

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Nadarević, D., 2015. Primer izdelave modela 5D BIM. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Cerovšek, T.): 55 str.

Datum arhiviranja: 03-03-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Nadarević, D., 2015. Primer izdelave modela 5D BIM. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Cerovšek, T.): 55 pp.

Archiving Date: 03-03-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

**DAMIR NADAREVIĆ**

**PRIMER IZDELAVE MODELA 5D BIM**

Diplomska naloga št.: 83/OG-MO

**A USE CASE OF THE DEVELOPMENT OF 5D BIM**

Graduation thesis No.: 83/OG-MO

**Mentor:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

Ljubljana, 27. 02. 2015

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Damir Nadarević izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»Primer izdelave modela 5D BIM« .

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, februar 2015

Damir Nadarević

**BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>004.2:624.04:728:3(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Damir Nadarević</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Tomo Cerovšek</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Primer izdelave modela 5D BIM</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>55 str., 1 pregl., 41 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>BIM, ArchiCAD, Vico Control, model 5D, ciklogram, gantogram, simulacije 4D, planiranje na osnovi modelov, TeklaBIMsight, Solibri Model, Navisworks Manage 2014</b>

**Izveček**

BIM tehnologija se hitro širi v gradbeništvo saj zagotavlja višjo kakovost v časovni in stroškovni optimizaciji gradnje, kar je v trenutni gospodarski krizi zelo pomembno. Vsaka izguba, tako finančna kot časovna, predstavlja v razviti industriji gradbeništva tveganje in nekonkurenčnost, zato v tujini mnogi investitorji zahtevajo uporabo BIM tehnologije.

V diplomskem delu sem, kot primer rabe tehnologije BIM, izdelal informacijski model enodružinske hiše. Gre za enostavno dve-etažno hišo s skupno neto površino 279,33 m<sup>2</sup>. Uporabil sem orodja BIM za izdelavo model zgradbe 3D in ga nadgradil z dodatnima dimenzijama časa (4D) ter stroškovne ocene (5D).

Geometrijski in parametrični model elementov objekta sem izdelal s programom ArchiCAD, z uporabo katerega sem dobil natančne izvlečke količin materiala in vizualizacijo modela. S pomočjo ArchiCAD-ovega modela sem v programu Vico Control izdelal še lokalno-optimiziran terminski plan (4D) in stroškovno oceno (5D) modela.

Terminski plan sem uporabil tudi za izdelavo virtualne simulacije, ki sem jo izdelal s pomočjo dodatka za ArchiCAD »*Construction Simulator*«. Opravil sem še dodatne preverbe usklajenosti konstrukcijskih elementov v pregledovalnikih *Tekla BIM sight*, *Solibri Model Viewer* in *Naviswork Manage 2014*. Vsi uporabljeni pregledovalniki so del tehnologije BIM in podpirajo uporabo istega interoperabilnega modela.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDK:** 004.2:624.04:728:3(043.2)  
**Autor:** Damir Nadarević  
**Supervisor:** assist. prof. Tomo Cerovšek, Ph.D.  
**Title:** A use case of the development of 5D BIM  
**Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies  
**Scope and tools:** 55 p., 1 tab., 41 fig.  
**Keywords:** BIM, ArchiCAD, Vico Control, parametric models 5D, flow charts, gantt charts, Construction simulation, model-based scheduling, TeklaBIMsight, Solibrio Model, Navisworks Manage 2014

### **Abstract**

BIM technology is rapidly expanding in the construction industry as it provides a higher quality in time and cost of work optimization, which in the current economic crisis is very important. Any loss, both financial and time represents a development risk and lack of competitiveness in the construction industry, which is why many foreign investors demand the use of BIM technology.

In the thesis I produced an information model of single-family home as an example of the use of BIM technology. It is a simple two-storey house with a total net area of 279.33 m<sup>2</sup>. I used BIM tools for making a model 3D of the building and upgraded it with additional time dimensions (4D) and cost estimates (5D).

The geometric and parametric model of the object I designed with ArchiCAD, using which I got the exact extracts quantities of material and design visualization. Using ArchiCAD BIM model in program Vico Control I produced a local-optimized schedule (4D) and cost estimate (5D) model.

I also used time schedule to produce virtual simulation by adding "*Construction Simulator*", which is an add-on of ArchiCAD. I passed further harmonization of verification of structural elements in the viewers: *Tekla BIM sight*, *Solibri Model Viewer* and *Manage Naviswork 2014*. All the viewers are part of the BIM technology and support interoperable use of the same model.

## **Zahvala**

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem doc. dr. Tomu Cerovšku.

Rad bi se zahvalil tudi moji družini in ostalim za pomoč in podporo pri mojem delu.

**KAZALO VSEBINE**

Izjave.....	I
Bibliografsko-dokumentna stran.....	II
Bibliographic-documentalistic information and abstract.....	III
Zahvala .....	IV
<b>1 UVOD [1] .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Opis problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Namen in cilj diplomskega dela .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Metoda dela.....</b>	<b>3</b>
<b>2 BIM [3] .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Prednosti BIM [2].....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Sestava 5D modela.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 3D BIM in program uporabljen za modeliranje .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 4D in program uporabljen za modeliranje [6] [7].....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 5D model in program uporabljen za modeliranje.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Modularna gradnja [12] .....</b>	<b>11</b>
<b>3 3D – MODELIRANJE OBJEKTA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Opis lokacije objekta.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Tehnični opis objekta .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Priprava na modeliranje.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Modeliranje pilotov .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Modeliranje temeljev in temeljne plošče .....</b>	<b>22</b>
<b>3.6 Modeliranje AB Stebrov .....</b>	<b>23</b>
<b>3.7 Modeliranje zidov.....</b>	<b>24</b>
<b>3.8 Modeliranje stopnic.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9 Modeliranje strehe .....</b>	<b>27</b>
<b>3.10 Modeliranje oken in vrat .....</b>	<b>28</b>
<b>3.11 Projektna dokumentacija .....</b>	<b>29</b>
<b>3.12 Generacija načrtov .....</b>	<b>31</b>
<b>3.13 Prostori v modelu .....</b>	<b>32</b>
<b>3.14 Količine materialov modela kot osnova za 4D in 5D.....</b>	<b>33</b>
<b>3.15 Simulacija gradnje .....</b>	<b>34</b>

<b>4</b>	<b>4D IN 5D – MODELIRANJE OBJEKTA</b> .....	<b>36</b>
4.1	Terminski plan.....	38
4.1.1	Ciklogramska tehnika .....	39
4.1.2	Gantogramska tehnika.....	39
4.1.3	Mrežna tehnika .....	39
4.2	Izdelava terminskega plana .....	40
4.3	Optimizaciji terminskega plana .....	46
<b>5</b>	<b>REZULTALI IN UPORABA</b> .....	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>DODATNE PREVERBE</b> .....	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>55</b>
<b>VIRI</b>	.....	<b>56</b>



Nadarević, D. 2015 Primer izdelave modela 5D BIM

Dipl. nal. Ljubljana, UL FGG, Visokošolski strokovni študijski program Operativno gradbeništvo.

---

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Uporabljeni normativi in cene del.....	34
---	----

**KAZALO SLIK**

Slika 1 - BIM model .....	4
Slika 2 - Razvoj 5D BIM modela .....	7
Slika 3 - Trije načini razvoja 5D BIM [4] .....	7
Slika 4 - Primer modularne gradnje.....	12
Slika 5 - Uporabniški vmesnik programa Archicad .....	15
Slika 6 - Nastavitveno okno merskih enot.....	16
Slika 7 -Nastavitev nadstropji.....	16
Slika 8 - Določevanje konstrukcijskega sklopa.....	17
Slika 9 - Konstrukcijski sklop strehe .....	19
Slika 10 - Konstrukcijski sklop tlakov .....	19
Slika 11 - Nastavitveno okno za stebre .....	20
Slika 12 - Vstavljanje pilotov .....	21
Slika 13 - Vstavljeni piloti pod predvidenimi pasovnimi temelji.....	21
Slika 14 - Okno za nastavitev zida .....	22
Slika 15 - Rezultat modeliranja temelja .....	22
Slika 16 - Nastavitveno okno za plošče.....	23
Slika 17 - Izbira konstrukcijskega sklopa.....	24
Slika 18 - Zunanji zid v tlorisu .....	25
Slika 19 - Nastavitev stopnic .....	25
Slika 20 - Zdimenzionirane stopnice v 2D načrtu .....	26
Slika 21 - Nastavitveno okno za streho .....	27
Slika 22 - Solid Elements Operations.....	28
Slika 23 - Združena strešna konstrukcija.....	28
Slika 24 - Prerez objekta.....	29
Slika 25 - Poligonski 3D prerez.....	30
Slika 26 - Tloris pritličja.....	31
Slika 27 - Opis prostorov (tloris pritličja in mansarde) .....	32
Slika 28 - Spisek vrat v modelu.....	33
Slika 29 – Nastavitveno okno dodatka Construction simulator.....	34
Slika 30 - Prikaz različnih časovnih okvirjev, ki sestavljajo simulacijo gradnje .....	35

Slika 31- Začetno nastavitveno okno .....	40
Slika 32 - Delovno okolje Vico Control (flowline view).....	41
Slika 33 - Okno za vnos podatkov, ki definirajo aktivnost .....	42
Slika 34 - Histogram delovne sile .....	43
Slika 35 - Definirane aktivnosti v terminskem planu .....	44
Slika 36 - Dokončan terminski plan .....	45
Slika 37 - Tekla BIM sight.....	50
Slika 38 - Solibro Model .....	51
Slika 39 - Prikaz prekrivanja elementov v Naviswork Manage .....	52
Slika 40 - Realistična simulacija .....	53
Slika 41 - Logistična simulacija gradbišča.....	54

## OKRAJŠAVA IN SIMBOLI

BIM	Building Information Modeling: informacijsko modeliranje zgradb
CAD	Computer Aided Design: računalniško podprto načrtovanje
PGD	Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja
SEO	Solid Element Operations: orodje za prilagajanje in izrez elementov
IFC	Industry Foundation Classes : podatkovni format za odpiranje BIM datotek
LBS	Location Breakdown Structure : lokacijsko razčlenjena struktura
IMS	Informacijski model stavbe
PID	Projekt izvedenih del

## 1 UVOD [1]

Gradbena dejavnost je vse od leta 2008 upadala, od aprila 2013 se spet počasi dviga.

V letu 2012 je bilo v dejavnosti gradbeništvo registriranih 18.392 podjetij s pretežno tržnimi dejavnostmi ali za 5,4 % manj kot v letu 2008, ko je bilo gradbeništvo na vrhuncu, in za 2,9 % manj kot v prejšnjem letu, tj. v letu 2011. V letu 2012 je velika večina gradbenih podjetij opravljala specializirana gradbena dela (79,8 %), druga so se ukvarjala z gradnjo stavb (17,2 %) in gradbenih inženirskih objektov (3,0 %).

Deleži vrednosti opravljenih gradbenih del glede na vrsto gradbenih objektov so se v zadnjih letih močno spremenili. V letu 2006 je bilo na stavbah opravljenih 54,4 % vrednosti gradbenih del, na gradbenih inženirskih objektih pa 45,6 %. Od leta 2011 naprej se je precej več del opravilo na gradbenih inženirskih objektih. V letu 2013 se je namreč na stavbah opravilo samo še za 36,4 % vrednosti vseh gradbenih del, na gradbenih inženirskih objektih pa kar za 63,6 % vrednosti vseh opravljenih gradbenih del.

Manj dela pomeni tudi manjšo potrebo po delovni sili. V letu 2012 je v gradbenih podjetjih delalo 62.357 oseb ali za 30,5 % manj kot v letu 2008 in za 9,6 % manj kot v letu 2011.

Število zaposlenih je glede na leto 2008 upadlo v vseh vrstah gradbenih podjetij, najizraziteje, skoraj za polovico v podjetjih, ki se ukvarjajo z gradnjo stavb (za 45,5 %); v podjetjih, ki gradijo gradbene inženirske objekte, se je zmanjšalo za 38,7 %, v podjetjih, ki opravljajo specializirana gradbena dela, pa za 17,8 %. [1]

### 1.1 Opis problema

Za padeč investicij lahko v pretežnem delu pripišemo razmeram na trgu, v velikem delu pa so odgovorna podjetja sama, zaradi slabe organizacije in načina dela, ki privede do zamud in napak, le te pa pomenijo za gradbena podjetja finančno izgubo. Po navadi do težav povezanih z odstopanji od predvidenega časovnega in finančnega okvira gradnje pride že zaradi napak, storjenih v fazi načrtovanja.

Običajno priprava projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) poteka na nivoju 2D dokumentacije. Tu lahko zaradi kasnejših sprememb in popravkov ter slabe in nepopolne prostorske predstave, prihaja do napak pri kasnejši izvedbi. Te napake povečujejo možnost končne višje cene projekta, kot je npr. večje število nepredvidenih del. To prav tako vodi do neskladja izvedbe z načrtovanim terminskim planom. Določitev količin poteka ročno, kar je zamudno in prav tako lahko pride do napak, kar posledično pomeni nenatančno stroškovno oceno celotnega projekta.

Da bi se izognili zgoraj naštetim problemom je potrebna boljša in podrobnejša analiza celotnega projekta že v fazi načrtovanja. Prav tako je pomembno da razvoju projekta sledimo in ga nadzorujemo, če je vse v skladu s projektno dokumentacijo in le po potrebi tudi ustrezno dopolnemo.

Tovrstno, podrobnejše, bolj natančno in hitrejše projektiranje nam omogočajo sistemi 5D BIM in po teh sistemih posega vedno več gradbenih podjetij kjer na podlagi virtualnega modela izpeljejo projekt bolj kakovostno in konkurenčno.

Prednost sistema 5D je, da je model tako podroben, da lahko iz modela izdelamo načrte 2D, poglede in vizualizacije 3D, terminski plan in stroškovno analizo projekta. Te komponente so med seboj povezane neposredno, kar pomeni če se v kateri koli fazi projektiranja vnesejo spremembe v model dobimo takojšen popravek "(angl.*update*)" v terminskem planu kot tudi v stroškovni analizi.

Z natančno izdelanim 5D modelom gradbena podjetja enostavno vključijo spremembe v projekt, hitro izdelajo popis količin, izdelajo optimalen terminski plan, po drugi strani pa naročniku podrobneje predstavijo projekt. Vse to pa podjetjem zagotovi konkurenčnost ter prihranek časa in denarja.

## 1.2 Namen in cilj diplomskega dela

Uporaba računalnika in računalniških aplikacij je v gradbeništvu vedno bolj razširjena.

Namen moje diplomske naloge je prikazati kako lahko z računalniškimi programi na realnem gradbenem projektu natančno določimo količine materiala potrebnega za gradnjo, potrebnega časa za izgradnjo ter tudi kolikšna bo finančna investicija za izgradnjo projekta.

Cilj diplomske naloge je pet dimenzionalna virtualna gradnja že obstoječega objekta. V izdelavi 5D modela bom poskusil jasno opredeliti in prikazati katere in kako sem uporabil izbrane programe za 5D projektiranje ter kakšni so rezultati posameznega programa.

## 1.3 Metoda dela

V grobem je nastanek diplomske naloge razdeljen na sledeče faze:

- Izbira projekta in pregled pripadajoče dokumentacije
- Pridobitev dodatnih podatkov za kvalitetno izdelavo 3D modela
- Izbira programa za modeliranje 3D modela, terminskih planov ter stroškovne ocene
- Spoznavanje s programsko opremo na osnovi vodičev, ki so dostopni na internetu
- Izdelava parametričnega modela
- Izdelava terminskih planov ter ocena stroškov povezanih z delom na objektu
- Optimizacija terminskih planov

Svoje diplomsko delo sem začel tako, da sem pridobil projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) za obstoječ objekt. PGD je vseboval 2D načrte tlorisov in prerezov s pomočjo katerih sem izdelal 3D model. Nekateri podatki načrti niso vsebovali zato sem se obrnil na izvajalca, ki mi je dodatno posredoval tehnične podrobnosti o objektu. Izvajalec mi je z veseljem pojasnil in celo skiciral podrobnosti izdelave objekta. Za izdelavo 3D modela sem uporabil program *ArchiCAD*, ki se mi zdi zelo primeren za izdelavo arhitekturne osnove in je na splošno namenjen modeliranju BIM (*angl. Building Information Modeling*). Delo sem nadaljeval s programom *Vico Control*, ki omogoča izdelavo lokacijskega terminskega plana. Objekt sem hierarhično razdelil na lokacije LBS (*angl. Location Breakdown Structure*) v

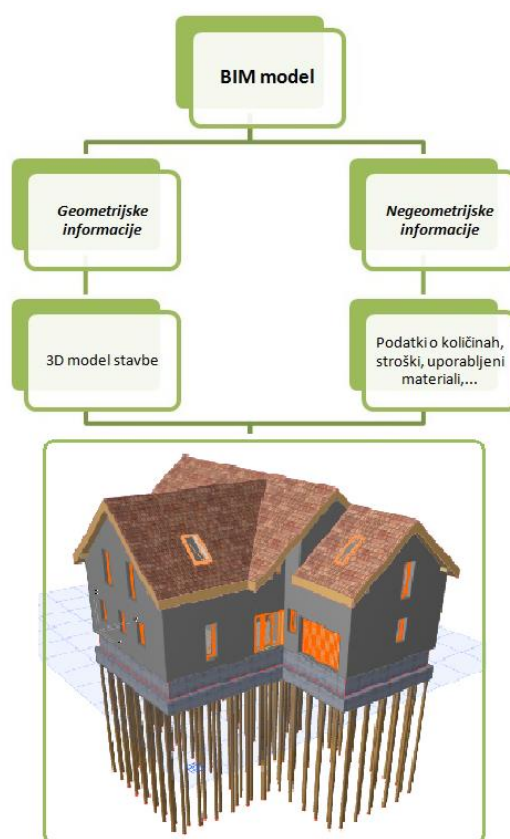
mojem primeru najprej na etaže, kar omogoča bolj pregledno planiranje. *Vico Control* omogoča tudi izrednotenje stroškovne komponente dela tako, da je bil moj model 5D v celoti zajet. V sklepnem delu sem terminske plane še optimiziral in rezultat so bili optimizirani terminski plani: ciklogram, histogram, gantogram in mrežni plan, kjer sem pri optimizaciji uporabil podatke iz modela.

## 2 BIM [3]

Kratica BIM v slovenščini označuje IMS (informacijski model stavbe).

Predstavlja digitalni zapis informacij o konkretnem objektu za lažjo in natančnejšo komunikacijo med udeleženci pri gradnji. [2]

Model BIM sestavljajo geometrijske in negeometrijske informacije, katere se lahko uporabijo za izvedbo različnih načrtovanj, simulacij, analiz, vizualizacij ter izdelavo dokumentacij. Vse to lahko uporabljamo in izvajamo skozi celoten cikel gradnje.



Slika 1 - BIM model

BIM model tako združuje veliko uporabnih prednosti pred običajnim projektiranjem in načrtovanjem. Tehnologija BIM se še vedno razvija in izpopolnjuje tako, da ponuja vse bolj širok spekter orodij in možnosti pri načrtovanju. Nekatere izmed njih so:

- *3D model zgradbe* – natančna geometrična reprezentacija delov zgradbe v integriranem informacijskem okolju.



- *Vizualizacija* – ustvarimo lahko 3D renderje, natančnejše predstavitve objekta, virtualne ogleda objekta, *Walkthrough* video,...
- *Analize* – izdelamo lahko sončne študije, geografsko lociranje objekta, podamo oceno energetskih potreb zgradbe,...
- *Priprava dokumentacije* – na podlagi parametričnega modela, na preprost način ustvarimo potrebno dokumentacijo, katera se ob spremembah samodejno osveži.
- *Izveček količin* – iz modela lahko ustvarimo popis elementov, količin potrebnega materiala, kar nam je v veliko pomoč npr. pri izdelavi ponudbenega predračuna.
- Poleg tega je uporabnost BIM v ospredju tudi pri drugih dejavnostih, ki se nanašajo na načrtovanje in sam objekt:
- *Odkrivanje konfliktov med posameznimi elementi stavbe* – pri natančnem 3D modelu lahko odkrijemo napake in motnje med posameznimi gradbenimi elementi in inštalacijami. Praktičen primer tega je npr. zagotovitev, da se vodovodna napeljava ne križa z jeklenimi nosilci.
- *Razpored dejavnosti* – ustvarimo lahko časovne načrte npr. za naročanje in dostavo materiala, izdelavo posameznih elementov objekta itd.
- *Stroškovna ocena* – programi, ki omogočajo BIM modeliranje imajo vgrajene funkcije za določitev stroškovne ocene modela, katera se ustvari na podlagi izvlečka količin.
- *Vzdrževanje objekta* – BIM model je možno uporabiti tudi pri renovacijah, upravljanju prostorov in vzdrževalnih delih.
- *Stroški obratovanja objekta in vpliv na okolje* – omogoča lažjo razlago stroškov, ki so prisotni pri uporabi objekta. Lažje lahko tudi predvidimo različne vplive na okolje.

Ugotovitev CIFE (*Stanford University Center for Integrated Facility Engineering*) iz leta 2007 na podlagi 32 projektov, pri katerih je bila uporabljena BIM tehnologija, razkriva sledeče prednosti:

- do 40% izločitev neproračunskih sprememb,
- natančnost stroškovne ocene (predračuna) znotraj 3%,
- 80% manjša poraba časa za izdelavo predračuna,
- prihranek v višini do 10% pogodbene vrednosti zaradi odkritja nepredvidenih del,
- do 7% znižanje porabljenega časa za gradnjo. [3]

## 2.1 Prednosti BIM [2]

Cerovšek (2010) izpostavlja sledeče prednosti BIM na različnih nivojih:

- Na nivoju individualnega strokovnega dela nudi BIM vrsto možnosti za hitrejšo in bolj kakovostno opravljanje zamudnih in nekreativnih del, kot je priprava projektne dokumentacije in delavniških risb.
- Na nivoju organizacije BIM v širšem smislu razumemo kot skupek tehnologij, postopkov in »politik« podjetij. BIM omogoča napredno inženirsko komunikacijo, ki zahteva nova znanja in organiziranost podjetij, kar ni eno-staven poseg. Zato se po svetu in pri nas pripravljajo metode uvajanja v prakso.
- Na nivoju projektne sodelovanja med podjetji lahko BIM bistveno prispeva k uveljavitvi »integrirane prakse«, ki temelji na sodelovanju, sočasnosti in kontinuiteti interdisciplinarnih projektne timov. Sočasnost omogočajo internetni strežniki BIM, do katerih lahko projektanti dostopajo do različnih lokacij in podjetij, z BIM učinkoviteje sodelujejo pri usklajevanjih sistemov stavb in ne nazadnje se zagotovi kontinuiteta.
- Večja produktivnost: s pomočjo modelov BIM za konstrukcijske elemente in stavbe je moč prihraniti kar 55 % časa od izdelanega statičnega izračuna do armaturnih načrtov.
- Uporaba modela BIM za analizo: vedno več aplikacij nudi povezavo med modeli 3D in programi za račun konstrukcij tako da se lahko mreža končnih elementov generira na osnovi modela BIM.
- Lažja koordinacija: na osnovi modela BIM lahko lažje izmenjujemo projektne dokumentacije tako v fazah pred kot tudi med gradnjo.
- Usklajenost in kakovost projektne dokumentacije: projektne dokumentacija, izdelana na podlagi modela BIM je vedno usklajena in tudi mnogo bolj kakovostna.
- Študije izvedljivosti in simulacije: gradbenim inženirjem nudijo modeli BIM mnogo prednosti pri analizi izvedljivosti celotne konstrukcije in posameznih konstrukcijskih detajlov.

## 2.2 Sestava 5D modela

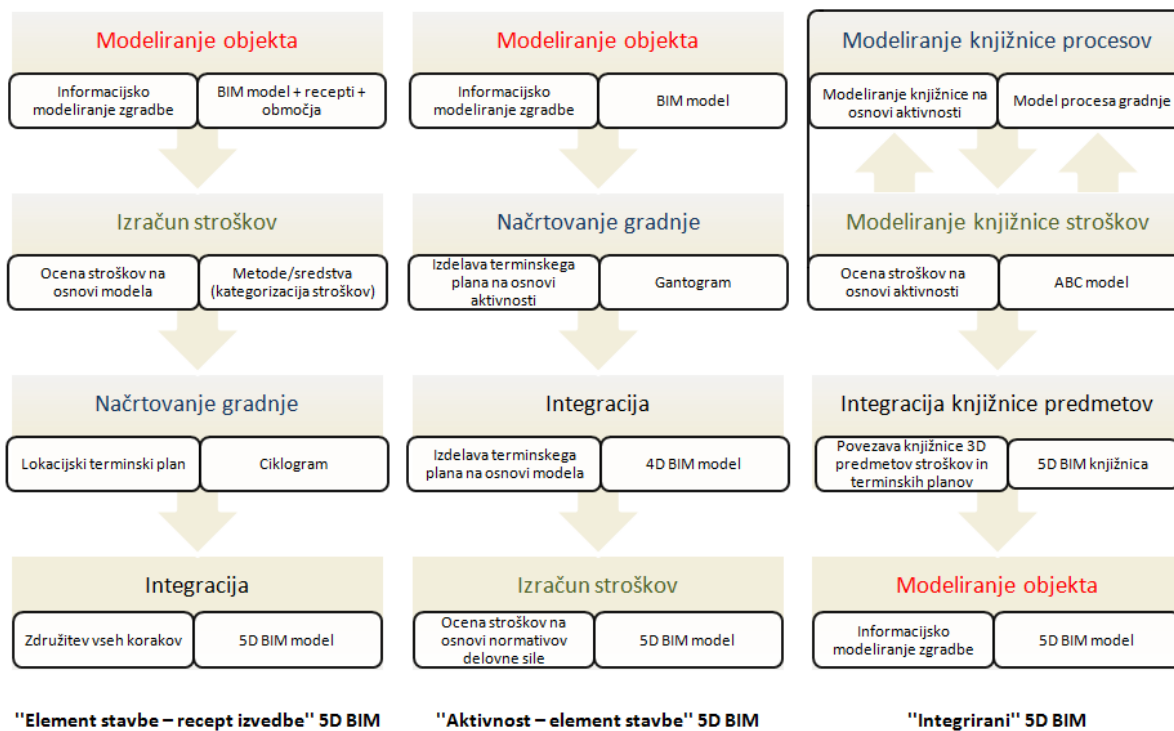
Model 5D je sestavljen iz 3D modela, s pripadajočimi negeometrijskimi podatki, stroškovno oceno in terminskim planom.



Slika 2 - Razvoj 5D BIM modela

Osnovni trije načini razvoja 5D modela: [4]

- "Element stavbe – recept izvedbe" 5D BIM
- "Aktivnost – element stavbe" 5D BIM
- "Integrirani" 5D BIM



Slika 3 - Trije načini razvoja 5D BIM [4]

### 2.3 3D BIM in program uporabljen za modeliranje

Model 3D je osnova za BIM modeliranje, hkrati pa je tudi najbolj učinkovita predstavitev objekta tako splošnim kot strokovnim osebam. Pri takšnem modelu gre za virtualno zgradbo, sestavljeno iz gradnikov, ki predstavljajo realne predmete.

Klasični 2D- in 3D-programi CAD operirajo s črtami, ravninskimi liki in telesi, medtem ko BIM operira z elementi stavb, ki jih lahko prikažemo v 2D- in 3D-načinu, poleg tega pa so vključene še dodatne negeometrijske informacije o njih. Rezultat klasičnega tehničnega risanja, 2D-risba, je en sam statičen pogled na stavbo, medtem ko lahko v modelirnikih BIM konstruiramo in modeliramo model BIM ter izdelamo več pogledov, prerezov, količine in dimenzije. Z 2D-risbo ne moremo obravnavati številnih 3D-problemov pri projektiranju, ki jih z BIM lahko, lep primer je na primer prostorska analiza izvedljivosti konstrukcijskih detajlov ali osončenje prostorov. [2]

Za izdelavo 2D načrtov in 3D modela sem uporabil program ArchiCAD.

ArchiCAD je AEC/CAD programski paket v osnovi narejen posebej za projektiranje na področje arhitekture. Razvoj programa se je začel 1982 za Apple Macintosh računalnike, kjer je kmalu postal popularen. Priznано mu je prvenstvo kot prvemu CAD orodju na osebem računalniku, ki je lahko izdelal tako 2D kot 3D risbe. ArchiCAD omogoča uporabniku delo z parametričnimi objekti, med uporabniki večkrat imenovanimi kar »pametnimi« objekti. To ga je razlikovalo od risarskega pristopa drugih CAD programov, ki so se pojavili v 80ih letih, skupaj z AutoCADom podjetja Autodesk. ArchiCAD uporabniku omogoča oblikovanje »Virtualne zgradbe« z virtualnimi objekti, kot so zidovi, plošče, okna in vrata ter notranja oprema. Skupaj s programom uporabnik dobi veliko knjižnico parametričnih objektov. Uporabniki lahko zgradbo na zaslonu oblikujejo tako v 2D kot v 3D prikazu. Dvorazsežne risbe lahko kadarkoli izvozimo iz programa, ne glede na to, da se model zgradbe vedno shranjuje v treh dimenzijah. Tlorisi, prerezi in fasade so le delni prikaz trirazsežnega modela in se neprestano sproti osvežujejo. Detaljne risbe imajo za osnovo povečan izsek modela, z dodanimi 2D elementi. Zadnja verzija programa (2014) je ArchiCAD 18. Izvoz datotek je omogočen v IFC, DWG, DXF in SketchUp in druge formate. Graphisoft je aktiven član organizacije IAI (International Alliance for Interoperability), ki ureja standard IFC za izmenjavo 3D podatkov med arhitekturnimi in inženjskimi CAD programi. [5]

## 2.4 4D in program uporabljen za modeliranje [6] [7]

4D BIM je nadgradnja 3D BIM-a. 3D modelu se doda nova, četrta dimenzija, ki predstavlja realen čas potreben za izgradnjo predvidenega modela. Omogoča prikaz zaporedja dogodkov, ki so vizualno prikazana na časovni premici, ki je bila poseljena v 3D načinu. 4D BIM omogoča uporabnikom, da se prouči možnost, upravljanje rešitve in optimizacijo rezultatov. Omogoča izvajanje razvojno gradbeni proizvod, sodelovanje in transparentnost projekta, v sodelovanju z dobavno verigo in proizvodnjo komponent potrebnih za izgradnjo.

Iz geometrije, smo pridobili količine in razporeditev teh količin lokacijah. Zdaj se lahko uporablja za določanje zaporedja logiko, vključujejo velikosti posadke in stopnje produktivnosti. Z ustvarjanjem urnikov optimiziranih za odpravo prekinitev delovanja in zmanjšanje tveganja projekta, vodimo projekt tako da teče gladko.

Za modeliranje četrte dimenzije sem uporabil program Vico Control 2009. Vico Control je edinstven sistem, ki temelji na lokacijski gradnji. Z uporabo Control-a, lahko načrtovalci zasnujejo precej stisnjen urnik brez povečanja tveganja. Vključitev lokacij, ocenjene količine in stopnje produktivnosti, v zgodnji fazi načrtovanja prinaša jasne, natančne in izvedljive urnike. Z uporabo pogleda Vico Control Flow Line, lahko uporabniki enostavno preprečuje nezdržljive naloge ali vizualno prepoznavna navzkrižja, in sporoči popolne urnike kompleksnih projektov. Vico Control-ova napovedovalna orodja omogočajo načrtovalcem enostavno analizirati urnik projekta, ki temelji na dejanskem napredku. Poleg tega, lahko uporabniki vizualizirajo učinek zadržanih aktivnosti na celotnem urniku in hitro zaženejo "kaj če?" scenarije. Vico Control omogoča ogled grafov enega ob drugem, vsi pogledi so stalno sinhronizirani, to omogoča enostavno poročanje in nemoteno komunikacijo med zainteresiranimi stranmi v projektu. Vico Control omogoča načrtovalcu dostaviti projekte hitreje, medtem ko skrbno obvladuje tveganja, s povečano produktivnostjo, predvidljivostjo in preglednostjo. [8]

## 2.5 5D model in program uporabljen za modeliranje

Ko imamo zbrane količine iz 3D modela in čas, ki bo porabljen iz 4D modela, za izgradnjo modela lahko dodamo modelu še stroškovno komponento ki predstavlja peto dimenzijo v 5D BIM modelu. 5D ocena izboljša pogled na proračun, prikaže nam kako se bo skozi čas gradnje finančno stanje investitorja spreminjalo, omogoča pogled in primerjavo razpoložljivih finančnih sredstev in odtok finančnih sredstev, ter tako omogoča napoved kje in kdaj bi morda zmanjkalo finančnih sredstev. To pomaga investitorjem da se soočijo s težavo še preden pride do nje in jo tako tudi rešujejo predčasno in omogočijo neprekinjen potek dela.

Tudi to dimenzijo modela sem projektiral z uporabo programa Vico Control 2009. Tako sem spoznal, da je Control 2009 več stranski program, ki omogoča:

- Uvoz količin iz 3D modela, kar bistveno zmanjša možnosti za napake v primerjavi z ročnim vnosom.
- Definira naloge, zaloge in odvisnosti med njimi. Program avtomatsko preračuna trajanja nalog na podlagi normativov in količin.
- Optimizira urnike, stroške in tveganja. Vizualno na prikaže katere naloge so prioritete, in kako so med seboj povezane, ter nam tako pokaže kako se moramo gradnje lotiti, da bo čim manj zaostankov v času gradnje.
- Analizira finančna stanja. Prikazuje zaloge, dolgove in primanjkljaje ter njihove relacije skozi čas gradnje.
- Prikazuje urnikov. Natisne, izvozi urnike ali vizualno prikaže 5D simulacijo gradnje modela.
- Nadzira urnike. Pregleduje projektne napredke z uporabo grafov in generira napovedi na podlagi dejanskih napredkih. [8]

## 2.6 Modularna gradnja [12]

V diplomskem delu bom objekt modeliral s tehnologijo klasične gradnje, vendar ena od zelo atraktivnih in razširjenih tehnologij gradnje katero bi lahko uporabil je modularna gradnja. Tehnologija modularne gradnje omogoča mnoge prednosti pred klasično gradnjo, zato je smiselno analizirati možnost modularne gradnje in jo predstaviti investitorju ter ostalim udeleženiim v projektu, nato pa se odločiti za optimalno izbiro glede na možnosti in potrebe projekta.

Modularne zgradbe so sekcijsko prefabricirane zgradbe, ki so sestavljene iz več oddelkov, imenovanih moduli. Moduli so sestavljeni, včasih tudi zelo oddaljeno od končne lokacije v proizvodnih obratih. Te module transportirajo na končno lokacijo objekta, kjer jih z različnimi dvižnimi sredstvi, kot so žerjav ali avto dvigala, postavijo na temelj objekta ter sestavijo v enotno zgradbo. Module lahko postavljamo ene poleg druge ali ene na druge, kar omogoča široko izbiro konfiguracije in stilov v postavitvi stavbe. Zaradi načina gradnje so modularne zgradbe boljše poznane, kot montažni objekti.

Modularne zgradbe se lahko uporabljajo za začasno, dolgoročno ali stalno nastanitev. Primeri modularnih zgradb so: gradbeni tabori, raziskovalni tabori na odročnih lokacijah, turistični tabori, industrijska poslopja, restavracije s hitro prehrano, zdravstvene ustanove, prav tako pa se modularne zgradbe uporabljajo za civilna domovanja.

### **Prednosti modularne gradnje:**

- Osnovna prednost je hitra dostava, ki zaradi istočasnega ustvarjanja različnih modulov v tovarni omogoča izdelavo celotnega objekta v polovičnem času klasične gradnje. S tem se investicija hitreje povrne investitorju.
- Manjši materialni odpadki. Modularna gradnja omogoča optimizacijo nakupa in uporabe gradbenih materialov.
- Manjše motnje na gradbišču. Ker je modularna struktura zgrajena zunaj lokacije objekta se zmanjša vpliv na okolico in število vozil ter opreme potrebne na mestu montaže.

- Večja fleksibilnost. Ko se potrebe spremenijo lahko modularne zgradbe razstavimo in module premestimo ali pa jih prenovimo ter nato nazaj sestavimo za njihovo naslednjo uporabo.
- Manjša vsebnost vlage v materialih. Gradnja se pojavlja predvsem v zaprtih prostorih, stran od težkih vremenskih razmer, kar preprečuje škodo na gradbenih materialih in odpravlja možnosti za visoko stopnjo vlage, ki je ujeta v novo gradnjo.

Slabost modularne gradnje je da zaradi transporta in včasih proizvodnih omejitev so velikosti modulov omejeni, kar vpliva na velikost prostorov v končnem objektu.



**Slika 4 - Primer modularne gradnje**



### 3 3D – MODELIRANJE OBJEKTA

Objekt sem modeliral na podlagi 2D načrtov PGD (tlorisi in prerezi). Načrte sem pridobil od izvajalca z dovoljenjem investitorja ter odgovornega projektanta, da projektno dokumentacijo lahko uporabim v namen izdelave diplomske naloge.

#### 3.1 Opis lokacije objekta

Objekt se nahaja na Peruzzijski ulici v Ljubljani, kjer je nekoč bilo jezero, danes pa je to območje bolje poznano kot Ljubljansko barje. Ljubljansko barje meri 163 km<sup>2</sup> in z geološkega stališča je to več kot 200 m globoka poznopliocenska udornina izpred dveh milijonov let, nastala na stičišču alpskega in dinarskega sveta. [9] Zaradi geoloških lastnosti terena je gradnja objektov tu bolj zahtevna. Sestava tal na tem območju je tipična za celotno barje in sicer gre za slabo prepustno glinasto podlago zaradi katere se objekti na tem območju posedajo neenakomerno. Primeren protiukrep je pilotiranje objekta.

#### 3.2 Tehnični opis objekta

Objekt je dvonadstropna enodružinska hiša z neto tlorisno površino 143,05 m<sup>2</sup> na etažo. V pritličju se nahajajo vetrolov (9,37m<sup>2</sup>), kuhinja z jedilnico (33,12m<sup>2</sup>), dnevni del (37,55m<sup>2</sup>), savna in trim (19,12m<sup>2</sup>), stopnišče (10,16m<sup>2</sup>), garaža(24,18m<sup>2</sup>), kurilnica (6,66m<sup>2</sup>) in 2 WC-ja (1,35m<sup>2</sup> ter 1,54m<sup>2</sup>). V zgornjem nadstropju je mansarda v kateri se nahajajo štiri otroške sobe (2 sobi merita 16,33m<sup>2</sup>, 2 pa 18,22m<sup>2</sup>), spalnica z kopalnico in garderobno sobo (25,9m<sup>2</sup>), pralnica (5,75m<sup>2</sup>), stopnišče (10,16m<sup>2</sup>), 2 kopalnici (vsaka 3,57m<sup>2</sup>) ter hodnik (24,7m<sup>2</sup>).

Objekt je zaradi nestabilnih tal pilotiran s koli iz kostanjevega lesa dolžine do 8m in premera med 25cm in 35cm. Piloti so strojno vtisnjeni v mehka tla v medsebojni oddaljenosti 50cm vzdolž pasovnega temelja in 30cm prečno na pasovni temelj. Pasovni temelji so sestavljeni iz temeljne pete širine 80cm in višine 80cm in temeljnega nastavka na osi temeljne pete višine 1m ter širine 30cm. Za temelj je uporabljen beton C25/30 (MB30) , armaturne palice S400 ter armaturne mreže RA 400/500 in MAG 500/600. Ocenjeno je da je porabljenih 70 do 80 kg armature za en kubični meter betona. Na temeljih je strojno vlita AB plošča debeline 15cm in površine 167m<sup>2</sup> . Beton in armatura sta enakega tipa kot pri temeljih. Objekt ima nosilno

konstrukcijo kombinirano endoskeletno kot tudi eksoskeletno, oziroma ima objekt AB stebre (C25/30 in S400) z opečnimi polnili debeline 30cm (modularna opeka orientirana prečno vzdolž zida), zaradi česar so stene same tudi nosilne. Etaži med seboj loči AB plošča debeline 15cm (C25/30). Vsi zunanji zidovi so zidani z modularno opeko in so brez dodatnih zaščitnih ali izolacijskih slojev debeli 30cm. Notranji zidovi so prav tako zidani z modularno opeko, ampak je modularna opeka orientirana prečno z zidom, zato so notranji zidovi debeli 20cm brez dodatnih slojev.

Ostrešje je leseno sestavljeno iz leg 16/16cm, špirovcev 12/16cm in škarij 6/16cm, ki povezujejo špirovce za dodatno stabilnost in nosilnost. Preko celotne ostrešne konstrukcije so pribite deske preko njih pa je postavljena sekundarna hidroizolacija. Na sekundarno hidroizolacijo so pribite kontraletve 5/8cm, ki omogočajo pretok zraka in odtok vode v primeru odpovedi primarne hidroizolacije. Preko kontraletev so pribite letve 4/5cm, katerih primarni namen je nosilna funkcija za opečno kritino, ki je primarna hidroizolacija.

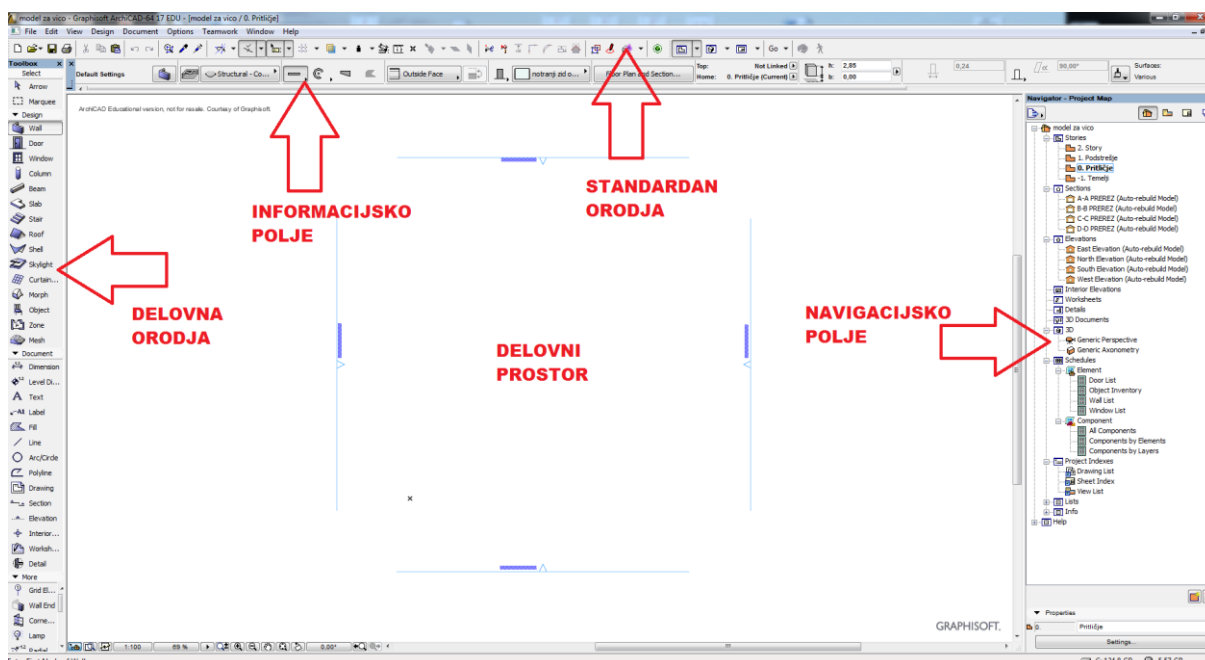
Bitumenska hidroizolacija je varjena na temeljno AB ploščo in je speljana pod zidovi in z zunanje strani varjena na zunanje zidove, tako da zagotavlja neprepustnost vstopa zemeljske vlage v zidove in bivalne prostore. Objekt je toplotno izoliran z 20cm toplotne izolacije iz stiropora. Stiropor je lepljen na zunanji strani vseh zunanjih zidov tako, da ne omogoča toplotnih mostov. Streha je toplotno izolirana s stekleno volno v dveh plasteh. Prva plast je 16 cm volne med špirovci ostrešja in druga plast je 5 cm volne pod špirovci.

Objekt ima speljano celotno vodovodno in električno inštalacijo, kanalizacijske cevi so speljane v mestno kanalizacijo, meteorna voda pa je speljana v ponikovalnice. Objekt je ogrevan s centralnim sistemom na kurilno olje.

Vsi notranji zidovi so grobo in fino ometani ter prebeljeni. Tlaki so na obeh etažah sestavljeni iz 5cm toplotne izolacije, ki hkrati zaradi svojih mehaničnih lastnosti služi kot zvočna izolacija, preko toplotne izolacije so zaliti AB estrihi debeline 7cm. Finalna obdelava tlakov je po potrebi keramična ali lesena oziroma parket debeline 2cm.

### 3.3 Priprava na modeliranje

Za uspešno modeliranje je potrebna kakovostna komunikacija med uporabnikom in programom. Na voljo je tudi slovenska predloga, ki jo lahko dobimo od slovenskega zastopnika na internetni strani <http://www.pilon.si/>, v kateri so vključeni slovenski prevodi in določene pred nastavitve, ki omogočijo lažje in hitrejšo delo v Sloveniji. Na sliki 5 so označena osnovna orodja in polja s pomočjo katerih modeliramo in se gibljemo po modelu.

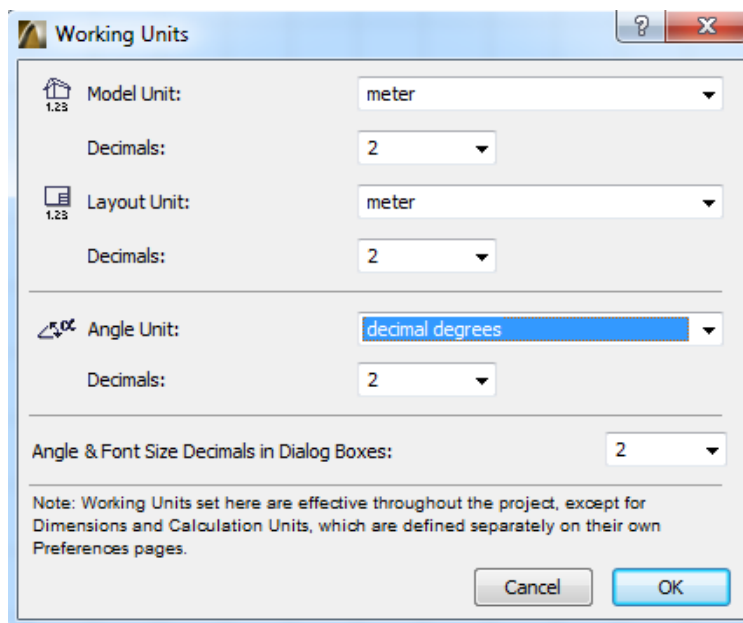


Slika 5 - Uporabniški vmesnik programa ArchiCAD

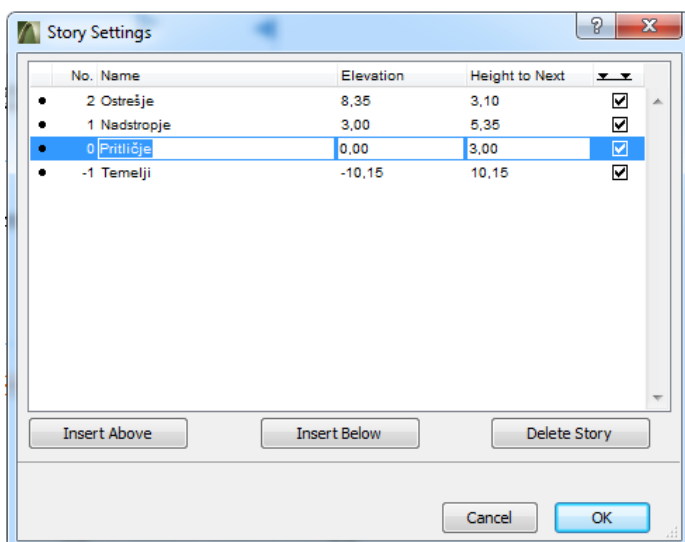
Delovni prostor je območje v katerem so prikazani vsi virtualni rezultati ukazov modeliranja. Program nam v tem prostoru prikazuje 2D načrte, 3D model, poglede ter spiske vseh modeliranih elementov.

Za pregled vsebine modela uporabimo navigacijsko polje, ki je skrajno desno. Navigacijsko polje nam ponuja prikaz 2D tlorisnih načrtov po pred nastavljenih nadstropjih, prerezih, pogledih, 3D pogled ter tabelni prikaz elementov modela. Za samo modeliranje se največ uporablja delovna orodja do katerih dostopamo na desni strani. Tu imamo veliko izbiro elementov, ki končno sestavljajo model: zid, vrata, okno, steber, nosilec, plošča, stopnice... Po kliku na enega izmed elementov iz delovnega orodja se nam prikaže informacijsko polje,

ki je nastavljeno za izbran element. Informacijsko polje nam omogoča določevanje geometrijskih lastnosti, kod tudi samo izbiro pred nastavljenе sestave elementa. Pred pričetkom samega modeliranja sem moral nastaviti merske enote v katerih bo model modeliran. Dostop do nastavitvev merskih enot je zaporedje klikov na: options → project preference → working units. Zaporedje teh ukazov prikaže komunikacijsko okno, ki ga prikazuje slika 5. Nastavil sem merske enote na metre, stopinje ter zaokroževanje nastavil na 2decimalki.

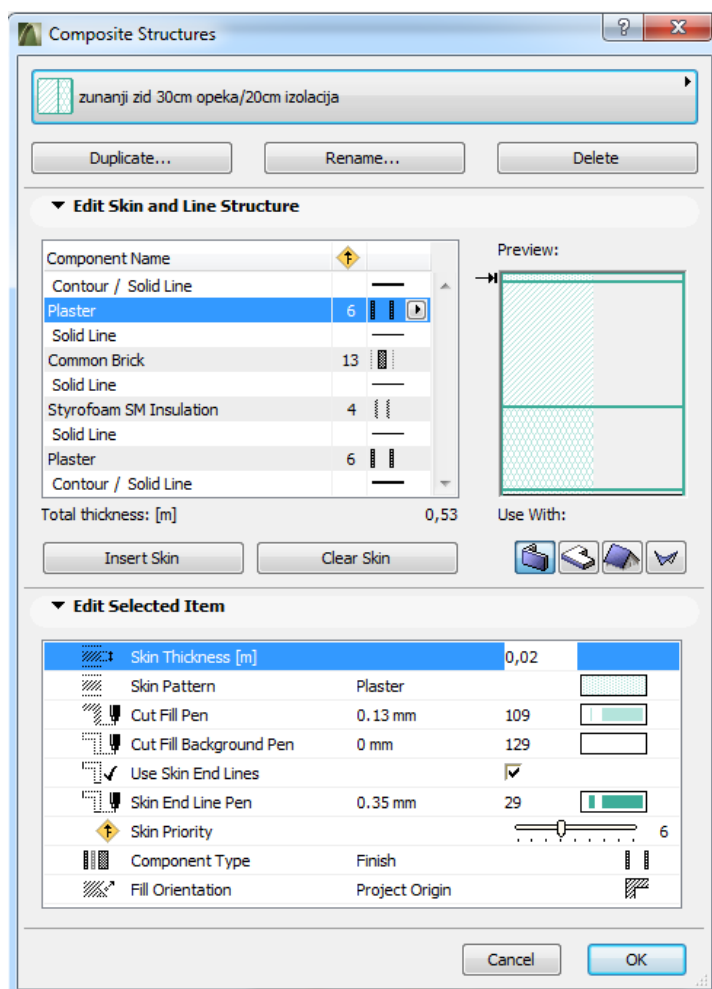


Slika 6 - Nastavitveno okno merskih enot



Slika 7 -Nastavitev nadstropji

Nato objekt razdelimo po etažah. Objekt, ki sem ga izbral, je zasnovan tako, da sem ga razdelil na temelje, pritličje, nadstropje ter ostrešje. Etaže poimenujemo, ter vsaki določimo višino. Vse to urejamo v navigacijskem polju na desni strani programskega okna. Navigacijsko polje je drevesne strukture, zato nam omogoča hitro pomikanje po tlorisnih pogledih etaž, prerezi in ostalimi dokumenti projekta. Slika 7 prikazuje to nastavitveno okno.



Slika 8 - Določevanje konstrukcijskega sklopa

zidu in njegove nastavitve, ki sem ga uporabil v modelu in je prikazan v sliki 7. Najprej sem preimenoval konstrukcijski sklop v »zunanji zid 30cm opeka/20cm izolacija« za hitrejšo izbiro konstrukcijskega sklopa, ki ga želim uporabiti v modelu. To sem izvedel z funkcijo *rename...* oziroma preimenuj. Nato sem z *Insert skin* in *Clear skin* nastavil število potrebnih slojev konstrukcijskega sklopa. V mojem primeru so to štirje sloji: omet, izolacija, opeka in še en omet, ki si sledijo v tem vrstnem redu, kot projektna dokumentacija zahteva. Vsakega od slojev v *Edit Selected Item* posebej konfiguriramo. V tem oknu nastavimo debelino sloja (ang. *Skin Thickness*), vrsto plasti (ang. *Skin Pattern*), prioriteto plasti pri stikanju (ang. *Skin Priority*), plast z večjo številko prioritete ima prednost pri stikanju, kot plast z manjšo, tako na

Za hitrejše in bolj učinkovito uporabo Archicada sem uporabil možnost pred nastavitvami sestavljenih konstrukcijskih sklopov ang. Composite Structure. Ta operacija nam kasneje v modeliranju modela omogoča risanje že v naprej določene konstrukcijske sklope in s tem se zmanjša možnost za napake in bistveno prihrani na času samega modeliranja. Nastavitve konstrukcijskega sklopa zaženemo z ukazi options → element attributes → composites .

Odpre se komunikacijsko okno ki je prikazano v sliki 8. V tem oknu imamo na voljo konfiguracijo konstrukcijskega sklopa po lastnih zahtevah oziroma po potrebah konstrukcijskega sklopa, ki ga bomo uporabljali v času modeliranja. Za primer bom opisal konstrukcijski sklop zunanjega

ta način uravnavamo zelen način povezovanja posameznih plasti. Pomembna je tudi nastavitvev tipa plasti (*ang. Component Type*), izbiramo lahko med jedrom, finalno plastjo ter drugimi plastmi.

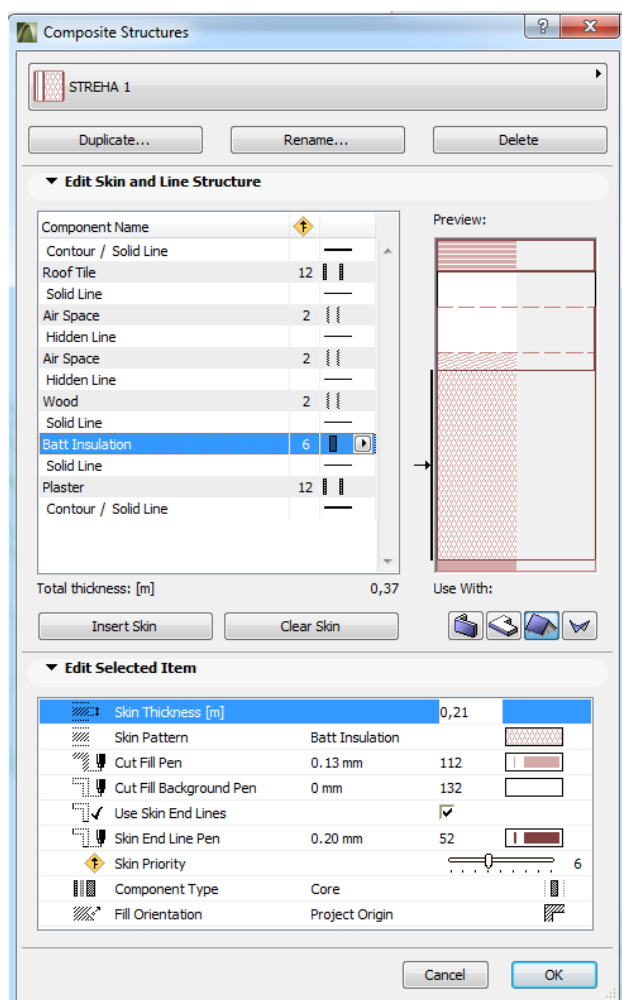
Ostale nastavitve v tem oknu imajo bolj estetski efekt in za mene niso bile pomembne. Po končanem določevanju konstrukcijskega sklopa izberemo še področje uporabe izdelanega sklopa. Izbiramo lahko med zidom, ploščo, streho in lupinasto strukturo. To pomeni, da lahko zelen konstrukcijski sklop izberemo v nastavitvah modelirnih orodij.

Dejanske nastavitve prikazanega konstrukcijskega sklopa:

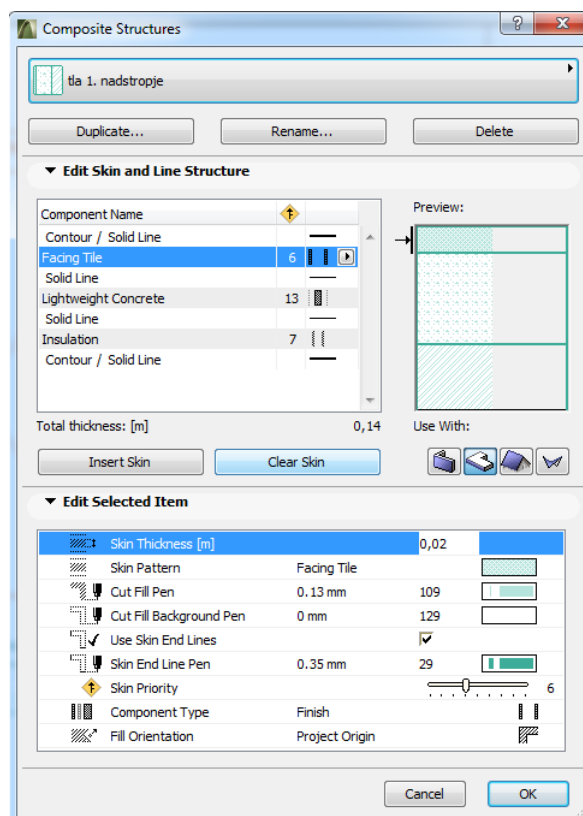
področje uporabe (*Use With*): zid

1. Omet (*ang. plaster*) : - debelina je 2cm
  - vrsta je omet
  - vrednost prioritete plasti je 6
  - tip plasti je finalna plast
2. Opeka (*ang. Common Brick*):
  - debelina je 30cm
  - vrsta je opeka
  - vrednost prioritete plasti je 13
  - tip plasti je jedro
3. Stiroporna toplotna izolacija (*ang. Styrofoame SM Insulation*):
  - debelina je 20cm
  - vrsta je stiroporna izolacija
  - vrednost prioritete plasti je 4
  - tip plasti je drugo
4. Omet (*ang. plaster*) : - debelina je 1cm
  - vrsta je omet
  - vrednost prioritete plasti je 6
  - tip plasti je finalna plast

Nastavil sem konstrukcijske sklope tudi za streho (slika 9), tlake (slika 10) ter predelne zidove drugih dimenzij in sestave z njimi pripadajočimi lastnostmi in zahtevami projektne dokumentacije.



Slika 9 - Konstrukcijski sklop strehe



Slika 10 - Konstrukcijski sklop tlakov

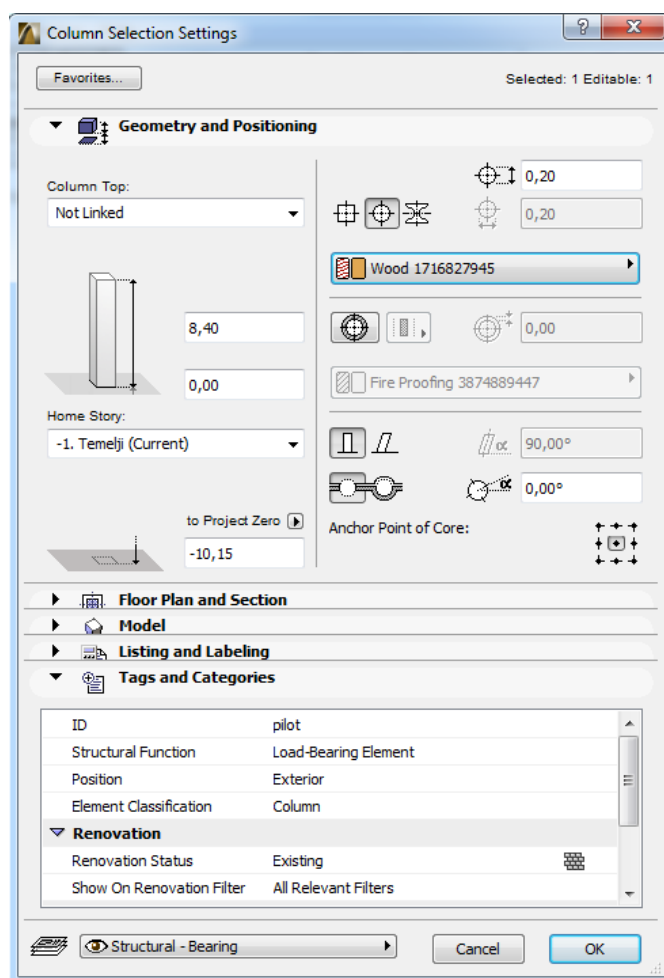
### 3.4 Modeliranje pilotov

Za modeliranje sem uporabil delovno orodje (*ang. Column*) steber. Ko kliknemo dvakrat na to orodje se nam odpre okno z nastavitvami stebra, to okno z že izbranimi nastavitvami prikazuje slika 11.

Okno je razdeljeno na pet razdelkov z različnimi področji nastavitvev:

- Prvi razdelek (*ang. Geometry and Positioning*) vsebuje geometrijske nastavitve. Tu sem vnesel podatke elementa : dolžino, širino, naklone, material, obliko, nadstropje v katerem je element, kot tudi najnižjo točko elementa.
- Drugi razdelek (*ang. Floor Plan and Section*) vsebuje nastavitve za prikaz elementa, kot so kje naj prikaže element, kakšne črte in barve naj uporabi za prikaz ter nastavitve simbolov za prikaz v tlorisu. Tu sem pustil tovarniške nastavitve.
- Tretji razdelek (*ang. Model*) je namenjen izbiri teksture pilota, ki bo uporabljena pri 3D prikazu. Program ponuja veliko izbiro tekstur in omogoča ustvarjanje lastnih struktur v nastavitvenem oknu, ki ga zaženemo z options → element attributes → → surface. Kasneje lahko novo nastavljeno teksturo uporabimo za katerikoli element.
- V četrtem razdelku (*ang. Listing and Labeling*) se določijo posebne lastnosti in označbe elementa.
- Peti razdelek (*ang. Tag and Categories*) je namenjen splošnim lastnostim elementa, kjer določimo ID oz. ime elementa, konstrukcijski namen, pozicijo ter klasifikacijo elementa. Ta razdelek nam tudi omogoča oznake elementov za prenovo. Tako lahko hitro in učinkovito prikažemo spremembe, kot rezultat prenove, kot tudi spisek elementov za odstranitev in izgradnjo.

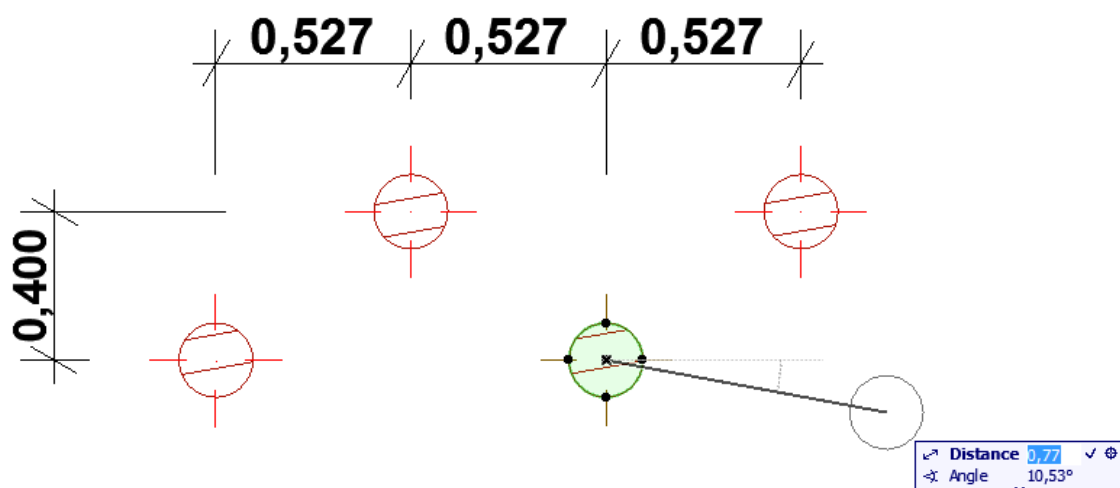
Na koncu nastavitvenega okna se nahaja tudi možnost izbire plasti (*angl. Layer*), na katero bo element vnesen. Program ob postavitvi elementa že sam izbere Layer, če želimo ga lahko spremenimo.



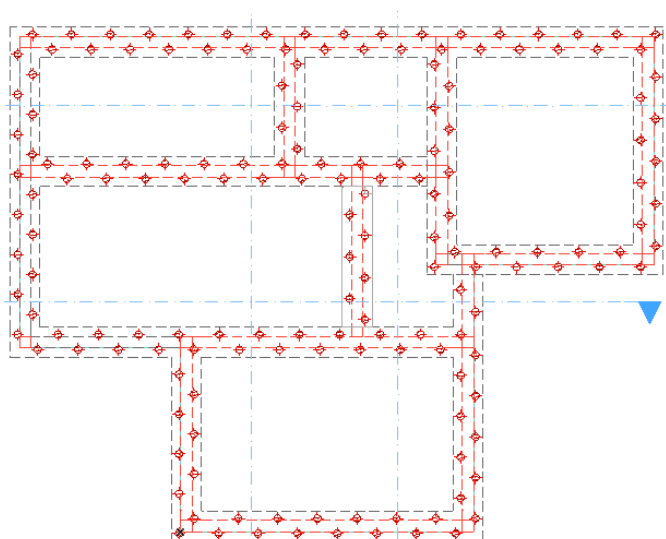
Slika 11 - Nastavitveno okno za stebre



Ko sem imel nastavitve nastavljene po zahtevah PGD sem se po navigacijskem polju pomaknil v tloris temeljnega nadstropja, kjer sem pilote vstavljajal v dveh vrstah približno tako, da so osne razdalje med vsemi piloti prečno na pasovni temelj 40cm in vzdolžno na pasovni temelj 50cm. Razdalje so optimizirane na te približne dimenzije, ker se pozicije pilotov prilagajajo temelju in temelj ni optimalnih dimenzij za točno postavitev pilotov. Vstavljanje pilotov sem opravljal s zaporedjem ukazov: desni klik na simbol pilota → premakni (*ang. Move*) → povleci kopijo (*ang. Drag a Copy*). Odpre se manjše pogovorno okno kamor vnesemo razdaljo in kot kamor želimo postaviti novo kopijo pilota. Postopek ponavljamo po potrebi.



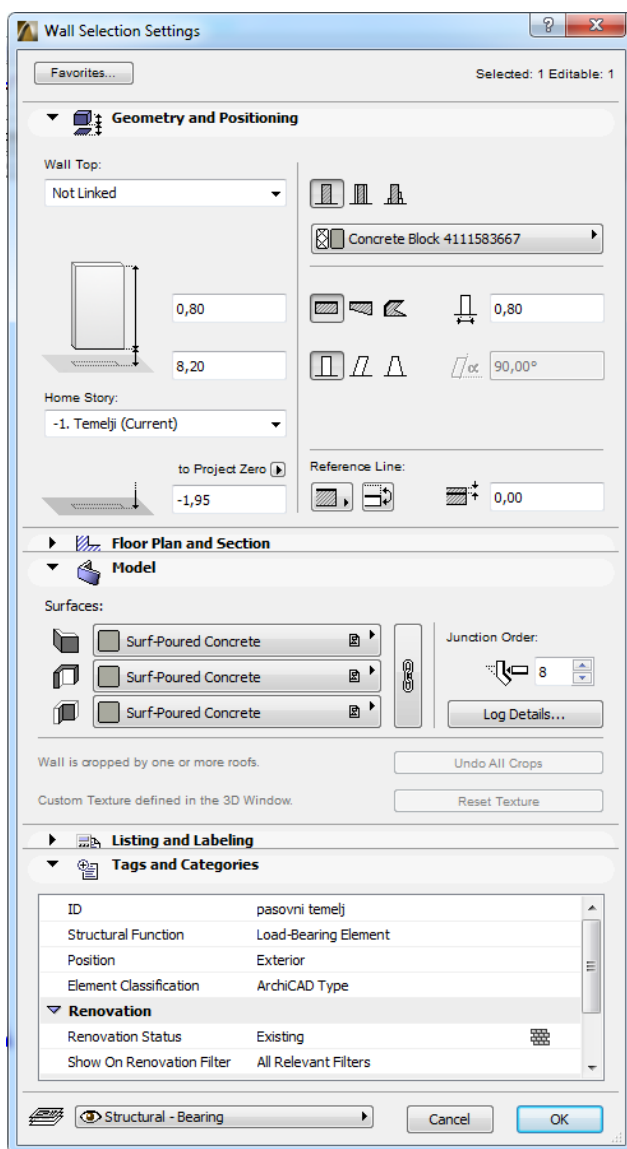
Slika 12 - Vstavljanje pilotov



Slika 13 - Vstavljeni piloti pod predvidenimi pasovnimi temelji

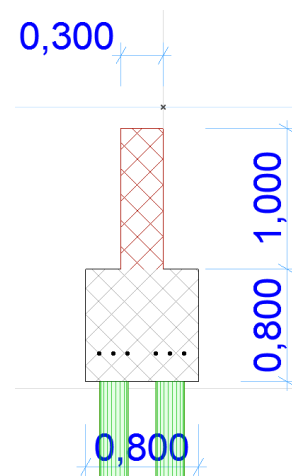
### 3.5 Modeliranje temeljev in temeljne plošče

Temelj sem modeliral z uporabo delovnega orodja zid (*ang. Wall*). Z uporabo tega orodja modeliramo preko komunikacijskega okna (*ang. Wall Selection Settings*), ki ga prikazuje slika 13. Za zagon tega okna dvakrat hitro kliknemo na orodje zid. Okno ima podobne značilnosti, kot že prej opisano nastavitveno okno za stebre. Ima 5 razdelkov v katere vnašamo podatke, ki so relevantni za stopnjo modeliranja, ki ga želimo izvesti. Na sliki 14 so odprti razdelki, ki sem jih uporabil, ostale razdelke sem pustil na začetnih nastavitvah. Modeliranje temeljev

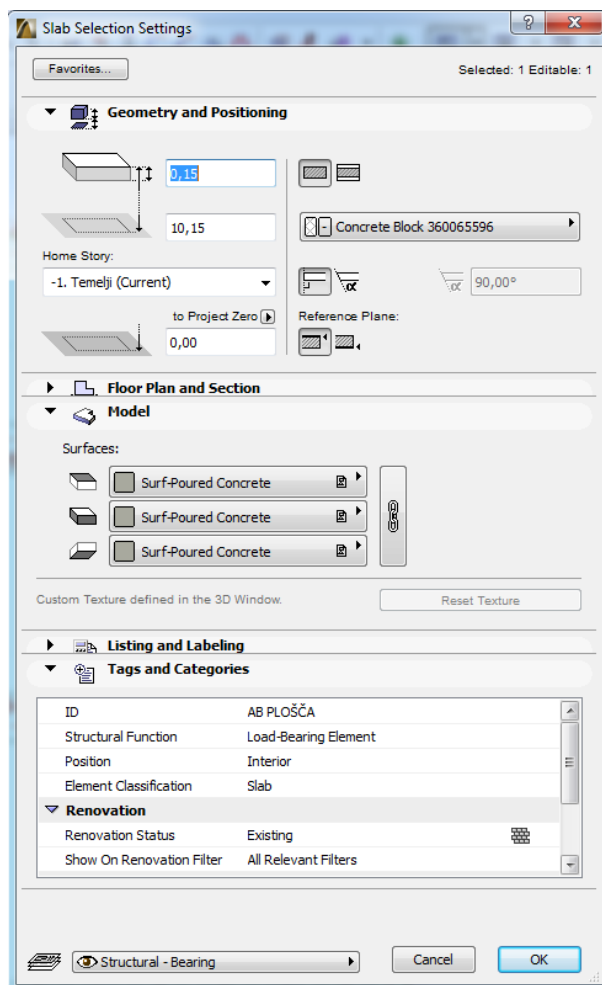


Slika 14 - Okno za nastavitve zida

sem izvedel v dveh fazah. V prvi fazi sem modeliral temeljno peto v drugi pa temeljni nastavek na peto. Ko sem vnesel podatke o temeljni peti sem nastavitve potrdil s tipko OK v spodnjem desnem kotu okna. V tlorisu temeljnega nadstropja sem vnašal temeljno peto nad že postavljene pilote. Temeljni nastavek ima svoje nastavitve v nastavitvenem oknu zid (*ang. Wall Selection Setting*) in se razlikujejo od nastavitve temeljne pete samo v geometriji (širina in višina). Temeljni nastavek sem postavil na os temeljne pete kot zahteva PGD objekta.



Slika 15 - Rezultat modeliranja temelja



Slika 16 - Nastavitveno okno za plošče

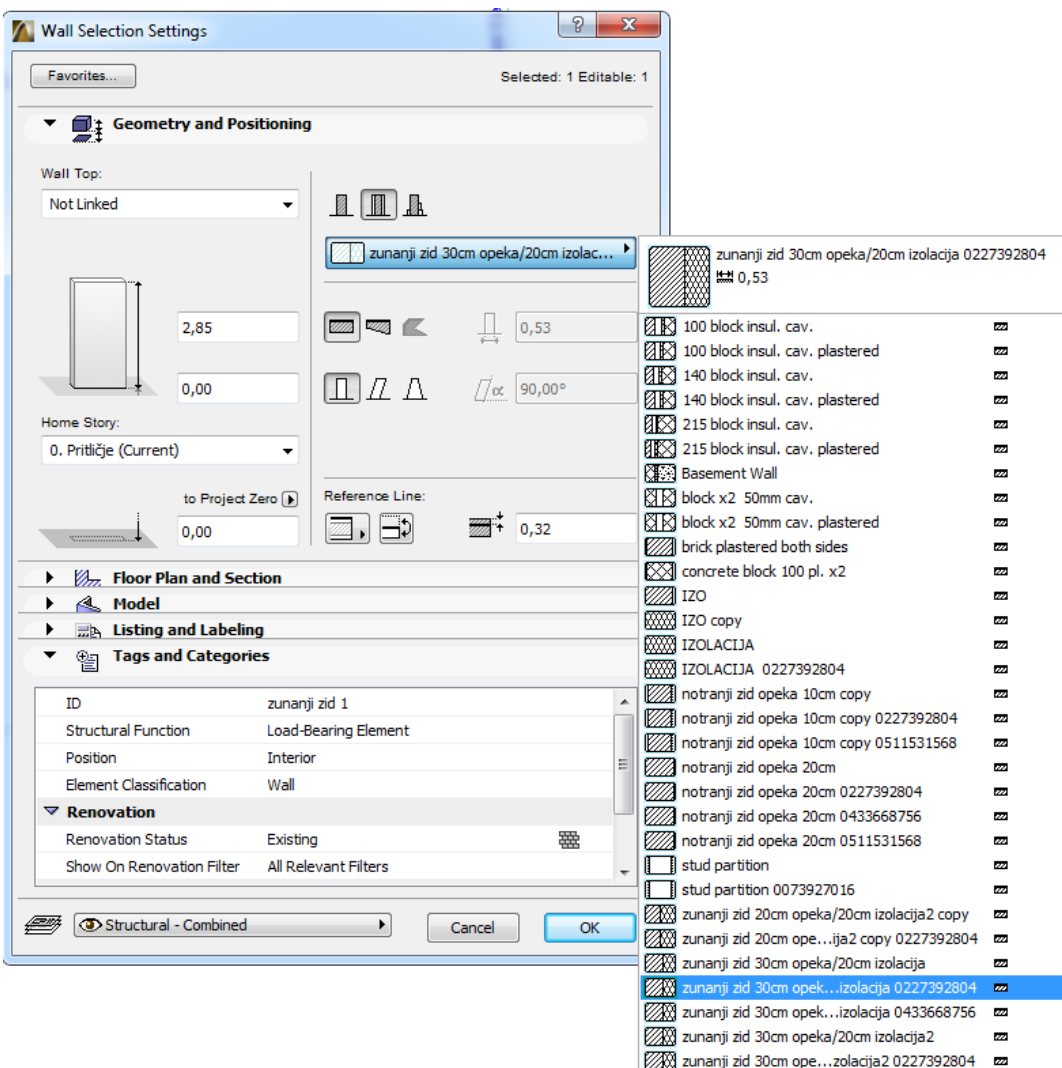
Temeljno ploščo sem modeliral z delovnim orodjem plošča (*ang. Slab*). Nastavitve ki sem jih uporabil so prikazane na sliki 16. Podobne nastavitve sem uporabil pri modeliranju armiranobetonske plošče v nadstropju. Razlika je v prvem razdelku pri višini, kjer se vnese višina (*ang. To Project Zero*), in petem razdelku kjer je določi ime elementa (ID). Zaradi razgibanosti tlorisa plošč sem plošče modeliral s poligonsko metodo, ki mi omogoča modeliranje plošče v enem kosu poljubnih dimenzij. Ta metoda mi je omogočila, da sem pustil odprto predvideno za stopnice iz prvega v drugo nadstropje. Poligonsko metodo izberemo v informacijskem polju, nato s kliki na tlorisu ali 3D oknu označujemo robove plošče dokler ne sklenemo poligon .

### 3.6 Modeliranje AB Stebrov

Stebre sem modeliral z že omenjenim orodjem steber (*ang. Column*). To orodje je predhodno opisano pri modeliranju pilotov. V nastavitveno okno orodja sem vnesel podatke, kot so oblika in dimenzije stebrov, material stebrov, lastnosti za prikaz stebrov v 2D načrtih kot tudi v 3D modelu ter osnovne podatke v razdelku, ki je namenjen identifikaciji elementa. Stebre sem vstavljal v model s kliki na tlorisnih načrtih nadstropij, kot je predvideno v PGD.

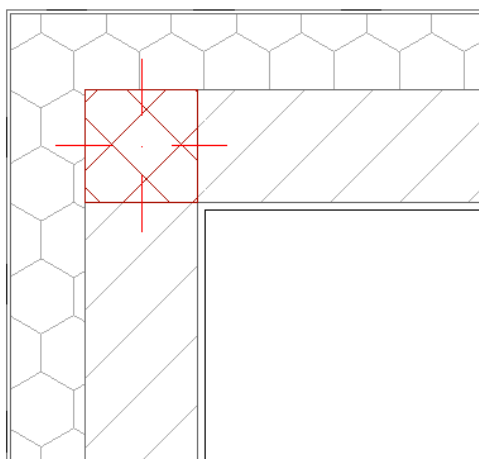
### 3.7 Modeliranje zidov

Pri modeliranju zidov je bilo več dela že zaradi velikega volumna zidov, kot tudi raznolikosti in razgibanosti zidov po tlorisih objekta. V nastavitvenem oknu zida sem prvič v času modeliranja objekta uporabil pred nastavljen konstrukcijski sklop za zunanji zid. Konstrukcijski sklop sem aktiviral v prvem razdelku okna kot je prikazano v sliki 17. Za različne zidove sem uporabil različne konstrukcijske sklope.



Slika 17 - Izbira konstrukcijskega sklopa

Z izbiro konstrukcijskega sklopa je že določena širina zidu. Dodal sem še višino in pozicijo v prvem razdelku in osnovne podatke v identifikacijskem razdelku. S tem so bile nastavitve zunanjega zidu končane in sem začel vnašati zid v model.

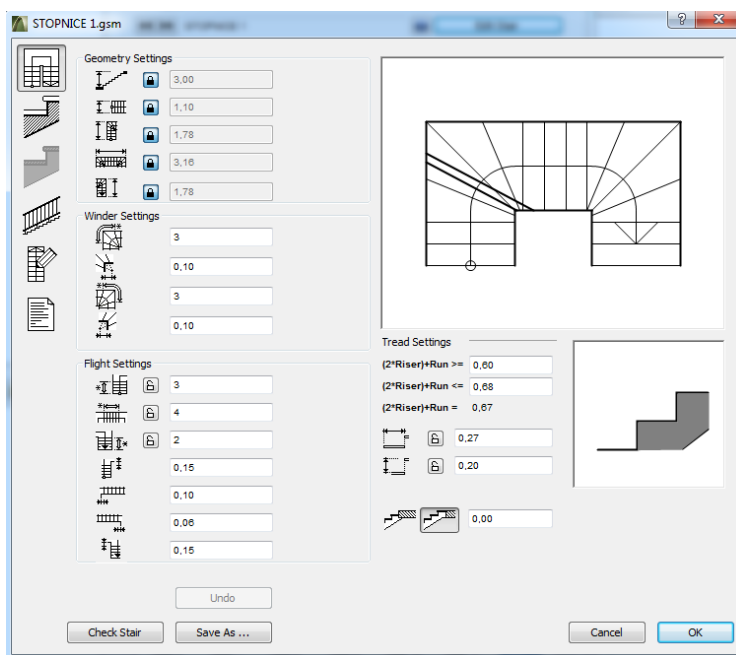


Slika 18 - Zunanji zid v tlorisu

Slika 18 prikazuje konstrukcijski sklop zunanjega zidu ter stebra v zidu v tlorisnem načrtu. Program sam poveže iste sloje skupaj tako, da se sloji med seboj ne križajo. Pri tem upošteva tudi prioritete slojev, ki so bile nastavljene v sestavljenem konstrukcijskem nastavitvenem oknu.

### 3.8 Modeliranje stopnic

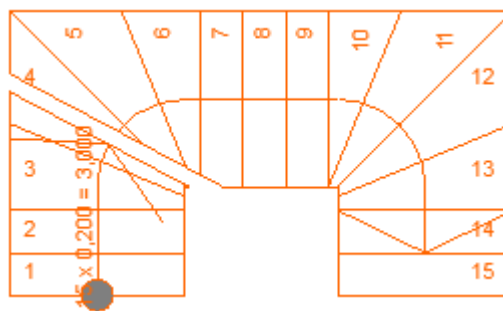
Stopnice sem modeliral zunaj objekta v tlorisnem načinu prikaza in jih kasneje vstavil v objekt. Modeliral sem jih z delovnim orodjem fill s katerim sem označil tlorisno obliko stopnic oziroma območje, ki ga stopnišče zaseda. To orodje nam omogoča modeliranje stopnic poljubnih oblik. Nato z orodjem črta (*ang. Line*) narišemo v območju stopnišča pot po kateri bomo premagovali višino oziroma narišemo hojnico in označimo hojnico in območje z orodjem puščica (*ang. Arrow*). Potem kliknemo na ukaz desinge in izberemo ukaz Create Stair Using Selection. Odpre se okno za izbiro tipa stopnic in izberemo po meri (*ang. Custom*) stopnice. Odpre se okno, ki ga prikazuje slika 19. V tem oknu nastavljamo podrobnosti stopnic v šestih različnih razdelkih dosegljivih v levem delu okna. Vsak od razdelkov ima drugačen tip nastavitvev.



Slika 19 - Nastavitev stopnic

- Prvi razdelek (*ang. Geometry And Flight Settings*) omogoča osnovne geometrijske nastavitve. Tu vnesemo višino stopnic, ostale dimenzije kot širina ramen in dolžina stopnišča je že določena s opisanim načinom dimenzioniranja. Program sledi formuli za računanje stopnic ter izračuna višino in globino posamezne stopnice, da zagotovi najbolj udoben korak.  $60\text{cm} < 2 * \text{višina} + \text{globin} < 68\text{cm}$  Možni so tudi popravki te formule, če nam rezultat formule ne ustreza.
- Drugi razdelek (*ang. Structur And Landing Settings*) nam ponuja dodatne nastavitve stopnic kot so: tip stopnic (masivne, montažne, konzolne...) in nastavitve pripadajočemu tipu kot so material stopnic in prikaz v načrtih in 3D pogledu.
- Tretji razdelek (*ang. Tread Settings*) je namenjen nastavitvam samih nastopnih ploskev stopnice. Tu lahko nastavimo finalno obdelavo stopnic in dodatno povečamo nastopno ploskev, kot tudi nastavimo prikazne nastavitve finalne obdelave.
- Četrty razdelek (*ang. Railing Settings*) omogoča podrobno nastavitve ograje na stopnišču. Izbiramo lahko med mnogimi tipi ograj in oprijemal v programski knjižnici. Izbiramo lahko tudi katere stranice želimo ograditi in katere ne.
- Peti razdelek (*ang. Symbol Setting*) ponuja nastavitve načinov prikaza stopnic v 2D načrtih. Izbiramo med tipi prikaza, tipi hojnic ter vsemi estetskimi nastavitvami (debelina črt, barva črt, simboli, besedilo...)
- Šesti razdelek (*ang. Listing Settings*). V tem oknu obkljukamo katere vse nastavitve želimo, da program beleži.

Ko sem imel nastavitve nastavljene sem jih shranil v knjižnico nastavitvev stopnic in okno zaprl. Uporabil sem delovno orodje stopnice (*ang. Stair*), kjer sem izbral stopnice ki sem jih nastavil in jih umestil v model.

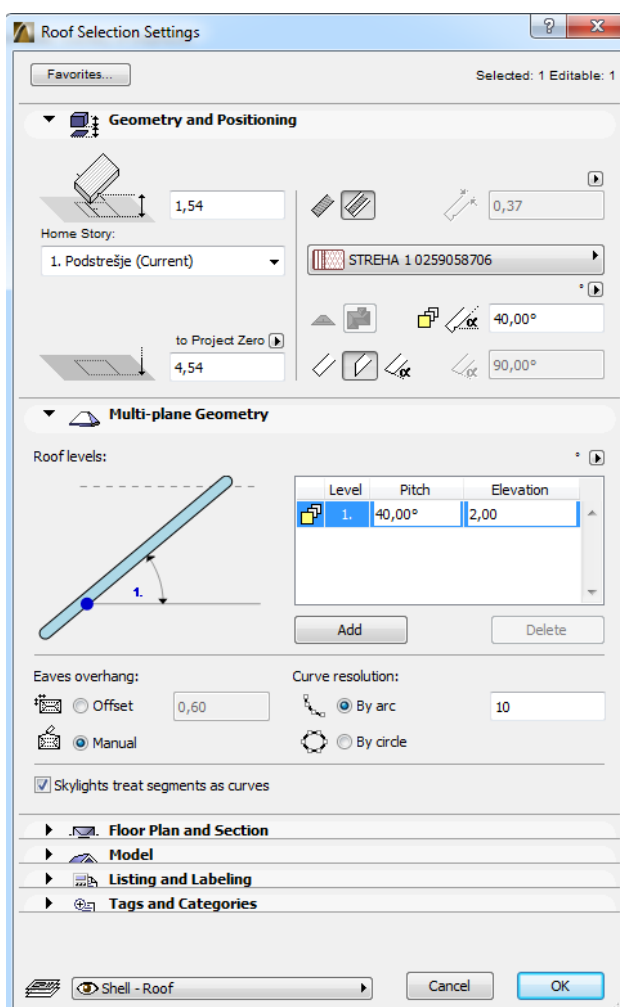


Slika 20 - Zdimenzionirane stopnice v 2D načrtu

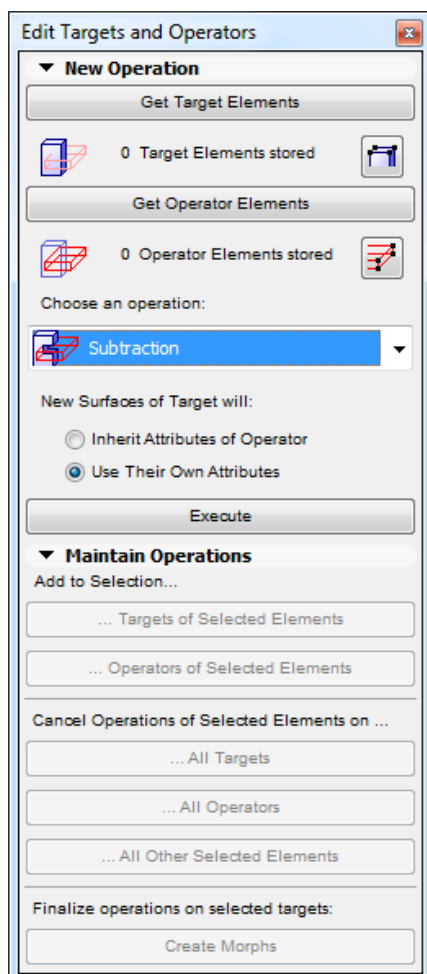
### 3.9 Modeliranje strehe

Streha je sestavljena iz treh delov različnih dimenzij in vsak del ima sleme na različni višini. Zato sem vsak del strehe posebej dimenzioniral in jih pozneje združil. Najprej sem izrisal tlorisno obliko posameznega dela in te oblike postavil v prazen prostor izven modela v pravilni tlorisni postavitvi. Z aktivacijo delovnega orodja streha (*ang. Roof*) se odpre nastavitveno okno kjer sem nastavil podatke o strehi kot zahteva PDG (slika 21 prikazuje to okno z nastavljenimi nastavitvami). Tu sem tudi uporabil konstrukcijski sklop strehe, ki sem ga opisal v pripravi modeliranja. Z izbiro konstrukcijskega sklopa je že določena debelina strehe ter plasti v strehi. Streha je v tej fazi še neprimerna za vnos v model, ker ima stranice strehe, ki se med seboj sekajo in posegajo v bivalni prostor mansarde. To sem optimiziral

tako, da sem strehe označil in z desnim klikom sledil ukazom **connect**→**trim elements to roof/shell**. Ukaz je odrezal dele strehe, ki so posegali v bivalni prostor. Nato sem celotno streho premaknil nad tloris zgornje etaže ter vse vertikalne elemente te etaže podaljšal do mere, ko gledajo izven strehe. Vse te podaljšane vertikalne elemente in streho sem nato označil in ponovno uporabil ukaz **trim elements to roof/shell**. S tem sem odvečne vertikalne dele odrezal. Potrebno je bilo še modeliranje ostrešja za katerega sem uporabilo orodje **roof wizard**, ki ga aktiviramo z ukazi **designe**→**roof extras**→**roof maker**→**roof wizard**. Čarovnik za modeliranje ostrešja nam odpre okno v katerem so vse nastavitve za ostrešje. Tu nastavimo elemente ostrešja, dimenzije, načini spajanja elementov, dimenzije med elementi, material elementov.

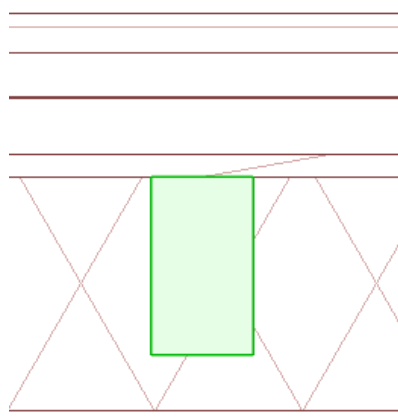


Slika 21 - Nastavitveno okno za streho



Slika 22 - Solid Elements Operations

Ostrešje in streho sem združil s *Solid Elements Operations* (slika 22), ki ga najdemo pod ukazom *designe*. Ukaz omogoča da elemente odštejemo enega od drugega, ko dva elementa zasedata isti prostor. Ostrešje sem s ukazom premakni (*ang. Move*) v različnih pogledih natančno namestil v strešni konstrukcijski sklop ter ga označil z *Get Operator Elements*. Streho sem označil z *Get Target Elements* in s tem označil, da se od strehe odšteje prostor, ki ga zaseda ostrešna konstrukcija. Rezultat je prikazan v sliki 23, kjer je z zeleno označen špirovec v toplotni izolaciji oziroma v strešnem konstrukcijskem sklopu.



Slika 23 - Zdržena strešna konstrukcija

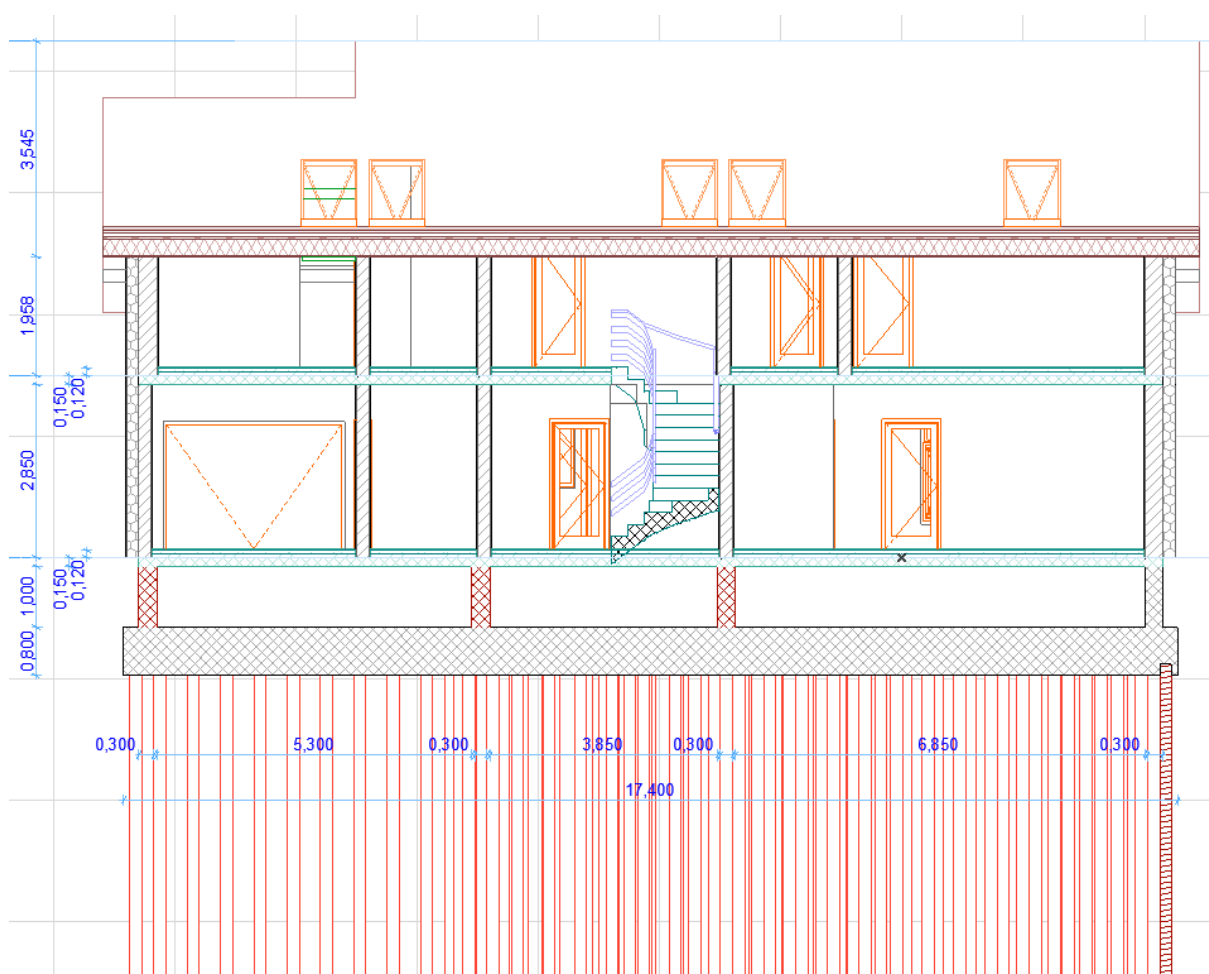
### 3.10 Modeliranje oken in vrat

Okna in vrata so relativno enostavna za modeliranje. Program s svojo knjižnico elementov oken in vrat ponuja veliko izbiro tipov med katerimi izbiramo, vsak tip pa lahko dimenzioniramo poljubno. Uporabil sem delovni orodji vrata (*ang. Door*) in okno (*ang. Window*). S kliki po modelu v tlorisnem ali v tridimenzionalnem pogledu se vrata in okna enostavno vstavljajo v zidove in streho (strešna okna).



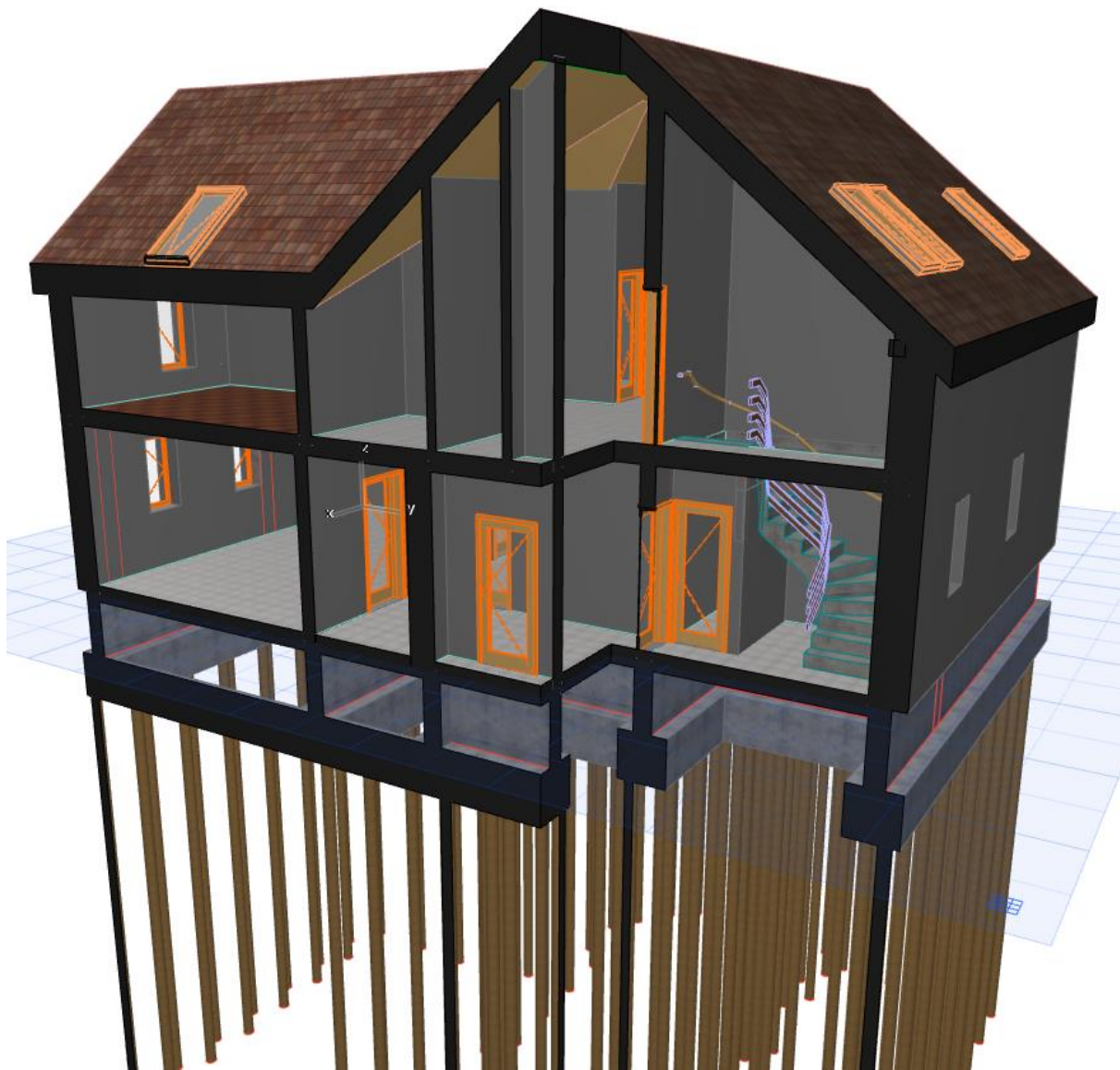
### 3.11 Projektna dokumentacija

Ko je modeliranje zaključeno lahko hitro ustvarimo projektno dokumentacijo. Tlorisi so narejeni že v času modeliranja in jih je potrebno samo še urediti. Vsaka sprememba modela pa se avtomatično posodobi na vseh pogledih torej, če spremenimo model v nekem prerezu je to vidno tudi v tlorisu in ostalih pogledih. Prereze pa lahko poljubno ustvarjamo z delovnim orodjem prerez (*ang. Section*) tako, da povlečemo linijo s tem orodjem preko želenega tlorisa in usmerimo pogled prereza. Tako lahko ustvarimo poljubno število prerezov v nekaj sekundah, ki pa so dosegljivi v navigacijskem polju. Vse tlorise in prereze je potrebno še kotirati, da bi bili primerni za uporabo. vsaka sprememba modela pa se avtomatično posodobi na vseh pogledih. Torej, če spremenimo model v nekem prerezu je to vidno tudi v tlorisu in ostalih pogledih.



Slika 24 - Prerez objekta

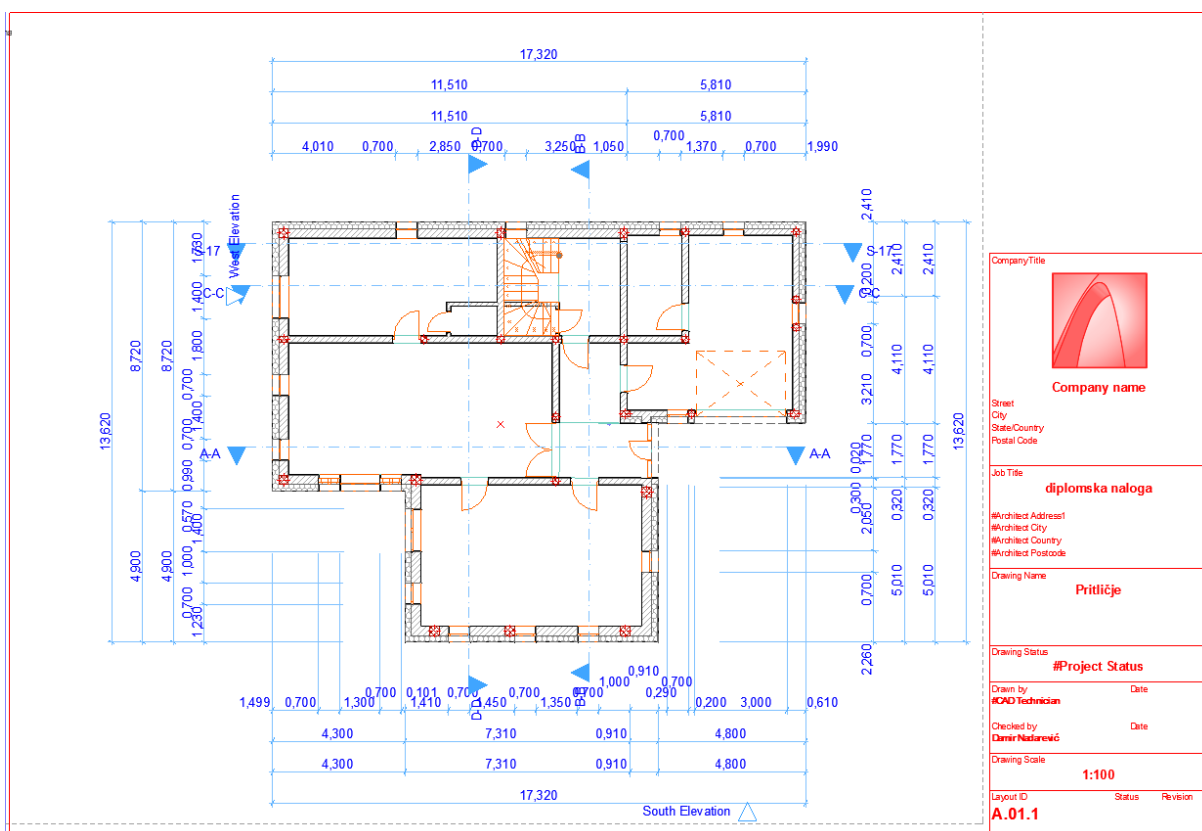
Na podoben način sem z orodjem *Marquee* prikazal poglede in 3D prereze. 3D prerezi so lahko tudi poligonske oblike kot je prikazano v primeru na sliki 25.



Slika 25 - Poligonski 3D prerez

### 3.12 Generacija načrtov

Ko imamo vse elemente modela zmodelirane lahko hitro izdelamo potrebno dokumentacijo objekta, ki je potrebna za izgradnjo. V desnem zgornjem kotu navigacijskega polja se za hitro pripravo tehnične dokumentacije v ArchiCAD-u sproti izdelujejo dokumenti, ki so pripravljeni na izpis. V navigacijskem polju se nahaja zavihek *Layout Book*, kjer so dokumenti opremljeni tudi z glavo, v katero vpišemo potrebne podatke o objektu. Naslednja slika prikazuje rezultat izdelanih dokumentov, kateri so pripravljeni na izpis oz. plotanje.



Slika 26 - Tloris pritličja

Vsi načrti, ki sem jih izdelal in so potrebni za izgradnjo objekta ter katerega moj model opisuje so dodani v prilogah.

### 3.13 Prostori v modelu



















Končan 3D model sem opremil z opisom prostorov v objektu in ga tako približal splošnim uporabnikom. ArchiCAD ponuja delovno orodje *zona* (ang. *Zone*), ki sem ga uporabil, da sem označil prostore v 2D tlorisnih načrtih, ter dodal splošen opis, ki zajema namen uporabe prostorov, uporabno površino prostorov ter višino prostorov. Lahko bi izbral tudi druge podatke o prostoru za prikaz, kot so: številka *zone*, tip talnih oblog, volumen prostorov, obseg prostora, zasedenost prostora ali pa poljuben tekst za dodaten opis prostora. Z opisom prostorov lahko ocenimo njihovo uporabnost, primernost umestitve v objekt, primernost medsebojne relacije med prostori ter dostopnost do prostorov. Z uporabo programskega orodja *zona* oziroma ang. *Zone* pa lahko opravimo analizo prostorov glede njihove energetske učinkovitosti in analizo o osvetlitvi prostorov z naravno sončno svetlobo ali umetno osvetljavo. V programu sem tudi pripravil popis prostorov, z osnovnimi podatki, ki je priložen v prilogah. V naslednji sliki sta prikaza tlorisa objekta z opisom prostorov.



Slika 27 - Opis prostorov (tloris pritličja in mansarde)

### 3.14 Količine materialov modela kot osnova za 4D in 5D

Za izdelavo 5D modela potrebujemo podatke o količinah materialov na podlagi katerih bo narejena časovna in stroškovna ocena. Kot je bilo že omenjeno, BIM modelirniki omogočajo hiter vpogled in pripravo izvlečkov količin. V ArchiCAD-u se količine beležijo pod možnostjo *Schedules*. Program nam ponuja možnost nastavitve spiska elementov in materialov po lastnih specifikacijah. V mojem modelu sem nastavljal spiske vrat, oken ter objektnih elementov v katerem so elementi ostrešja in stopnice. Vse ostale materiale sem zbral v spisku komponente po elementih (*ang. components by elements*), kjer so materiali prikazani v sklopih, kot so modelirani in označeni z uporabo razdelka *Tag and Categories* v nastavitvenih oknih posameznega elementa. V spisku materialov lahko nastavljam prikaz podatkov, ki nas zanimajo in brišemo podatke, ki nas ne zanimajo za boljšo preglednost. Pri 4D in 5D modeliranju sem največkrat uporabil podatke o površini, prostornini ter kvantiteti. Pri oknih in vratih so lepo prikazani podatki o dimenzijah ter tip odpiranja. S temi podatki je nakup takih elementov hiter in enostaven. Pri ostrešju pa je vsak špirovec, lega ter škarje opisana tako, da jih hitro pripravimo in s tem pospešimo gradnjo ostrešja in natančno definiramo količino lesa in njihove dimenzije za nakup in uporabo.

Spisek vrat									
ime vrat	Door 16	Door 16	Door 16	Door 16	Door 16	Door with ...	Double Do...	Pocket Do...	Tilt Garage Do...
Kvantiteta	1	2	3	5	6	1	1	1	1
Š x V Dimenzije	0,700x2,100	0,800x2,100	0,800x2,100	0,900x2,100	0,900x2,100	1,800x2,100	1,800x2,100	0,800x2,100	3,000x2,100
Orientacija	R	L	R	R	L	L	L	R	
2D Simbol									
3D Izgled									

Slika 28 - Spisek vrat v modelu

V spisku materiala armirano betonskih elementov ni navedeno koliko je vgrajene armature, zato sem v nadaljevanju predpostavil, da je v temeljih vgrajenih 70 do 80 kg armature za en kubični meter betona, v ostalih nosilnih elementih, kot so stebri in plošče pa 90 do 100 kg armature za en kubični meter betona. Vsi spiski potrebnih količin materialov in elementov so dodani v prilogah.

### 3.15 Simulacija gradnje

Izdelal sem tudi simulacijo gradnje v programu *ArchiCad* z dodatkom *Construction Simulation*, kateri je dosegljiv na Graficsoftovi uradni strani pod temo *Add-ons*. Po inštalaciji zaženemo simulator z ukazi:

**Document → Schedules and Lists → Construction Simulation → Show Task List.**

S tem odpremo nastavitveno okno, prikazano na sliki 29, v katerem z ukazom *New Task* vnašamo aktivnosti katere želimo prikazati v simulaciji gradnje. Aktivnostim sem določil tudi trajanje iz terminskega plana, ki je opisan v nadaljevanju diplomskega dela. Vsem aktivnostim sem z ukazom *Link* določil katere elemente v modelu zajemajo. Tu sem naletel na omejitve kjer nisem mogel podrobneje določiti simulacijo gradnje prednastavljenih konstrukcijskih sklopov. Program te konstrukcijske sklope obravnava kot en element, zato je v simulaciji prikazano zidanje zidov, kot da se istočasno gradi jedro, izolacija in zaključni sloj. Da bi podrobneje opisal gradnjo v simulaciji bi moral vsak sloj v zidu in ostalih konstrukcijskih sklopih modelirati posebej, tako da jih program beleži kot posamezne elemente.

The screenshot shows the 'Construction Simulation' window with a table of tasks and a control panel on the right. The table has columns for 'Tasks', 'Type', 'Progress', 'Start Date', and 'Finish Date'. The 'Progress' column uses color-coded bars to indicate completion status: green for 100%, yellow for 50%, and white for 0%.

Tasks	Type	Progress	Start Date	Finish Date
STROJNI IZKOP	Build	100%	3.8.2014	4.8.2014
PILOTIRANJE	Build	100%	4.8.2014	5.8.2014
TEMELJI	Build	100%	5.8.2014	15.8.2014
TEMELJNA POLŠČA	Build	100%	15.8.2014	24.8.2014
ZIDOVI PRITLIČJE	Build	100%	24.8.2014	28.8.2014
STEBRI, STOPNICE IN ...	Build	100%	28.8.2014	2.9.2014
ZIDOVI MANSARDA	Build	50%	3.9.2014	8.9.2014
STEBRI	Build	0%	9.9.2014	10.9.2014
OSTREŠJE IN STREHA	Build	0%	12.9.2014	19.9.2014
ZUNANJA OKNA IN VR...	Build	0%	19.9.2014	20.9.2014
TLAKI	Build	0%	10.10.2014	17.10.2014
NOTRANJA VRATA	Build	0%	21.10.2014	23.10.2014

Control panel buttons: Link, Unlink, Show Linked Tasks, Select Linked Items, Select Unlinked Items, New Task, Delete Task.

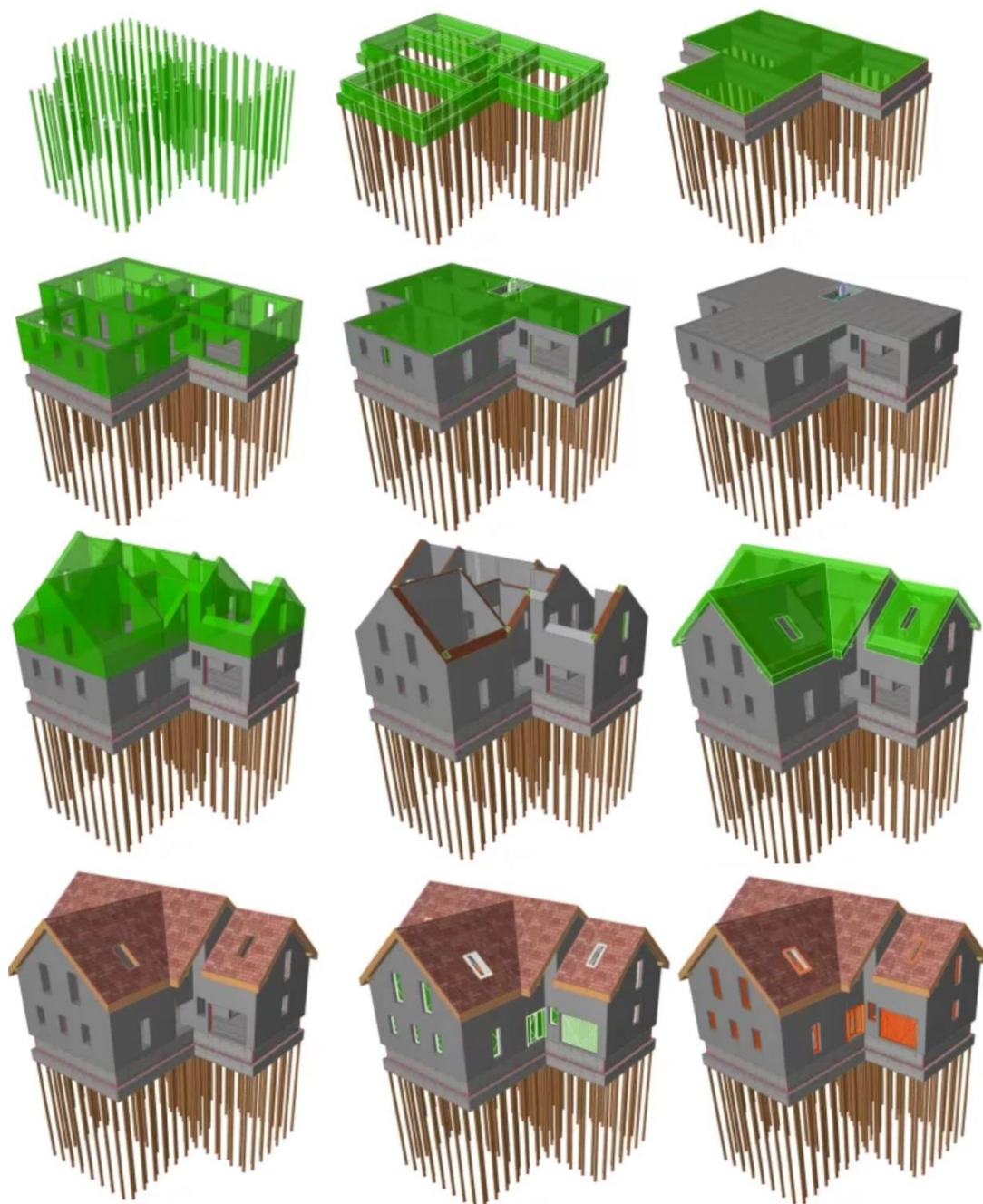
Current Date: 9.2014

Buttons: Show Built, Show All

Slika 29 – Nastavitveno okno dodatka Construction simulator



Simulacija gradnje je prikazana z videom, kjer se elementi prikazujejo v zaporedju, kot so bili povezani v nastavitvenem oknu dodatka *Construction Simulatorja*. Na sliki 30 so prikazani različni časovni okvirji, ki imajo največji vizualni efekt. Z zeleno barvo so nakazani elementi v izgradnji v svoji naravni barvi pa elementi, ki so že zgrajeni.



Slika 30 - Prikaz različnih časovnih okvirjev, ki sestavljajo simulacijo gradnje

## 4 4D IN 5D – MODELIRANJE OBJEKTA

Ko imamo količine materialov na osnovi modela, ga nadgradimo v 4D in 5D model. To naredimo s terminskim planom, kjer za določitev časa, ki ga delovna sila potrebuje za izvedbo določene aktivnosti uporabimo normative. V normativih je določen čas, ki ga en delavec potrebuje za izvedbo določene količine aktivnosti. S povezavo normativa, števila delovne sile ter količine dela aktivnosti dobimo časovno oceno (4D) oziroma trajanje aktivnosti. Tej aktivnosti moramo še dodati ceno dela, ki je določena na podlagi cenikov obrtnih del, ki so dostopni na spletnih straneh Obrtne zbornice Slovenije. Cena je določena kot znesek na mersko enoto (€/m<sup>2</sup>, €/kg, €/KOS, ...) Tako je dodana tudi stroškovna ocena aktivnosti. Za celoten 5D model je potrebno tako opredeliti vse aktivnosti modela in jih med seboj smiselno povezati tako, kot je potrebno za kvalitetno in hitro izgradnjo objekta.

Preglednica 1. Uporabljeni normativi in cene del. Opomba; v preglednici zaradi same obsežnosti seznama niso opisane vodovodne, električno inštalacijske aktivnosti ter montaža sanitarne opreme. Te aktivnosti pa so podrobno zajete v samem modelu 4D in 5D.

Aktivnost	Normativ	Cena dela
strojni izkop	0,0345 h/m <sup>3</sup>	4,51 €/m <sup>3</sup>
vtiskanje pilotov	0,0666 h/KOS	4 €/KOS
opaževanje:		
•temeljna peta	0,3 h/m <sup>2</sup>	13,42 €/m <sup>2</sup>
•temeljni nastavek	0,3 h/m <sup>2</sup>	14,15 €/m <sup>2</sup>
•stebri	0,52 h/m <sup>2</sup>	12,87 €/m <sup>2</sup>
•plošča	0,4 h/m <sup>2</sup>	15,4 €/m <sup>2</sup>
•stopnice	1,07 h/m <sup>2</sup>	62,04 €/m <sup>2</sup>
armiranje:		
•rezanje, krivljenje	0,8 h/t	/
•polaganje, vezanje	15 h/t	440 €/t
•plošča	8 h/t	440 €/t
•stopnice	0,056 h/t	550 €/t

se nadaljuje...



...nadaljevanje preglednice 1

betoniranje:		
•temeljev (strojno)	0,55 h/m <sup>3</sup>	17,05 €/m <sup>3</sup>
•stebri (strojno)	1 h/m <sup>3</sup>	18,92 €/m <sup>3</sup>
•plošče (strojno)	1,2 h/m <sup>3</sup>	19,69 €/m <sup>3</sup>
•stopnice (strojno)	1 h/m <sup>3</sup>	27,61 €/m <sup>3</sup>
razopaževanje	0,28 h/m <sup>2</sup>	/
zasipavanje+ nabijanje	0,0335 h/m <sup>3</sup>	7,15 €/m <sup>3</sup>
zidanje zidov	2,9 h/m <sup>3</sup>	48,84 €/m <sup>3</sup>
streha:		
•polaganje streš. kon.	0,62 h/m <sup>2</sup>	35,33 €/m <sup>2</sup>
•pokrivanje z deskami	0,28 h/m <sup>2</sup>	12,40 €/m <sup>2</sup>
•letvanje streš. kon.	0,16 h/m <sup>2</sup>	9,58 €/m <sup>2</sup>
•polaganje kritine	0,4 h/m <sup>2</sup>	10 €/m <sup>2</sup>
suhomontaža:		
•vhodna vrata	1,5 h/KOS	37,18 €/KOS
•garažna vrata	2,2 h/KOS	45,1 €/KOS
•okna	0,8 h/KOS	27,06 €/KOS
•sobna vrata	1,5 h/KOS	32,45 €/KOS
toplotna izolacija (zid)	0,17 h/m <sup>2</sup>	20 €/m <sup>2</sup>
toplotna izolacija (streha)	0,2 h/m <sup>2</sup>	4,51 €/m <sup>2</sup>
grobi in fini omet zidov	grobi 0,35 h/m <sup>2</sup> fini 0,3 h/m <sup>2</sup>	10,12 €/m <sup>2</sup>
tlaki:		
•hidroizolacija (bitumen)	0,1 h/m <sup>2</sup>	4,07€/m <sup>2</sup>
•toplotna izolacija	0,15 h/m <sup>2</sup>	
•estrih	0,9 h/m <sup>2</sup>	10,12 €/m <sup>2</sup>
•keramika	1,25 h/m <sup>2</sup>	15 €/m <sup>2</sup>
•parket	0,67 h/m <sup>2</sup>	10 €/m <sup>2</sup>
pleskanje sten	0,24 h/m <sup>2</sup>	2,8 €/m <sup>2</sup>
pleskanje stropov	0,2 h/m <sup>2</sup>	2,8 €/m <sup>2</sup>

## 4.1 Terminski plan

Terminski plani služijo kot osnova za izdelavo spremljajočih planov, organizacijske ukrepe, pravočasno izvajanje del in kot sredstvo časovne kontrole izvajanja del. [10]

S terminskimi plani določamo:

- termine za izvršitev aktivnosti
- zaporedje izvajanja aktivnosti
- usklajeno izvajanje aktivnosti [10]

Pri izdelavi terminskih planov sem grajenje objekta razdelil na posamezne aktivnosti:

- izkopi, nasutje
- opaževanje, armiranje, betoniranje, razopaževanje
- zidanje notranjih in zunanjih zidov ter fasada
- izdelava stopnic
- izdelava strehe
- vgradnja oken in vrat
- električne in vodovodne inštalacije
- tlaki in ometi
- slikopleskarska dela
- sanitarna oprema

Aktivnosti se izvajajo na določeni lokaciji objekta, zato sem objekt razdelil na posamezne etaže: temelj, pritličje, mansarda in ostrešje. Tako npr. izdelava temeljev poteka na temeljni etaži, streha se gradi na ostrešni etaži, imamo pa aktivnosti, ki so prisotne na večih ali celo na vseh etažah npr. električne in vodovodne inštalacije.

Terminske plane izdelujemo grafično s pomočjo naslednjih tehnik:

- gantogramska ali blokovna tehnika
- ciklogramska ali taktna tehnika
- ortogonalna tehnika

- tehnika mrežnega planiranja [10]

#### **4.1.1 Ciklogramska tehnika**

Rezultat ciklogramske tehnike terminskega planiranja so ciklogrami, ki na preprost način grafično prikazujejo rešitve terminskega planiranja. Ciklogrami ponazarjajo zaporedna dela s premicami in daljicami, katerih naklon se spreminja glede na trajanje dela. Večji kot je naklon aktivnosti, v tem krajšem času se mora delo izvršiti. Na osnovi ciklogramov je možno gradnjo zelo enostavno spremljati, kjer lahko hitro ugotovimo zamude ali prehitvevanje pri izvajanju del. Za izdelavo ciklogramov uporabljamo koordinatni sistem, kjer horizontalna os predstavlja časovne enote, vertikalna pa delovne odseke. [10]

#### **4.1.2 Gantogramska tehnika**

Podobno kot pri ciklogramski tehniki, tudi pri gantogramu uporabimo koordinatni sistem. Horizontalna os predstavlja čas, vertikalna os pa aktivnosti. Kot rezultat gantogramske tehnike planiranja dobimo t.i. gantogram.

Iz gantograma je razvidno, kako si aktivnosti časovno sledijo, koliko časa je za posamezno aktivnost na razpolago, čas izvršitve aktivnosti, ter kako se nekatere aktivnosti prekrivajo. [10]

Gantogrami so smiselno uporabni tudi za izdelavo dinamično spremljajočih planov, npr. plana delovne sile, plana količin, mehanizacije in plana finančnih sredstev. Razlika je le v tem, da na vertikalno os koordinatnega sistema ne nanašamo dejavnosti, temveč delovno silo, mehanizacijo, glavne materiale ali finančna sredstva. [10]

#### **4.1.3 Mrežna tehnika**

Glavna prednost mrežnih tehnik planiranja je v tem, da je možno ugotoviti tista dela (aktivnosti), od katerih je odvisen rok izgradnje objektov. Imenujemo jih kritična dela, njihov redosled izvajanja pa kritična pot.

Ta tehnika je uporabna pri optimizaciji terminskega plana, s katero lahko dosežemo maksimalno možno kontinuiranost zaposlitve delovne sile in uporabo strojev in opreme. To dosežemo s premikanjem nekritičnih aktivnosti tako, da se z večkratnim poizkusom približamo optimumu. Rezultat mrežne tehnike je terminski plan v obliki mrežnega diagrama s kritično potjo. Aktivnosti so lahko predstavljene s puščicami – puščični mrežni diagram, ali pa s kvadrati. [10]

## 4.2 Izdelava terminskega plana

Ob zagonu Vico Control se odpre nastavitveno okno, kjer vnesemo osnovne podatke o projektu. Tu nastavimo tudi datum začetka gradnje objekta in predviden datum za dokončanje projekta, kot tudi trajanje delovnika in denarno enoto. Moje nastavitve so prikazane v začetnem nastavitvenem oknu programa na sliki 31.

Izdelava terminskega plana se nadaljuje v delovnem okolju (ang. *Flowline view*, slika 32) programa v katerem sem vnašal in urejal aktivnosti, ki tvorijo terminski plan modela. Delovno okolje je potrebno pred uporabo urediti, da ustreza zahtevam projekta. Na levi strani imamo vertikalno os, ki sem jo razdelil na lokacije kjer se bo delo izvajalo. V mojem primeru so to 4

lokacije in sicer temelj, pritličje, mansarda ter ostrešje s streho. Na vrhu delovnega okolja pa sem horizontalno os uredil tako, da prikazuje čas v koledarski obliki. Koledar v terminskem planu lahko še dodatno uredimo in nastavimo proste dni in praznike, ki bodo obarvani s sivo barvo v terminskem planu. Na teh mestih se delo prekine in nadaljuje na naslednjem belem polju. Sam sem nastavljal nedelje za dela proste dni in v času izvajanja aktivnosti nisem naletel na praznike, ki bi spremenili časovni potek aktivnosti.

Project settings: Stanovanjska hiša

Project name: Stanovanjska hiša

Project code: [ ]

Company: FGG - Lj

Manager: doc. dr. Tomo Cerovšek

Planner: dip. inž. Damir Nadarević

Start: 4.8.2014

Deadline: 24.10.2014

Day length: 10.0 hr

Currency unit: €

Template: [ ] Browse...

Update all task resources from quantities

Protecting project file with password

Old: [ ] >>> [ ] = [ ]

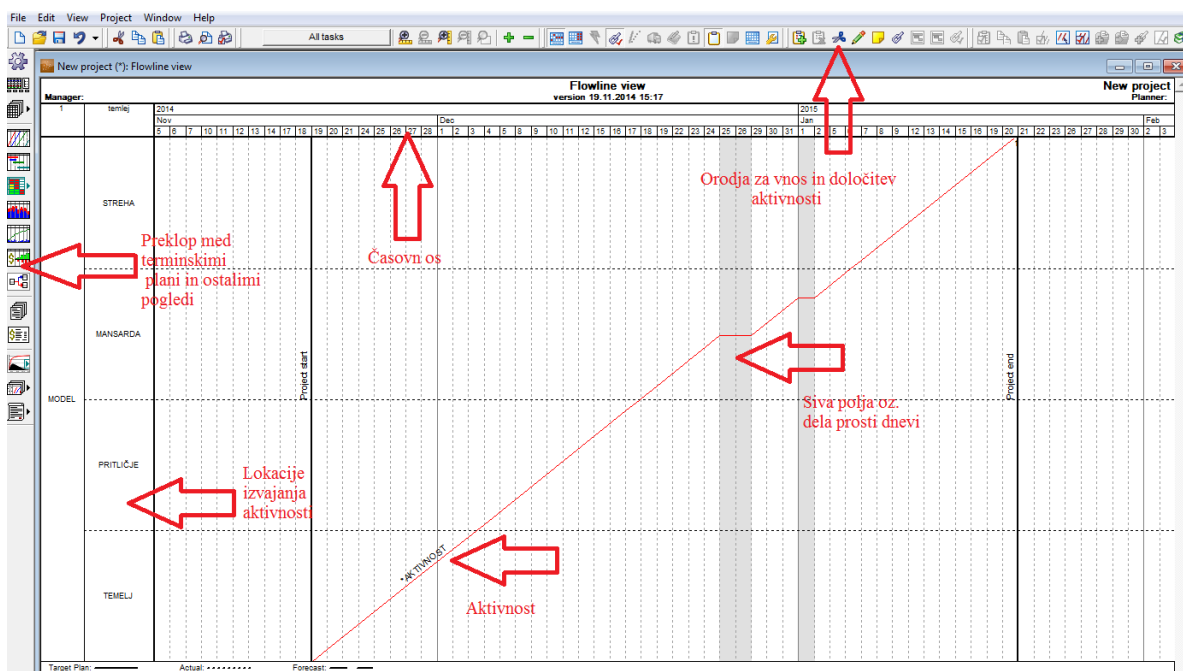
Locations

Location hierarchy: 1

	Quantity	Unit	wer level	Locatio
1 Project	1			4

Global quantities Approve schedule OK Cancel

Slika 31- Začetno nastavitveno okno



Slika 32 - Delovno okolje Vico Control (flowline view)

Aktivnosti sem vnašal ročno, obstaja pa tudi možnost avtomatskega uvoza količin, katere nisem uporabil. Aktivnosti sem vnašal z orodjem, ki je prikazan kot svinčnik. Ko svinčnik aktiviramo narišemo aktivnost v belo polje s črto, ki predstavlja dejavnost v terminskem planu. Na črti piše ime dejavnosti in številka, ki predstavlja količino delovne sile zadolžene za izvajanje aktivnosti.

Ko sem vnesel vse predvidene aktivnosti jih je bilo potrebno podrobneje definirati in jim s tem dodati »volumen« dela. Podrobno definiranje aktivnosti opravljamo v nastavitvenem oknu programa, za vsako aktivnost posebej, ki ga aktiviramo z dvoklikom na črto katera predstavlja aktivnost in klikom na **add/edit quantities**. Na sliki 33 je primer definiranja aktivnosti (opaževanje) iz modela. V tem oknu vstavljamo količine v izbrano aktivnost na izbrano lokacijo ter dodajamo normative in ceno dela. V stolpcu *name* so našteje dejavnosti, ki tvorijo aktivnost skozi celoten model. Naslednji stolpec *Consumption hours/units* je namenjen vnašanju normativov, ki imajo vpliv na čas aktivnosti. Sledi stolpec z stroškovno oceno dela. Ta ocena je osnova za peto dimenzijo modela. Za definicijo aktivnosti je potrebno še definirati količine dela na lokacijah. Same količine sem vnesel na osnovi modela iz programa ArchiCAD. Količine sem direktno vnašal v nastavitveno okno, ki je kot primer

prikazano na sliki 33. Popis materialov in njihovih količin je že opisan na strani 30 in popis teh je dodan v priloge.

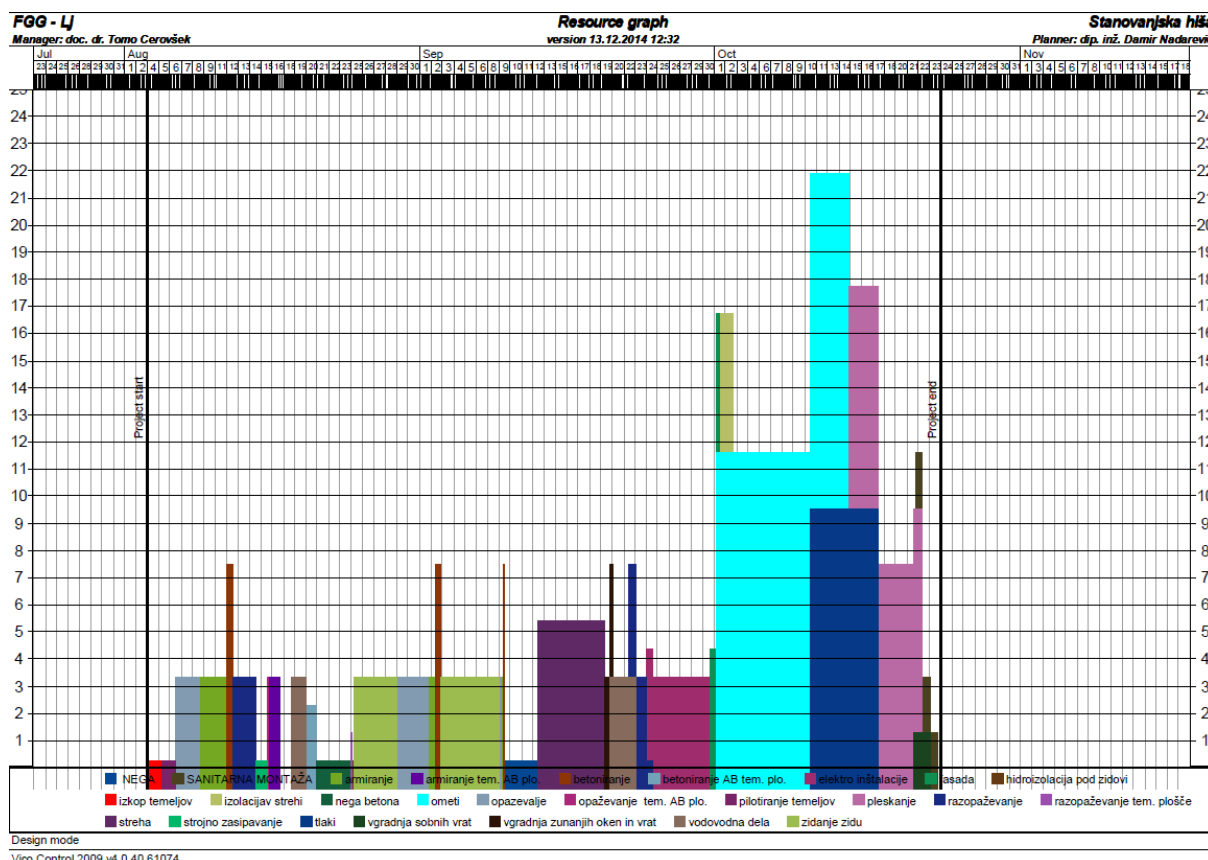
Kot je iz slike 33 razvidno je večina opaževanja v temeljni lokaciji medtem, ko je v mansardi opaževano samo nekaj stebrov. Ostrešje je leseno v celoti in zato v lokaciji ostrešja s streho ni navedenih količin za opaževanje. Na podoben način je potrebno podrobno definirati vse predvidene aktivnosti.

1:						Project				
temelj:						temelj	pritiljice	mansarda	ostrešje s streho	
Code	Name	Consumption hours/units	€/ units	€	Cost type					Unit
1	opaževanje temeljne pete	0.3	13.42	1 814		135.17				M2
2	opaževanje temeljnega nastavka	0.3	14.15	2 181		154.13				M2
3	opaževanje stebrov	0.52	12.87	710			34.2	21		M2
4	opaževanje plošče	0.4	15.40	2 641			171.51			M2
5	opaževanje stopnic	1.07	62.04	1 467			23.65			M2
6										

Slika 33 - Okno za vnos podatkov, ki definirajo aktivnost

Sedaj ima program zadosti podatkov da določi ceno aktivnosti in trajanje aktivnosti, ki jo opravlja ena delovna sila. Za definiranje delovne sile ponovno dvokliknemo na črto, ki predstavlja aktivnost in odpremo podokno pod ukazom *resources*. S trenutnimi nastavitvam in dodajanjem delovne sile je aktivnost pet dimenzionalno modelirana, vendar moramo pri podajanju delovne sile biti pozorni, da ostanemo v mejah izvedljivega in produktivnega v realnem svetu. Produktivnost je definirana kot razmerje med fizično količino gradbenih izdelkov in za njihovo proizvodnjo porabljenega delovnega časa. V virtualnem svetu lahko s povečevanje delovne sile produktivnost dvigujemo neomejeno, kar pa seveda v realnem svetu nima smisla. Za primer montaže okna, ki je aktivnost, katero optimalno morata opravljati 2 delavca in skupaj lahko po normativu uporabljenem v mojem modelu vgradita eno okno v 24 minutah, med tem ko v virtualni gradnji lahko predpišemo vgradnji enega okna 10 delavcev in dobimo rezultat produktivnosti 4 minute in 48 sekund za vgradnjo enega okna. Ta rezultat je potrebno oceniti, če je izvedljiv v realnem svet, ker 10 delavcev na enem navadnem oknu pomeni da si bodo delavci v napoto in tolikšna produktivnost nebo dosežena in lahko pomeni samo finančno izgubo za izvajalca.

Za boljšo preglednost števila delovne sile sem izdelal histogram delovne sile s programom Vico Control (slika 30). Histogram je sestavljen iz dveh osi in sicer iz časovne osi oziroma horizontalne osi, ki je prilagodljiva z nastavitvami in ima možnost prikazovanja let, mesecev, tednov, dnevnov ter ur in vertikalne osi, ki prikazuje število delovne sile. Histogram se avtomatizirano posodablja z vnašanjem delovne sile v nastavitvenem oknu **resources**. V tem oknu dodajamo nove delovne skupine in jih imenujemo, kot želimo da so prikazane v legendi histograma, ki je prikazana na dnu histograma.

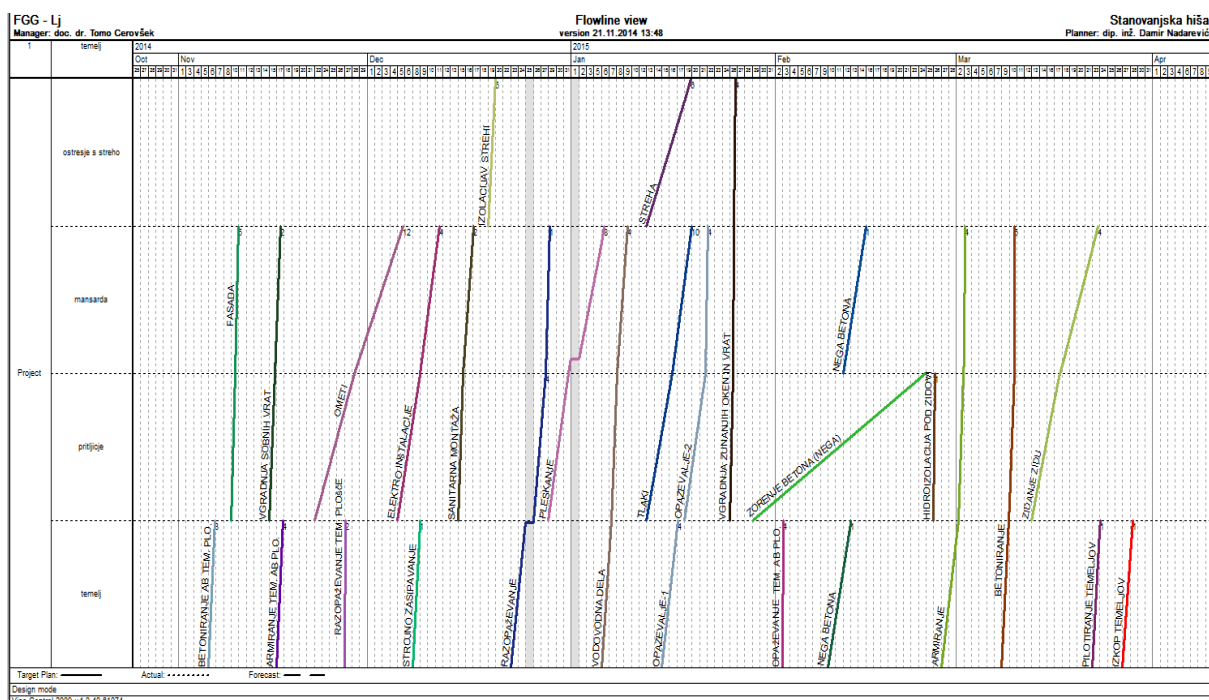


**Slika 34 - Histogram delovne sile**

Iz histograma je razvidno, da se vedno neka aktivnost izvaja na objektu, zato menim da je terminski plan dobro časovno optimiziran. Opaziti je tudi da je maksimalno število delavne sile na tem objektu 22. Sprva se zdi ta številka previsoka za takšen objekt in morda daje občutek gneče na objektu, vendar se mi zdi zaporedje aktivnosti na lokacijah in število delovne sile izvedljivo. Te aktivnosti ki so posledica maksimalnega števila delovne sile so ometavanje stropov in notranjih sten (svetlo modra barva), vgrajevanje konstrukcijskega sklopa tlakov (temna modra barva) in pleskanje sten (svetlo vijolična barva). 1. oktobra se prične aktivnost ometavanja v pritličju in traja do 8. oktobra ter se nemudoma prestavi

aktivnost v višje nadstropje. Tlaki se začnejo vgrajevati v pritličju 10. oktobra oziroma 2 dni po tem ko so stene in stropi v pritličju že ometani. Aktivnost vgradnje tlakov se v pritličju konča 14. oktobra in naslednji dan se že začne pleskanje sten in stropov. Podobno je v prvem nadstropju, kjer se ometavanje prične 8. oktobra in konča 14. oktobra, nato se prične v tem nadstropju vgradnja tlakov 15. oktobra in konča 17. oktobra kateri sledi 18. oktobra pričetek pleskanja, ki se konča 22. oktobra.

V mojem terminskem planu je trajanje aktivnosti prikazano z naklonom črt, ki predstavljajo aktivnost. Naklon aktivnosti je odvisen od količine dela na posamezni lokaciji, ter od količine delovne sile in njihovih normativov. Če aktivnost izvaja večje število delavcev oz. je potrebna manjša količina vgradnje bo naklon večji, kar pomeni da bo aktivnost prej končana. Slika 31 prikazuje trenutni rezultat terminskega plana z vsemi definiranimi aktivnostmi, normativi, cenami in količinami za izgradnjo.



Slika 35 - Definirane aktivnosti v terminskem planu

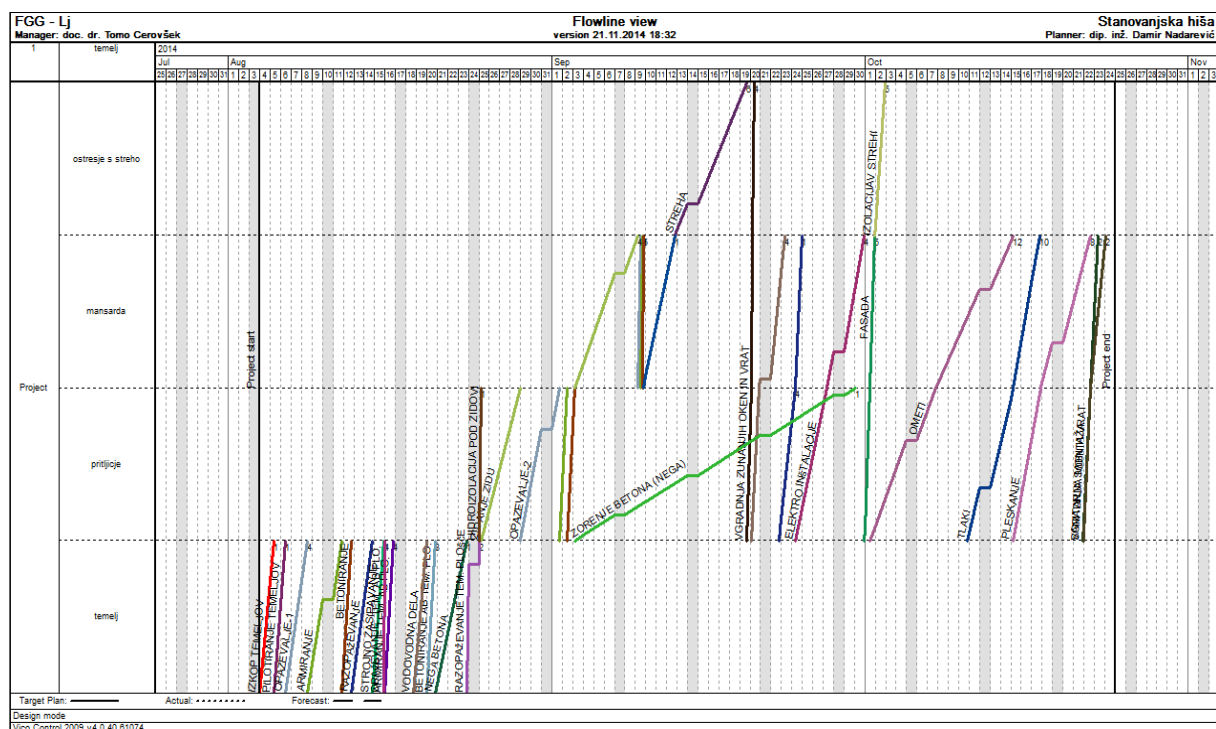
Terminski plan v tej fazi nima smisla, ker so aktivnosti naključno nametane in delo ni kontinuirano povezano. Dober terminski plan mora imeti aktivnosti smiselno povezane z odvisnostmi tako, da zagotavlja čim krajši in učinkovit čas gradnje. Pri povezovanju aktivnosti z odvisnosti imam na izbiro standardne povezave, kot so FS, SF, FF, SS in SS-FF.



Program omogoča tudi nastavitve zamikov pri izbrani vrsti odvisnosti. Izkazalo se je da je najbolj primerna in pogosta oblika povezave v mojem modelu FS.

Odvisnost FS (*angl. finish to start*) pomeni, da se mora prva aktivnost končati, da se naslednja aktivnost lahko prične. Kot primer FS vezave lahko vzamemo odvisnost opažanja in betoniranja, kjer ne moremo začeti z betoniranjem, dokler ne dokončamo z opažanjem.

Aktivnostim sem določil prisilno kontinuiranost in nadaljevanje z naslednjo aktivnostjo takoj, ko je možno. Po vseh dosedanjih nastavitvah ima terminski plan že uporabno obliko, vendar me je zmotilo, da se nekatere aktivnosti ne dokončajo isti dan kot se začnejo. Kot primer me je zmotilo začetek betoniranja na eni lokaciji in nadaljevanje iste aktivnosti na isti lokaciji naslednji dan. Ko betoniramo recimo ploščo jo moramo isti dan dokončati, ker naslednji dan reološki pogoji betona ne zagotavljajo kvalitete sprejemanja dveh slojev betona. Da sem se izognil tem neprimernim prekinitvam aktivnosti sem povečal produktivnost s povečanjem delovne sile pri problematičnih aktivnostih.



Slika 36 - Dokončan terminski plan

### 4.3 Optimizaciji terminskega plana

Pred optimizacijo terminskega plana je bil predviden čas izgradnje tega objekta daljši za skoraj en mesec. Nekajkrat se je v terminskem planu pojavilo stanje, ko se niso izvajala nikakršna dela na objektu iz različnih razlogov kot so neprimerno zaporedje aktivnosti ali slaba izbira tehnologije gradnje, ki posledično ne dovoljuje kontinuiranega nadaljevanja drugih delovnih aktivnosti.

Prav tako so bila prevelika nihanja v delovni sili, kar izvajalcu otežuje posel, če nima zadosti dela za vse svoje delavce skozi celoten projekt. Pri aktivnosti betoniranja pa se je pokazala nepravilnost in sicer je aktivnost bila označena, da se prične pred koncem izteka delovnika in nadaljuje naslednji dan.

Takšna prekinitvev betoniranja in nadaljevanje naslednji dan se mi je zdela nesprejemljiva zaradi zagotavljanja kvalitete vgrajenega betona kot celota. Za optimizacijo terminskega plana sem se za pomoč obrnil tudi na izvajalca tega objekta, ki mi je s svojimi bogatimi izkušnjami svetoval najboljše zaporedje delovnih aktivnosti ter tudi katere aktivnosti se lahko izvajajo istočasno na različnih lokacijah.

Večini aktivnostim sem nastavil, da se začnejo takoj ko bo to mogoče in s tem zagotovil kontinuirano izvajanje oziroma izvajanje brez premorov. Poiskal sem tudi najboljše tehnologije izvajanja aktivnosti ter s tem spremenil normative aktivnostim posledično povišal produktivnost oziroma skrajšal potreben čas za izgradnjo objekta. Delovne skupine sem optimiziral glede na stroko kateri pripadajo.

Večino časa je aktivna delovna skupina štirih tesarjev na objektu, pridobijo pa tudi še dodatne štiri delavce, ki zagotovijo da je betoniranje plošč končano dan prej kotprične nova etapa dela, tako da je zagotovljena kontinuirana uporaba delovne sile. Z optimizacijo terminskega plana sem zagotovil najkrajši možen čas gradnje in kakovost izgradnje.

## 5 REZULTALI IN UPORABA

Z dokončanim terminskim planom je moj 5D model pripravljen za uporabo. Uporaba 3D BIM modela je mogoča že v začetnih fazah načrtovanja pri idejnem projektu. Na začetku projekta, ko še ni dorečeno kako bo objekt konstruiran je investitor tisti, ki izraža želje in zahteve objekta. S 3D modelom mu lahko lažje predstavimo objekt z vseh strani, kot tudi pokažemo uporabnost in izgled notranjih prostorov s 3D prerezi. Imamo tudi možnost hitrega popravljanja in prilagoditev modela investitorjevim zahtevam.

Dobra virtualna predstavitev 3D modela je veliko hitrejša in učinkovitejša v primerjavi s starejšimi metodami predstavitev, kjer je zamudno fizično prilagoditi 3D model zahtevam investitorja in ta dobra virtualna predstavitev lahko prepriča investitorja, da nam zagotovi posel. 3D model je uporaben skozi celoten proces planiranja in tudi gradnje. Iz 3D modela sem hitro generiral načrte za projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), prav tako lahko v samem času izgradnje, če pride do kakšnih pomanjkljivosti v načrtih zaradi katerih bi gradnja zastala, lahko na podlagi modela ustvarim poljubne prereze ali posodobimo trenutne načrte s potrebnimi podatki v parih minutah in s tem prekinemo nepotrebne zastoje gradnje.

Iz 3D modela sem prav tako dobil popis vseh potrebnih elementov in količine, ki so potrebne za izgradnjo modela. S tem popisom lahko hitro naročimo ali pa zaprosimo za ponudbo dobave elementov kot so vrat z podboji, okna, elementi v ostrešju... Ugotovil sem, da ima ArchiCAD tudi omejitve pri uporabi. Program ne omogoča podrobnega modeliranja kot so: vezna sredstva (žebliji in vijaki), podrobnosti pri finalnih slojih (letvice) ipd.

Rezultat 4D modela je čas gradnje objekta, ki je v mojem primeru od 4. avgusta do 25. oktobra istega leta. To pomeni da se 4. avgusta začnejo izkopi in 25. oktobra je možen vnos pohištva v stanovanjski objekt in bivanje v tem objektu. Uporabnost 4D BIM pa je večja kot samo predvideti čas, kdaj bo gradnja končana. Z izdelanim terminskim planom sledimo napredku gradnje in imamo v naprej napovedane aktivnosti s količinami materialov, delovno silo ter povezavo med aktivnostmi. Če v času gradnje pride do nepredvidenih zamud, kot so neprimerni delovni pogoji (dež, neprimerne temperature...) ali pa izguba deleža delovne sile

zaradi bolezni lahko te podatke vnesemo v terminski plan in dobimo podatek za koliko se nam izgradnja podaljša.

Od tu naprej lahko ukrepamo na različne načine, da spravimo čas gradnje nazaj v območje delovnega roka. Najbolj očiten pristop bi bil na račun delovne sile, ali najamemo novo dodatno delovno silo, ali pa stari delovni sili povečamo delovnik in tako poskušamo ujeti delovni rok. Morda zadnji ukrep ni najbolj primeren, ker preobremenitev delovne sile lahko privede do napak ali pa tudi do nesreč, kar bi še bolj ogrozilo delovni rok, zato je smiselno poiskati tudi kakšen drug način pospešitve gradnje, kot recimo nov oziroma drugačen tehnološki pristopi h gradnji.

5D BIM je tesno povezan z terminskim planom, ker so v njem navedeni podatki za stroškovno oceno. Rezultat stroškovne ocene je prikazan v *Vico* programu kot odtok denarja oz. ang. *Cash Flow* in sicer znaša 110 000 €. Ta rezultat pa še ni končen, ker zajema samo stroške dela. Potrebno je upoštevati še stroške nabave materialov za izgradnjo objekta, ki pa jo je težje določiti, ker je pogojena z željami kvalitete materialov, ki jo izrazi investitor. Ob predpostavki, da so vgrajeni materiali srednjega cenovnega razreda sem sestavljal tudi cenovno oceno materialov, ki znašajo 71472 €. Skupaj bi sama gradnja objekta stala 181472 €. Stroškovna ocena je uporabna tudi kot informativni predračun na podlagi katerega se investitor odloči ali bo investiral svoj denar v projekt. Sam prikaz Cash Flow pa je skonstruiran tako, da prikazuje kako se strošek gradnje spreminja s časom skozi samo gradnjo objekta in omogoča investitorju vpogled kdaj in koliko denarja mora imeti pripravljenega v določeni fazi gradnje. To omogoča investitorju lažjo organizacijo glede morebitnih posojil in pa pregled nad finančno bilanco.

## 6 DODATNE PREVERBE

V času izdelave diplomskega dela sem z raziskovanjem koncepta BIM spoznal kako razširjen je BIM v gradbeništvu in koliko programske opreme podpira BIM tehnologijo, zato sem svoj model preizkusil še v drugi programske opremi. Odločil sem se za dodatne preverbe modela v programih Tekla BIM sight, Solibri Model Viewer in Navisworks Manage 2014. Za uporabo istega modela v drugih BIM programih sem moral samo shraniti model v ArchiCADu kot .Ifc datoteko in jo uvoziti v drug program. Ifc datoteke podpira več kot 150 BIM aplikacij.

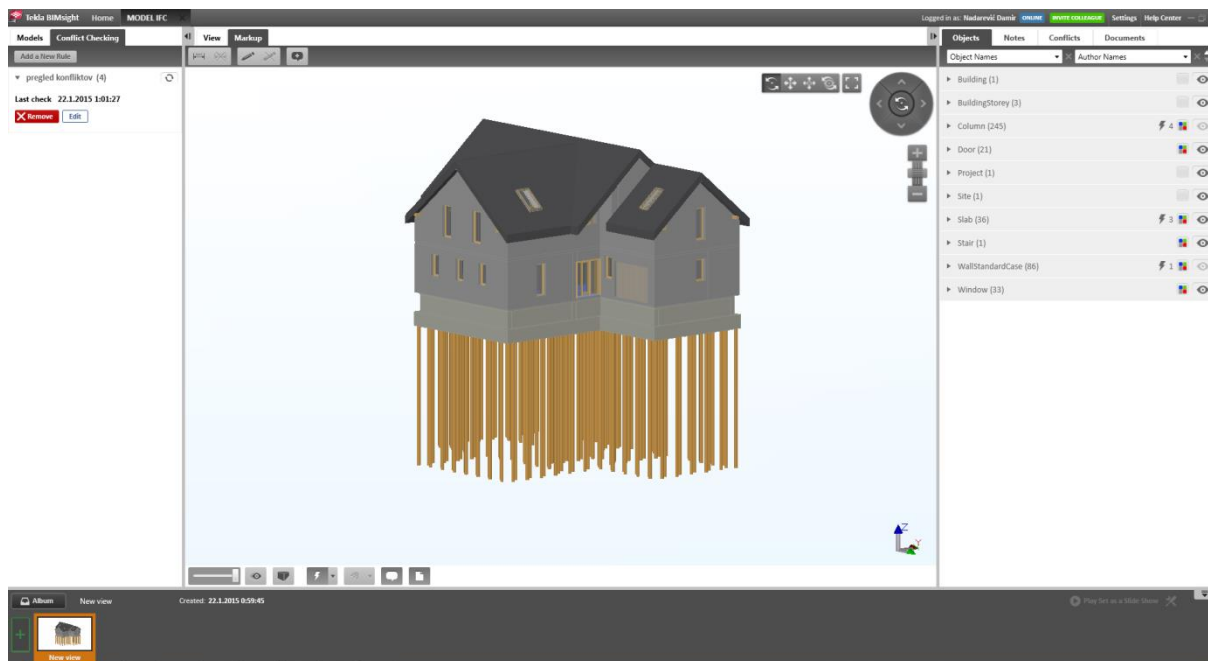
*Tekla BIM sight* je namenjen iskanju konstrukcijskih težav modela. Ponuja vrsto opcij prikazovanja modela v celoti, po prerezih ali pa izoliranih elementov modela. Tak način pogleda nam omogoča hitro zaznavanje konstrukcijskih napak, kot so: nesklenjeni elementi, neprimerne dimenzije za uporabo objekta, trki različnih inštalacijskih elementov kot tudi konstrukcijskih elementov, armature, ipd.

Vse opažene napake lahko zabeležimo v programu pod opombe, ki so tudi vizualno povezane s samo napako in jih tako označimo za podrobnejšo analizo ali odpravo same napake. Iskanje trkov lahko izvedemo tudi avtomatsko z ukazom preverjanje konfliktih trkov (ang. *clash conflict check*) ter jih prav tako označimo kot potrebno za podrobnejšo analizo ali odpravo napake. Z odpravo napak v fazi načrtovanja se izognemo napakam, ki bi bistveno upočasnile gradnjo ali jo celo popolnoma ustavilo, s tem pa bi podjetje trpelo velike finančne izgube zaradi zamud in popraviljanja v fazi gradnje.

Menim da je uporaba takšnega programa zelo priporočena še posebej na večjih objektih kjer se morebitne napake skrivajo v obsežnem volumnu modela. Moj model objekta ni kompleksen in ne vsebuje inštalacij ali armature vendar je program *Tekla BIM sight* vseeno našel številne trke konstrukcijskih elementov.

Predvsem je slo za trke stebrov z zidovi in ostrešja s streho vendar se je število trkov zmanjšalo na 4, ko sem zmanjšal kriterije občutljivosti, ker so se mi zdeli za tak model prestrogi. Predhodni kriterij je bil nastavljen na 0 mm katerega sem nato nastavil na 1 cm kot

je približna natančnost v gradbeništvu. Slika 37 prikazuje moj model v pregledovalniku *Tekla BIM sight*.



**Slika 37 - Tekla BIM sight**

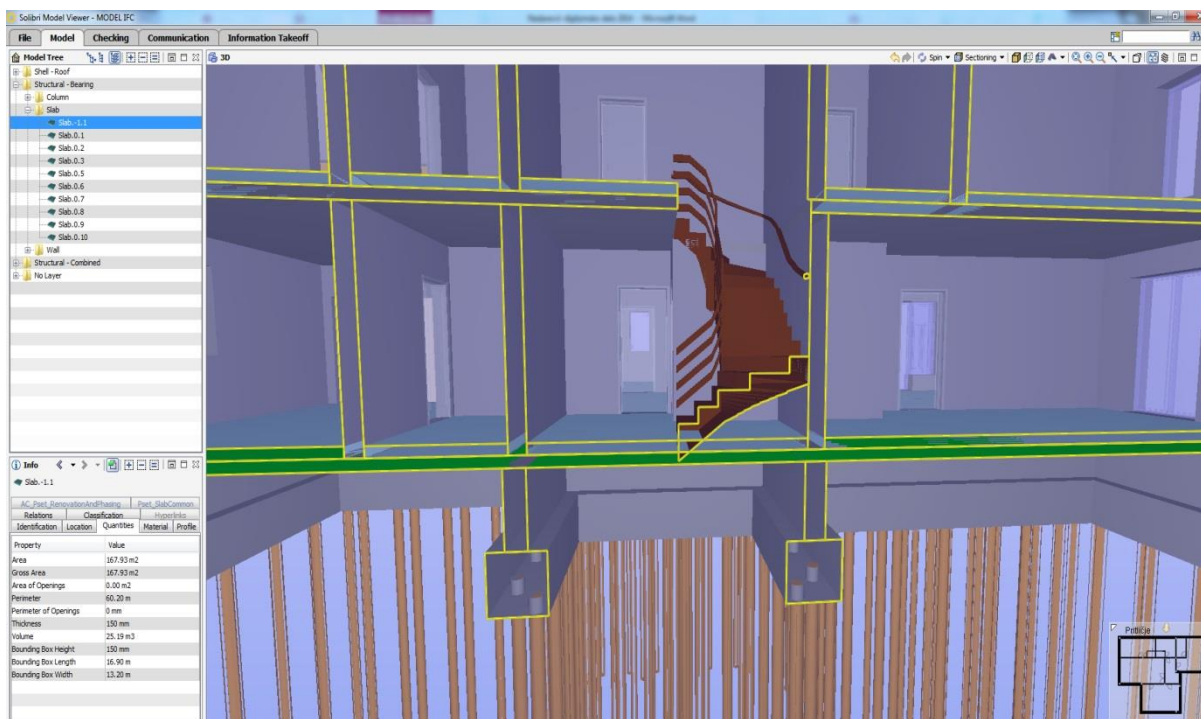
Med uporabo *Solibri Model Viewer* aplikacije sem ugotovil, da je zelo podoben Tekli BIM sight aplikaciji saj je prav tako namenjen pregledovanju napak v modelu, kot so trki inštalacij in konstrukcijskih elementov.

V razdelku preverjanje (ang. *Checking*) sem dodal kriterije iz mape *RuleSets* po katerih je aplikacija omogoča pregled modela. Po zagonu pregledovanja nam program sam označi kritičnost napak z različnimi barvami v tri kategorije: (1) rdeča za potencialno kritične napake, (2) oranžna za potencialno srednje kritične napake in (3) rumena kategorija za potencialno ne kritične napake. Vsako napako si lahko posebej ogledamo v pogledu 3D iz različnih pogledov in ocenimo ali je potrebno napako odpraviti. Aplikacija nam ponudi tudi lasten opis napake, ki ga lahko uporabimo lahko pa napake za kasnejšo odpravljanje. V mojem modelu je aplikacija našla kar nekaj napak, kjer se elementi prekrivajo.

Ko sem modeliral objekt v ArchiCADu sem pilote vtisnil 20 cm v peto pasovnega temelja ne da bi odstranil delež temelja katerega zasede pilot. Napaka je predstavljena v sliki 38, kjer se jasno vidi kako konec pilota zaseda prostor v temelju. Menim da ta napaka ni kritična in da nebi povzročila nikakršnih zastojev gradnje.

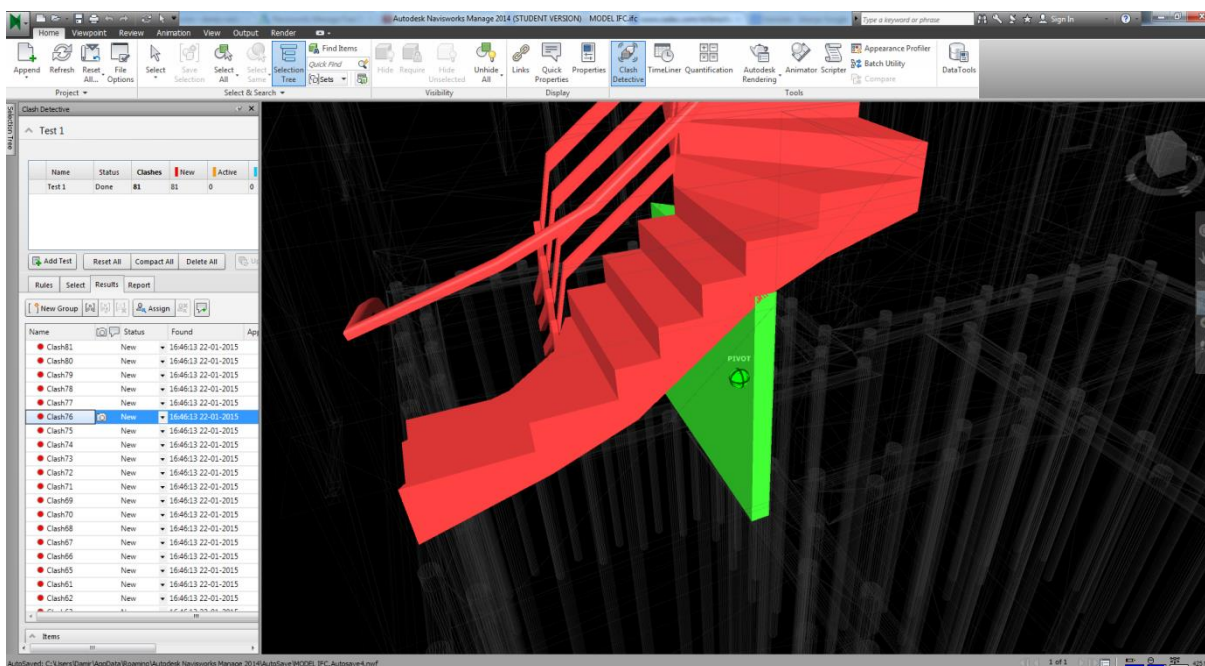
Program me je navdušil tudi z enostavno navigacijo po elementih skozi model. Na levi strani je v drevesni strukturi nastavljeno navigacijsko polje, ki nam omogoči izbiro katerega koli elementa v modelu, hkrati pa se nam v pogledu 3D prikazuje lokacija elementa in spodaj pod navigacijskem poljem se izpisujejo vsi podatki o izbranem elementu: podatki o identifikaciji elementa, lokaciji elementa, količinah elementa, material elementa in odnosih elementa.

Menim da je takšna predstavitev elementov v modelu hitra in enostavna za uporabo tudi v kasnejših fazah gradnje, če nas zanimajo kaki detajli o določenem elementu, pa teh podatkov nimamo v projektni dokumentaciji.



Slika 38 - Solibro Model

Navisworks Manage 2014 je še eden od pregledovalnikov BIM tehnologije s katerim sem pregledal svoj model. Aplikacija je enostavna za uporabo vendar kljub temu zelo učinkovita. Po zagonu pregleda modela je aplikacija zaznala 81 konstrukcijskih trkov. Po natančnem pregledu rezultatov sem ugotovil, da so večje napake v ostrejšu, kjer se prekrivajo ostrešje in streha ali zid, kar pomeni da dve telesi zasedata isti prostor v modelu. Večina napak je prekrivanje konstrukcijskih elementov v obsegu 2 do 3 cm. Eno od teh napak sem izpostavil v sliki 39, kjer aplikacija prikazuje trk oziroma prekrivanje dveh elementov. Gre za prekrivanje stopnic ter zidu pod stopnicami. Stopnice so označene z rdečo barvo in zid je označen z zeleno barvo, ostali elementi modela so zamegljeni za boljši prikaz napake in sicer gre za prekrivanje v obsegu 2 cm.



Slika 39 - Prikaz prekrivanja elementov v Naviswork Manage

Po zaznavanju napake nam program omogoča beleženje komentarja te napake tako, da kasneje lahko popravljamo napako v prvotnem programu za modeliranje, s tem pa se izognemo večjim težavam v času izgradnje.

*Naviswork Manage* omogoča veliko več, kot samo zaznavanje napak. Aplikacija omogoča pregledovanje modela po prerezih ali izoliranih elementih ter s tem ponuja boljše razumevanje detajlov v modelu. S aplikacijo lahko določimo količine materiala ter na podlagi

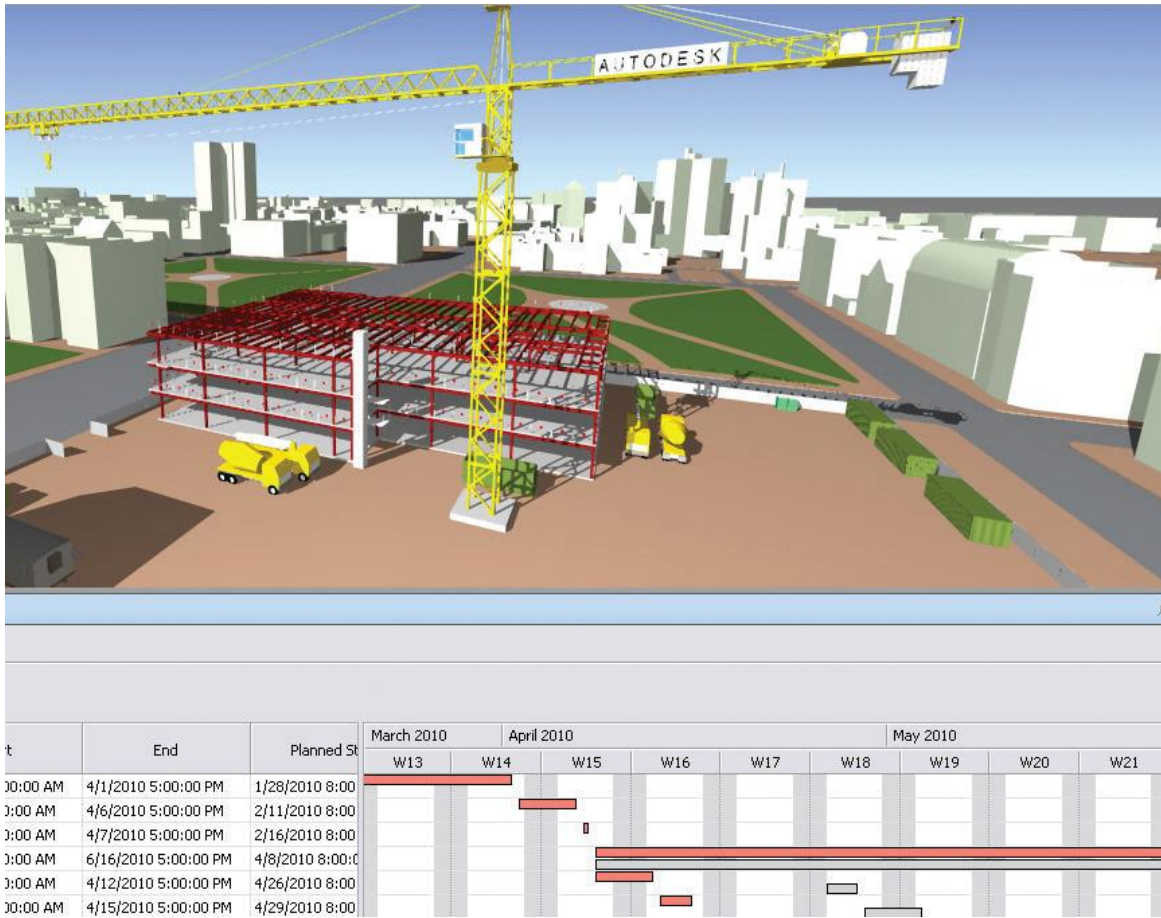


teh izdelamo terminski plan gradnje. Z izdelanim terminskim planom lahko zaženemo simulacijo gradnje ter tako virtualno preverimo izvedljivost gradnje ali pa predstavimo način in tehnologijo gradnje izvajalcu ter s tem izboljšamo njegovo razumevanje gradnje in zmanjšamo možnosti za napake ali zamude.

*Naviswork Manage* ponuja tudi prikaz objekta z realistično navigacijsko simulacijo (slika 40), ki omogoča realistično gibanje po modelu in tako prikaže raziskovanje objekta še preden se gradnja prične. Pred pričetkom gradnje lahko s programom zaženemo tudi logistične simulacije (slika 41) na modelu gradbišča in kot primer določimo optimalen položaj za dvizne žerjavi ali zagotavljanje zadostnega prostega prostora z okoliškimi objekti, topografijo ali začasnimi zgradbami. V integraciji z terminskim planom lahko predvidimo kdaj bodo dostavljeni materiali in v simulaciji obratovanja gradbišča določimo kje bomo skladiščili material do uporabe, tako da ne predstavljajo ovire ali nevarnosti v času gradnje. Izvedemo lahko tudi simulacije vzdrževalnih del ter tako zagotovimo kakovostno uporabo objekta.



**Slika 40 - Realistična simulacija**



**Slika 41 - Logistična simulacija gradbišča**

## 7 ZAKLJUČEK

Model 5D, ki sem ga izdelal vsebuje vse geometrijske komponente, pripisan j etudi čas, ki je potreben za gradnjo in ocena stroškov. Model 5D bi lahko nadgradil z izvlečki armature ter pozicijskimi armature, ter bi tako dobil točne količine armature. Model bi lahko nadgradil tudi z novo, šesto dimenzijo, ki je navadno dostavljena lastniku, ko je gradbeni projekt pripravljen, da se zaključí.

6D BIM model je popolnjen z vsemi potrebnimi informacijami izvedenih del (PID) in sistemih stavbe, kot so podatki o izdelkih s podrobnostmi, vzdrževanje / obratovalnimi navodili, specifikacijami, fotografijami, garancijski podatki, spletne povezave do izdelkov, spletnih virov, informacij proizvajalec in kontaktov, itd. Natančnost 6D BIM pomaga pri obratovanju in vzdrževanju objekta v njegovem celotnem življenjskem ciklu. [11]

Celotno modeliranje se je izkazalo za bolj zahtevno, kot sem si na začetku predstavljal. Naučil sem se veliko novih stvari, kot so: pravilni postopki modeliranja, materiali, ki se uporabljajo, kako so podrobneje sestavljeni konstrukcijski sklopi, pridobil sem boljši vpogled v prostorsko predstavo o objektu, tudi o njegovi strukturi in nosilnem sistemu, prav tako sem spoznal nove tehnike gradbenih del in sam časovni potek gradnje ter ustrezne normative.

Spoznal sem novo programsko opremo, ki omogoča kakovostno vodenje projektov in kako pomembno je modelno planiranje pri obsežnejših projektih, predvsem za zagotavljanje optimizacije in kakovosti izvedbe objekta. Spoznal sem tudi pomen zmogljive strojne opreme, ki lahko omogoča hitro in enostavno modeliranje in analize obsežnih modelov. Na prvi pogled se mnogi modeli zdijo enostavni, vendar se v njih nahaja ogromno podatkov, ki jih mora računalnik interpretirati.

Vsekakor se zavedam, da prihodnost gradbeništva temelji na takšni in podobni programski opremi in bom vesel če bom imel možnost uporabljati takšno programsko opremo v svoji prihodnosti kot inženir.

## VIRI

- [1] Statistični urad. 2014. Se je kriza v slovenskem gradbeništvu že končala?  
[http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=6396](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=6396) (Pridobljeno 2. 9. 2014.)
- [2] Cerovšek, Tomo. 2010. Informacijsko modeliranje zgradb (BIM).  
uvod. Gradb. vestn., mar. 2010, letn. 59, št. 3, str. 71-72,  
ilustr. [COBISS.SI-ID 5053793]
- [3] Azhar, S., Hein, M., Sketo, B. 2011. Building Information Modeling (BIM):  
Benefits, Risks and Challenges.  
<http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf> (Pridobljeno 2. 9. 2014.)
- [4] Cerovšek, T. 2011. A framework for CPD and 5D BIM process reuse.  
<http://2011-cibw078-w102.cstb.fr/papers/Paper-157.pdf> (Pridobljeno 4. 9. 2014.)
- [5] Archicad. Wikipedija. 2015.  
<http://sl.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD> (Pridobljeno 3. 2. 2015.)
- [6] 4D BIM. Wikipedija. 2015.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/4D\\_BIM](http://en.wikipedia.org/wiki/4D_BIM) (Pridobljeno 3. 2. 2015.)
- [7] Vicosoftware Integration Construction. 2015.  
<http://www.vicosoftware.com/what-is-4D-BIM/tabid/88206/Default.aspx>  
(Pridobljeno 3. 2. 2015.)
- [8] Vico software, Vico Control. 2009. A Virtual Construction Solution  
<http://www.vicosoftware.com/Portals/658/docs/Control%20view%202009.pdf>  
(Pridobljeno 3. 2. 2015.)

[9] Wikipedija. Ljubljansko barje. 2015.

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Ljubljansko\\_barje](http://sl.wikipedia.org/wiki/Ljubljansko_barje)

(Pridobljeno 3. 2. 2015.)

[10] Pšunder, M. 1988. Operativno planiranje. Maribor, Univerza v Mariboru, Gradbena fakulteta: 191 str.

[11] Wikipedija. 6D BIM. 2015.

[http://en.wikipedia.org/wiki/6D\\_BIM](http://en.wikipedia.org/wiki/6D_BIM)

(Pridobljeno 3. 2. 2015.)

[12] Wikipedija. Modular building. 2015.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Modular\\_building#cite\\_note-8](http://en.wikipedia.org/wiki/Modular_building#cite_note-8)

(Pridobljeno 3. 2. 2015.)



## **PRILOGE**

### Priloga A: Načrti arhitekture

- Tlorisi
- Prerezi
- Fasadni pogledi

### Priloga B: popisi

- Popis materiala
- Popis cen materiala
- Popis prostorov

### Priloga C: Terminski plan

- Ciklogram
- Gantogram
- Mrežni terminski plan
- Histogram delovne sile
- Cash-flow