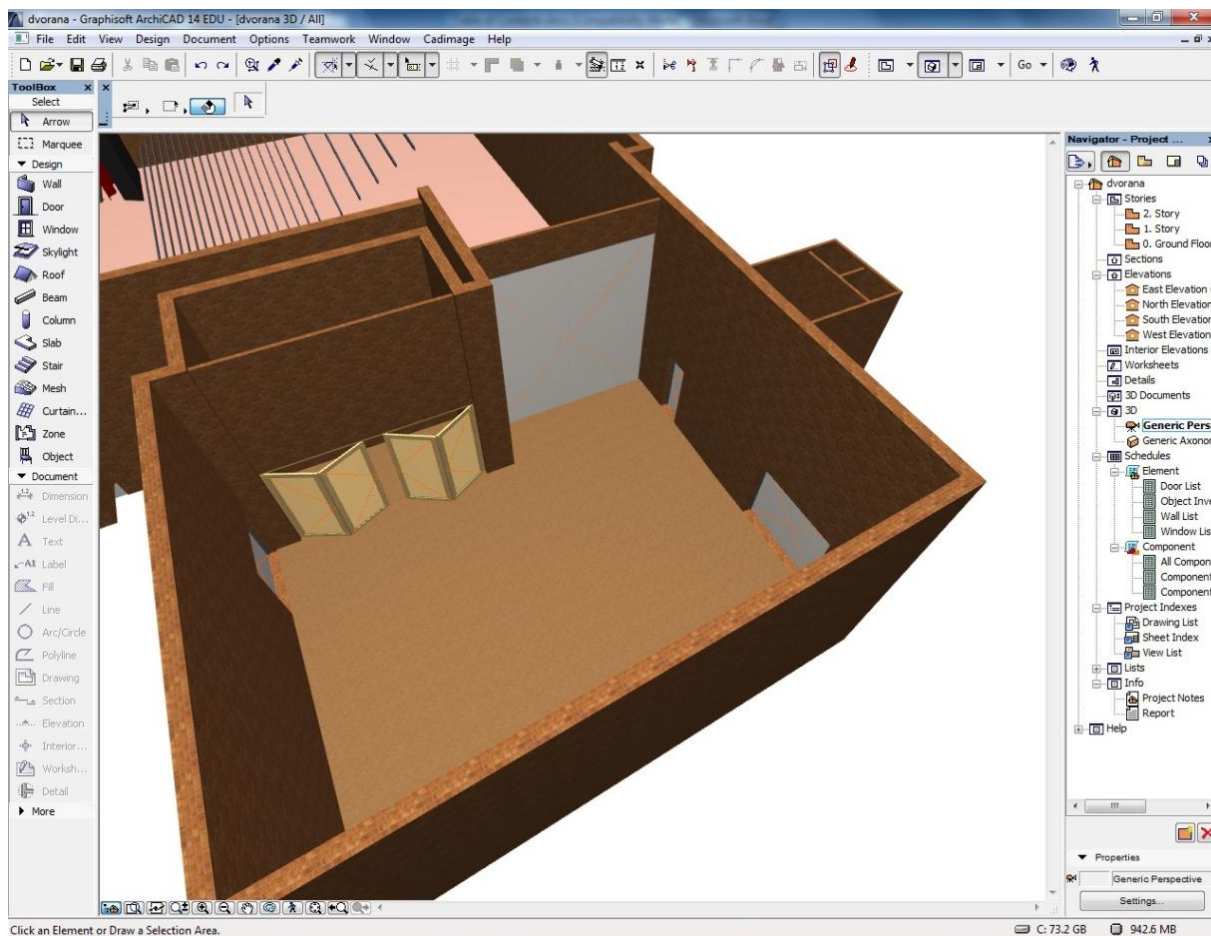
Mejo med odrom in proscenijem predstavljajo zavesa in portalna stebra. Portalna stebra sta del stene ob odrski odprtini in sta premična. Tako lahko scenografi v dvorani zožijo ali razširijo pogled na oder. Razmik med portalnima stebroma je lahko med 8,00 in 13,00 m. Modeliral sem jih z orodjem za stebre (Column). Zaveso sem zmodeliral s pomočjo orodja Object, kjer sem priredil že pripravljen objekt valovite strešne obloge, ga povečal in opremil s podatki o zavesi.

Na zadnjem delu odra je na levi strani stopnišče, ki vodi v galerijo nad odrom, sestavljeno pa je iz dveh delov, saj se na približno polovici stopnišča da priti še na manjši balkon med odrom in galerijo. Galerija poteka vse okrog odra. Modeliranje stopnišča je potekalo s pomočjo orodja Stair, balkon in galerijo pa sestavljajo plošče in ograje. Rezultat modeliranja odra do te faze je prikazan na sliki 34.



Slika 33: 3D pogled na skoraj končan oder

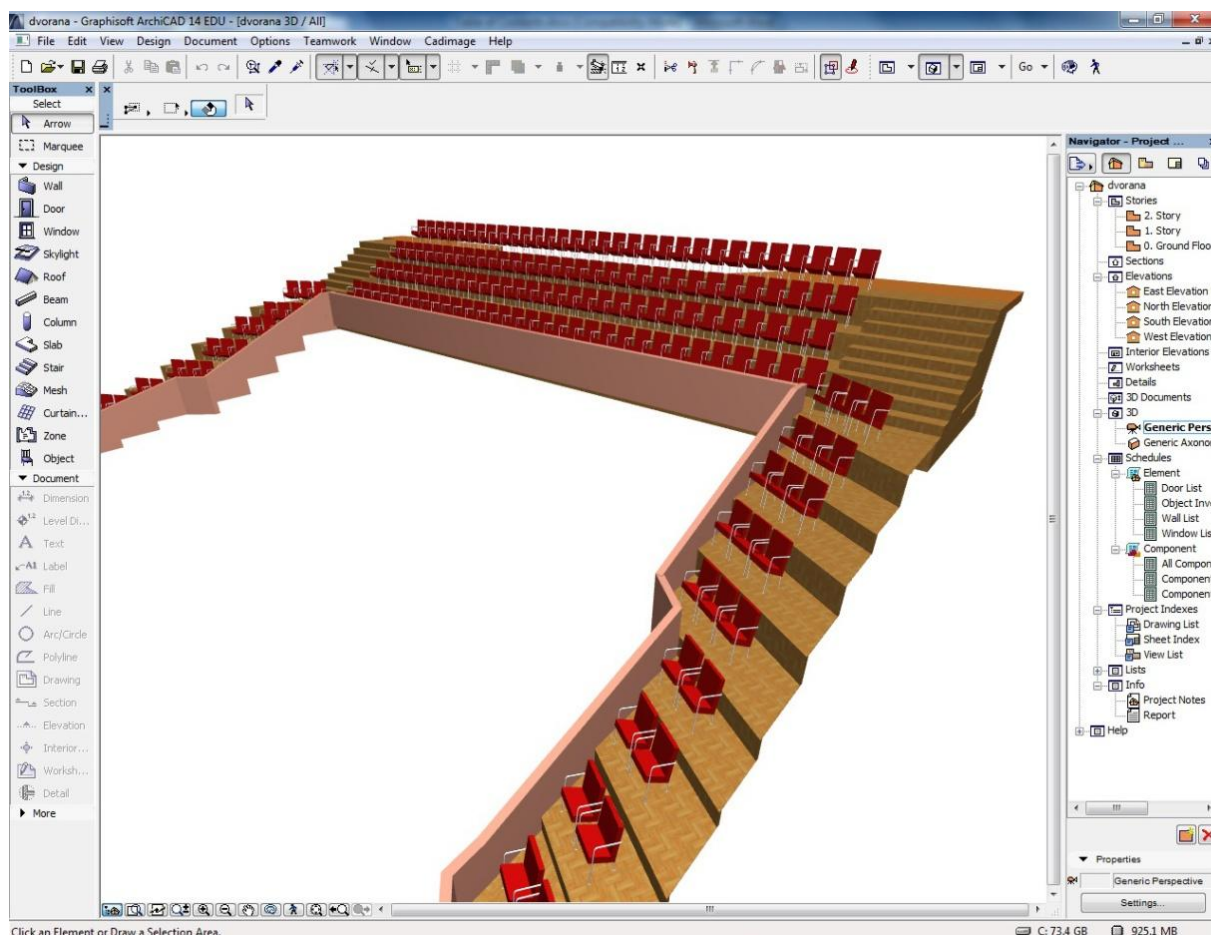
Na desni strani odra se nahaja pomožna soba oziroma skladišče s tovornim dvigalom za dostavo raznih predmetov, scen, in podobnega. Glavni poudarek pri tej sobi je nosilnost in dimenzije dvigala. Dvigalo ima zložljiva drsna vrata, ki so široka 5,49 m, odprejo pa se do širine 3,90 m, višina vrat je 2,80 m, dvigalo pa ima največjo dovoljeno nosilnost 5 ton. Iz te pomožne sobe imamo tudi dostop do sobe za preoblačenje. Na sliki 35 je prikaz pomožne sobe z dvigalom v 3D.



Slika 34: Pogled na pomožni prostor – skladišče, s tovornim dvigalom

4.6.3 Modeliranje balkona

Podobno kot modeliranja pritličja, sem se lotil modeliranja balkona najprej s stenami. Uporabil sem tloris balkona in po njem modeliral stene. Tlorisa pritličnih in balkonskih sten se nista ujemala, kar kaže na neskladje sten oziroma, da stene niso popolnoma navpične, ampak rahlo nagnjene. Nato sem podobno kot v pritličju izdelal stopnice za stole in na njih položili stole. To je veljalo za podolgovate vrste na zgornjem delu balkona. Modeliranje stranskih vrst balkona pa je potekalo malo drugače. Vrste potekajo ob stenah, se spuščajo in stopnice potekajo pod kotom 30°. Tako sem te stopnice izdelal s pomočjo sten in plošč (Wall in Slab orodja). Podobno kot v pritličju, se tudi na balkonu za zadnjo vrsto nahajajo dve sobici, ki sta pa namenjeni avdio in video snemanju ter za televizijske in radijske prenose. Na sliki 36 so poleg samega balkona prikazani tudi stoli in stopnice.

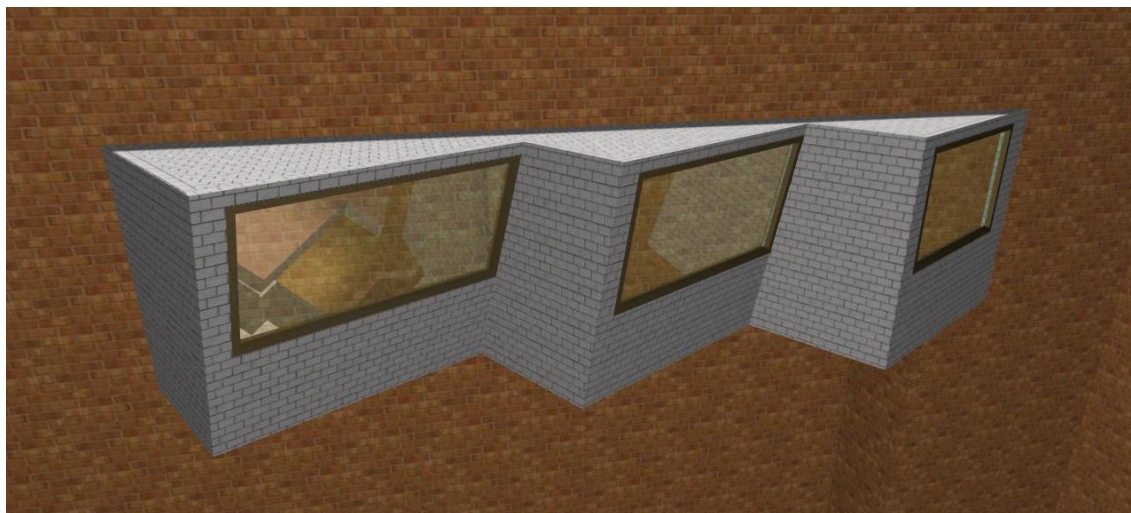


Slika 35: Prikaz stopnic balkona in postavitve sedežev

4.6.4 Modeliranje stropnih elementov

Pod stropne elemente se štejejo predvsem dve stvari, lučni most in kabine na levi in desni steni dvorane. Lučni most je most nad dvorano, na katerem so postavljene razne scenske luči in reflektorji. Razdeljen je na dva dela, na lučni most 1 in lučni most 2. Povezava obeh mostov poteka po desni strani, zaključi se pa s stopniščem, ki vodi na galerijo nad odrom.

Pod stropne elemente štejemo tudi kabine na levi in desni steni dvorane, namenjene prevajanju. Modeliranje teh kabin je bil pravi mali izziv, saj stene niso pravokotne med seboj, nekatere stene so nagnjene in odsekane. Z malo brskanja po internetu in raznih forumih se je izkazalo, da program s takšnimi stenami sploh nima problemov in sem kabine lahko brez problema modeliral. Kjer sta povezani ravna in nagnjena stena, program samodejno izdelava povezavo zgornjega in spodnjega dela stene ter steni pravilno spoji skupaj. V poševne stene sem lahko tudi brez problema vstavil okna, saj objekt sam zazna naklon stene in se prilagodi. Končni izgled kabin je viden na sliki 37.



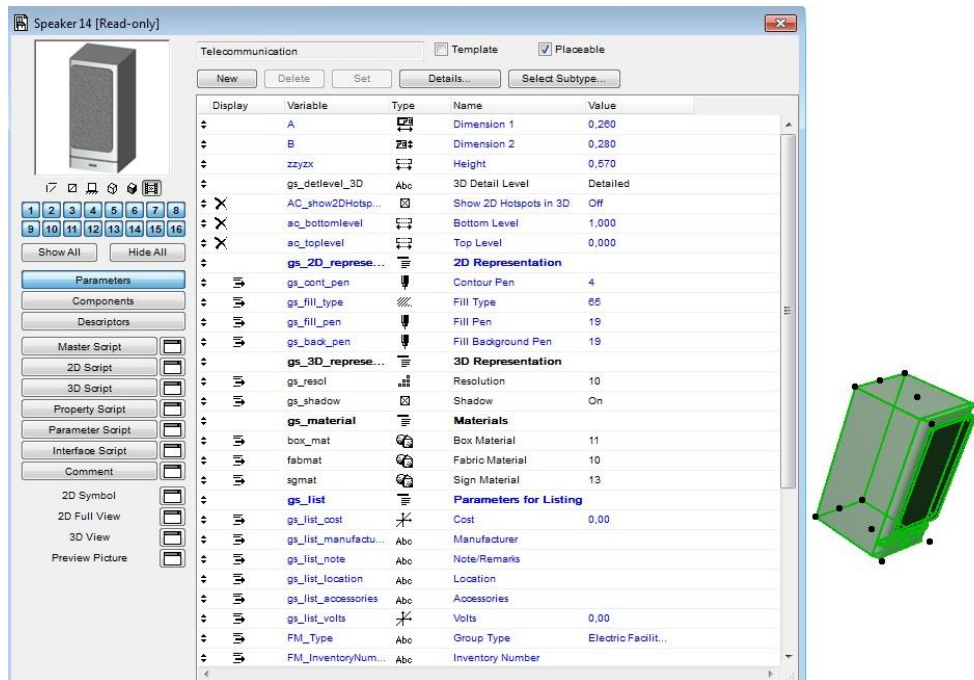
Slika 36: Kabine za prevajanje ob straneh dvorane

Kot zadnje bi v okviru stropnih elementov omenil še luči, ki se nahajajo na stropu. Njihovo modeliranje je potekalo z orodjem Lamp.

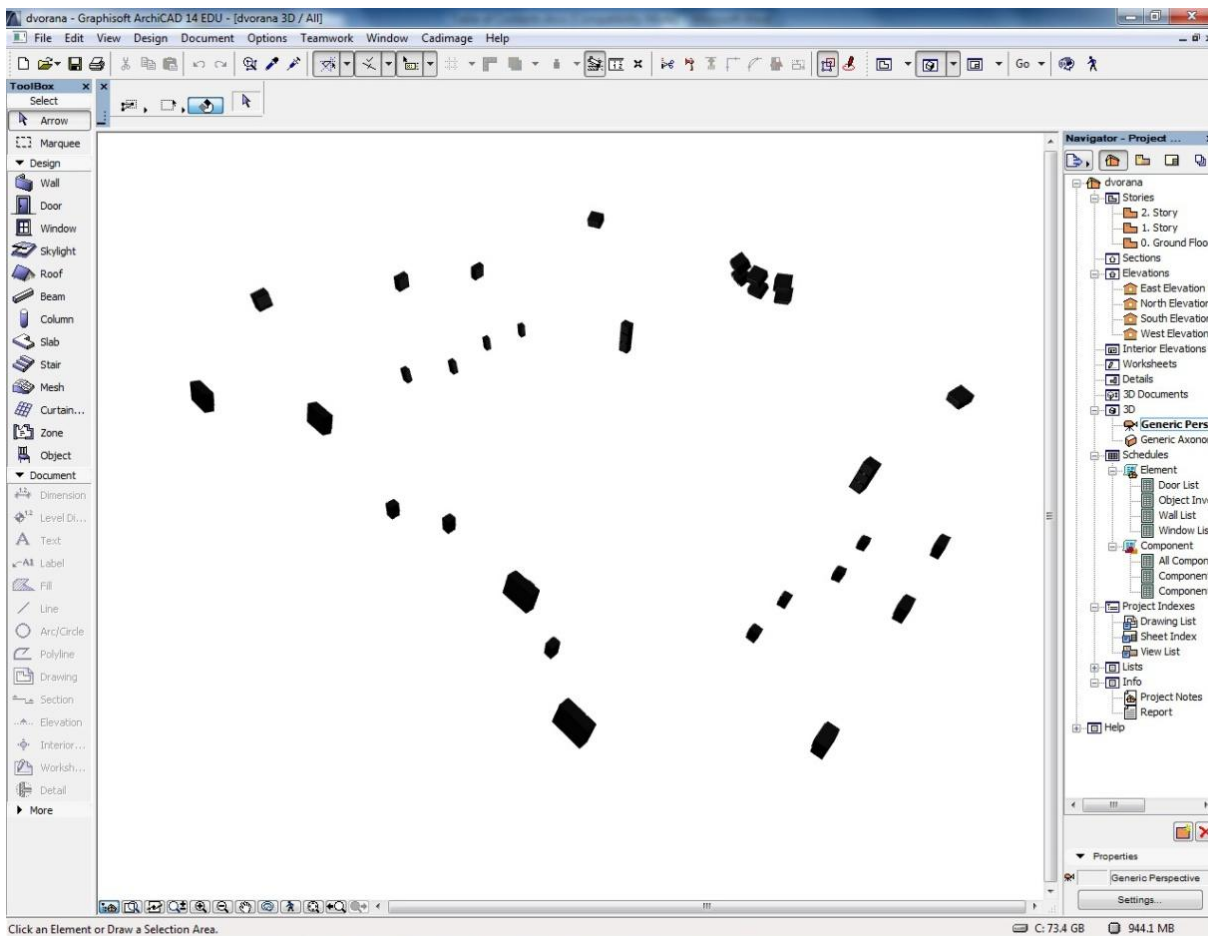
4.6.5 Modeliranje ostalih elementov

Ko je bilo modeliranje glavnih elementov dvorane končano, sem se posvetil podrobnostim. Med podrobnosti štejem vse zvočnike, projektorja, vrata, okna, ograje, zvočne obloge in razne luči po dvorani.

V dvorani je veliko zvočnikov, različnih dimenzij in jakosti. Modeliranje je potekalo s pomočjo orodja Object, delno sem pa priredil nekatere zvočnike kar v GDL zapisu. Tu sem nastavljal predvsem nagib zvočnika, ker se ga direktno v 3D pogledu ne da. Rezultat nagiba zvočnika je viden na sliki 38. Podobno kot zvočnike sem uredil tudi dva projektorja v dvorani, enega za odrom in enega na zadnjem delu parterja. Na sliki 39 je viden samo podatkovni sloj z zvočniki. Na sliki vidimo, da je večino zvočnikov usmerjeno proti središču dvorane.



Slika 37: GDL objekt za zvočnik



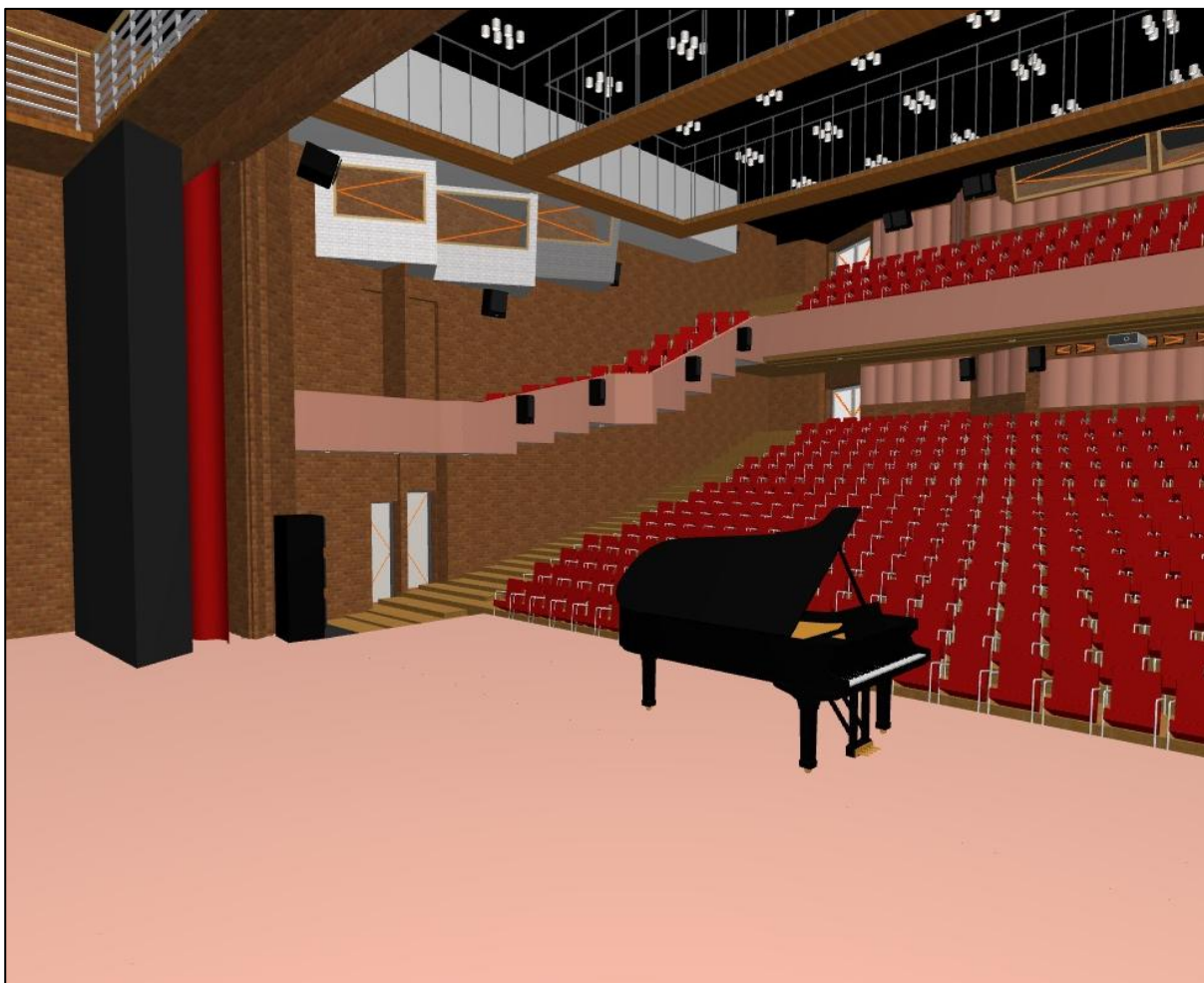
Slika 38: Zanimiv prikaz postavitve zvočnikov v dvorani

Z orodjem Door sem izdelal vsa vrata, ki se nahajajo v dvorani. Delo s tem orodjem je enostavno, saj v program vnesemo podatke o vratih (dimenzije, odmiki, materiali, opisni podatki ...) in jih nato vstavimo v steno. Ob tem program samodejno izdela odprtino v steni in poskrbi, da vrata ne lebdijo v zraku, ampak so vdelana v steno. Podoben postopek je pri modeliranju oken z orodjem Window. V pogovornem oknu z lastnostmi vstavimo vse podatke in program samodejno vstavi okno v steno. Tako okna kot vrata lahko vstavljamo in premikamo po steni tudi v 3D pogledu – slika 40.



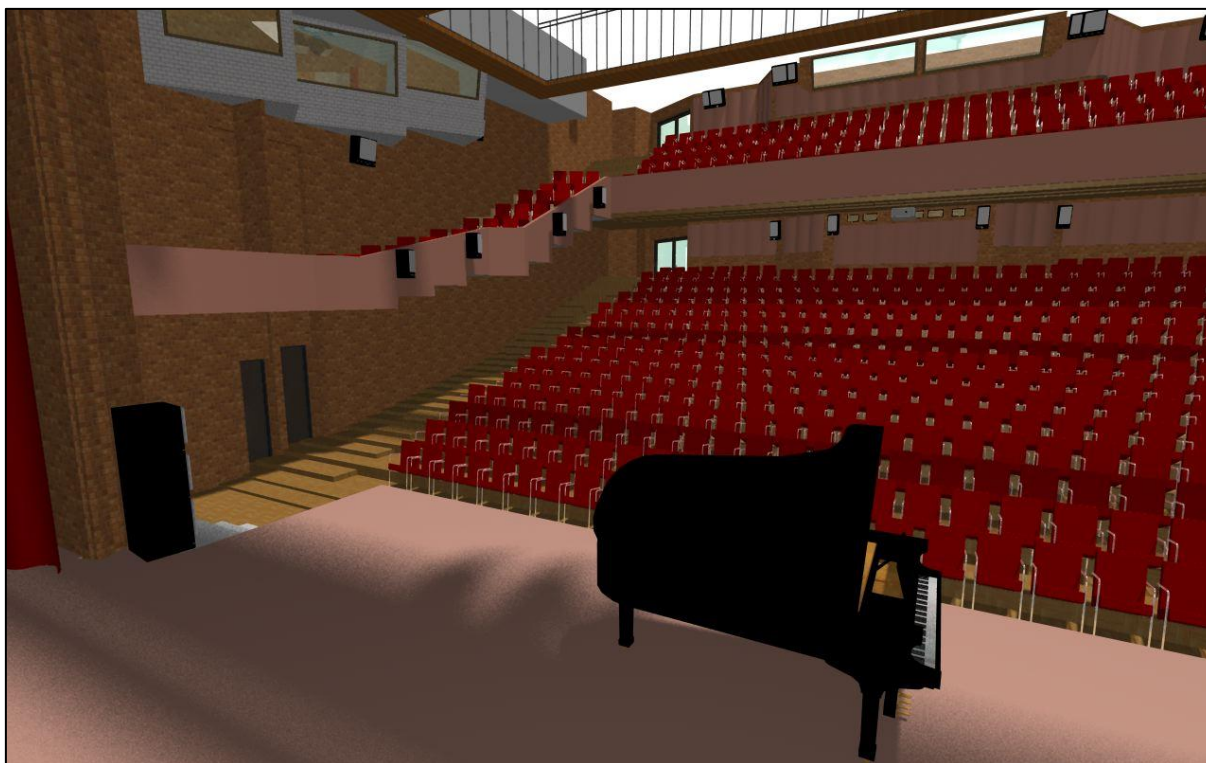
Slika 39: Vstavljanje vrat v stene

Pri modeliranju ograj v dvorani bi izpostavil predvsem ograjo na balkonu, ki je za razliko od ostalih nisem izdelal z orodjem Object, ampak z orodjem Wall. Razlog temu je, da je ograja zgoraj poševna, spodaj pa stopničasta. Modeliranja sem se lotil tako, da sem najprej izpolnil spodnji pogoj (stopničasta osnova ograje), nato pa s pomočjo orodja za upravljanje s telesi (Solid Element Operations) na zgornji strani ograje izvedel operacijo grafičnega odštevanja (Subtraction). Tako sem dobil gladko poševno ploskev zgornjega dela ograje. Z orodjem za upravljanje s telesi lahko poleg odštevanja izvedemo še odštevanje z izvlečenjem navzgor ali navzdol, presek in seštevanje.



Slika 40: Končen rezultat modeliranja

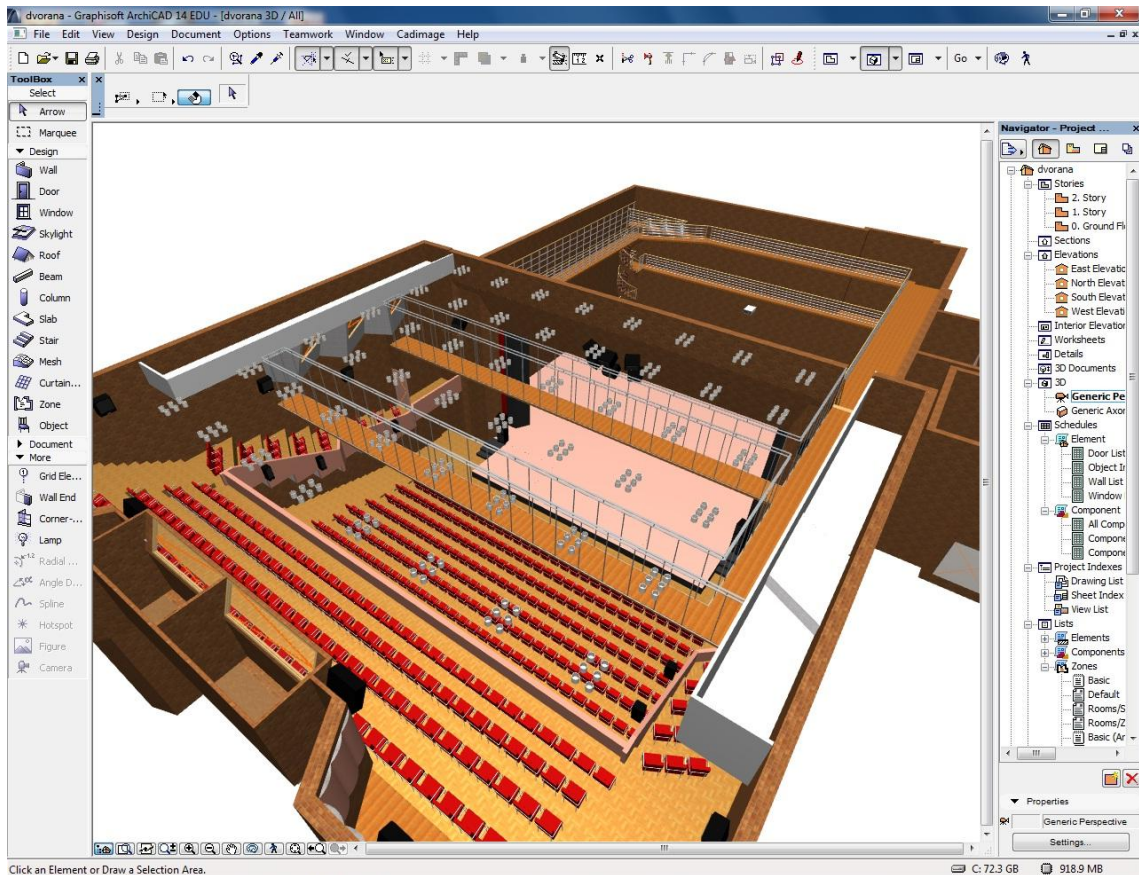
Med zadnjimi stvarmi, ki sem jih modeliral, so bile posebne zvočne obloge na zadnji steni v dvorani. Gre za polkrožne podolgovate elemente, ki sem jih izdelal s pomočjo orodja Column, saj ti elementi spominjajo na stebre. Izdelal sem jih s pomočjo možnosti izdelave poljubnih profilov stebrov. Na sliki 41 vidimo končen rezultat modeliranja. Samemu modelu je samo zaradi vizualnega izgleda dodan tudi klavir. Slike 42, 43 in 44 so pogledi iz različnih točk po dvorani. Slika 45 predstavlja končni izgled tlorisa dvorane, na nivoju odra.



Slika 41: Pogled iz odra Linhartove dvorane Cankarjevega doma

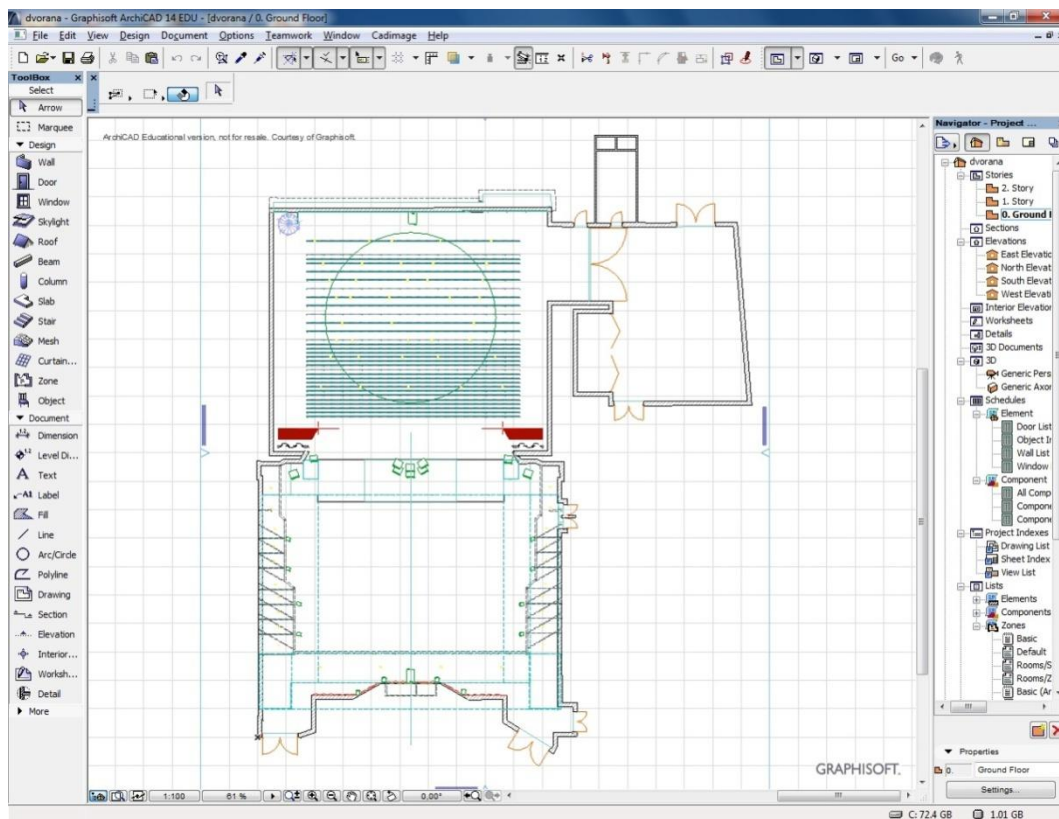


Slika 42: Pogled iz balkona Linhartove dvorane Cankarjevega doma



Click an Element or Draw a Selection Area.

Slika 43: Pogled na dvorano



Slika 44: Tlorisni pogled izdelanega modela

5 UPORABA INFORMACIJSKEGA MODELA LINHARTOVE DVORANE CANKARJEVEGA DOMA

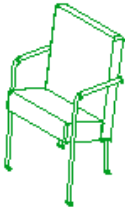
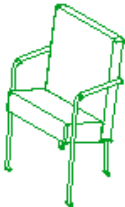

Z izdelanim informacijskim modelom Linhartove dvorane Cankarjevega doma se pojavi vprašanje uporabnosti le-tega. Model BIM ima, za razliko od kakšnega navadnega 3D modela namenjenega izključno vizualni predstavitvi, mnogo prednosti. Med drugim se lahko (tako kot pri vizualnemu modelu) prosto pomikamo po modelu, si ga ogledujemo z vseh strani in vseh pogledov ter poljubno približujemo in oddaljujemo pogled. Kot omenjeno, lahko to počnemo z večino modelov, ki so namenjeni samo vizualni predstavitvi. Kakšna je torej uporabnost modela BIM, ki upraviči dodatno delo na projektu in s tem višjo ceno?

Verjetno najpomembnejši dejavnik, ki gre v korist informacijskega modeliranja je podatkovna baza, ki stoji v ozadju. Za razliko od vizualnih modelov, kjer definiramo predvsem oblike, so pri informacijskemu modeliranju v ospredju podatki oziroma atributi. Zaradi njih lahko iz modela zgradbe poleg različnih pogledov zelo preprosto dobimo tudi veliko informacij o zgradbi, njenih sestavnih delih in opreми.

V mojem primeru – Linhartova dvorana Cankarjevega doma – je zelo uporabna funkcija, ki jo omogoča BIM, prikaz števila različnih objektov (predmetov) v njem. Tako lahko v zelo kratkem času dobimo podatek o številu vseh stolov, podatek o številu zvočnikov in luči, ograjah, kar je vidno na sliki 46 in 47.

Object Name	Quantity	Length (A)	Width (B)	Height (Z Size)	2D Symbol	3D Front Axonometry
Armchair 03_14	616	0.460	0.460	0.910		
Corrugated Sheet Va...	2	18.710	0.300	6.700		
Corrugated Sheet Va...	2	2.220	0.300	6.700		
Cylinder 14	1	0.000	12.000	0.100		
Piano 14	1	1.500	2.500	1.050		
Precast Beam Rect	31	14.990	0.050	0.100		
Projector 14_1	1	0.559	0.899	0.239		
Projector 14_2	1	0.559	0.810	0.239		
Rail Twisted 14	1	0.835	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	1.010	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	2.563	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	4.331	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	4.354	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	11.645	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	13.498	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	15.140	0.050	1.900		
Rail Twisted 14	1	15.354	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	15.550	0.050	1.020		
Rail Twisted 14	1	16.556	0.050	1.900		
Rail Twisted 14	1	17.519	0.050	1.020		
Railing Vertical 14	1	0.863	0.060	1.930		
Railing Vertical 14	1	0.868	0.060	1.930		
Railing Vertical 14	1	4.435	0.060	1.930		
Railing Vertical 14	1	4.615	0.060	1.930		
Railing Vertical 14	1	16.517	0.060	1.930		
Railing Vertical 14	3	15.733	0.060	1.930		
Recessed Spot 14	72	0.050	0.050	0.015		
Recessed Spot 14	288	0.150	0.150	0.150		
Speaker 14	1	0.238	0.299	0.570		
Speaker 14	3	0.514	0.430	0.570		
Speaker 14	3	0.580	0.540	0.570		
Speaker 14	7	0.238	0.300	0.570		
Speaker 14_1	3	0.580	0.559	0.400		
Speaker 14_2	3	0.580	0.559	0.400		
Speaker 14_3	2	0.582	0.560	0.354		
Spotlamp Ceiling 14	38	0.105	0.150	0.205		
Stair Spiral RC 14	1	1.500	1.500	2.580		
Stair Spiral RC 14	1	1.500	1.500	4.020		
Stair Straight 14	1	1.500	0.784	1.783		
zvočnik1	4	0.250	0.280	0.570		

Slika 45: Samodejno generirana preglednica vseh predmetov, ki so v Linhartovi dvorani

Object Inventory		20.11.2011	
Armchair 03 14 	Width:	0,45 m	171 piece(s)
	Length:	0,40 m	
	Height:	0,81 m	
	User ID	Stol balkon	
	Material	GENERAL	
Armchair 03 14 	Width:	0,45 m	445 piece(s)
	Length:	0,40 m	
	Height:	0,81 m	
	User ID	Stol parter	
	Material	GENERAL	
Corrugated Sheet Vert 14 	Width:	2,22 m	2 piece(s)
	Length:	0,30 m	
	Height:	0,70 m	
	User ID	Zavesa zaprta	
	Material	GENERAL	

Slika 46: Podrobnejši prikaz predmetov

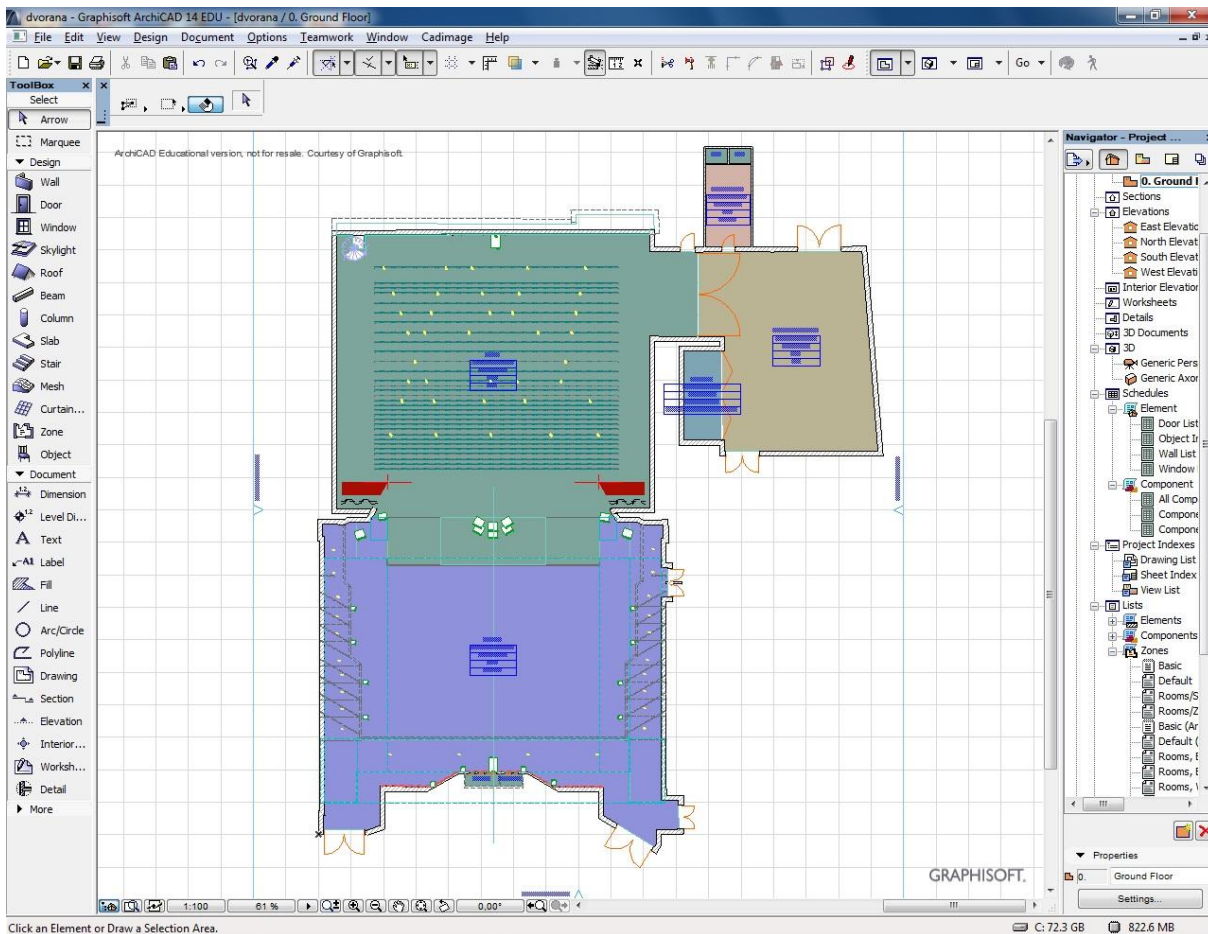
S pomočjo takšnih preglednic lahko z lahkoto ugotovimo točno število posameznih predmetov oziroma elementov v dvorani: na primer v dvorani je 616 stolov, od tega je 445 stolov v parterju in 171 na balkonu. Poleg števila stolov bi omenil še naslednje podatke: v dvorani je 31 vlekov, 40 zvočnikov (različnih jakosti – ker je bilo bistvo naloge samo predstaviti tehnologijo informacijskega modeliranja sem delal z namišljenimi atributi, zato smatram da natančnejšo navajanje jakosti zvočnikov v tej fazi ni potrebno) in 398 luči (od tega 38 na vlekih, 288 na stropu in 72 po dvorani).

Poleg seznama vseh predmetov lahko na praktično enak način pridobim podatke o površinah prostorov, kvadraturah sten oziroma, še verjetno bolj uporabno, o količinah in volumnih materialov iz katerih je zgrajena dvorana. Vrednosti v tabeli (slika 48) so zgolj informativni prikaz zmožnosti izračuna oziroma izpisa količin, saj sem kot prej omenjeno za izdelavo modela uporabil namišljene in ne realne attribute oziroma podatke.

Wall Type	Volume [m³]	Thickness [m]	Height [m]	Area [m²]	Perimeter [m]	Length on Ref. Side [m]	Surface on Ref. Side [m²]
Masonry Block	3,13	0,300	4,260	0,73	5,62	2,60	11,07
Masonry Block	3,13	0,300	4,260	0,74	5,55	2,41	7,00
Masonry Block	3,16	0,300	6,573	0,62	4,97	1,76	8,54
Masonry Block	3,37	0,300	6,573	0,51	4,16	1,76	11,58
Masonry Block	3,93	0,300	6,573	0,84	6,32	2,60	11,82
Masonry Block	3,96	0,300	2,590	1,53	11,05	4,80	12,44
Masonry Block	4,15	0,300	6,685	0,70	5,27	2,34	13,20
Masonry Block	4,42	0,300	1,766	2,50	17,36	8,50	15,02
Masonry Block	4,63	0,300	6,440	0,72	5,64	2,40	15,43
Masonry Block	4,69	0,300	6,573	0,71	5,53	2,41	15,86
Masonry Block	4,75	0,300	4,260	1,12	8,28	3,72	15,83
Masonry Block	4,81	0,300	6,440	0,75	5,82	2,49	16,02
Masonry Block	4,95	0,300	6,036	0,82	6,32	3,04	18,35
Masonry Block	4,97	0,300	6,685	0,83	6,26	2,92	17,45
Masonry Block	5,04	0,300	6,685	0,75	5,88	2,52	16,16
Masonry Block	5,07	0,300	6,685	0,76	5,91	2,53	16,26
Masonry Block	5,24	0,300	6,036	0,87	6,66	3,21	19,37
Masonry Block	5,33	0,300	4,260	1,64	11,73	5,25	15,30
Masonry Block	5,54	0,300	6,685	0,83	6,27	2,92	19,46
Masonry Block	6,12	0,300	6,573	1,18	8,66	3,70	18,81
Masonry Block	7,38	0,300	4,260	1,73	12,14	5,77	24,46
Masonry Block	7,57	0,300	4,260	1,78	12,57	5,77	24,54
Masonry Block	8,24	0,300	1,348	6,37	43,07	21,23	27,40
Masonry Block	9,55	0,300	4,260	2,24	15,54	7,47	31,71
Masonry Block	9,67	0,300	6,685	1,70	12,05	5,53	31,30
Masonry Block	10,28	0,300	2,330	4,41	30,27	14,71	34,27
Masonry Block	11,46	0,300	2,590	4,43	30,34	14,74	38,18
Masonry Block	11,63	0,300	6,685	1,74	12,45	5,50	36,77
Masonry Block	11,69	0,300	2,900	4,03	27,48	13,44	38,87
Masonry Block	11,76	0,300	2,900	4,05	27,63	13,51	39,19
Masonry Block	12,14	0,300	4,260	2,85	19,72	9,35	39,58
Masonry Block	13,76	0,300	2,201	24,85	41,15	19,29	45,86
Masonry Block	18,23	0,300	6,685	2,92	20,36	9,43	58,66
Masonry Block	20,16	0,300	6,573	3,67	25,31	12,53	41,75
Masonry Block	20,46	0,300	6,440	3,18	22,03	10,59	68,19
Masonry Block	25,39	0,300	6,685	3,80	26,17	12,36	82,62
Masonry Block	25,94	0,300	4,420	5,87	39,97	19,26	85,13
Masonry Block	27,13	0,300	6,573	5,06	34,58	17,17	87,14
Masonry Block	33,00	0,300	6,440	5,14	35,10	16,83	108,36

Slika 47: Samodejno generirana preglednica materialov, ki so v Linhartovi dvorani

Sam program omogoča tudi razdelitev projekta oziroma zgradbe na dele – sobe, kar naredi celoten projekt bolj obvladljiv, saj se lahko ob velikem projektu in velikih količinah podatkov hitro izgubimo. Če pa je projekt razdeljen na dele, ki pa so vseeno med sabo povezani, lahko z lahkoto dobimo bolj natančne podatke vezane na prostor. Razdelitev na prostore lahko vidimo na sliki 49.



Slika 48: Razdelitev Linhartove dvorane na posamezne dele

Rooms by stories							20.11.2011
Story	Room		R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area	
1. Story	002	Balkon	4,26 m	109,86 m	0,00 m ²	153,24 m ²	
	013	Light Booth	2,00 m	8,65 m	0,00 m ²	3,46 m ²	
	014	Sound Booth	2,00 m	8,64 m	0,00 m ²	3,46 m ²	
	015	Galerija	1,90 m	139,50 m	0,00 m ²	74,10 m ²	
1. Story	total			266,65 m	0,00 m²	234,26 m²	
2. Story							
	017	Lucni most	1,80 m	90,11 m	0,00 m ²	37,30 m ²	
2. Story	total			90,11 m	0,00 m²	37,30 m²	
Ground Floor	001	Parter	5,94 m	95,30 m	417,69 m ²	318,64 m ²	
	003	Oder	8,84 m	87,64 m	299,73 m ²	386,39 m ²	
	004	Pomožna soba	6,18 m	45,94 m	228,99 m ²	118,84 m ²	
	005	Garderoba	3,50 m	15,71 m	52,95 m ²	14,14 m ²	
	005	WC	5,00 m	4,50 m	15,51 m ²	1,21 m ²	
page 1							

Rooms by stories							20.11.2011
Story	Room		R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area	
	005	WC	5,00 m	4,50 m	15,51 m ²	1,21 m ²	
	006	Dvigalo	2,80 m	15,59 m	28,29 m ²	12,63 m ²	
	008	Video	5,00 m	5,66 m	10,25 m ²	1,60 m ²	
	009	Cinema	5,00 m	4,14 m	6,45 m ²	1,01 m ²	
Ground Floor	total			278,98 m	1.075,37 m²	855,67 m²	
For all stories	total			635,74 m	1.075,37 m²	1.127,23 m²	

Slika 49: Popis tlorisnih površin prostorov v Linhartovi dvorani Cankarjevega doma

Na sliki 50 vidimo, da lahko s pomočjo informacijskega modela brez problema pridobimo tudi podatke o tlorisnih površinah prostorov, ki smo jih določili. Tlorisni podatki so zelo pomembni pri ravnanju z nepremičninami. Tako lahko ugotovimo, da je tlorisna površina odra 386,39 m², tlorisna površina parterja 318,64 m², tlorisna površina balkona 153,24 m² in neto tlorisna površina celotne dvorane 1127,23 m².

Možna uporaba modela v smislu upravljanja s stavbo obsega še mnogo več stvari, kot je naštetu v prejšnjem poglavju. Izdelava seznamov je osnovna funkcija, ki jo omogoča že sam program v katerem sem modeliral – ArchiCAD. Za upravljanje s stavbo obstaja specializirana programska oprema, ki pa je žal nisem mogel dobiti, saj je v Sloveniji FM še manj razširjen kot BIM.

6 Zaključek

V nalogi nas je zanimalo, kako izdelati informacijski model zgradbe na podlagi podatkov, pridobljenih s 3D terestričnem laserskim skeniranjem in ta model uporabiti v namen upravljanja s stavbo (Facility Managment). Kot predmet raziskave je bila izbrana Linhartova dvorana Cankarjevega doma. Tehnologija BIM se je v tujini že močno uveljavila, zdaj pa počasi prodira tudi k nam. V nalogi nas je predvsem zanimalo, kako povezati tehnologiji terestričnega laserskega skeniranja in informacijskega modeliranja zgradb.

Prvi del naloge predstavlja opis terestričnega laserskega skeniranja, opis same tehnologije, postopka izmere, uporabljenega skenerja, prednosti takšnega postopka zajema prostorskih podatkov in opis snemanja Linhartove dvorane Cankarjevega doma. Rezultat tega dela predstavlja oblak točk, ki zajema kar 66,5 milijonov točk. Podatke sem dobil od podjetja DFG CONSULTING d.o.o.. Po zajemu točk je bilo potrebno oblak točk urediti in izdelati 2D prereze. Ta korak je bil izveden z lastno programsko opremo podjetja DFG CONSULTING d.o.o.

Drugi del naloge predstavlja dejansko izdelavo informacijskega modela zgradbe za Linhartovo dvorano. Predstavljen je program ArchiCAD, njegova zgodovina in lastnosti trenutne verzije ArchiCAD 14, podjetja Graphisoft, enega vodilnih proizvajalcev programske opreme na področju BIM-a. Modeliranje je sestavljeno iz štirih sklopov: modeliranje parterja in odra, modeliranje balkona, modeliranje stropnih elementov in modeliranje ostalih elementov.

Na podlagi raziskovalnega dela diplomske naloge sem izdelal 3D informacijski model Linhartove dvorane Cankarjevega doma. Z uspešno narejenim modelom stavbe in dodajanjem atributov elementov v bazo podatkov sem ustvaril uporaben primer informacijskega modela. S tem sem potrdil svoj raziskovalni cilj, da lahko na že obstoječem objektu, z zajemom podatkov s 3D laserskim skeniranjem, izdelamo informacijski model zgradbe, ki ga lahko uporabimo tudi za upravljanje le te.

Nadalje je predstavljena še možna uporaba informacijskega modela, vendar z omejenimi ugotovitvami, ker se za pridobitev primerne programske opreme nismo mogli dogovoriti.

Viri

Cerovšek, T. 2010. Informacijsko modeliranje zgradb (BIM). *Gradbeni vestnik* 59, 3.:71-72.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. 2008. *BIM handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey, John Wiley & Sons: 485 str.

Hardin, B. 2009. *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. Indiana, Wiley Publishing: 329 str.

Kogoj, D. 2005. *Merjenje dolžin z elektronskimi radaljemeri*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Krygiel, E., Nies, B. 2008. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Indiana, Wiley Publishnig: str 25-51 in 209-226.

Carmona, J., Irwin, K. 2007. *BIM: Who, What, How And Why*. Building Operating Management. <http://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-Who-What-How-and-Why--7546> (Pridobljeno 14.7.2011.)

Freeman, S., 2009. *FM Issue: Demystifying BIM*. <http://www.todaysfacilitymanager.com/articles/fm-issue-demystifying-bim.php> (Pridobljeno 14.7.2011.)

Khemlani, L. 2011. *BIM for Facilities Management*. AECbytes. <http://www.aecbytes.com/feature/2011/BIMforFM.html> (Pridobljeno 17.11.2011.)

National Institute of Building Sciences, 2007. *National building information modeling standard. Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies*. United States, National Institute of building sciences: 183 str. http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf (Pridobljeno, 10.10.2011.)

Graphisoft, 2011. <http://www.graphisoft.com/> (Pridobljeno 25.8.2011.)

Inpro 22, inovativno projektiranje, 2011. <http://www.inpro-projektiranje.si/projektiranje.html> (Pridobljeno 14.5.2011.)

National Institute of Building Sciences, 2011 http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf (Pridobljeno 10.10.2011.)

NBC, 2011. <http://www.thenbs.com/topics/BIM/articles/nbsNationalBimSurvey.asp> (Pridobljeno 25.8.2011.)

Pilon AEC, 2011.

<http://www.pilon.si/> (Pridobljeno 25.8.2011.)

Riegl USA, 2011.

<http://www.rieglusa.com/products/terrestrial/vz-400/general.shtml> (Pridobljeno 29.6.2011.)

SDGI – Slovensko društvo za gradbeno informatiko, 2011.

<http://www.sdgi.si/bim> (Pridobljeno 15.7.2011.)

Spatial Resources. Terestrično lasersko skeniranje, 2011

<http://www.spatialresources.com/id76.html> (Pridobljeno 12.7.2011.)

Issa, R., Suermann, P., Olbina, S. 2009. Use of building information models in simulations.

<http://www.informs-sim.org/wsc09papers/257.pdf> (Pridobljeno 12.7.2011.)

Wikipedia, 2011.

http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

Vitteri, M. 2009. Your BIM Options: Archicad or Revit? Mellisa Vitteri blog, objavljeno 25.11.2009.

<http://vitteri.blogspot.com/2009/11/your-bim-options-archicad-or-revit.html> (Pridobljeno 10.6.2011.)