

Primjena BIM-a u građevinarstvu

Šimić, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:081081>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Alen Šimić

Primjena BIM-a u građevinarstvu

Završni rad

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni prijediplomski studij
Građevinarstvo**

Računalni programi

**Alen Šimić
JMBAG: 0114028315**

Primjena BIM-a u građevinarstvu

Završni rad

Rijeka, rujan 2024.

IZJAVA

Završni rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



Alen Šimić

U Rijeci, 11.09.2024.

POPIS SLIKA

SLIKA 1: PRIKAZ DOTOKA INFORMACIJA U MODEL [2]

SLIKA 2: IFC RAZMJENA [2]

SLIKA 3: IFC SUBSET [2]

SLIKA 4: AIA KLASIFIKACIJA [3]

SLIKA 5: LEVEL OD DETAIL [2]

SLIKA 6: PROGRAMSKA PODRŠKA (FOTO AUTOR)

SLIKA 7: PRIKAZ PORASTA KROZ FAZE PROJEKTIRANJA [4]

SLIKA 8: 5D PLANIRANJE TROŠKOVA [5]

SLIKA 9: BIM RJEŠENJA NA GRADILIŠTU [6]

SLIKA 10: BIM MODEL- ARHITEKTURA, GRIJANJE, VENTILACIJA, ELEKTROINSTALACIJA [7]

SLIKA 11: PRIMJER KOORDINACIJSKOG MODELA ZA ARHITEKTONSKI I STROJARSKI DIO PROJEKTA [7]

SLIKA 12: TIJEK PROJEKTIRANJA BIM PROJEKTA [8]

SLIKA 13: ZGRADA GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI [9]

SLIKA 14: TLOCRT PRIZEMLJA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI [10]

SLIKA 15: TLOCRT DRUGOG KATA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI [10]

SLIKA 16: PRESJEK ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI [10]

SLIKA 17: PRIKAZ 3D PROZORA ALLPLANA (FOTO AUTOR)

SLIKA 18: NAREDBE: STVORI, OTVORI I KOPIRAJ PROJEKT (FOTO AUTOR)

SLIKA 19: NEDAVNI PROJEKTI (FOTO AUTOR)

SLIKA 20: POVEZNICE ALLPLANA S DRUGIM ALATIMA (FOTO AUTOR)

SLIKA 21: NASLOVNA TRAKA (FOTO AUTOR)

SLIKA 22: TRAKA S NAREDBAMA (FOTO AUTOR)

SLIKA 23: STRUKTURA MODELA GRAĐEVINE S UVEZENIM AUTOCAD CRTEŽIMA (FOTO AUTOR)

SLIKA 24: MOGUĆNOSTI DODAVANJA CRTEŽA U STRUKTURU GRAĐEVINE (FOTO AUTOR)

SLIKA 25: PRIKAZ CRTEŽE I STATUSA (FOTO AUTOR)

SLIKA 26: PRIKAZ VEZANJA RUBA ZA ODREĐENE VISINE (FOTO AUTOR)

SLIKA 27: MOGUĆNOST OPCIJE „VISINA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 28: POLOŽAJ NAREDBI ZA TEMELJE (FOTO AUTOR)

SLIKA 29: NAREDBE TEMELJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 30: MOGUĆNOSTI OPCIJE „TRAKASTI TEMELJ“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 31: DEFINIRANJE TOČKE UMETANJA ZA TEMELJNI SAMAC (FOTO AUTOR)

SLIKA 32: MOGUĆNOSTI OPCIJE „TEMELJ SAMAC“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 33: MOGUĆNOSTI OPCIJE „ZID“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 34: MOGUĆNOSTI OPCIJE „STUP“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 35: MOGUĆNOSTI OPCIJE „GREDA, UPUŠTENA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 36: NAREDBE KONSTRUKCIJE PLOČE (FOTO AUTOR)

SLIKA 37: MOGUĆNOSTI UNOSA (FOTO AUTOR)

SLIKA 38: MOGUĆNOSTI OPCIJE „VRATA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 39: MOGUĆNOST OPCIJE „VISINA – VRATA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 40: PRIKAZ PRAGA

SLIKA 41: PROZOR "ŠUPLJINA, OTVOR PLOČE" (FOTO AUTOR)

SLIKA 42: PROZOR "ARHIVA" (FOTO AUTOR)

SLIKA 43: PROZOR "SMART VRATA" (FOTO AUTOR)

SLIKA 44: IZBORNİK S NAREDBAMA ZA STUBE (FOTO AUTOR)

SLIKA 45: MOGUĆNOSTI OPCIJE „STUBA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 46: MOGUĆNOSTI OPCIJE STUBE (FOTO AUTOR)

SLIKA 47: MOGUĆNOSTI ELEMENATA STUBA (FOTO AUTOR)

SLIKA 48: PRIKAZ KROVNE REŠETKE U ALLPLANU (FOTO AUTOR)

SLIKA 49: NAREDBA STVORI PRESJEK (FOTO AUTOR)

SLIKA 50: ODABIR PRESJEKA (HORIZONTALNI ILI VERTIKALNI) (FOTO AUTOR)

SLIKA 51: PRESJEK S VISINOM ČITAVOG OBJEKTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 52: PRESJEK S DEFINIRANIM VISINAMA (FOTO AUTOR)

SLIKA 53: ODABIR PRIKAZA POVRŠINA (FOTO AUTOR)

SLIKA 54: PRIKAZ POVRŠINA (FOTO AUTOR)

SLIKA 55: ODABIR STRANE POGLEDA (FOTO AUTOR)

SLIKA 56: POLOŽAJ KOTA (TREĆI SIMBOL S DESNA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 57: KOTNA LINIJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 58: MOGUĆNOST OPCIJE „KOTA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 59: MOGUĆNOST OPCIJE „KOTA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 60: MOGUĆNOST OPCIJE „KOTA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 61: SMJER KOTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 62: OBRADA NACRTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 63: ELEMENTI NACRTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 64: PROZOR NACRTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 65: PRIKAZ PROZORA „ISPIS“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 66: IZVOZ IFC DATOTEKE (FOTO AUTOR)

SLIKA 67: PROZOR „VODITELJ PROJEKTA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 68: PODACI PROJEKTA (FOTO AUTOR)

SLIKA 69: PROZOR „IFC MOGUĆNOSTI UVOZA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 70: PROZOR „IZVJEŠĆE IFC UVOZA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 71: 3D PRIKAZ ELEMENATA (FOTO AUTOR)

SLIKA 72: OSLONCI (FOTO AUTOR)

SLIKA 73: PROZOR „SLUČAJEVI OPTEREĆENJA, KOMBINACIJE“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 74: PROZOR „KOMBINACIJA“ (FOTO AUTOR)

SLIKA 75: KARTICA OPTEREĆENJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 76: IZBORNİK S OPTEREĆENJIMA (FOTO AUTOR)

SLIKA 77: PRIKAZ OPTEREĆENJA SNIJEGA NA PLOČU KROVA (FOTO AUTOR)

SLIKA 78: MOGUĆNOSTI DEFINIRANJA FE MREŽE (FOTO AUTOR)

SLIKA 79: REZULTATI (FOTO AUTOR)

SLIKA 80: ODABIR ELEMENATA (FOTO AUTOR)

SLIKA 81: SLUČAJEVI REZULTATA (FOTO AUTOR)

SLIKA 82: NAREDBE (FOTO AUTOR)

SLIKA 83: NAREDBE DIMENZIONIRANJE ARMATURE (FOTO AUTOR)

SLIKA 84: ODABIR ELEMENATA MOGUĆNOSTI (FOTO AUTOR)

SLIKA 85: REZULTIRAJUĆI SLUČAJ (FOTO AUTOR)

SLIKA 86: ODABIR ARMATURE (FOTO AUTOR)

SLIKA 87: GRAFIČKI PRIKAZ AS,REQ STUPOVA (FOTO AUTOR)

SLIKA 88: GRAFIČKI PRIKAZ AS,REQ 1+ PLOČE (FOTO AUTOR)

SLIKA 89: PRIKAZ ZONA I SMJEROVA ZA 1+/- I 2+/- (FOTO AUTOR)

SLIKA 90: PROZOR INŽENJERING IZVJEŠĆA (FOTO AUTOR)

SLIKA 91: STAVKE INŽENJERING IZVJEŠĆA (FOTO AUTOR)

SLIKA 92: MOGUĆNOSTI PRIKAZIVANJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 93: TLOCRTNI PRIKAZ GEOMETRIJE KROVNE PLOČE (SCIA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 94 PRIKAZ STALNOG OPTEREĆENJA NA KROVNOJ PLOČI (SCIA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 95: PRIKAZ PROMJENJIVOG OPTEREĆENJA OD SNIJEGA NA KROVNOJ PLOČI (SCIA)
(FOTO AUTOR)

SLIKA 96: PRIKAZ UKUPNIH POMAKA (U UKUPNO) NA KROVNOJ PLOČI (SCIA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 97: PRIKAZ NAPREZANJA NA KROVNOJ PLOČI (SCIA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 98: 3D POMAK OD VLASTITOG OPTEREĆENJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 99: 3D NAPREZANJA GSU (FOTO AUTOR)

SLIKA 100: 3D POMAK OD POTRESNOG OPTEREĆENJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 101: 2D POMAK OD POTRESNOG OPTEREĆENJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 102: ALLPLAN MODULI (FOTO AUTOR)

SLIKA 103: TRAKA S NAREDBAMA ZA ARMIRANJE

SLIKA 104: MOGUĆNOSTI LINIJA SHEME (FOTO AUTOR)

SLIKA 105: PADAJUĆI IZBORNIK ŠIPKI (FOTO AUTOR)

SLIKA 106: PADAJUĆI IZBORNIK ŠIPKI (FOTO AUTOR)

SLIKA 107: POSTAVLJANJE SPONE U TLOCRT (FOTO AUTOR)

SLIKA 108: MOGUĆNOSTI UNOSA (FOTO AUTOR)

SLIKA 109: LINIJSKO POLAGANJE (FOTO AUTOR)

SLIKA 110: PARAMETRI LINIJSKOG POLAGANJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 111: TOČKE UNOSA LINIJSKOG POLAGANA (LIJEVO), POLOŽENE SPONE (FOTO AUTOR)

SLIKA 112: MOGUĆNOSTI UNOSA, KRAK TREĆI S LIJEVA (FOTO AUTOR)

SLIKA 113: PRIKAZ POSTAVLJENIH ŠIPKI (FOTO AUTOR)

SLIKA 114: PROMJENA RAZMAKA SPONA (FOTO AUTOR)

SLIKA 115: PROMJENA RAZMAKA SPONA (FOTO AUTOR)

SLIKA 116: DIJAGONALNI UNOS SPONA (FOTO AUTOR)

SLIKA 117: PREKLOP ŠIPKI (FOTO AUTOR)

SLIKA 118: POLAGANJE SERIJE ŠIPKI, MOGUĆNOSTI UNOSA (FOTO AUTOR)

SLIKA 119: PARAMETRI UNOSA (VISINA, ZAŠTITNI SLOJ, ZONA POLAGANJA) (FOTO AUTOR)

SLIKA 120: PARAMETRI ŠIPKI (PROMJER, PREKLAPANJA I SL.) (FOTO AUTOR)

SLIKA 121: PARAMETRI MREŽA (TIP, PREKLAPANJA I SL) (FOTO AUTOR)

SLIKA 122: PRIKAZ POZICIJE (FOTO AUTOR)

SLIKA 123: OPCIJE OPISA POZICIJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 124: OPIS ARMATURE (FOTO AUTOR)

SLIKA 125: VRSTE OPISA (FOTO AUTOR)

SLIKA 126: OZNAKE KRAJEVA ŠIPKI (FOTO AUTOR)

SLIKA 127: UKUPNA SHEMA (GORE) I DJELOMIČNA SHEMA (DOLJE) (FOTO AUTOR)

SLIKA 128: KAZALO ARMATURE (FOTO AUTOR)

SLIKA 129: IZVJEŠTAJI ZA ARMIRANJE (FOTO AUTOR)

SLIKA 130: MODEL ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (ALLPAN) (FOTO AUTOR)

SLIKA 131: STATIČKI MODEL ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (FOTO AUTOR)

SLIKA 132: MODEL U VREMENU – PRIKAZ TEMELJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 133: MODEL U VREMENU – PRIKAZ DO ETAŽE PRIZEMLJA (FOTO AUTOR)

SLIKA 134: MODEL U VREMENU – PRIKAZ DO ETAŽE 3. KAT (FOTO AUTOR)

SLIKA 135: VIZUALIZACIJA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (FOTO AUTOR)

SLIKA 136: VIZUALIZACIJA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (FOTO AUTOR)

SLIKA 137: VIZUALIZACIJA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (FOTO AUTOR)

SLIKA 138: VIZUALIZACIJA ZGRADE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI (FOTO AUTOR)

POPIS TABLICA

Tablica 1: 3D pomak od vlastitog opterećenja (tablica autor)

Tablica 2: 3D pomak od vlastitog opterećenja (tablica autor)

Tablica 3: 3D naprezanja GSU za pločaste elemente (tablica autor)

Tablica 4: 3D naprezanja GSU (tablica autor)

Tablica 5: 3D pomak od potresnog opterećenja (tablica autor)

Tablica 6: 3D pomak od potresnog opterećenja za pločaste elemente (tablica autor)

POPIS KRATICA

BIM	Building Information Modeling
2D	2 dimenzije (širina, visina/dužina)
3D	3 dimenzije (širina, visina i dužina)
4D	trodimenzionalni model uvećan za komponentu vremena
5D	trodimenzionalni model koji je uvećan za komponente vremena i troška
IFC	Industry Foundation Classes
FM	Facility Managment
LoD	Level of Development
LOD	Level od Detail
CAD	Computer Aided Design
CZ/SK	Češka/Slovačka
EC	Eurokod
LG	grupa opterećenja (eng. <i>Load Group</i>)
LG1	grupa opterećenja za stalno djelovanje
LG2	grupa opterećenja za promjenjivo opterećenje
LG3	grupa opterećenja za dodatno promjenjivo opterećenje ili snijeg
LC1	opterećenje od vlastite težine
LC2	stalno opterećenje
KE (FE)	konačni elementi (eng. <i>FE - finite element</i>)
RAM	Random-access memory
GSN	Granično stanje nosivosti
GSU	Granično stanje uporabljivosti
$A_{s,req}$	Potrebna armatura u cm^2
$A_{s,req 1+}$	Potrebna armatura u cm^2 , u smjeru x gornje zone armature
$A_{s,req 1-}$	Potrebna armatura u cm^2 , u smjeru x donje zone armature
$A_{s,req 2+}$	Potrebna armatura u cm^2 , u smjeru y gornje zone armature
$A_{s,req 2-}$	Potrebna armatura u cm^2 , u smjeru y donje zone armature
PDF	Portable Document Format (vrsta datoteke)
DWG	Domain Working Group (vrsta datoteke)
DXF	Drawing Exchange Format
IFC	Industry Foundation Classes (vrsta datoteke)

SAŽETAK

Ovaj rad analizira primjenu BIM tehnologije u građevinarstvu s naglaskom na upotrebu BIM programskih alata. Uvodni dio rada obrađuje osnovne pojmove, koncepte i prednosti BIM-a u odnosu na tradicionalni način projektiranja i izvođenja građevinskih projekata. Glavni dio rada je praktični prikaz rada u odabranim BIM programima na primjeru objekta u kojem je smješten Građevinski fakultet u Rijeci, a uključuje izradu BIM modela, modeliranje građevinskih elemenata, statičku analizu, 4D model te vizualizaciju modela. Kroz stvarni primjer izgrađenog objekta rad prikazuje količinu i vrstu podataka koje ulaze u model pri primjeni BIM-a u projektiranju.

Ključne riječi: BIM, digitalizacija u građevinarstvu, Allplan, SCIA, Lumion, Građevinski fakultet u Rijeci, projektiranje, vizualizacija objekata

ABSTRACT

This paper analyzes the application of BIM technology in construction with an emphasis on the use of BIM software tools. The introductory part of the work deals with the basic terms, concepts and advantages of BIM in relation to the traditional way of designing and executing construction projects. The main part of the work is a practical presentation of the work in selected BIM programs on the example of the building where the Faculty of Civil Engineering in Rijeka is located, and includes the creation of a BIM model, modeling of building elements, static analysis, 4D model and visualization of the model. Through a real example of a built object, the paper shows the amount and type of data that enter the model when applying BIM in design.

Keywords: BIM, digitization in construction, Allplan, SCIA, Lumion, Faculty of Civil Engineering in Rijeka, design, visualization of objects

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA	IX
POPIS KRATICA	X
SAŽETAK	XI
ABSTRACT	XI
1. UVOD	1
2. BIM	2
2.1. IFC format.....	3
2.2. Level of Development (LoD)	4
2.3. Koncepti pristupa BIM strukturi.....	5
3. PODRUČJE PRIMJENE	6
3.1. BIM u projektiranju	7
3.2. BIM u odabiru izvođača	8
3.3. BIM u izvođenju	9
3.4. BIM u suradnji	10
4. TIJEK IZRADE PROJEKTA PRIMJENOM BIM-a.....	12
4.1. Izrada digitalnog modela objekta	18
4.1.1. Sučelje za modeliranje u Allplanu	18
4.1.2. Modeliranje temelja	23
4.1.3. Modeliranje zidova.....	26
4.1.4. Modeliranje stupova.....	28
4.1.5. Modeliranje greda	29
4.1.6. Modeliranje ploča.....	30
4.1.8. Pametni elementi (eng. <i>smartparts</i>)	34
4.1.9. Modeliranje stubišta	35
4.1.10. Izrada presjeka i pogleda.....	41
4.1.11. Kotiranje.....	45
4.1.12. Postavljanje crteža za ispis/izvoz	47
4.1.13. Mogućnosti izvoza	50

4.2.	Izrada statičkog modela	51
4.2.1.	Konstrukcija	55
4.2.2.	Opterećenja	56
4.2.3.	Mogućnosti proračuna.....	59
4.2.4.	Rezultati	60
4.2.5.	Proračun armature (modul – Beton).....	62
4.2.6.	Ispis izvješća (eng. <i>reports</i>)	66
4.3.	Grafički prikaz i analiza djelovanja opterećenja.....	68
4.4.	Izrada nacrt armature.....	74
4.3.1.	Armiranje stupova	75
4.3.2.	Armiranje greda	80
4.3.3.	Armiranje ploča/zidova.....	81
4.3.4.	Opis armature.....	82
4.3.5.	Shema, kazalo armiranja i izvještaj.....	84
5.	GRAFIČKI PRIKAZ MODELA I REZULTATA.....	87
5.1.	Model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (Allplan).....	88
5.2.	Statički model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (SCIA).....	90
5.3.	Prikaz modela s vremenskom komponentom (4D model).....	92
5.4.	Vizualizacija modela.....	93
6.	ZAKLJUČAK	96
	POPIS LITERATURE.....	97

1. UVOD

BIM (Building Information Modeling) je digitalni način rada u građevinskom sektoru. Trenutno je najmoderniji pristup projektiranju koji postoji u građevinskom sektoru. BIM se temelji na osnovnom koordinatnom modelu (BIM model) koji predstavlja digitalnog blizanca izgrađene građevine s uvjetom da se sve promjene tijekom izgradnje i projektiranje unose u BIM model.

U ovome radu su objašnjeni osnovni pojmovi koje je potrebno znati kada se radi o BIM-u, te se u njemu prikazuje i opisuje postupak nastajanja jednog BIM projekta na primjeru zgrade Građevinskog fakulteta u Rijeci. Zatim se opisuje osnovni rad u programima koji su potrebni za izradu BIM projekta. U radu je prikazan osnovni BIM model zgrade Građevinskog fakulteta u Rijeci (geometrijski prikaz ili pojednostavljeno 3D prikaz zgrade). Osim samog 3D prikaza zgrade izrađen je 3D statički model te analiza i dimenzioniranje elemenata konstrukcije, te armature za armiranobetonske konstrukcije. Nakon toga je izrađen model u vremenu te je prikazan tijek izrade BIM projekta. Konačni model je 4D (model proširen za vremensku komponentu).

2. BIM

Building Information Model ili skraćeno **BIM** stoji za digitalni način rada u građevinskom sektoru. BIM je izrada digitalnog informacijskog modela budućeg objekta ili okoliša. Taj model je središnji objekt BIM sustava te se još naziva koordinatni ili BIM model.

Model se može zamisliti kao jedan bazen pun informacija koji sadrži sve grafičke, geometrijske i numeričke podatke buduće građevine, te informacije stoje svim sudionicima projekta na raspolaganju. Svaka inovacija, novost, razvoj informacija se uključuje u taj model. To se dešava kroz grafičko i geometrijsko modeliranje dijelova objekta (građevine ili okoliša; Slika 1.), promjene na objektu se dodaju kao informacije u obliku svojstava i atributa ili se ta svojstva prilagođavaju novom stanju.

BIM model u svojoj temeljnoj strukturi stvara arhitekt, te u daljnjem razvoju projekta informacije o promjenama, proširenjima dolaze s raznih strana, npr. statički dio od inženjera građevinarstva ili elektrotehnika od inženjera elektrotehnike, te se model upotpunjuje.

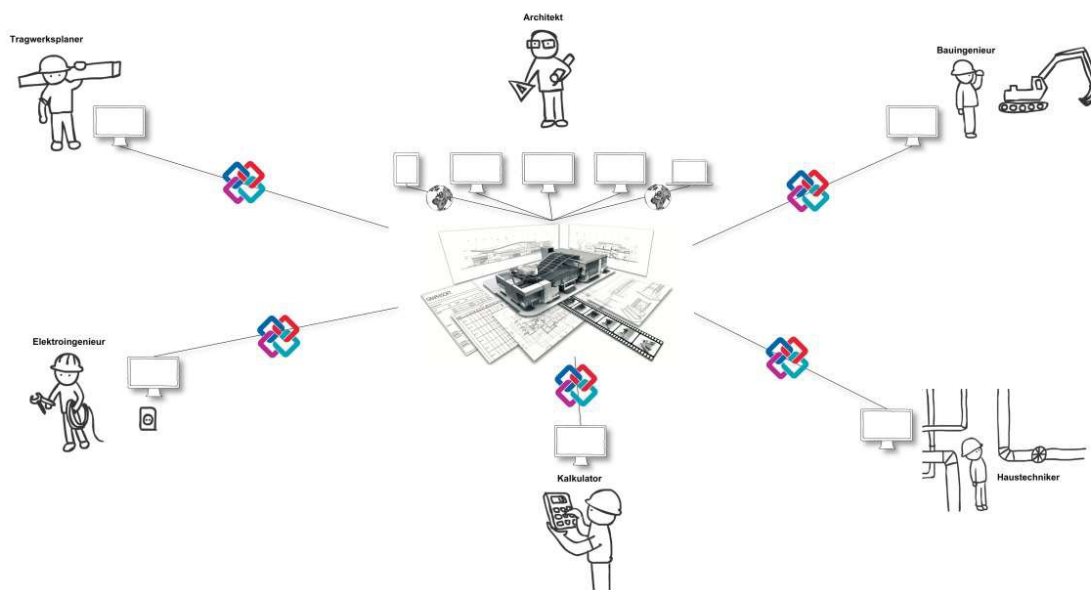


Slika 1: Prikaz dotoka informacija u model [2]

U idealnom slučaju BIM model raste, ako je moguće istovremeno s gradnjom te na kraju gradnje predstavlja jedan identičan virtualni model građevine u kojem su sadržane sve informacije o realnom projektu. Opremljen sa svim informacija vezanih uz objekt koje su prilagođene trenutnom stanju objekta, odnosno sa svim neplanskim promjenama koje su dogodile tijekom izgradnje [2].

2.1. IFC format

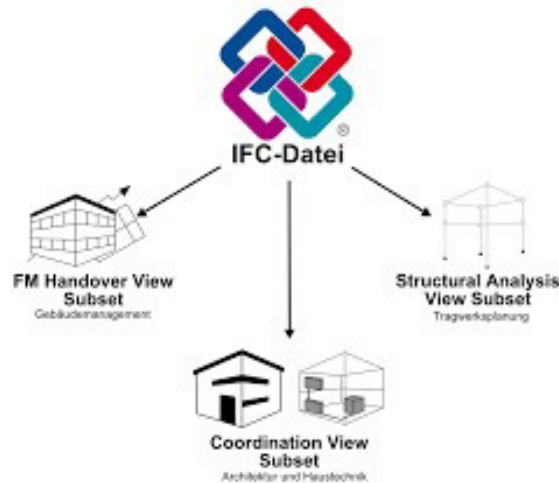
Kratica IFC stoji za **Industry Foundation Classes**. IFC je datoteka otvorenog tipa, s kojim se u građevinarstvu i upravljanju građevinama (Facility Management) spremaju i razmjenjuju između različitih programa i korisnika te se one istim tipom datoteke mogu razmjenjivati. Razmjena informacija se vrši u obliku digitalnog modela građevine, čija struktura, svojstva i atributi su propisani od strane organizacije buildingSMART (Slika 2).



Slika 2: IFC razmjena [2]

IFC format je ISO certificiran, te se nalazi pod ISO/PAS 16793. S verzijom IFC4 predstavlja vlastiti ISO standard. Prednost ovakvog neutralnog tipa datoteke je što je kod razmjene podataka i konvertiranja u drugi tip datoteke gubitak dijelova podataka sveden na minimum [2].

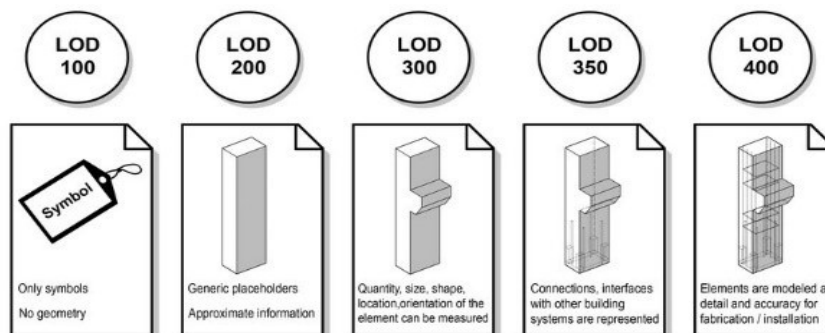
Prilikom razmjene podataka preko IFC datoteke je pametno paziti da se ne predaju svi postojeći podaci unutar modela nego da se dijele podaci potrebni za pojedinu struku ili faze razrade projekta, rijetko je potreban cjelokupni paket. Tako je moguće iz cijelog paketa izdvojiti podgrupe takozvane subset (Slika 3). Tako se smanjuje količina podataka i povećava brzina obrade podataka na priključnom programu [2].



Slika 3: IFC subset [2]

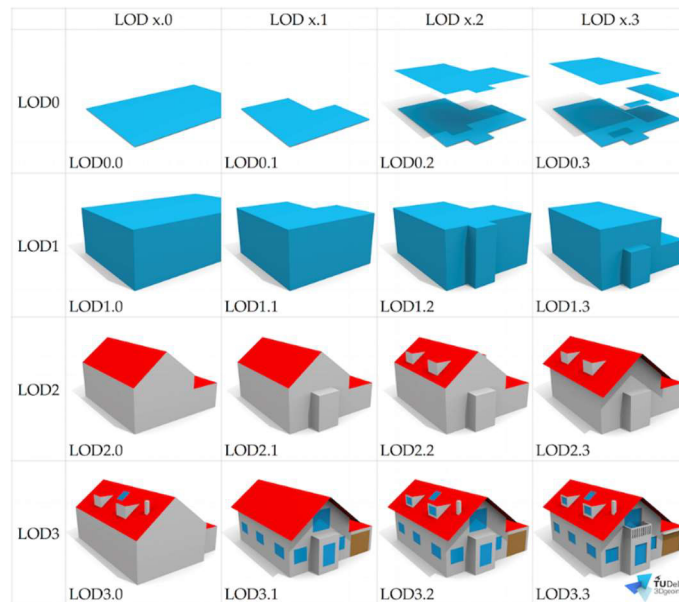
2.2. Level of Development (LoD)

Level of Development opisuje stupanju složenosti ili stupanju razrade pojedinih komponenti objekta ili čitavog objekta. Level of Development se bazira na definicijama AIA (*American Institute of Architecture*). AIA uzima klasifikaciju od 100 do 500, gdje je 100 najmanji, a 500 najveći stupanj informacija za model odnosno objekt (Slika 4). Pojedini razredi se mogu klasificirati s fazama: potrebe, nabave, isporuke, mobilizacije i proizvodnje.



Slika 4: AIA klasifikacija [3]

Druga kratica za LOD, koja se češće veže uz planiranje gradova, je Level of Detail. Ona u osnovi opisuje jednaku stvar, ali cilja isključivo na geometriju i dijeli se u stupnjeve od 0-4 (Slika 5). Digitalni modeli gradova mogu se klasificirati u pogledu na njihovo mjerilo i točnošću [2].



Slika 5: Level od Detail [2]

2.3. Koncepti pristupa BIM strukturi

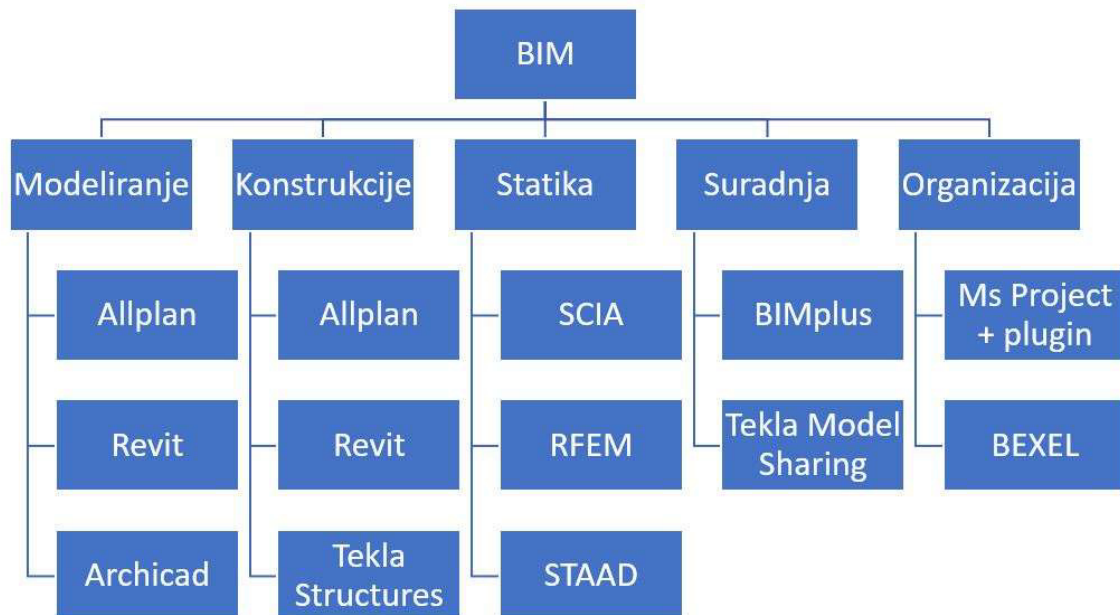
Kod BIM-a se razlikuju dva koncepta vezana za način i ovlasti pristupu informacijama, odnosno BIM strukturi nekog projekta: *Closed BIM* i *Open BIM*.

Kod *Closed BIM*a se podatci razmjenjuju s vlasničkim informacijskim modelom jednog proizvođača. Vlasnički informacijski model se temelji na shemi proizvođača, čija struktura nije otvorena („closed“). Kod primjene *closedBIM* načina treba paziti da odabrani program (eng. *Software*) uključuje više struka (arhitektura, građevina, elektrotehnika, strojarstvo i sl.), da većina tih struka može s tim programima raditi.

Kod *OpenBIM*a se datoteke razmjenjuju u obliku otvorenog informacijskog modela (eng. *Information model*). Otvoreni informacijski model se temelji na otvorenoj shemi. Najrasprostranjenije sheme su od *buildingSMART*. Program (eng. *Software*) koji se koristi u *openBIM* načinu trebao bi u mogućnosti biti da podatke uveze ili izveze u otvorenom informacijskom modelu. Kod takvog pristupa je moguće korištenje programa od raznih proizvođača [1].

3. PODRUČJE PRIMJENE

Područje primjene BIM-a može se svesti na pojedine struke (sudionike) koje su uključene unutar jednog projekta od arhitekta koji započinje model s izradom modela do investitora kojem će potpuni model u daljnjoj uporabi građevine pomoći kod održavanja, sanacije ili sličnih poslova. Kao što možemo podijeliti sudionike unutar jednog projekta prema njihovim strukama, tako i predstavnici pojedinih struka rade u određenim programima. Ovisno o tome radi li se o openBIM-u ili closedBIM-u, ovisit će i mogućnost suradnje između pojedinih sudionika unutar projekta. Pregled područja u kojima se primjenjuje BIM skupa s relevantnim programskim alatima za rad u BIM-u dan je na Slici 6.



Slika 6: Programska podrška (foto autor)

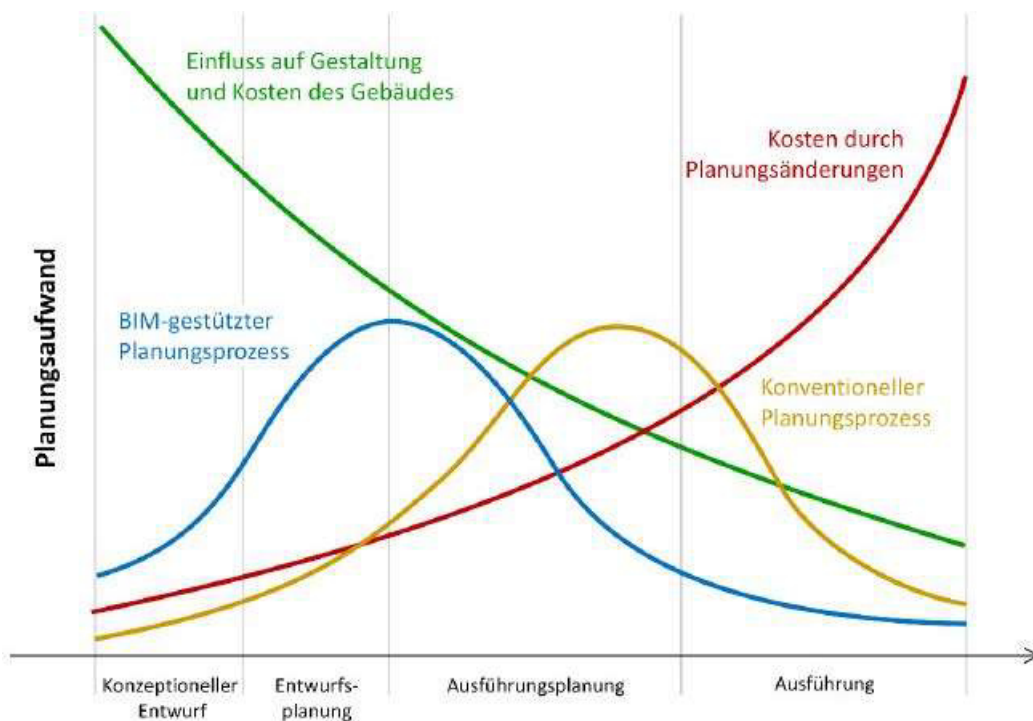
S uvođenjem BIM-a prati se strateški cilj da se efikasnost i pouzdanost građevine poveća kroz uporabu obuhvatnijih digitalnih tehnologija. To podrazumijeva i efikasnost kod cijene i termina (manja prekoračenja kod investicija te smanjenje kašnjenja projekata). U tom smjeru cilja i britanska vlada s njihovom BIM strategijom pomoću digitalizacije građenja. Postići smanjenje cijene za 15-20% i smanjenje staklenih plinova za 50%.

3.1. BIM u projektiranju

Iz primjene BIM-a proizlazi veliki broj prednosti za početno planiranje. Već u ranim fazama idejnog rješenja pokazuju se prednosti BIM-a. U početnom stupnju idejnog rješenja modeli odnosno varijacije modela omogućuju aproksimativne kalkulacije i simulacije vezane za cijenu investicije, količini energije za grijanje i slično. Idejno rješenje i varijacije mogu se direktno s investitorom na 3D modelu raspravljati. S tim se procesi oko odluka i dogovora mogu olakšati i brže procesuirati.

Tehnički crteži kao pogledi, tlocrti, presjeci uzimaju se direktno iz modela te su međusobno svi crteži ispravni. Dodatno se može provjeriti model na kolizije između modela pojedinih struka i pravovremeno intervenirati.

S uporabom BIM-a od ranih početaka projektiranja dolazi do preraspodjele vremenskih utrošaka kod projektiranja i izvođenja tako da se glavni tj. najveći dio posla obavlja u ranim fazama projektiranja, a ne kao do sada tek kod samog kraja projektiranja odnosno samog izvođenja. S ovakvim pristupom projektiranja može se na vrijeme reagirati, za razliku od uobičajene prakse kada je vrlo teško ili nemoguće intervenirati odnosno popraćeno je velikim dodatnim troškovima (Slika 7) [4].



Slika 7: Prikaz porasta kroz faze projektiranja [4]

3.2. BIM u odabiru izvođača

Prilikom odabira izvođača količine kao volumen i udio površina čine važne ulazne podatke za davanje usluga unutar ponude. Dok su se do sada te količine mukotrpno izrađivale ručnim proračunom iz 2D crteža, te bile podložne greškama, BIM omogućuje direktno dokazivanje količina na osnovi modela. Pružanje jedinstvenog modela na korištenje u okviru raspisivanja natječaja olakšava građevinskim poduzećima postupak utvrđivanja količina. Te se time smanjuju moguće greške s obje strane i pridonosi većoj sigurnosti kod cijene investicije. Spajanjem tog modela s napretkom, načinom izvedbe i cijene dobije se 5D-model, koji može služiti kao baza za obračun i praćenje napretka na osnovu modela (Slika 8) [4].



Slika 8: 5D planiranje troškova [5]

3.3. BIM u izvođenju

Prednosti BIM-a nisu samo u projektiranju nego i u pripremi i praćenju izvedbe na gradilištu. Korištenje takvog modela na gradilištu omogućuje s jedne strane precizan monitoring odnosno kontrolu, s druge strane model omogućuje jasno dokumentiran obračun prema investitoru (Slika 9). Pomoću 4D modela, koji nastaje kombinacijom dijelova objekta s planiranim vremenom može se redosljed gradnje kontrolirati te nedoumice ili neke nastale greške ili kolizije na vrijeme otkriti te pravovremeno raspodijeliti logistiku na gradilištu. Za takvu realizaciju stoje na raspolaganju mobilna rješenja za tablete ili slično.

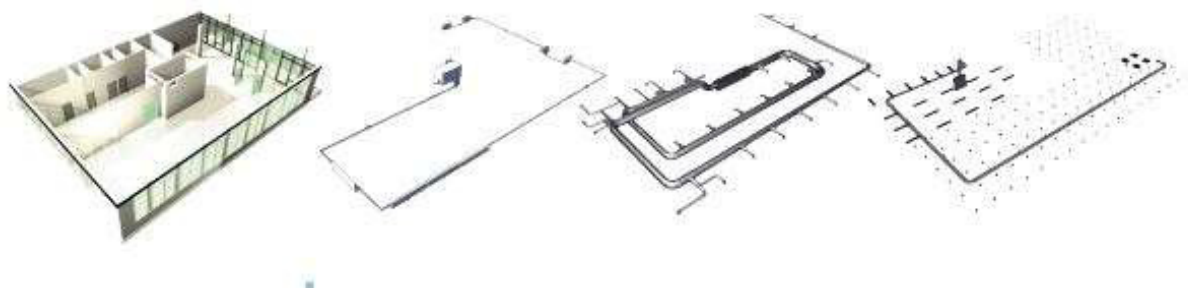


Slika 9: BIM rješenja na gradilištu [6]

3.4. BIM u suradnji

Kada je riječ o suradnji unutar jednog projekta misli se na suradnju pojedinih struka koje su uključene u proces kao što su arhitekti, građevinari, strojari, elektrotehničari itd. Prednosti BIM-a leže u komunikaciji između svih tih struka, za razliku od dosadašnje komunikacije gdje je dolazilo do zastoja podataka, u BIM-u se to sprječava korištenjem zajedničkog modela ili zasebnih koordinacijskih modela (Slika 10).

Kod zasebnih modela svaki od projektanata radi unutar svojega modela koji se kasnije spajaju unutar jednog. Kod takvog načina projektiranja sve strane bi trebale imati jednake položajne koordinate. To podrazumijeva jedinstveno podrijetlo koordinata projekta, georeferentne koordinate, te jedinstvene mjerne jedinice. Osim koordinata treba dogovoriti prostornu podjelu modela, jedinstvenu podjelu etaža, podjelu većih projekata na jedinstvene faze. Na kraju je potrebno definirati razinu detalja pojedinih dijelova projekta.



Slika 10: BIM model- arhitektura, grijanje, ventilacija, elektroinstalacija [7]

Koordinacija modela različitih strukovnih područja se vrši preko koordinata jednog modela za koju je zadužen BIM menadžer, koji koordinira dotok informacija sa svih strane te ih spaja u jedan model. Kao i kod rada sa zasebnim modelima i kod ovog načina je potreban dogovor oko korištenja jedinstvenih koordinata.

Koordinacija preko jednog modela omogućuje spajanje različitih modela u jedan jedinstveni, u kojem se vide posljedice promjene pojedinog projektanta na druge (Slika 11). I dalje svi projektanti rade u zasebnim modelima ali se u određenim vremenskim intervalima koordiniraju, provjeravaju podudarnost modela te pomažu u procesu promjene.

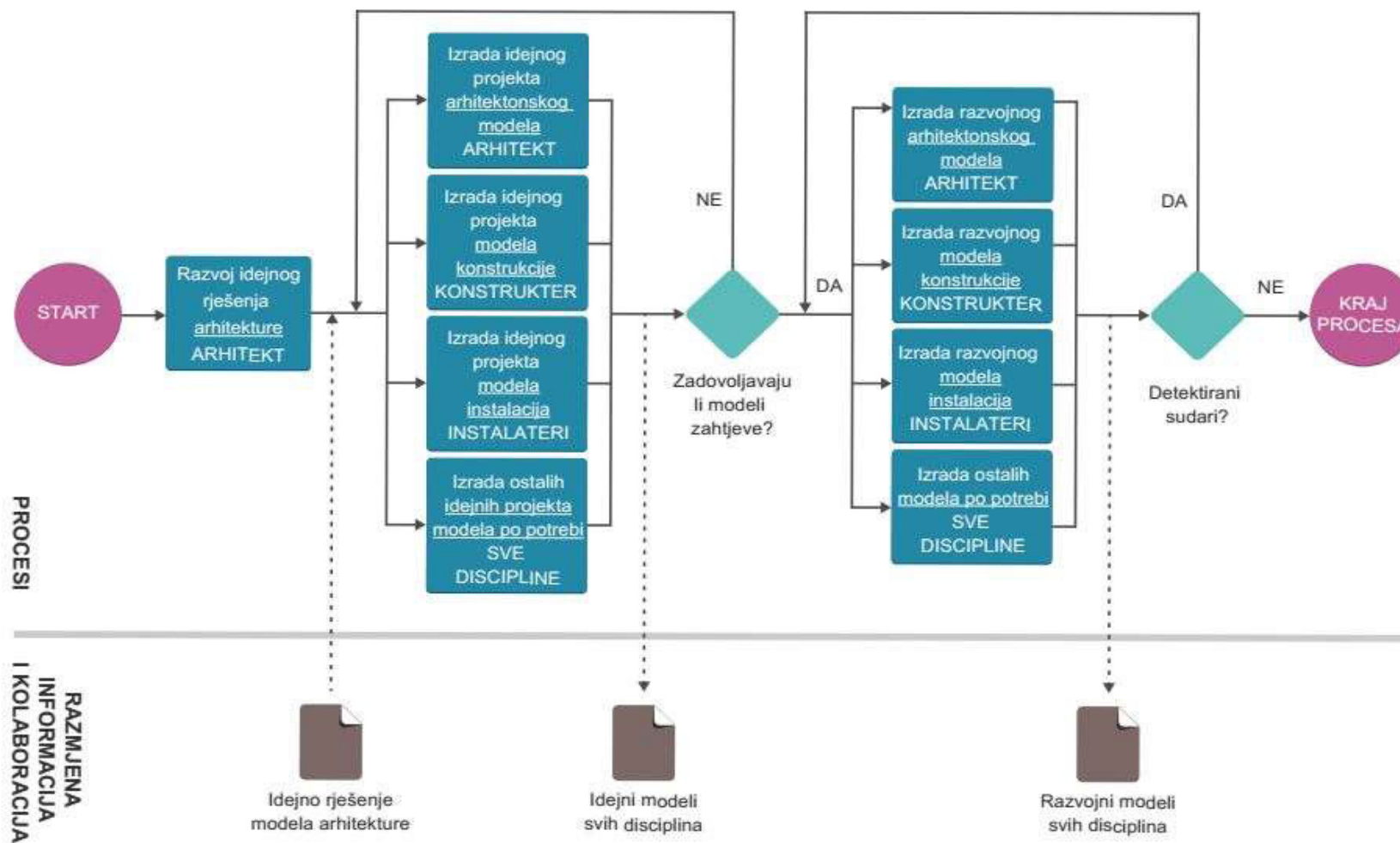


Slika 11: Primjer koordinacijskog modela za arhitektonski i strojarski dio projekta [7]

4. TIJEK IZRADE PROJEKTA PRIMJENOM BIM-a

Izradu BIM projekta započinje arhitekt, koji stvara BIM model. Nakon toga se priključuju ostale struke te dodaju svoje informacije u model (opisano u poglavlju 2). Tijek izrade BIM projekta može se prikazati shematski (Slika 12).

Izradu projekata započinje arhitekt izradom idejnog rješenja, te njegovog modela. U daljnjem radu upotpunjuje se idejni projekta (model) s potrebnim modelima pojedinih struka (arhitektonski model, model konstrukcije, model instalacija te ostalih potrebnih modela). Nakon dobivanja idejnog modela koji ispunjava sve zahtjeve kreće se s razradom razvojnog modela odnosno modela svih strukovnih područja uključenih u projekt. U slučaju da model ne zadovoljava zahtjeve vraća se korak unatrag te dorađuje model. Nakon toga model se provjerava na sudare između elemenata pojedinih struka. Ako nema sudara proces je završen, ukoliko postoje sudari model se vraća na doradu.



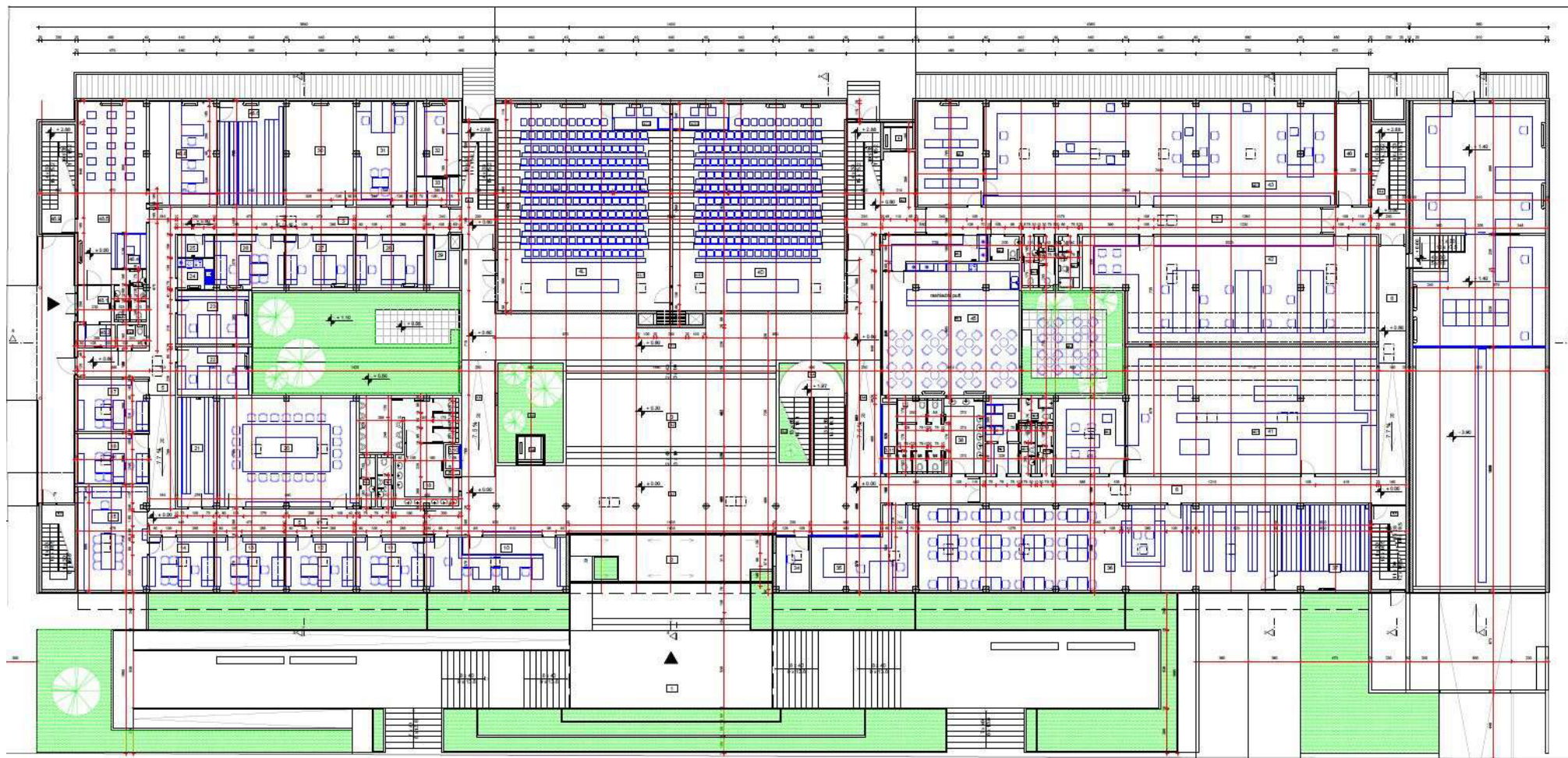
Slika 12: Tijek projektiranja BIM projekta [8]

Kroz sljedeća poglavlja će se prikazati rad u programima (eng. *Software*) odnosno tijekom izrade BIM modela na primjeru zgrade Građevinskog fakulteta u Rijeci (Slika 13).

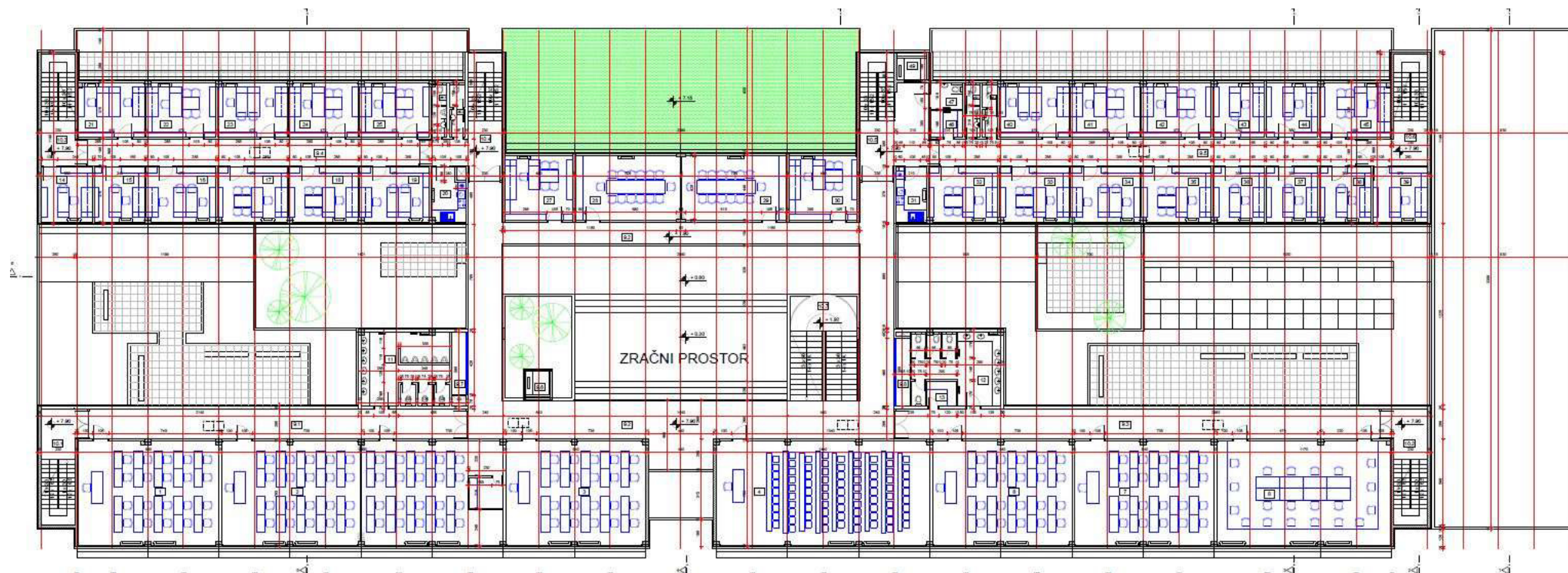


Slika 13: Zgrada građevinskog fakulteta u Rijeci [9]

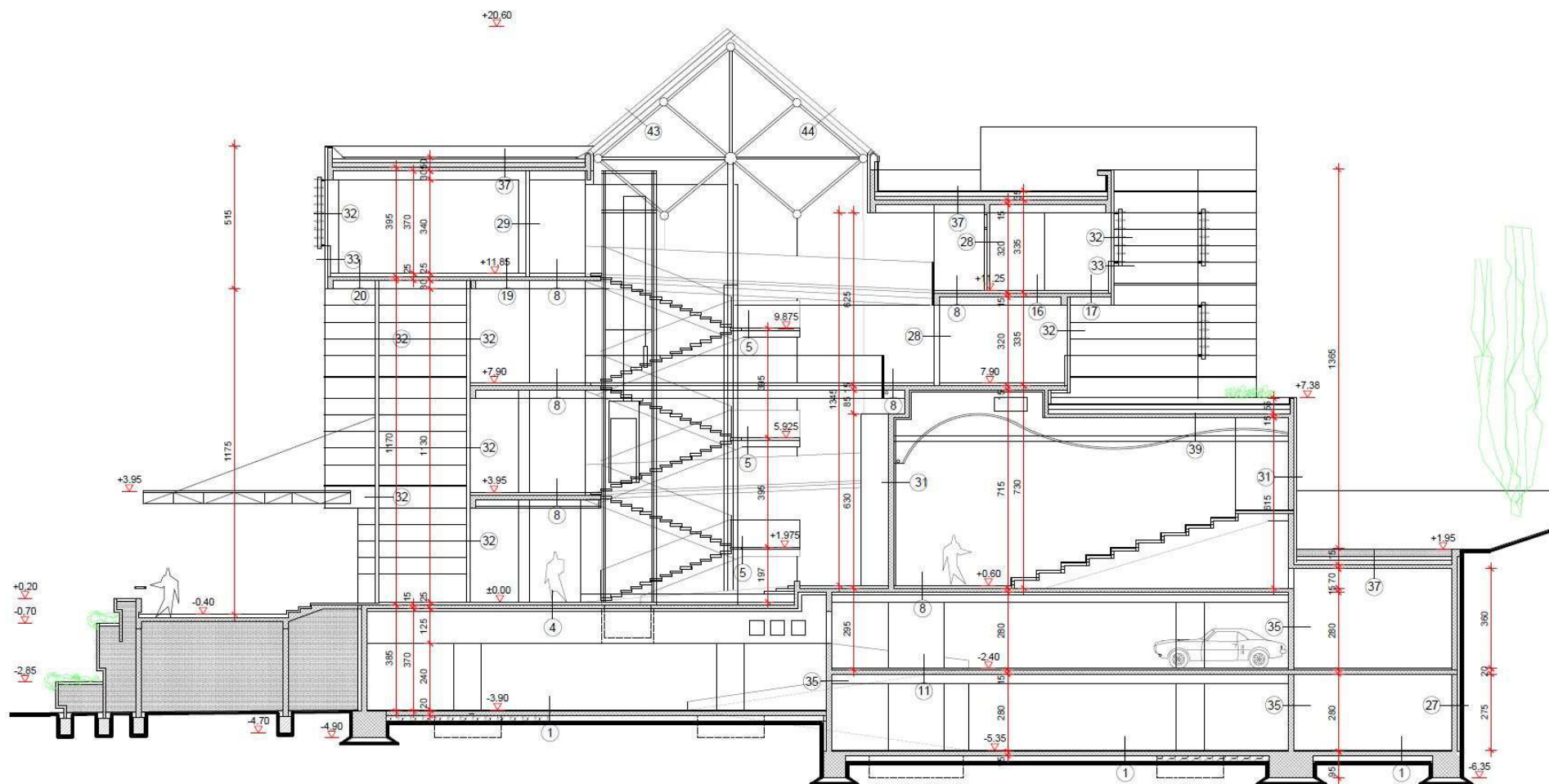
Zgrada građevinskog fakulteta u Rijeci se sastoji od dvije polu ukopane etaže koje služe kao garaža, prizemlja te tri nadzemna kata. Glavni konstrukcijski materijali koji su korišteni te koji će se u modelu koristiti su: armirani beton, blokovi i čelik. Armirani beton će se koristiti za temelje, nosive zidove i ploče, dok će se blokovi koristiti za nosive i nenosive zidove (Slika 14, 15). Čelik će biti primarno korišten za izradu prostorne rešetke u holu zgrade, koja ima estetsku i nosivu funkciju (Slika 16).



Slika 14: Tlocrt prizemlja zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci [10]



Slika 15: Tlocrt drugog kata zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci [10]



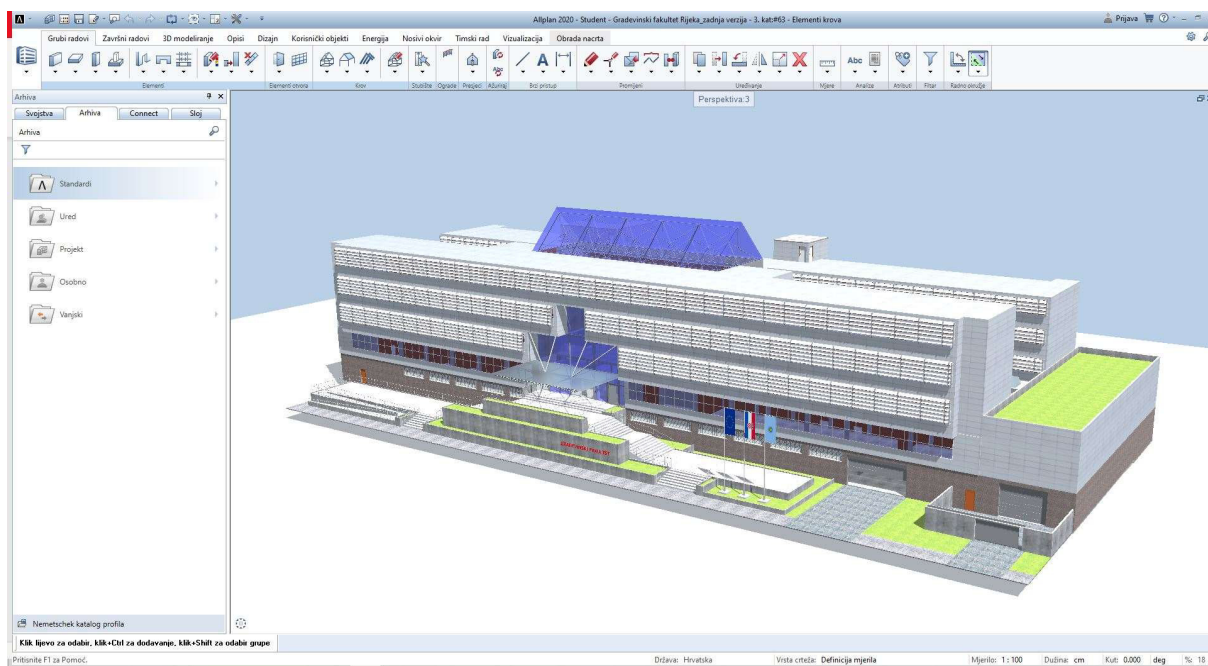
Slika 16: Presjek zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci [10]

4.1. Izrada digitalnog modela objekta

Razlika između običnog crtanja u CAD programima (eng. *Software*) i u BIM alatima je što kod BIM-a ulazi više informacija u projekt tj. sami model. Kod klasičnog pristupa projektiranja unutar CAD programa limitirani smo na dvije dimenzije, dok kod projektiranja po BIM metodologiji osim treće dimenzije koja ulazi u projektiranje, dolaze nam informacije o vrsti, kvaliteti i količini materijala, te ostale informacije koje su nam potrebne za izgradnju te daljnju uporabu građevine.

4.1.1. Sučelje za modeliranje u Allplanu

Za izradu modela u radu se koristio sam program (enf. *Software*) Allplan. Prilikom pokretanja Allplana otvara nam se grafičko sučelje Allplana (Slika 17):



Slika 17: Prikaz 3D prozora Allplana (foto autor)

Korisničko sučelje Allplana se sastoji od sljedećih elemenata:

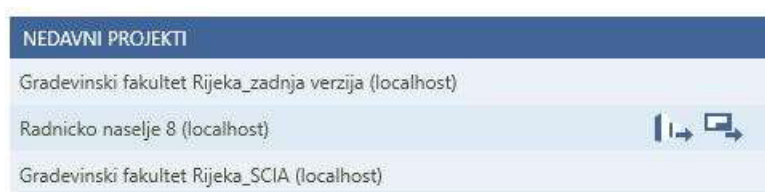
4.1.1.1. Prozor dobrodošlice

U prozoru dobrodošlice sažete su funkcije koje se prilikom pokretanja Allplana najviše koriste, kao što su funkcije: stvori, otvori ili kopiraj projekt (Slika 18).



Slika 18: Naredbe: stvori, otvori i kopiraj projekt (foto autor)

Bočno od naredbi za stvaranje projekta nalazi se popis s projektima koji su posljednje bili otvarani (Slika 19):



Slika 19: Nedavni projekti (foto autor)

Dalje se nalaze uputu za rad u Allplanu odnosno prvi koraci (slika 20), novosti vezano za Allplan, te linkovi na platformu BIMplus, te dvije funkcije namijenjene njemačkom govornom području („CONNECT, EXCHANGE“) (Slika 20).



Slika 20: Poveznice Allplana s drugim alatima (foto autor)

4.1.1.2. Naslovna traka

Na sredini trake nalazi se ime projekta na kojem se trenutno radi te aktualni crtež unutar kojeg se crta. Na desnoj strani nalazi se BIMplus login. Preko Allplan simbola može se pristupiti funkcijama kao što su spremanje, uvoz, kopiranje i slično (Slika 21).



Slika 21: Naslovna traka (foto autor)

Osim klasičnih traka imamo i traku s naredbama (Slika 22). Prvi simbol pokazuje nam u kojem se strukovnom području nalazimo (arhitektura, građevinarstvo i sl.) Ovisno o strukovnom području razlikuju se funkcije koje koristimo u stvaranju modela.



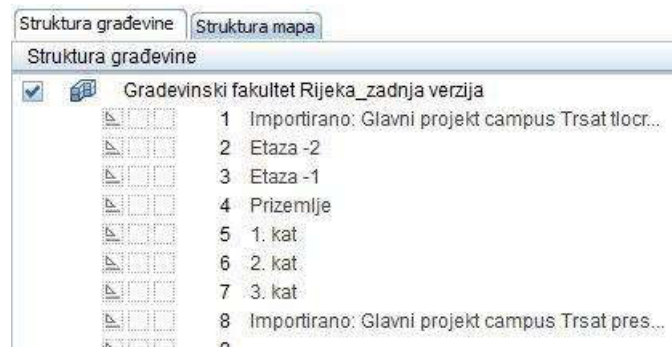
Slika 22: Traka s naredbama (foto autor)

Novi projekt stvaramo klikom na novi projekt unutar prozora dobrodošlice ili na simbol novi projekt u naslovnoj traci (nalazi se pokraj Allplan simbola). Prilikom stvaranja novog projekta otvara nam se novi prozor u kojem upisujemo naziv projekta, mjesto spremanja (lokalno na računalu ili lokalno te kopija na BIMplus platformu). Na dnu prozora možemo izabrati da se novi projekt napravi prema predlošku, koje su unaprijed definirane u Allplanu ili bez predloška. Na drugoj stranici definiramo postavke linija, pera, boje, te standarde države u kojoj se projektira.


Budući da ovdje definiramo 3D model izvedene zgrade, u tu svrhu ćemo učitati DWG crteže te jednostavno iscrtati objekt prema postojećim CAD nacrtima. Za uvoz (Import) crteža idemo pod **Datoteka > Import > Import Autocad** podataka, te učitamo datoteke koje su nam potrebne.

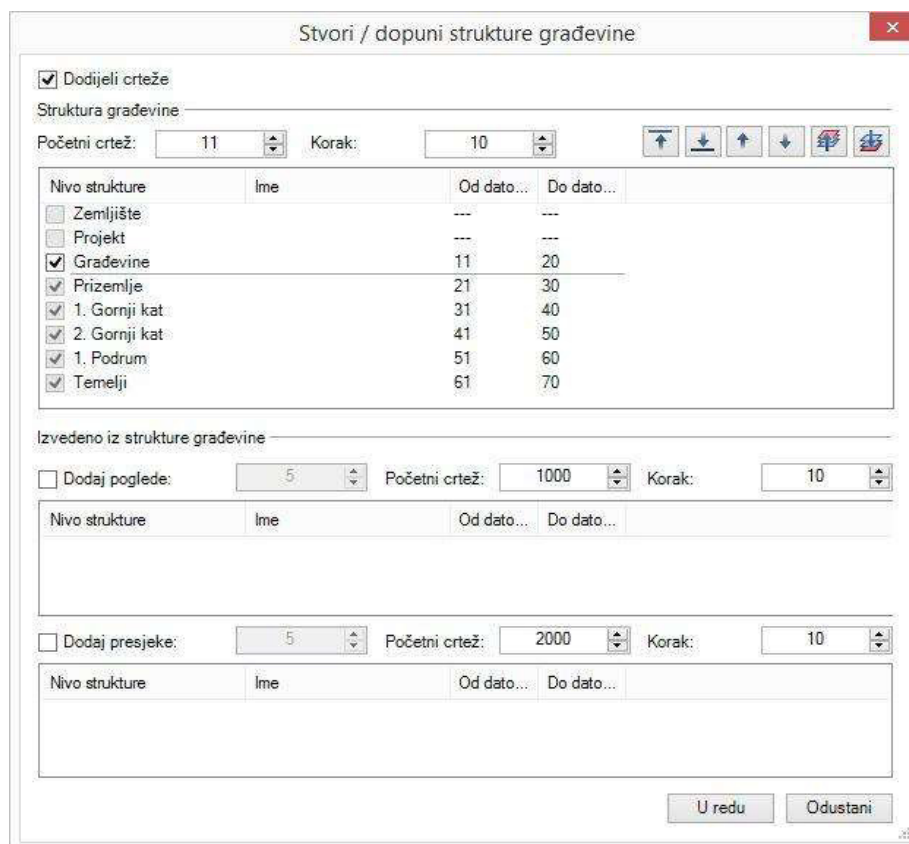
NAPOMENA: Moguće je skaliranje nacrti jer Allplan prepoznaje mjerne jedinice u kojima je nacrtan uveženi nacrt. U ovom primjeru objekta crteži u Autocadu su bili u milimetrima te je pri učitavanju je došlo do uvećanja dimenzija za faktor 10. Stoga je potrebno obavezno provjeriti mjerne jedinice datoteke koja se učitava.

Nakon što smo svaku etažu stavili na svoj zasebni crtež možemo definirati model ravnina u Allplanu, koji nam služi da postavimo elemente za određene visine (Slika 23). Da bismo otvorili modelar visina kliknemo dva puta lijevom tipkom miša u prazno područje crteža te nam se otvara prozor s crtežima.



Slika 23: Struktura modela građevine s uvezenim AutoCad crtežima (foto autor)

Unutar tog prozora kliknemo na peti simbol  u gornjem lijevom kutu „Upravljanje ravninama“. Nakon toga se otvara novi prozor u kojem dodajemo novi model ravnina. Potrebno je zadati broj etaža iznad 0.00 i ispod, te upisati svijetle visine etaža, debljine ploča, debljinu podne konstrukcije, visinu temelja. Kada smo definirali sve te elemente obavezno staviti kvačicu pod „stvari, ili dopuni strukturu građevine“. Nakon toga otvara nam se prozor stvori ili dopuni strukturu građevine, u kojem definiramo dodjelu crteža pojedinoj etaži (Slika 24). Za svrhu ovog rada dovoljna je dodjela od 10 crteža svakoj etaži.

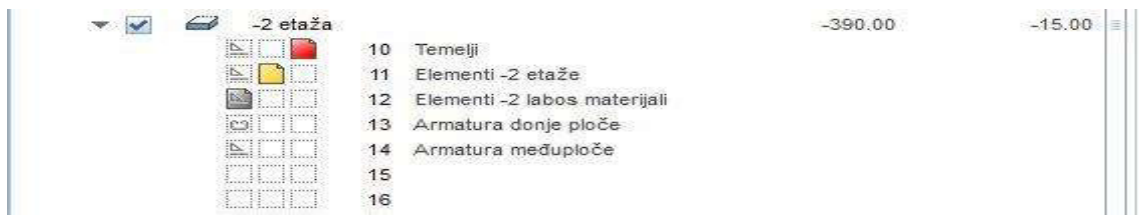


Slika 24: Mogućnosti dodavanja crteža u strukturu građevine (foto autor)

4.1.1.3. Statusi crteža

Crteži mogu imati 4 statusa (Slika 25):

1. crveni (aktivan) - možemo s njim raditi što god želimo (brisati, dodavati, micati i sl.)
2. žuti – crtež je aktivan, možemo sve raditi kao u crvenom osim dodavanja novih elemenata
3. sivi – elemente unutar crteža vidimo, možemo se koristiti točkama ali ne možemo ga obrisati niti uređivati na bilo koji način
4. nema simbola – crtež je isključen, ne vidimo nijedan njegov element



Slika 25: Prikaz crteža i statusa (foto autor)

Nakon što smo definirali potrebne crteže, visine itd. možemo započeti s crtanjem našeg modela. Prvi korak nam je da stavimo prvi crtež unutar etaže -2 da nam je aktivan odnosno da je crtež označen s malim crvenim simbolom.

4.1.1.4. Definiranje visina elemenata

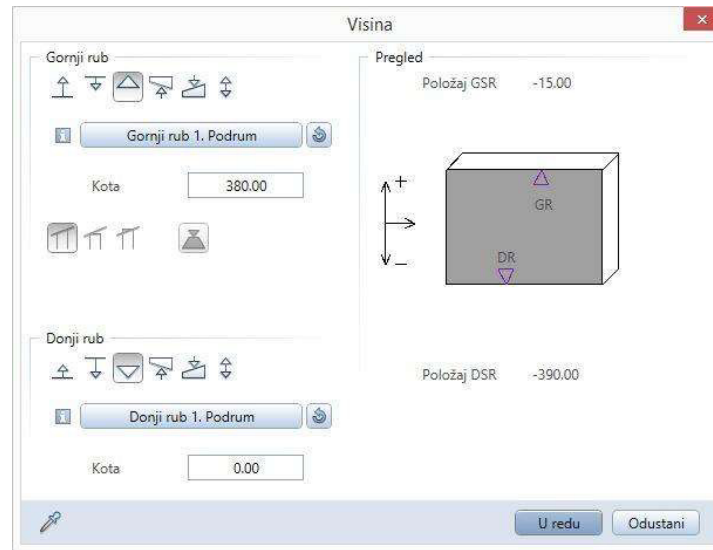
Da bi program mogao prepoznati visine elemenata potrebno ih je najprije definirati. U Allplanu visinu elemenata zadajemo unutar svake naredbe za svaki element posebno. Te visine možemo zadati preko stalnih ravnina koje smo definirali na početku našeg projekta, ili na druge načine kao apsolutne visine. Unutar Allplana postoji 6 načina za zadavanje visina (Slika 26):

1. rub vežemo za donju ravninu (ravnina etaže)
2. rub vežemo za gornju ravninu (ravnina etaže)
3. apsolutna visina
4. preuzimanjem visine donjeg ruba nekog elementa
5. preuzimanjem visine gornjeg ruba nekog elementa
6. stalna visina elementa



Slika 26: Prikaz vezanja ruba za određene visine (foto autor)

Zbog jednostavnijeg unosa koristit ćemo apsolutne visine, zgrada je projektirana s različitim visinski modelima ovisno o kojem se dijelu zgrade radi (Slika 27).



Slika 27: Mogućnost opcije „Visina“ (foto autor)

4.1.2. Modeliranje temelja

Kad smo stavili crtež da je aktivan možemo krenuti s crtanjem dijelova objekta. Prvo ćemo krenuti s temeljima. Prvu naredbu koju ćemo koristiti kod temelja je „Trakasti temelj“ (Slika 28).



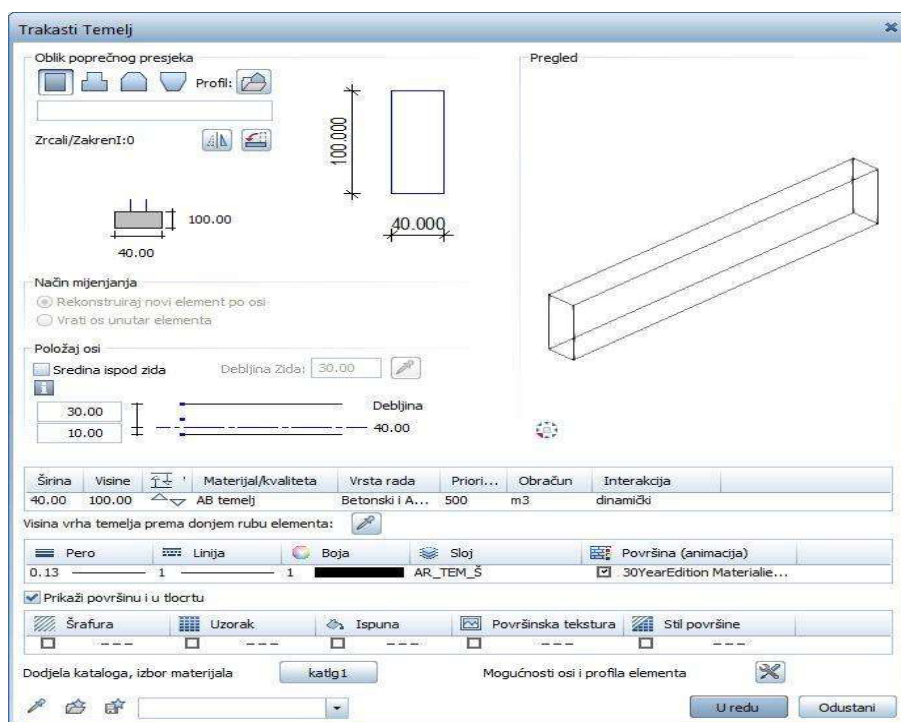
Slika 28: Položaj naredbi za temelje (foto autor)

Kada pokrenemo naredbu otvara nam se manji prozor u kojem možemo birati oblik temelja (ravni, pravokutni, kružni element), te postavke za temelj tako da kliknemo na simbol s kvačicom (Slika 29).



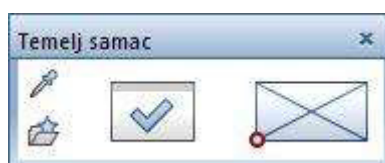
Slika 29: Naredbe temelja (foto autor)

Otvara nam se prozor u kojem definiramo postavke našeg elementa (položaj osi unosa, dimenzije, oblik, pero, liniju, boju. Nakon što definiramo sve postavke temelj možemo početi crtati temelj, odnosno definirati njegovu geometriju i dimenzije (Slika 30). U programu Allplan se crta jednako kao u bilo kojem drugom CAD programu.



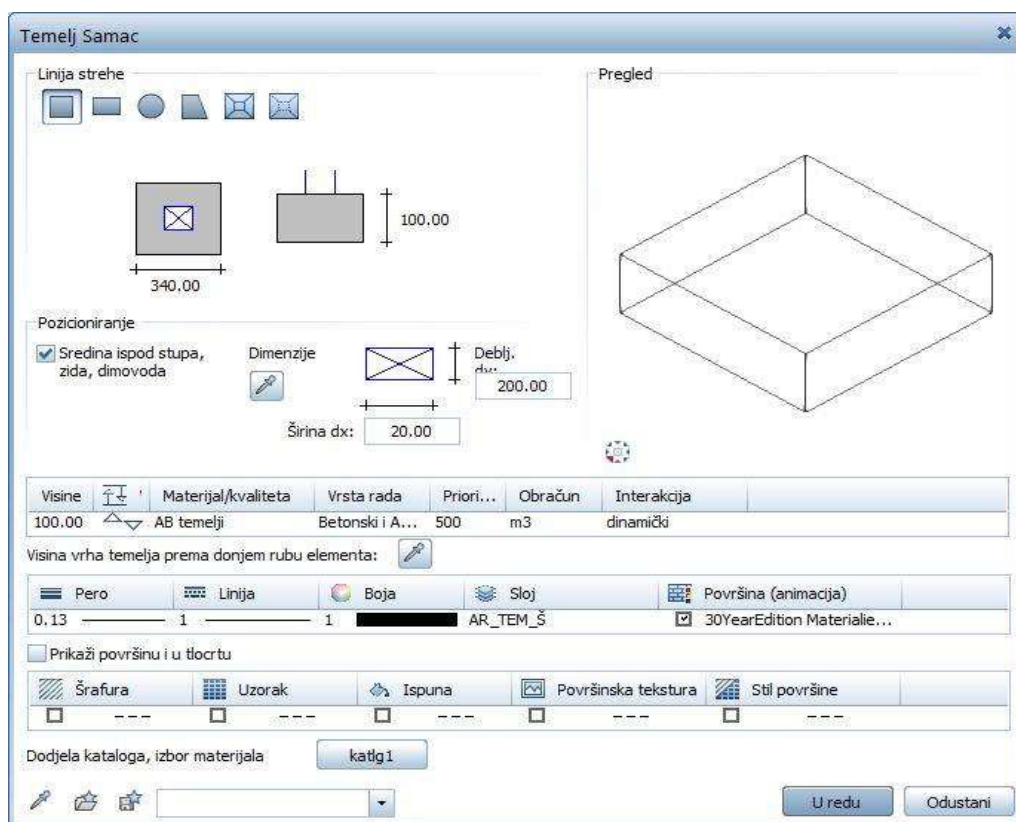
Slika 30: Mogućnosti opcije „Trakasti Temelj“ (foto autor)

Sljedeća opcija za definiranje temelja je naredba „Temelj samac“. Klikom na naredbu otvara nam se sličan prozor kao kod trakastih temelja, razlika je samo što ovdje postoji mogućnost zadavanja točke umetanja temelja samca (Slika 31).



Slika 31: Definiranje točke umetanja za temeljni samac (foto autor)

Postavke temeljnog samca ne razlikuju se puno od trakastih temelja (Slika 32).



Slika 32: Mogućnosti opcije „Temelj Samac“ (foto autor)

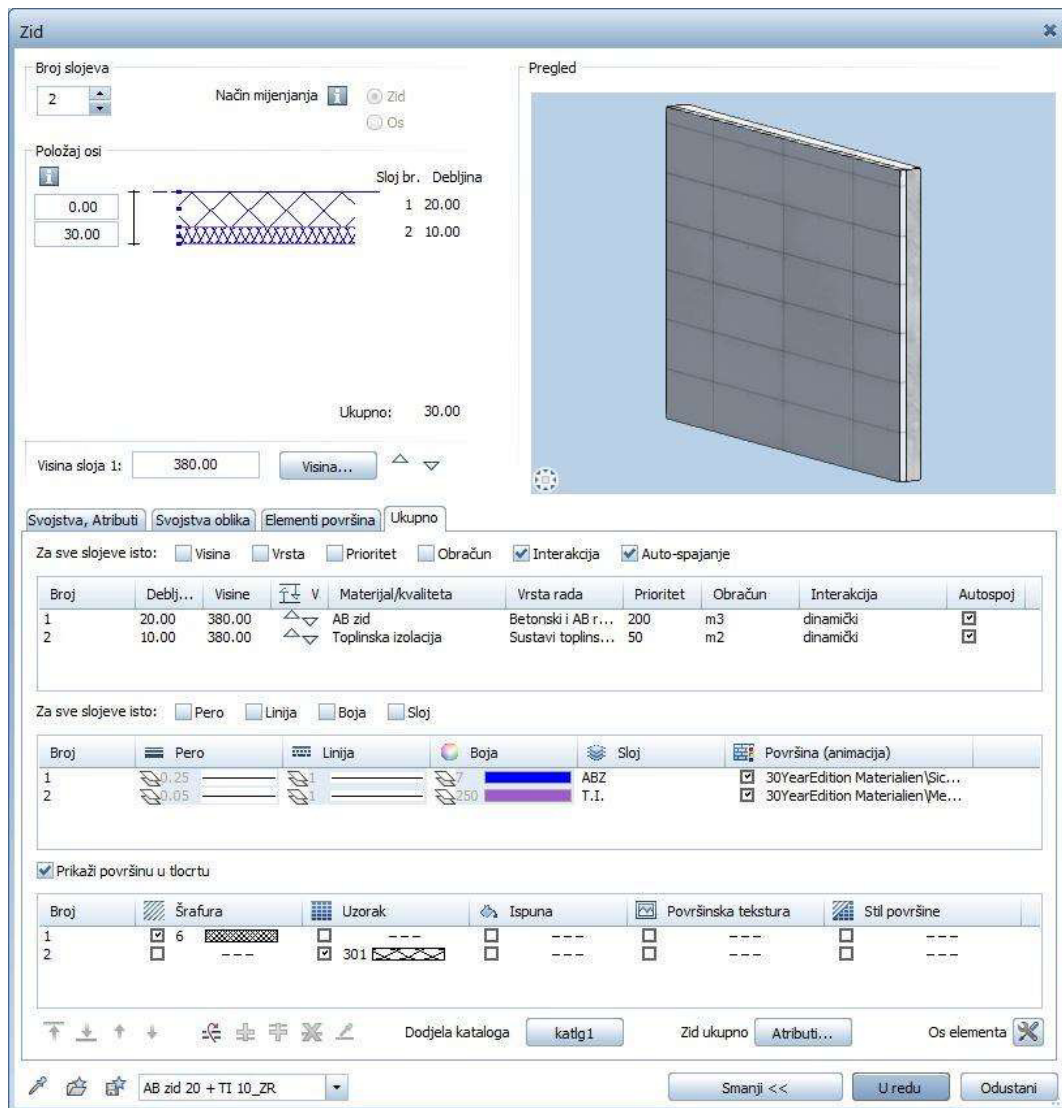
Kada smo nacrtali sve temelje u tlocrtu možemo ih pogledati u 3D pogledu. Za otvaranje 3D pogleda, tlocrta i nacрта, koristi se kombinaciju Alt+2.

4.1.3. Modeliranje zidova

Nakon što smo nacrtali temelje slijede nam zidovi, stupovi i grede. Krenuti ćemo prvo od zidova. Kada pokrenemo naredbu za zidove otvara nam se prozor gdje možemo definirati oblik elementa (ravni, zakrivljeni i slično) (Slika 33). Unutar postavki za zidove definiramo sljedeće stavke:

1. položaj osi
2. svojstva i atribute
3. svojstva oblika
4. elemente površine

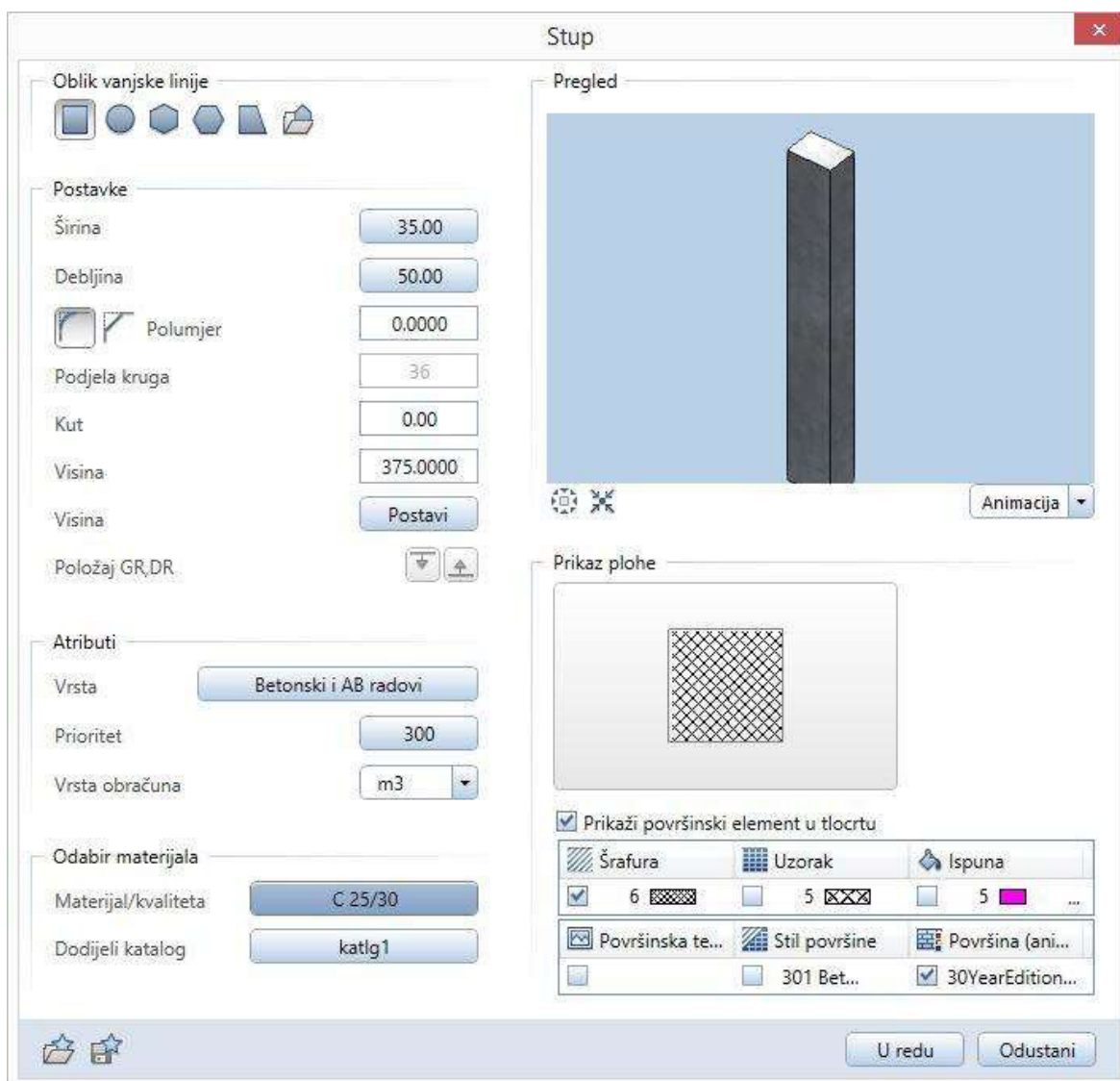
1. položaj osi definira zid s koje strane će se nalaziti slojevi zida
2. unutar svojstva i atributa definiramo karakteristike pojedinog sloja kao što su debljina, visina, materijal od kojeg se sastoji, kojoj vrsti radova pripada, te mu dodjeljujemo prioritet.
3. unutar svojstva oblika definiramo: pero, liniju, boju te završnu animaciju sloja ako želimo da nam prikazuje teksturu sloja (layer u Autocad-u).
4. element površine je šrafura koja će se prikazivati unutar 2D crteža odnosno tlocrta i presjeka.



Slika 33: Mogućnosti opcije „Zid“ (foto autor)

4.1.4. Modeliranje stupova

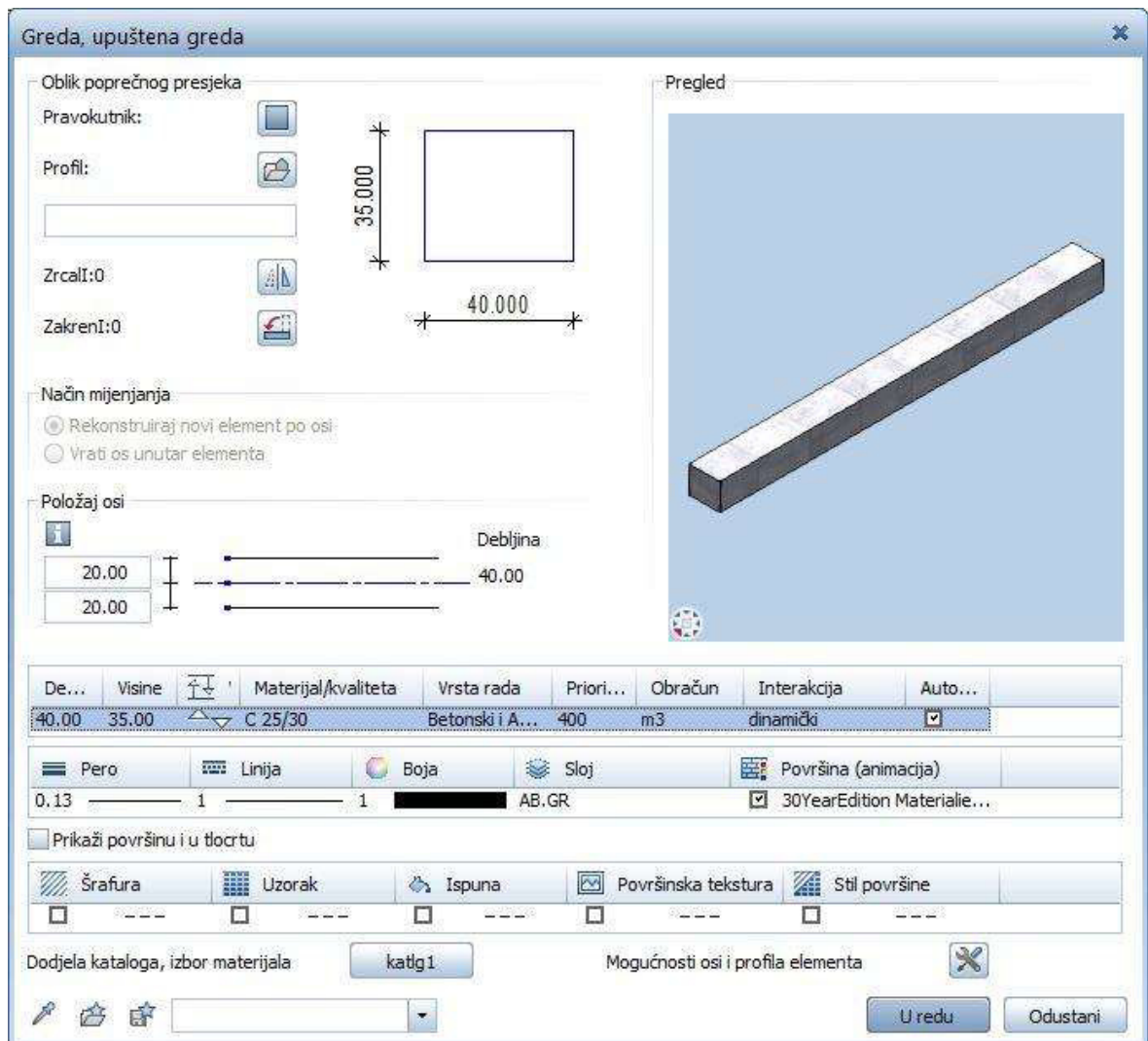
Nakon što smo nacrtali zidove, možemo krenuti s crtanjem stupova. Kada pokrenemo naredbu za stupove otvara nam se jednaka naredba kao kod temelja samaca. Unutar postavki za stupove definiramo: oblik stupa, dimenzije (širina, debljina), visina koja se definira jednako kao kod zidova (poglavlje 4.1.2.), attribute (materijal, vrstu radova), te postavke presjeka (boja, linija, pero, 3D tekstura) (Slika 34). Nakon definiranja stupa, unosimo stupove na njihova mjesta tako da si odredimo točku umetanja te ih samo postavimo na željeno mjesto.



Slika 34: Mogućnosti opcije „Stup“ (foto autor)

4.1.5. Modeliranje greda

Pokretanjem naredbe „Grede“ otvara nam se jednak prozor kao kod zidova, temelja. Unutar postavki za grede definiramo iste parametre što smo kod zidova definirali. Razlika u postavkama grede su oblici grede, te poprečni presjek grede iz kataloga profila (primjerice HEA 200 profil) (Slika 35). Visine se zadaju kao u prethodnim elementima.



Slika 35: Mogućnosti opcije „Greda, upuštena“ (foto autor)

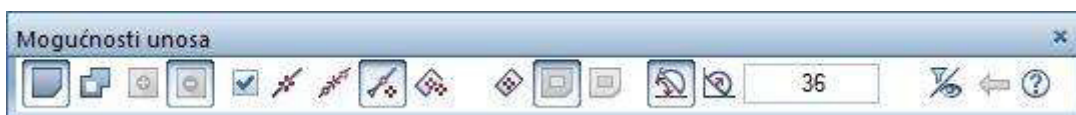
4.1.6. Modeliranje ploča

Kad pokrenemo naredbu za crtanje ploče, otvore nam se dva nova manja prozora. Prvi prozor nam je kao kod svih naredbi gdje imamo odabir za postavke odnosno da preuzmемо svojstva već postojeće ploče ako smo nacrtali koju ili preuzmемо iz favorita unaprijed definiranu ploču s postavka koju moramo samo ucrtat na njeno mjesto (Slika 36).



Slika 36: Naredbe konstrukcije ploče (foto autor)

Drugi prozor nam služi za definiranje unosa ploče (unos jedne cjeline ploče, unos više cjelina ploče) te imamo opciju za povratak na prethodnu točku u slučaju da pogriješimo prilikom ucrtavanja ploče (Slika 37).

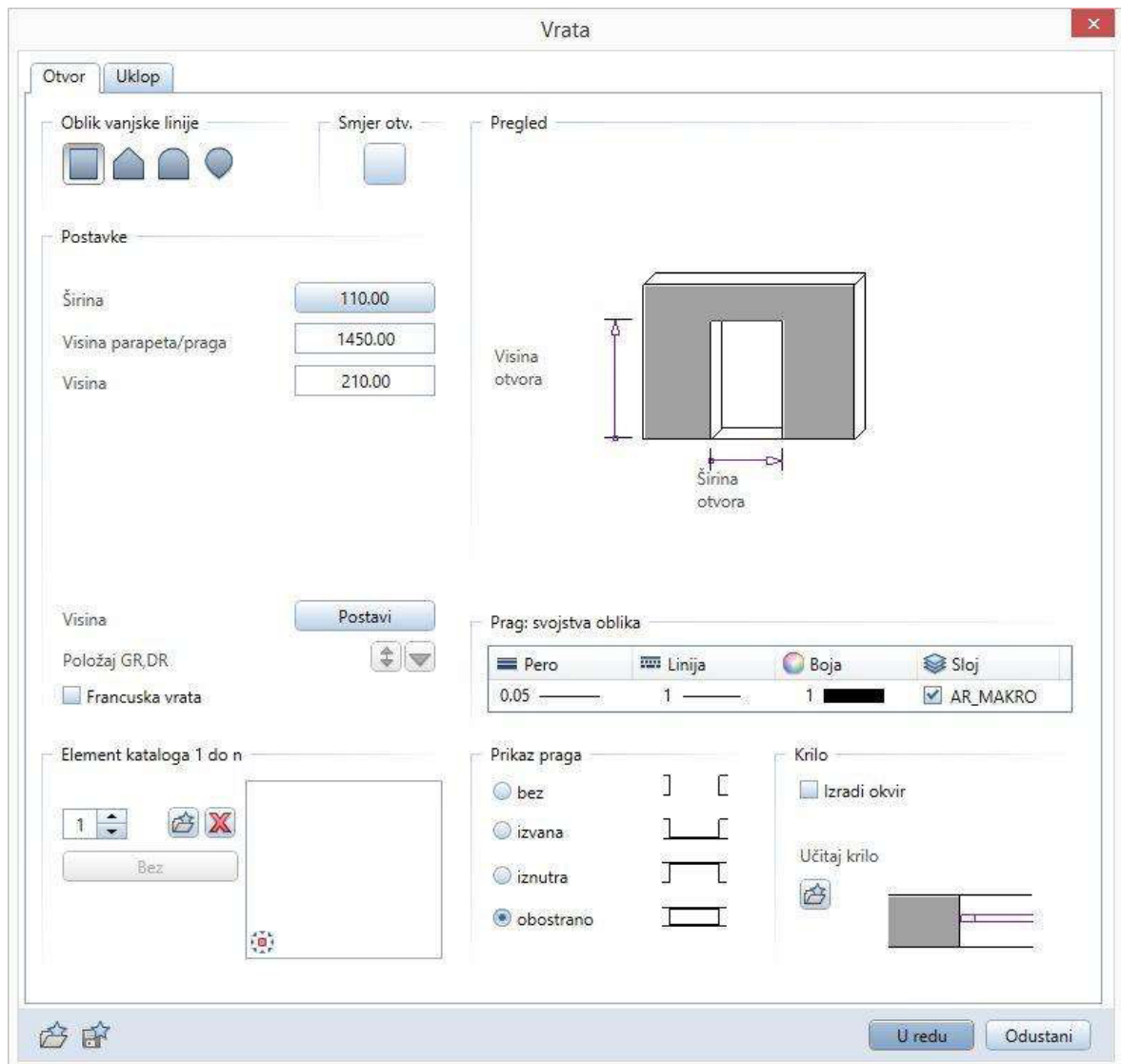


Slika 37: Mogućnosti unosa (foto autor)

Unutar postavki imamo za definirati svojstva kao i kod ostalih elemenata, te visinu koju zadajemo preko apsolutne visine. Nakon što smo definirali sva svojstva ploče, ucrtavamo je tako da idemo krenemo iz jednog kuta i ucrtamo sve krajnje točke (vrhove) ploče. Tipkom „ESC“ potvrđujemo unos ploče. Ako je ploča pravokutna možemo je definirati i zadavanjem dijagonale.

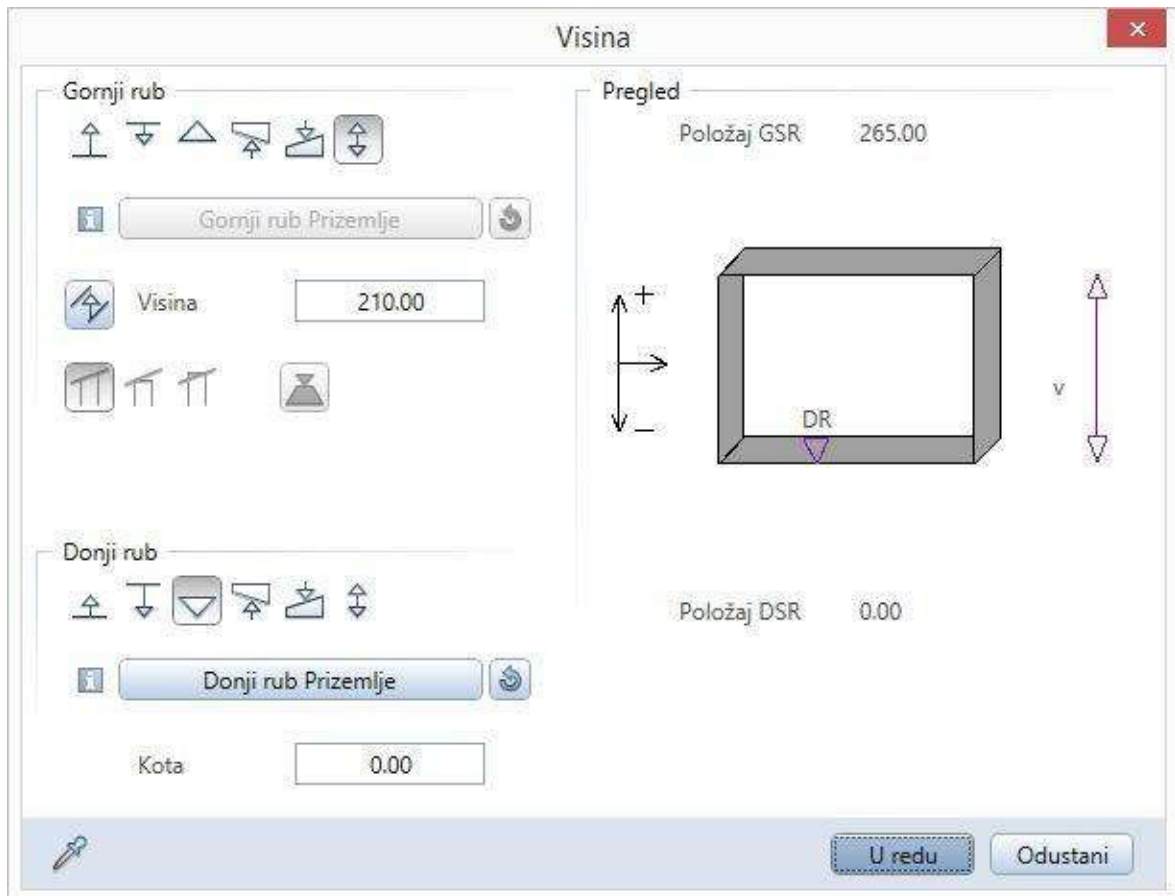
4.1.7. Modeliranje otvora

Otvori se definiraju za vrata, prozore te otvore u ploči za stubišta ili ostale prodore kroz ploču. Prva opcija za unos otvora su „Vrata“ unutar postavki za vrata potrebno je definirati širinu otvora te visinu odnosno visinu praga/parapeta (Slika 38).



Slika 38: Mogućnosti opcije „Vrata“ (foto autor)

Širinu zadajemo kao zidarsku mjeru odnosno samo upišemo broj, dok visinu praga definiramo preko visina. Visinu zadajemo tako da donji rub vežemo za apsolutnu visinu, a gornji rub kao stalnu visinu od 210 cm odnosno koliko nam je visina vrata (Slika 39).



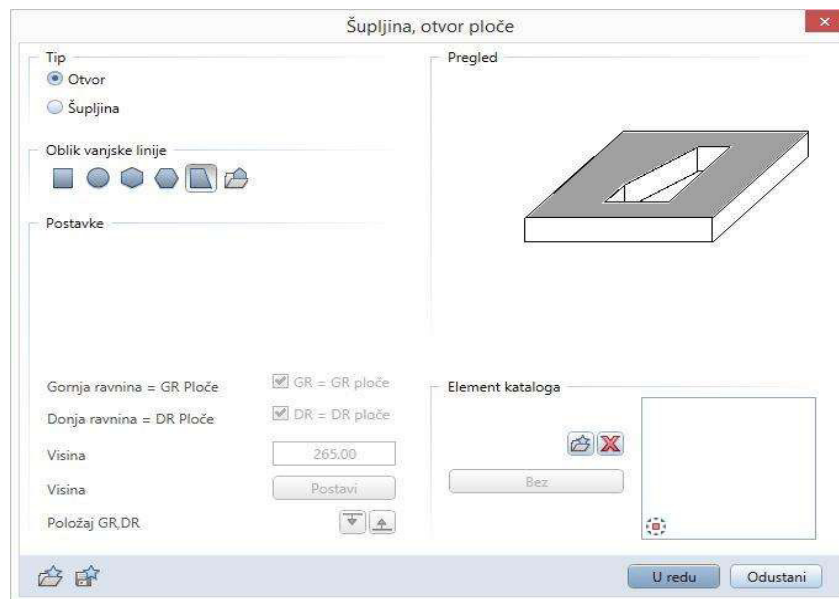
Slika 39: Mogućnost opcije „Visina – Vrata“ (foto autor)

Potrebno je odabrati način prikaza pragova (Slika 40).



Slika 40: Prikaz praga

Otvore u pločama crtamo kao definirani otvor sa širinom i dubinom, ili proizvoljni oblik unosom krajnjih točaka. Kod unosa otvora prvo odabiremo na koju ploču ćemo primijeniti otvor, te definiramo da li je otvor ili šupljina (Slika 41).

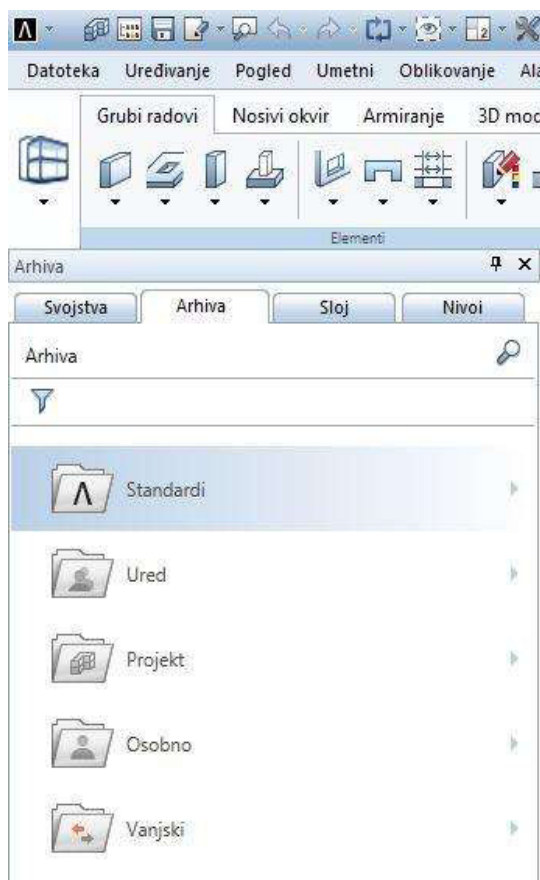


Slika 41: Prozor "Šupljina, otvor ploče" (foto autor)

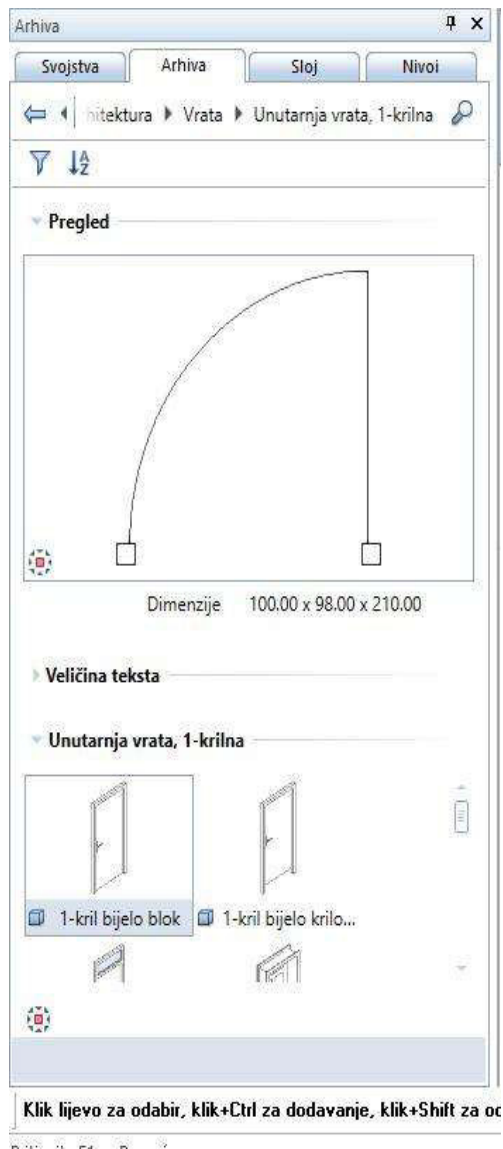
4.1.8. Pametni elementi (eng. *smartparts*)

Pametni elementi u Allplanu su programirani unutar Pythona. Pametne elemente možemo definirati kao element stolarije koji ubacujemo unutar otvora te se on prilagođava visini i širini. Pametnim elementima je moguće mijenjati/dodavati atribute, te već unaprijed definiranim elementima mijenjati njihov oblik, površinu, materijal itd. Pametni elementi se nalaze u lijevom dijelu prozora pod karticom „Arhiva“ (Slika 42, 43).

Unutar te kartice idemo na Standardi>Arhitektura>Prozori/Vrata te odabiremo *smartpart* duplim klikom na njega koji nam odgovara ili mu uređujemo atribute.



Slika 42: Prozor "Arhiva" (foto autor)



Slika 43: Prozor "Smart vrata" (foto autor)

4.1.9. Modeliranje stubišta

Stubišta možemo modelirati preko gotovih tipova stubišta gdje moramo samo ocrtati vanjsku konturu stubišta u tlocrtu, te zadati donju i gornju visinu stubišta (Slika 44).



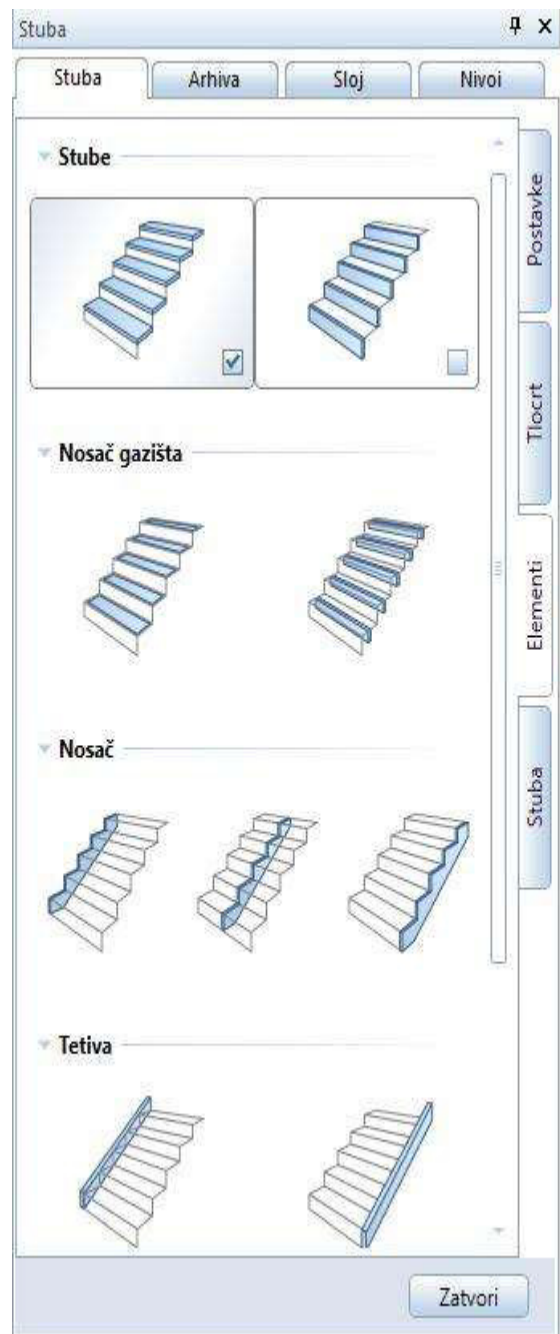
Slika 44: Izbornik s naredbama za stube (foto autor)

Drugi način crtanja stubišta je preko modelara stubišta. Unutar modelara imamo više mogućnosti za izgled te materijal stubišta. Kada pokrenemo modelara otvara nam se kartica u lijevom dijelu prozora unutar koje se nalaze opcije stubišta od oblika (spiralno, L oblik, ravno itd.), mjere stubišta (početna visina, razlika u visinama, broj koraka, visina stube) (Slika 45). Sljedeća kartica unutar modelara se odnosi na postavke crtanja u tlocrtu (kako će izgledati linija hoda, početna točka, smjer kretanja, opis).

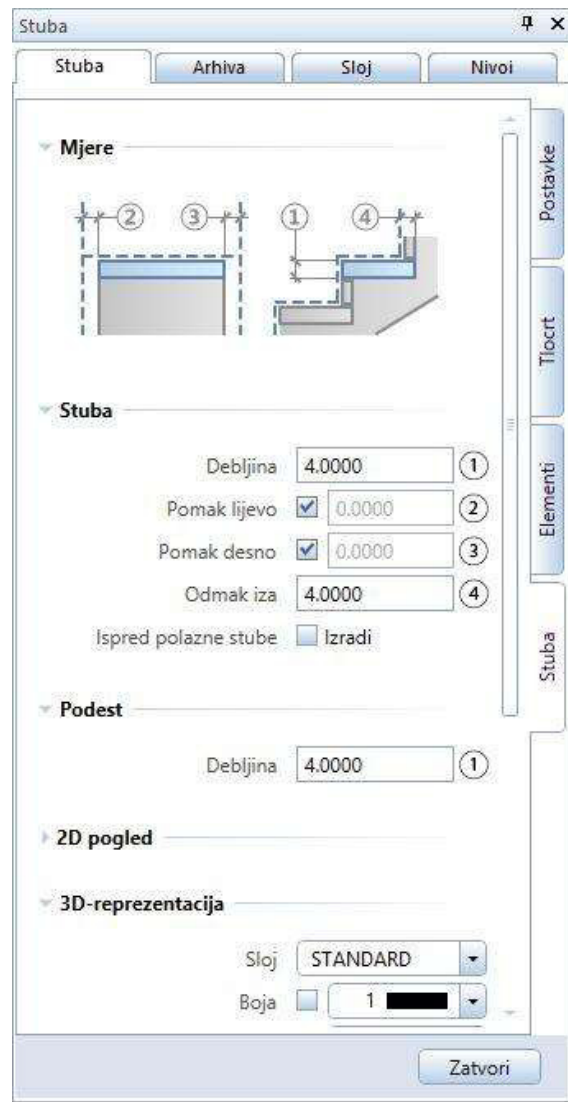


Slika 45: Mogućnosti opcije „Stuba“ (foto autor)

Nakon definiranja postavki u tlocrtu slijedi kartica „Elementi“ s mogućnostima izrade stubišta (nosači, tetive, gazišta i sl.). Zadnja kartica odnosi se na oblogu stube te definiranje same obloge (Slika 46, 47). Kad smo definirali izgled stubišta prenosimo ga iz baze pokazivačem na odgovarajuću poziciju.

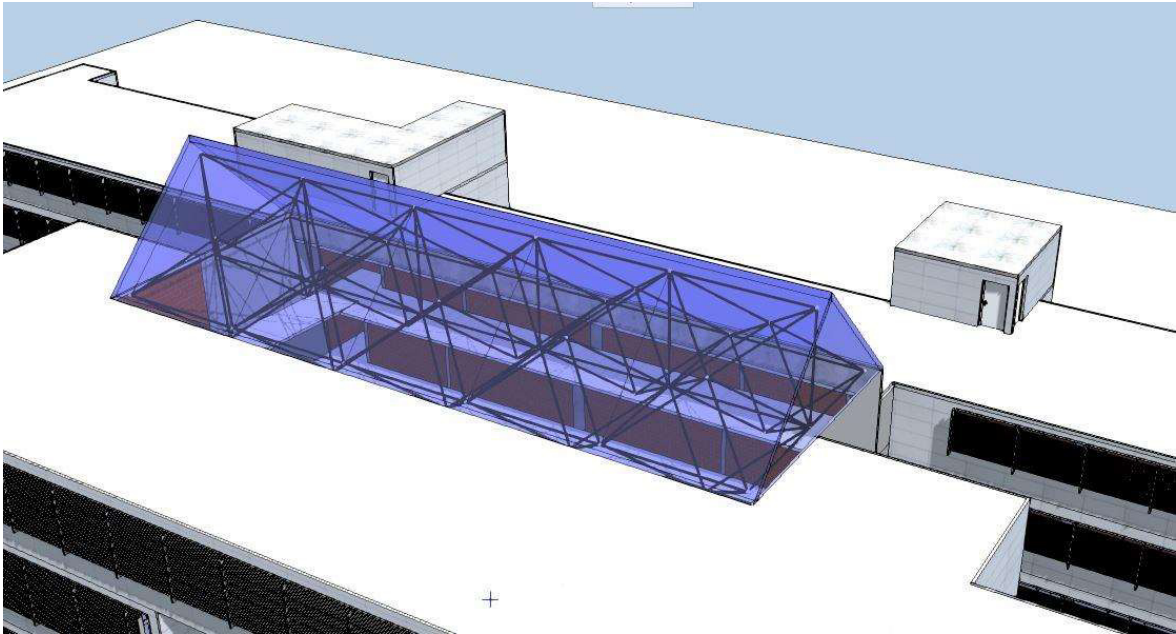


Slika 46: Mogućnosti opcije stube (foto autor)



Slika 47: Mogućnosti elementa stuba (foto autor)

Ulazna rešetka te rešetka s korovom su rađene su s kombinacijom 3D elemenata i greda za krovnište (Slika 48). Za rad s ovim opcijama je potrebno bolje poznavanje programa te se neće u ovome radu objašnjavati.

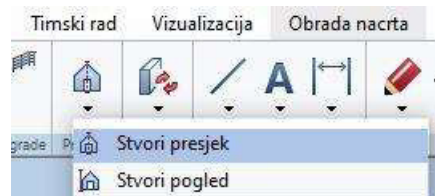


Slika 48: Prikaz krovne rešetke u Allplanu (foto autor)

Postupak se ponavlja za sve etaže jednako dok ne dobijemo gotov model. Iz modela je moguće izvući pojedine količine materijala (količine betona, opeke te ostalih materijala koji su korišteni. Za izvlačenje količina koristimo se naredbom „izvještaji“ te unutar naredbe je potrebno samo izabrati što želimo da nam program od količina izvuče. Primjer izvući ćemo količinu betona unutar modela. Zato idemo pod izvještaji kad nam se otvori prozor unutar ponuđenih mapa idemo pod vrstu radova te izaberemo betonske radove unutar njega uzmemo datoteku s betonski radovi koja je druga na popisu. Allplan će nam izbaciti sve količine kojima je dodijeljen atribut za betonski i AB radove. Izvještaj s količinama možemo izvesti kao pdf, word ili excel dokument.

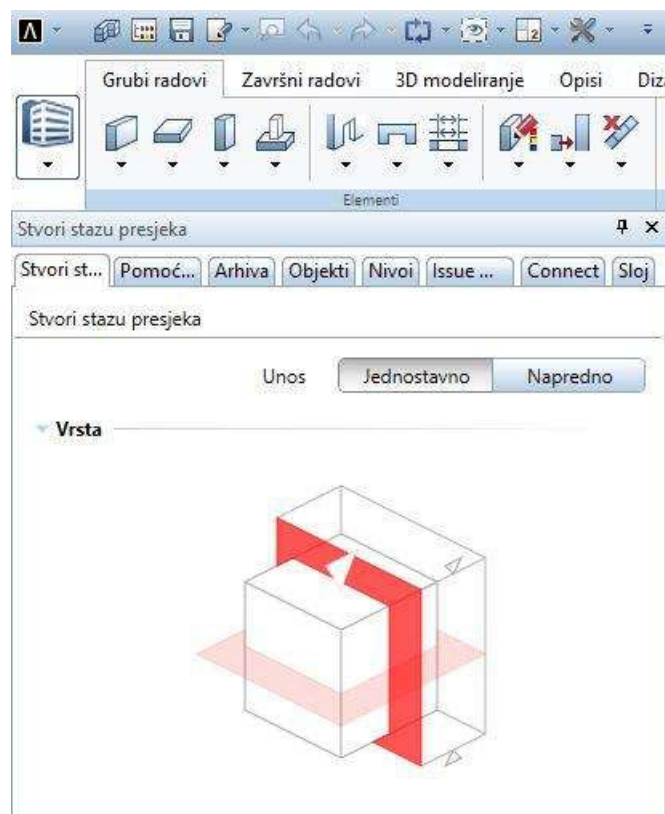
4.1.10. Izrada presjeka i pogleda

Presjeci unutar Allplana su asocijativni, što znači da, kada ih stvorimo, ako izbrišemo neki element unutar presjeka, on će biti izbrisan i na modelu. Presjeke radimo preko naredbe „Presjeci“ (Slika 49). Postoji dva načina stvaranja presjeka: normalni i napredni.



Slika 49: Naredba stvori presjek (foto autor)

Odabir načina presjeka se odabire na početnom prozoru koji nam Allplan otvara u lijevom dijelu gdje nam se nalaze kartice arhive itd. Za prebacivanje između načina stvaranja presjeka dovoljno je samo kliknuti na odgovarajući način na vrhu prozora (Slika 50).



Slika 50: Odabir presjeka (horizontalni ili vertikalni) (foto autor)

Jednostavni presjek – kod jednostavnog presjeka potrebno je odrediti radi li se o horizontalnom ili vertikalnom presjeku. Za odabir između vertikalnog i horizontalnog presjeka dovoljno je kliknuti na strelice koje su usmjerene u tom smjeru ili klikom na

horizontalnu ili vertikalnu ravninu koja presjeka kocku na kojoj se vrši odabir. Nakon toga potrebno je odrediti visinu koja će biti referentna za presjek, odnosno od koje do koje visine će prikazivati elemente unutar presjeka. Postoje dvije mogućnosti: prva mogućnost je da odaberemo visinu elementa kroz koji siječemo.

Slika 51: Presjek s visinom čitavog objekta (foto autor)

Tada program uzima najnižu i najveću točku unutar našeg modela ako siječemo kroz čitav model odnosno ako siječemo kroz jedan kat onda visine toga kata (Slika 51). Drugi način je da programu zadamo gornji i donji rub između kojih će biti presjek (Slika 52).

Slika 52: Presjek s definiranim visinama (foto autor)

Primjer: zgrada nam je visine od 10 m, najniža kota temelja je na -0,60 m, a najveća na 9,40. ako uzmemo za gornji rub 1000,00 cm, a za donji -100 cm vidjet ćemo presjek cijelog objekta, ako se ta dva ruba smanje na 0 i 500 vidjet ćemo dijelove zgrade koje se nalaze između te dvije visine, a nećemo vidjet ono što je iznad ili ispod. Kada smo postavili visine na modelu pokazivačem ocrtavamo točku po točku putanju kuda će presjek ići kroz naš model. Kada smo ocrтали putanju pritisak na tipku „ESC“ kako bi smo potvrdili unos. Nakon toga potrebno je pokazivačem odrediti dubinu presjeka koja će biti referentna.

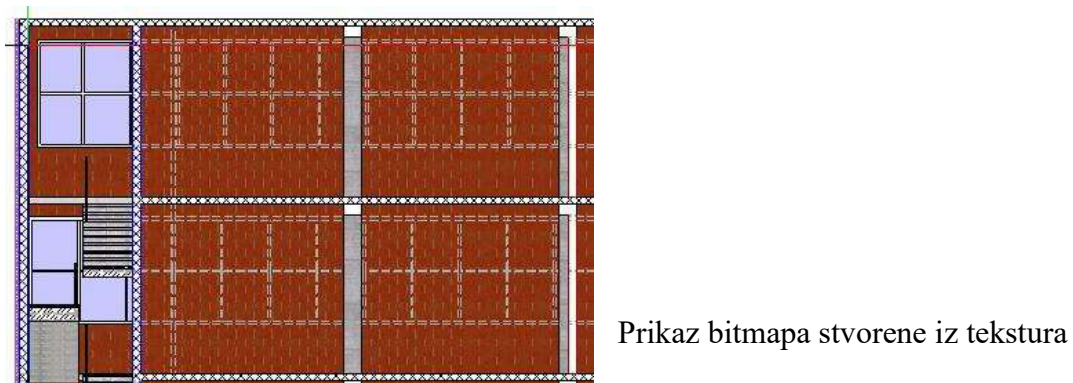
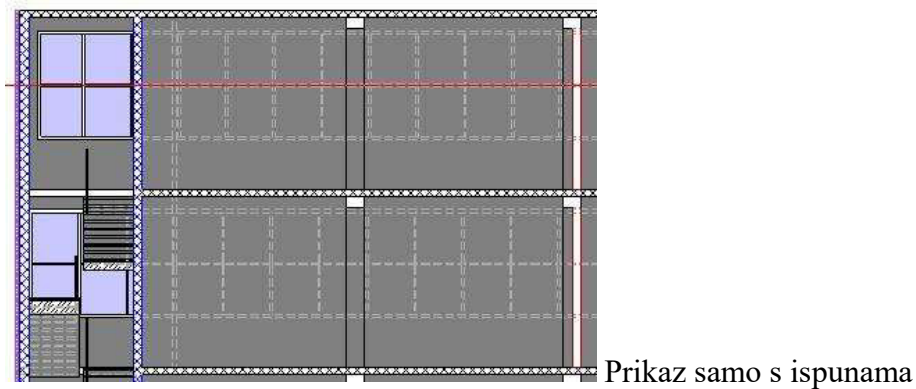
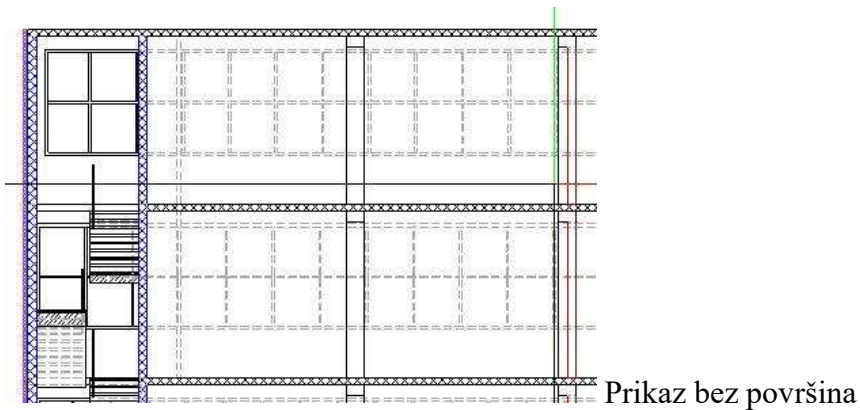
Duplim klikom na vanjski okvir otvaramo postavke presjeka u kojem možemo mijenjati postavke prikaza, skaliranja, površine elemenata.

NAPOMENA: Crteži kroz koje radimo presjek moraju biti aktivni. Crtež u kojem radimo presjek je crven, a ostali imaju status žutog crteža.

Pod izbornikom površinski elementi možemo izabrati između tri prikaza: bez površina, samo ispune u boji, stvori *bitmape* iz tekstura (Slika 53, 54).



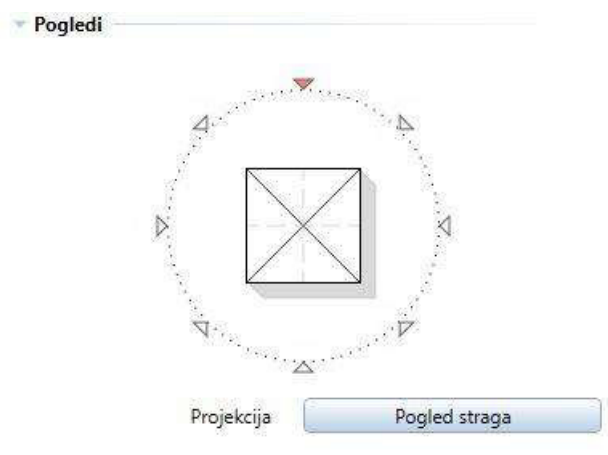
Slika 53: Odabir prikaza površina (foto autor)



Slika 54: Prikaz površina (foto autor)

Pod izbornikom „Prikaz“ u kartici formati su nam postavke oko samog presjeka. Kao što je prikaz skrivenih rubova koji se prikazuju crtkano. Prikaz različitih površina itd. Svaki od tih prikaza klikom na kvačice se pokazuju na malom modelu unutar prozora na što se odnosi te se neće detaljnije opisivati u radu.

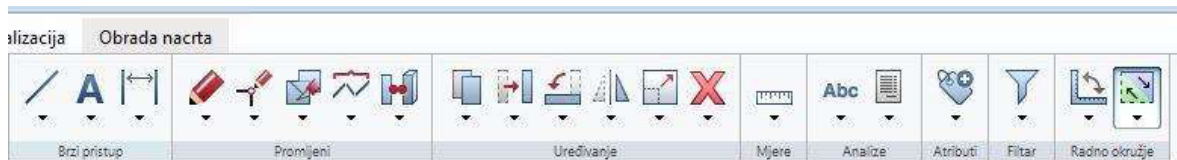
Unutar presjeka stoji na raspolaganju opcija za izradu pogleda odnosno fasada. Pokretanjem opcije otvara se novi prozor u kojem imamo pravokutnik s mali trokutićima oko njega za odabir strane s koje želimo da se pogled napravi (Slika 55). Postavke oko površina i tekstura su jednake kao i kod presjeka. (Prilog 2: Prikaz pogleda)



Slika 55: Odabir strane pogleda (foto autor)

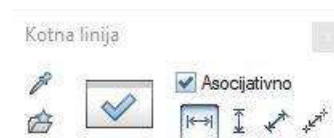
4.1.11. Kotiranje

Kotiranje unutar Allplana se ne razlikuje puno od dosadašnjeg kotiranja unutar CAD programa. Kotiranje je dostupno pod svim ulogama i nalazi se pod karticom brzi pristup koja je prva u sivim naredbama (naredbe koje u svim ulogama su iste te se ne mijenjaju ovisno o grupi radova) (Slika 56).



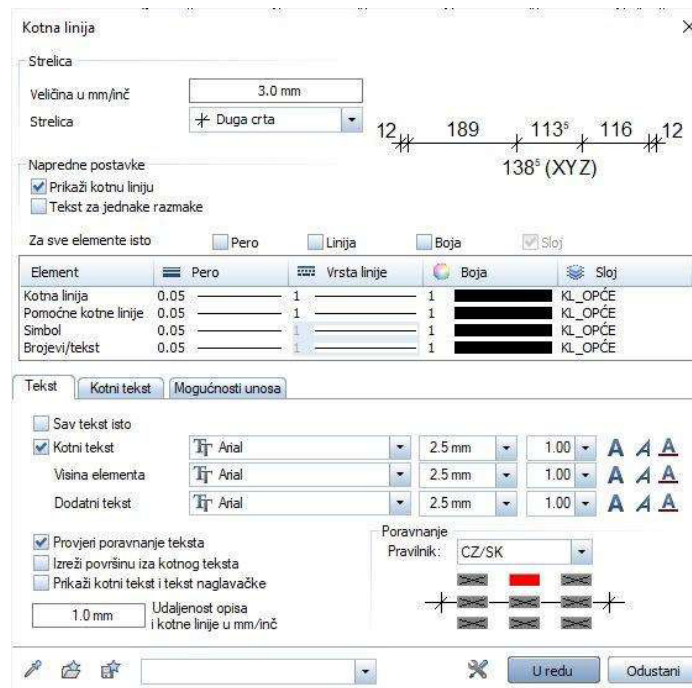
Slika 56: Položaj kota (treći simbol s desna) (foto autor)

Unutar kota imamo naredbe: kotna linija, kotiranje u bloku, automatsko kotiranje itd. Pokretanjem kotne linije otvara nam se prozor vezan za kote (Slika 57). Unutar prozora imamo simbole za odabir u kojem smjeru kote će se polagati, mogućnost odabira da kote budu asocijativne, postavke, preuzimanje svojstava, i favorite.



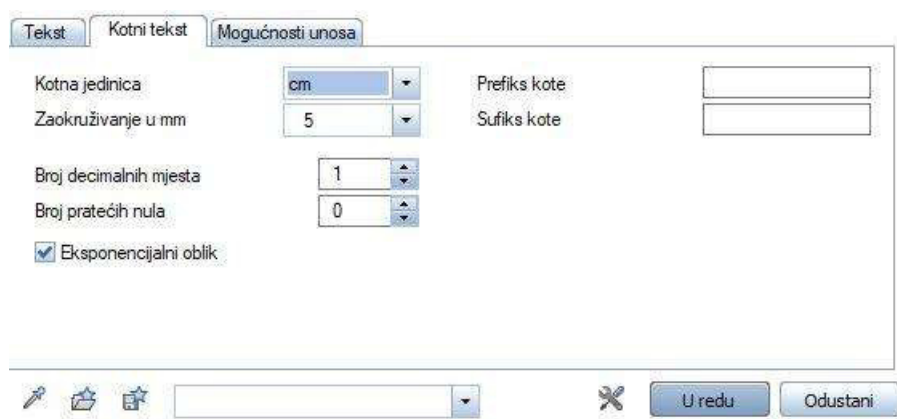
Slika 57: Kotna linija (foto autor)

Pod postavkama za kote imamo u smjeru od gore prema dole, postavke za strelice; postavke linije, boje, debljine; te na kraju tri izbornika koji se odnose na tekst, kotni tekst i mogućnost unosa (Slika 58).



Slika 58: Mogućnost opcije „Kota“ (foto autor)

Pod strelicama možemo postaviti veličinu koliko će one iznositi, te postaviti izgled strelice. Unutar prve kartice biramo stil, veličinu, te orijentaciju teksta, osim toga možemo odabrati poravnanje prema kojem će pravilniku biti (CZ/SK kao hrvatske kote). Pod karticom kotni tekst, odabiremo mjernu jedinicu u koje će kote biti, zaokruživanje kota, broj decimalnih mjesta (Slika 59, 60).

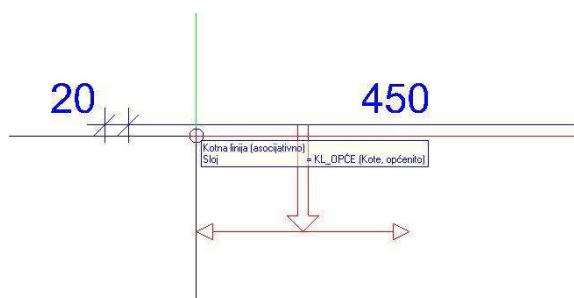


Slika 59: Mogućnost opcije „Kota“ (foto autor)



Slika 60: Mogućnost opcije „Kota“ (foto autor)

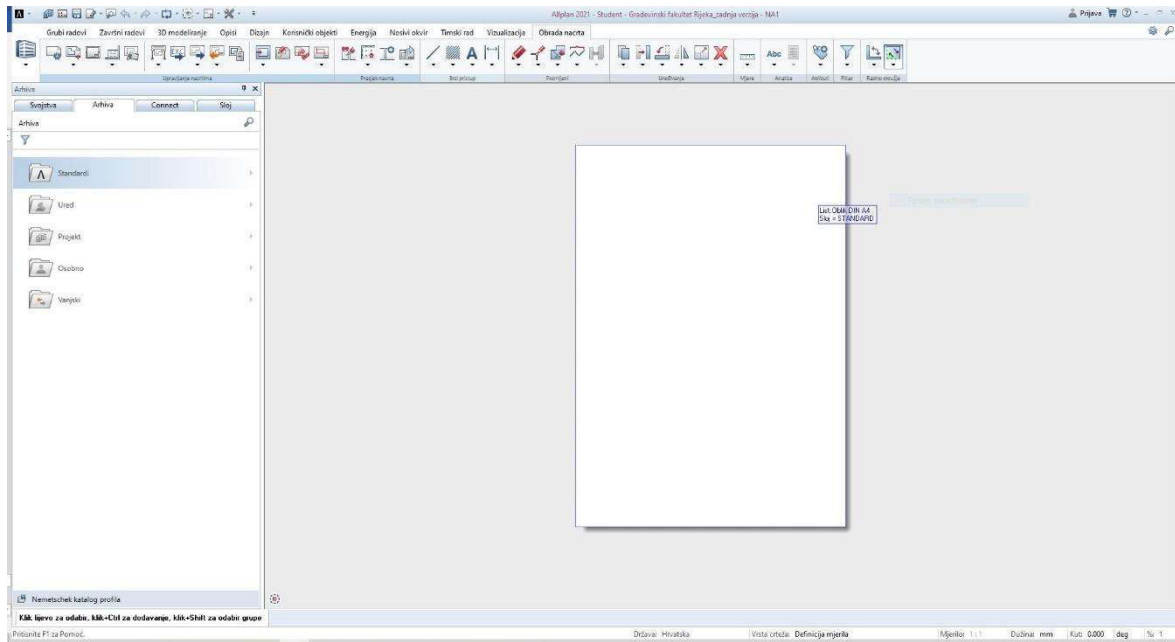
Kada smo postavili postavke kote koje nam odgovaraju možemo krenuti s kotiranjem. Prvo što zadajemo je točka kroz koju će kotna linija prolaziti, tu točku stavljamo na udaljenosti od 250 jedinica od ruba objekta koji želimo kotirati. Nakon toga pita nas za referentnu točku, to nam je prva točka na zgradi, u kutu od koje krećemo kotirati. Novu kotnu liniju postavljamo tako da se približimo prijašnjoj koti s gornje ili donje strane ovisno na koju stranu je želimo te Allplan nam prikaže gdje će je smjestiti (Slika 61).



Slika 61: Smjer kota (foto autor)

4.1.12. Postavljanje crteža za ispis/izvoz

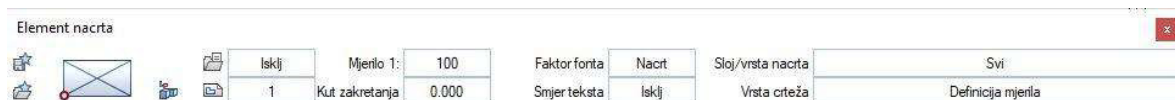
Unutar kartice Obrada nacрта definirati ćemo veličinu papira te posložiti crteže za ispis odnosno izvoz u pdf. Kada smo kliknuli na obrada nacrtava otvara se druga radna površina u gdje vidimo oblik našeg lista papira.



Slika 62: Obrada nacrt (foto autor)

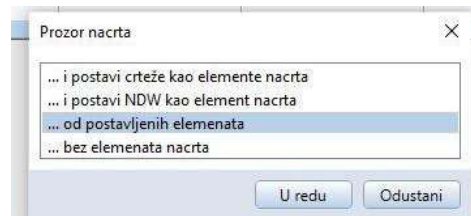
Prva naredba u alatnoj traci je „Postavljanje stranice“ unutar koje se u lijevom dijelu otvara kartica istog imena (Slika 62). Unutar kartice postavljamo veličinu papira, prikazuju nam se dimenzije papira. Ispod dimenzija možemo odabrati orijentaciju papira, horizontalno ili vertikalno. U srednjem dijelu možemo izabrati da nam se prikazuju margine. U zadnjem dijelu su nam postavke okvira. Klikom na polje nema otvara nam se izbornik s gotovim okvirima te je potrebno izabrati odgovarajući okvir, ispod odabira imamo mogućnosti odabrati boju, liniju, debljinu tog okvira. Nakon odabira postavki zatvaramo taj prozor te nas Allplan vraća na prethodni prozor. Unutar prozora na kraju imamo odabir sastavnice između unaprijed definiranih sastavnica ili možemo napraviti svoju.

Drugi simbol je „Element nacrt“ s njim postavljamo si radne crteže na površinu odnosno na papir ako nam odgovaraju dimenzije. Unutar prozora možemo odrediti koji na crtež treba, te mu promijeniti mjerilo, faktor skaliranja teksta (Slika 63).



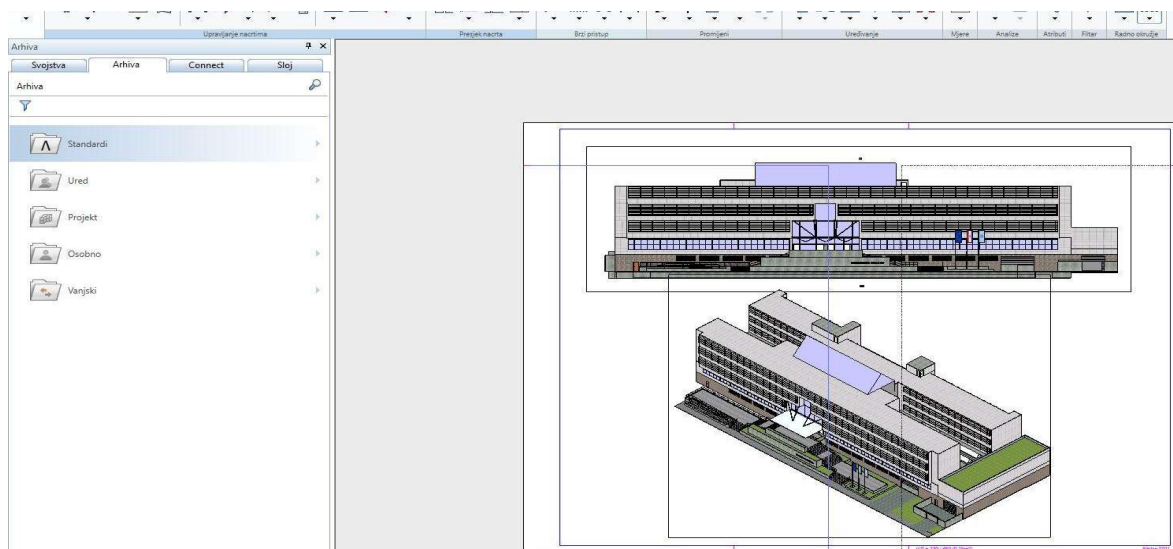
Slika 63: Elementi nacrt (foto autor)

U slučaju da se unutar jednog crteža nalazi više tlocrta, presjeka ili elemenata koje smo crtali te prozore možemo isjeći s naredbom „prozor nacрта“(14. simbol u alatnoj traci) te u izborniku odaberemo: ...od postavljenih elemenata (Slika 64). Kad pokrenemo naredbu potrebno je odabrati crtež koji želimo isjeći te ocrtamo ga s dvije točke dijagonale, program će ga izrezati u pravokutnik.



Slika 64: Prozor nacрта (foto autor)

Kada smo postavili *layout* prvog crteža možemo preći na drugo. Lijevim dvoklikom na praznu površinu kako bi otvorili crteže za ispis (Slika 65). Lijevi dvoklik na sljedeći prazan papir te ponavljamo postupak samo s drugim elementima na njemu. Na raspolaganju su nam 9999 crteža za ispis.



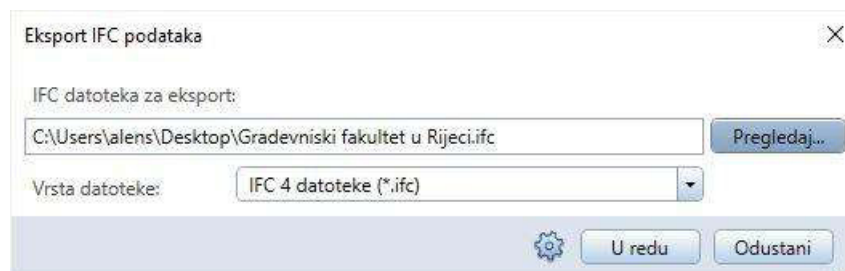
Slika 65: Prikaz prozora „Ispis“ (foto autor)

4.1.13. Mogućnosti izvoza

Unutar obrade nacрта imamo funkcije za eksport crteža, eksport pdf te bit mape. Eksport crteža služi kako bi crteže eksportirali kao Autocad datoteku (dwg ili dxf) te ostale datoteke koje su nam na raspolaganju. Pokretanjem naredbe otvara se prozor s svim crtežima koje smo napravili, potrebno je odabrati crteže koje želimo eksportirati te u sljedećem koraku samo odabrati mjesto spremanja te tip datoteke u koji želimo eksportirati.

Eksport u pdf je slična kao prethodna funkcija s razlikom što je moguće samo spremiti kao pdf. Prvi prozor nam je isti, potrebno je odabrati crteže koje želimo eksportirati kao pdf te u sljedećem koraku odabrati razlučivost, mjesto spremanja. Unutar prozora je moguće dodati oznaku i lozinku ako je potrebno.

Kako bi projekt eksportirali u IFC obliku idemo na Allplan simbol>Eksport>Eksport IFC4 datoteke. Otvara nam se prozor u kojem je potrebno odabrati crteže za eksport, stavimo kvačicu pokraj svakog crteža koji želimo eksportirati. Nakon odabira crteža kliknemo na OK, zatim nam se otvara prozor u kojem odabiremo mjesto eksporta i dodijelimo ime datoteci (Slika 66).

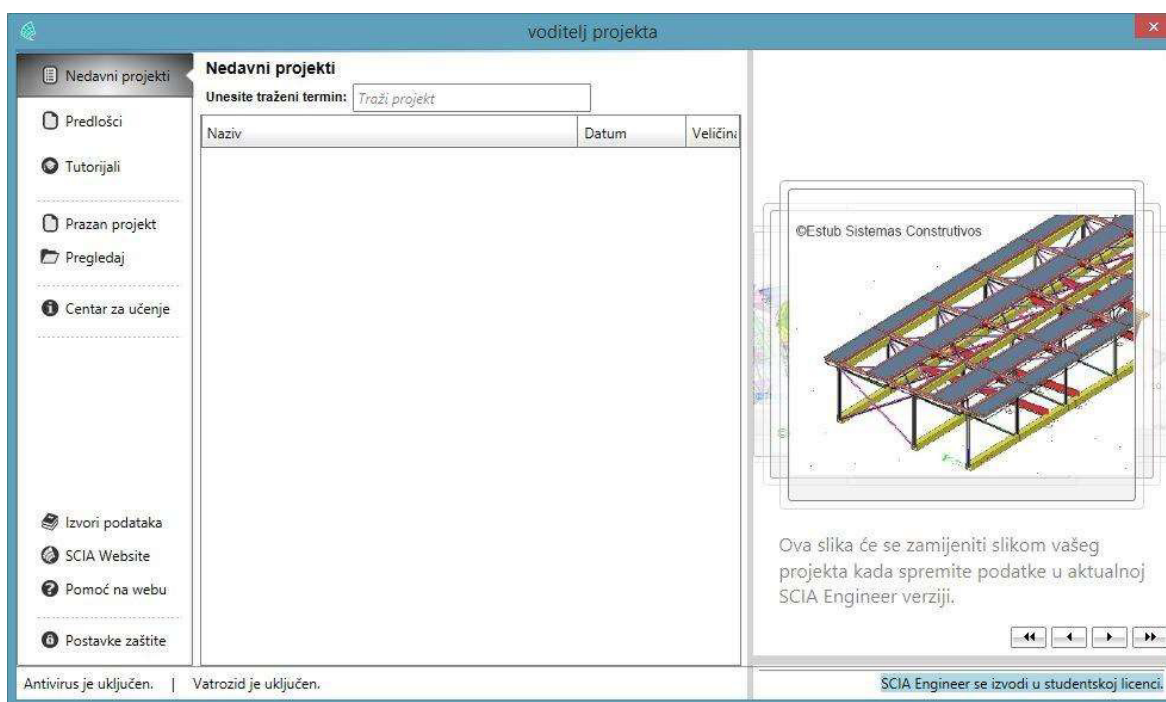


Slika 66: Izvoz IFC datoteke (foto autor)

4.2. Izrada statičkog modela

Statički model i proračun istog modela će se prikazati unutar programa (eng. *Software*) SCIA Engineer. Sam model koji je napravljen unutar Allplana ćemo preko IFC datoteke uvesti unutar SCIA-e kako bi uštedjeli na vremenu koje odlazi na samo modeliranje objekta. Za ovakav način rada model unutar programa za modeliranje mora biti točno napravljen te treba sadržavati točne nazive materijala i kvalitetu tih materijala. U slučaju da materijali nisu zadani ili su krivo napisani SCIA ih neće prepoznati te će im dodijeliti jednak materijal, primjerice čelik S235. Osim uvoza modela prikazat ćemo kako se od geometrijskog 3D modela dobije analitički model koji nam je potreban za daljnji proračun unutar programa.

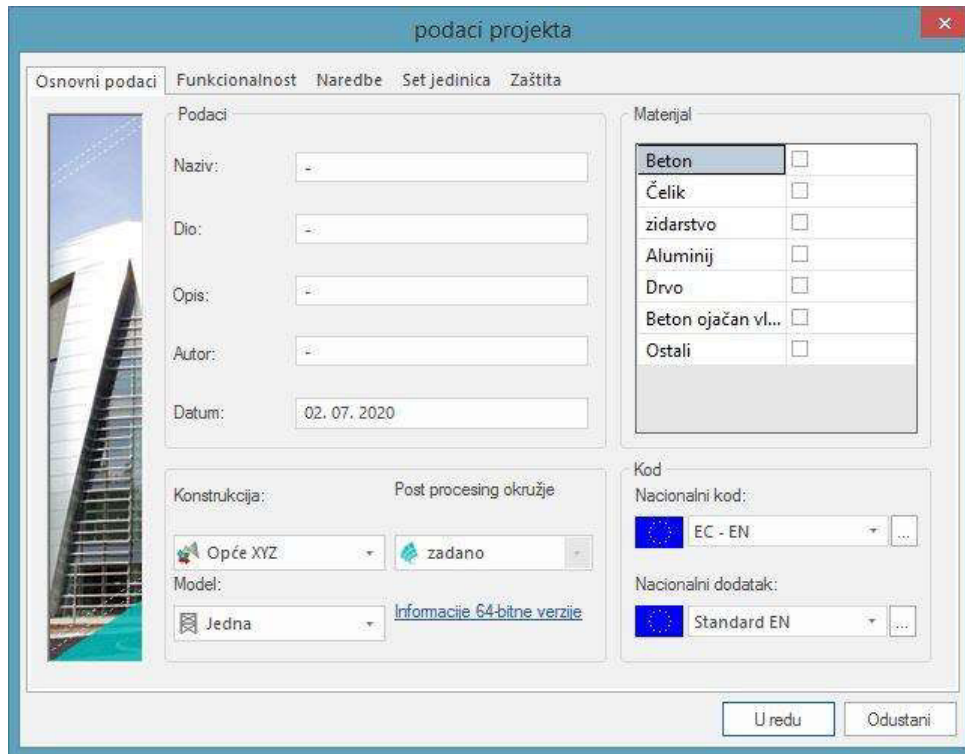
Pokretanjem programa otvara se radna površina SCIA-e i prozor dobrodošlice odnosno kako se u SCIA-i zove voditelj projekta (Slika 67). Unutar voditelja projekta imamo mogućnosti otvaranja novog projekta, nedavnih projekata, pristup vodičima i centru za pomoć.



Slika 67: Prozor „Voditelj projekta“ (foto autor)

Prvi korak nam je stvaranje novog projekta klikom na „Prazan projekt“. Otvara nam se novi prozor s pet kartica u kojem definiramo opće postavke projekta kao što su naziv, mjerne jedinice, module (drvo, čelik, beton). Unutar osnovnih podataka zadajemo naziv, ime autora, opis, datum. Ispod toga imamo odabir konstrukcije, radi li se od 2D koordinatnom sustavu ili 3D, te o kakvoj se vrsti konstrukcije radi. Postavljamo opći XYZ koordinatni sustav.

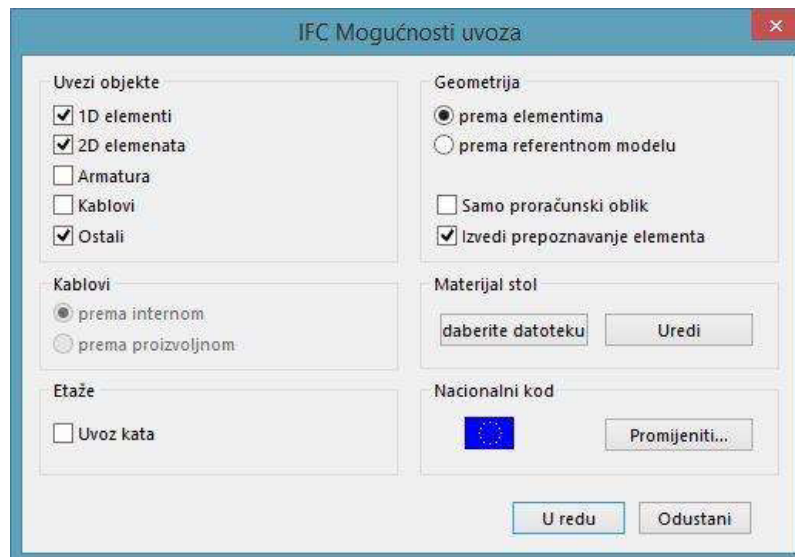
Desno nam se nalazi nacionalni kod po kojem će se vršiti proračun, te koji nacionalni dodatak će se koristiti (svaka država ima svoj dodatak) (Slika 68).



Slika 68: Podaci projekta (foto autor)

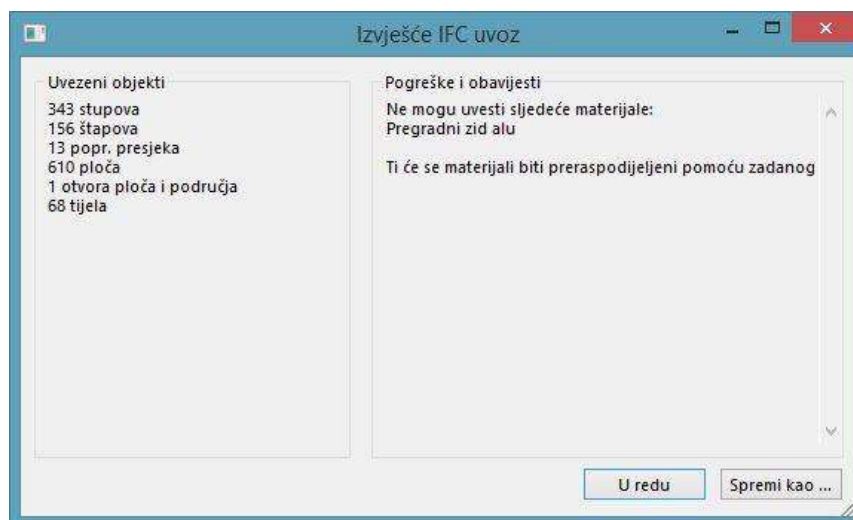
Unutar kartice funkcionalnosti odabiremo vrste proračuna: temperatura, seizmika ili slično što će se proračunavati. Nije potrebno na samom početku odabrati, u svakom trenutku može se vratiti i dodati neki proračun. Sljedeća kartica je „naredbe“ u kojoj postavljamo koliko će nam iznositi gravitacija, osim gravitacije tu definiramo opterećenja za snijeg i vjetar. Za definiranje navedenih opterećenja unutar norme zadajemo gustoću snijega, kategoriju terena i brzinu vjetra.

Nakon što završimo s definiranjem osnovnih podataka modela možemo započeti s učitavanjem modela. Kada učitamo datoteku, vidjet ćemo model sličan kao u Allplanu, potrebno je taj model pretvoriti u analitički model kako bi se sva opterećenja pravilno prenosila. Za uvoz IFC datoteke idemo na: Datoteka>Uvoz>IFC file. Zatim je potrebno postaviti postavke uvoza kao što je prikazano na sljedećoj slici (Slika 69).



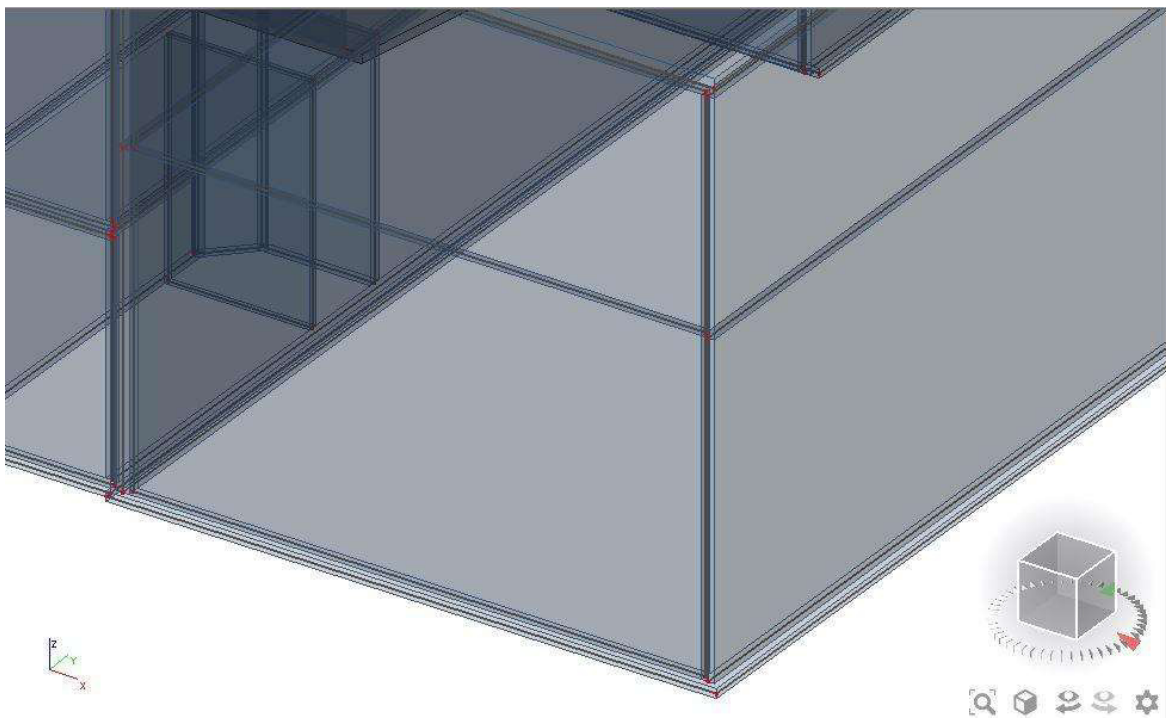
Slika 69: Prozor „IFC mogućnosti uvoza“ (foto autor)

Nakon što je model uvezen, SCIA nam prikazuje izvješće uvoza u kojem stoji koliko je elemenata uvezeno (Slika 70). U slučaju da materijal nije definiran prema točnom nazivu kao u EC-u, SCIA ga ne prepoznaje te uvozi kao čelik i dodjeljuje S235.



Slika 70: Prozor „Izvješće IFC uvoza“ (foto autor)

Model koji je sada uvezen je potrebno prebaciti na prikaz analitički te spojiti čvorove i elemente u jednu cjelinu da se opterećenja mogu prenositi na sve elemente (Slika 71). U trenutnom stanju elementi nisu spojeni i ne prenose opterećenje.

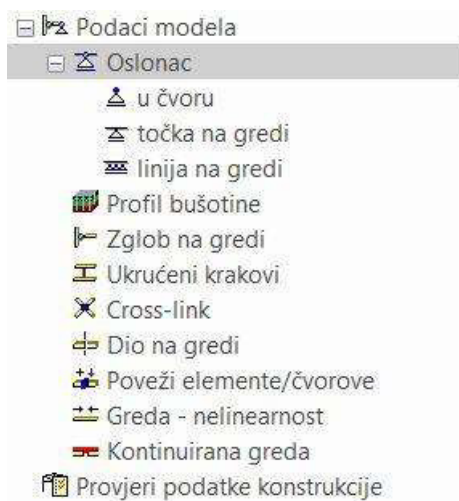


Slika 71: 3D prikaz elemenata (foto autor)

U glavnom izborniku odabiremo naredbu „BIM alati“, unutar naredbe imamo provjeru na kolizije, te još dvije naredbe s kojim možemo manipulirati model. Prvi set naredbi služe nam za pretvaranje elemenat u 1D/2D elemente. Te naredbe se koriste za oblikovanje zidova i ploča koje nam je program stavio u opće čvrsti materijal koji nije prepoznao. Takvi elementi se moraju ručno unutar programa preoblikovati u elemente koji su nam potrebni za proračun. Drugi set naredbi služi nam za poravnavanje/spajanje čvorova unutar modela koji smo uvezli. Kada pokrenemo naredbu poravnaj program nas pita da li želimo nastaviti sa svim elementima, ako želimo nastaviti sa svim elementima kliknemo na DA. U slučaju da ne želimo manipulirati sve elemente ili samo određene elemente kliknemo na NE te s kursorom obuhvatimo elemente koje želimo manipulirati unutar pravokutnika. Nakon što smo odabrali elemente koje želimo manipulirati u desno prozoru odabiremo parametre unutar kojih će se elementi poravnati jedni prema drugima ovisno što smo odabrali. Možemo upaliti pregled uživo te svaku promjenu koju napravimo vidimo na modelu kako će izgledati. Nakon što smo model poravnali potrebno je naredbom poveži elemente/čvorove spojite sve elemente u jednu cjelinu te osigurati da se opterećenja prenose s elemenata iznad na elemente ispod.

4.2.1. Konstrukcija

Konstrukcija modela je skoro potpuna te nam je ostalo dodati ležajeve, zglobove ili novi dio konstrukcije. Unutar konstrukcija imamo naredbe za ubacivanje 1D/2D elemenata, panela, podaci modela (ležajevi, zglobovi, profil bušotine).



Slika 72: Oslonci (foto autor)

Za postavljenje ležajeva imamo više opcija: mogu biti na krajevima stupova odnosno čvorova (Slika 72). Osim ležajeva koji se nalaze u čvoru ležajeve možemo postaviti duž grede/ ruba zida. Unutar Scia-e imamo četiri vrste ležajeva: pomični, ne pomični, upeti i izbor (Slika 72). Ležaj pod nazivom izbor definiramo si sami po potrebama (Slika 72).

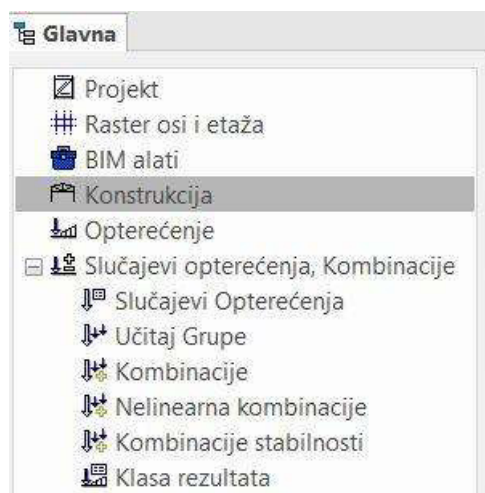
Nakon što smo postavili ležajeve na model, povezujemo sve elemente i čvorove u jednu cjelinu s pomoću naredbe „poveži elemente/čvorove“. Pokretanjem naredbe otvara se prozor u kojem nas pita da li želimo nastaviti sa svim entitetima. Klikom na „Da“ Scia će povezati sve elemente modela, a klikom na „Ne“ potrebno je odabrati elemente koje želimo povezati u cjelinu. Elemente možemo odabrati tako da ih obuhvatimo kursorom.

Zadnje što preostaje je provjeriti podatke konstrukcije. Provjeru vršimo pomoću naredbe „Provjeri podatke konstrukcije“. Unutar metode možemo odabrati način provjere: Brza metoda i Memorija učinkovita metoda. Osim standardne provjere na raspolaganju su nam provjere kao provjera dvoličnosti imena.

4.2.2. Opterećenja

Kako bismo mogli nanijeti opterećenja prvo je potrebno definirati vrsta opterećenja. Unutar glavne kartice imamo izbornik „Slučajevi opterećenja, kombinacije“ (Slika 73). Ona se sastoji od:

- slučajevi opterećenja
- učitaj grupe
- kombinacije
- nelinearne kombinacije
- kombinacije stabilnosti
- klasa rezultata



Slika 73: Prozor „Slučajevi opterećenja, kombinacije“ (foto autor)

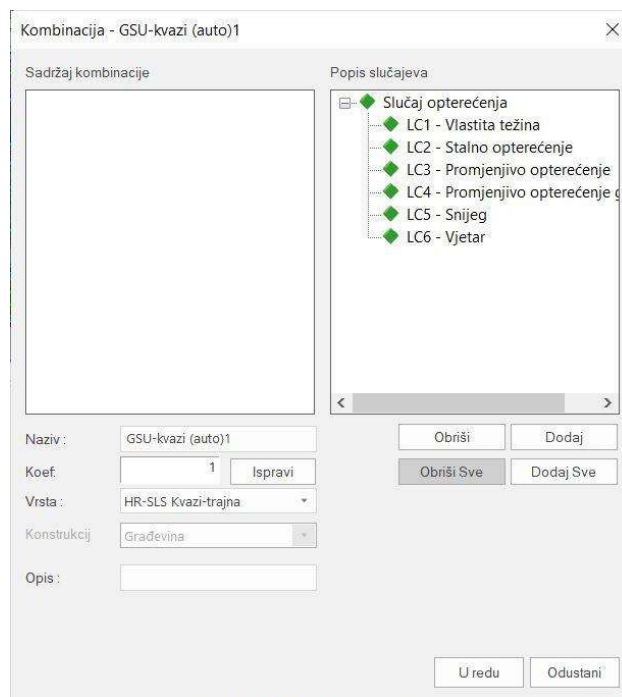
Prvo je potrebno definirati grupe opterećenja odnosno „*Load groups*“. Pokrećemo naredbu „učitaj grupe“ unutar koje definiramo potrebne grupe. Za jednostavnije projekte imat ćemo tri ili četiri grupe ovisno koje opterećenje djeluje, te da li se radi o jednostavnoj konstrukciji ili složenijemu tipu konstrukcije. Grupe koje možemo uvijek očekivati su:

- stalno opterećenje
- promjenjivo opterećenje
- snijeg
- vjetar

NAPOMENA: Vjetar unutar Scia-e možemo zadati kao 3D profile vjetra, iz kojih Scia prema EC proračunava opterećenje od vjetra ili zadati kao gotovu vrijednost odnosno kao silu. 3D vjetar je moguće samo nanijeti na jednostavnije oblike kao ploče ili slične površine.

LG1 nam je stalno opterećenje koje definiramo kao trajno. Potrebno je još definirati promjenjiva opterećenja koja su: LG2 promjenjivo, LG3 promjenjivo za garažu, te LG3 snijeg. Opterećenja su varijabilna po tipu te mijenjamo samo vrstu opterećenja ovisno o tipu koji nam je potreban.

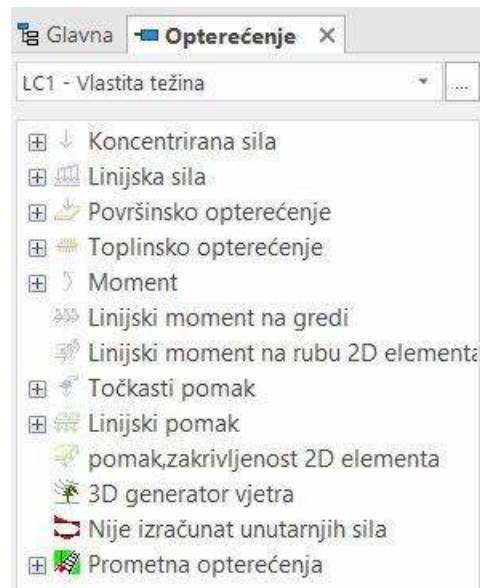
Sljedeći korak je definiranje opterećenja. Za definiranje opterećenja koristimo prvu naredbu „Slučajevi opterećenja“. Kada pokrenemo tu naredbu, po standardu imamo definirano opterećenje za vlastitu težinu. U izborniku imamo mogućnost promjene LG-a, naziva i opisa. Vlastita težina je LG1, a preostaje nam još definirati stalno opterećenje, koje je također LG1. Kada definiramo LC2, samo unosimo opis kako bismo kasnije znali o kojem opterećenju se radi. Sljedeća opterećenja su varijabilna, odnosno promjenjiva. LC3 je promjenjivo opterećenje kojem mijenjamo vrstu aktivnosti iz trajnog u varijabilno te LG1 u LG2. Postupak ponavljamo za preostala promjenjiva opterećenja. Nakon što definiramo vrste i grupe opterećenja, potrebno je definirati kombinacije pojedinih djelovanja koja su potrebna za proračun. Za dodavanje nove kombinacije idemo na „Novi“, gdje se otvara prozor u kojem definiramo koeficijente i odabiremo slučajeve opterećenja koji su potrebni (Slika 74).



Slika 74: Prozor „Kombinacija“ (foto autor)

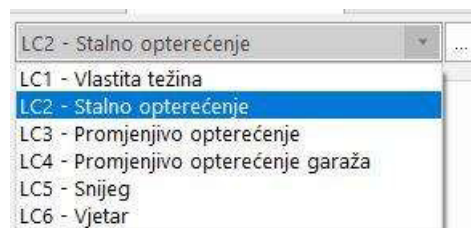
Nakon što smo definirali sva opterećenja preostaje nam unošenje opterećenja na pojedine elemente. Za nanošenje opterećenja na model otvaramo novu karticu s klikom na naredbu „opterećenja“ koja se nalazi odmah ispod naredbe za „konstrukcija“. Nakon pokretanja

naredbe, otvara se novi prozor (Slika 75) koji se sastoji od padajućeg izbornika (odabiremo opterećenje koje je potrebno) i naredbi o tipu sile (da li se radi o koncentriranoj sili ili površinskom opterećenju).



Slika 75: Kartica opterećenja (foto autor)

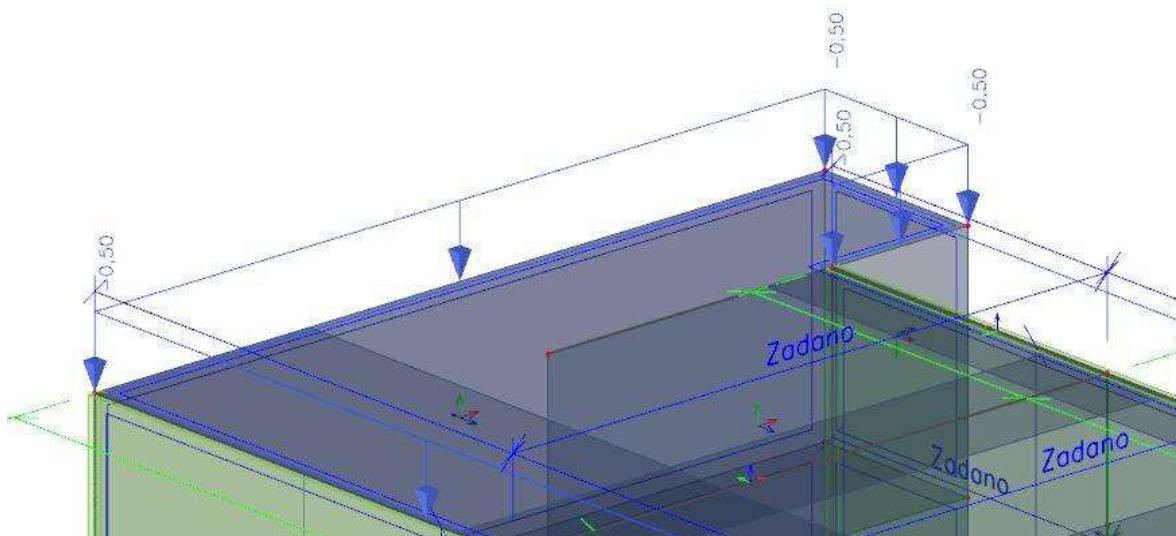
Opterećenja za LC1 – vlastitu težinu su po standardu definirana unutar Scia-e te ih nije moguće uređivati. Unutar padajućeg izbornika odabiremo LC2 – stalno opterećenje (Slika 76). Nakon odabira LC2 naredbe više nisu sive te ih možemo odabirati i definirati unutar modela.



Slika 76: Izbornik s opterećenjima (foto autor)

Opterećenja ćemo definirati kao površinska opterećenja za ploče. Za tu svrhu koristimo naredbu „Površinsko opterećenje na 2D elementu“. Kada odaberemo naredbu otvara se prozor u kojem definiramo naziv sile, smjer u kojem djeluje (osi X, Y ili Z), vrstu sile (sila kojoj zadajemo vrijednost, vjetar ili snijeg koji se proračunava prema EC, ili vlastita težina) te vrijednost. Nakon što smo definirali sve parametre sile, odabiremo ploče na kojima se sila primjenjuje. Nakon odabira ploča unos potvrđujemo pritiskom na tipku „ESC“ (Slika 77). Postupak ponavljamo za sva ostala opterećenja.

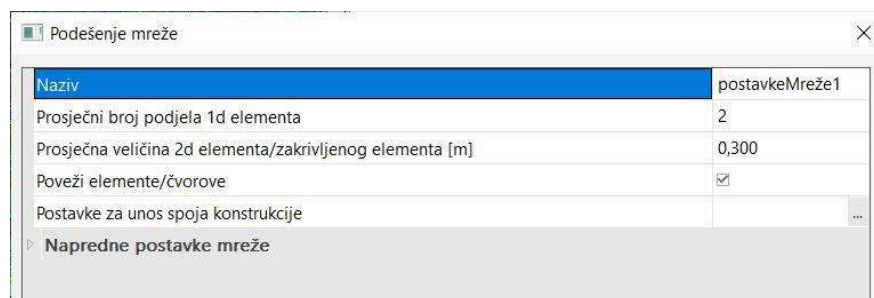
NAPOMENA: Paziti na predznak sile. Da li se radi o +/- ovisi nam kako smo definirali koordinatni sustav na početku kreiranja projekta.



Slika 77: Prikaz opterećenja snijega na ploču krova (foto autor)

4.2.3. Mogućnosti proračuna

Kako bi mogli napraviti proračun konstrukcije unutar programa potrebno je zadati parametre za FE mrežu i broj podjela 1D elemenata. FE mrežu za osnovni tip proračuna može se staviti na 50 ili 100 cm, u pravilu se može kod veličine mreže voditi s pretpostavkom od dva puta debljina ploče odnosno 30 cm širine pravokutnika na mreži (Slika 78).



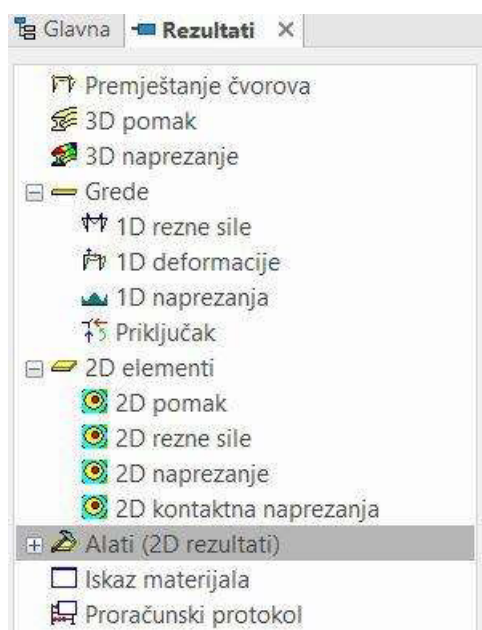
Slika 78: Mogućnosti definiranja FE mreže (foto autor)

Proračun pokrećemo s naredbom „Proračun“.

NAPOMENA: Što je FE mreža manja to više RAM memorije je potrebno za proračun modela. U slučaju da nema dovoljno memorije FE mreža može se staviti na veći razmak.

4.2.4. Rezultati

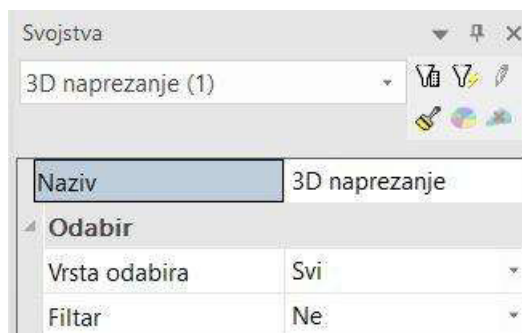
Nakon što proračun završi unutar glavnog izbornika otvara se nova kratica pod nazivom rezultati. Unutar rezultata imamo opcije za prikaz 3D napreznja/pomaka, prikaz sila (rezne, deformacije, napreznja) za grede da nam se prikažu, za 2D elemente (ploče, zidovi i sl.), te iskaz materijala i proračunski protokol (Slika 79).



Slika 79: Rezultati (foto autor)

Prikaz rezultat se samo razlikuje u prikazu na koji se element odnosi, primjerice 3D napreznja se odnose na čitav model ili tekući odabir elemenata, dok se 2D napreznja odnose samo na 2D elemente (ploče, zidove itd.).

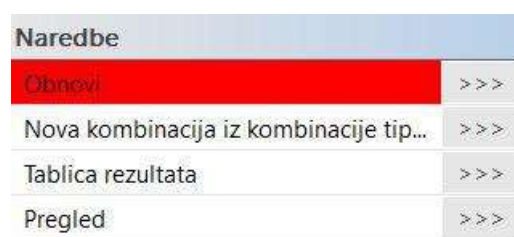
Kada odaberemo vrstu rezultata koje želimo vidjeti s desne strane nam se otvara izbornik s mogućnostima u kojem biramo što želimo vidjeti (Slika 80), koje opterećenje odnosno kombinacije (Slika 81), te koje sile. Na dnu nalaze nam se opcije za obnovu pregleda, pregled ili tablicu rezultata (Slika 82).



Slika 80: Odabir elemenata (foto autor)



Slika 81: Slučajevi rezultata (foto autor)



Slika 82: Naredbe (foto autor)

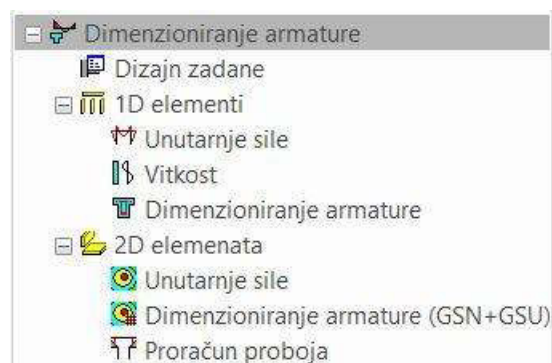
4.2.5. Proračun armature (modul – Beton)

Moduli unutar statičkih programa (tipa RFEM, SCIA) su dodatci osnovnom programu koji omogućavaju specifične analize, proračune te provjere za pojedine materijale (Beton, Drvo, Čelik itd.) u skladu relevantnim normama ili propisima. Moduli nam pojednostavljuju procese analize složenih konstrukcija te omogućavaju korisnicima da proračunaju ključne faktore za određene materijale. Unutar samih modula osim relevantnih normi (Eurokod 2, ACI itd.) sadržani su funkcije kao optimizacija armature, provjera deformacija, proračun pukotina itd.

Modul beton nam služi za proračun potrebne armature za armiranobetonske konstrukcije. Unutar modula imamo postavke za beton, nacрте armiranja, te naredbe za dimenzioniranje armature. Unutar Scia-e proračunatu armaturu možemo pretvoriti u šipke te ih izvesti u model te napraviti armaturne crteže.

NAPOMENA: pretvorba proračuna u šipke je pogodna za jednostavnije građevine, kod kompliciranijih konstrukcija se preporučuje ručno crtanje prema izračunu. Pretvorba u šipke je moguća samo za 1D elemente dok se 2D elementi ne mogu pretvoriti u šipke.

Unutar naredbe za dimenzioniranje armature na raspolaganju su nam naredbe za 1D i 2D elemente (Slika 83). Unutar 1D dimenzioniranja imamo na raspolaganju pregled unutarnjih sila, vitkost te dimenzioniranje. Dok kod 2D elemenata imao pregled unutarnjih sila, dimenzioniranje armature (GSN + GSU), te proračun proboja ploče.



Slika 83: Naredbe dimenzioniranje armature (foto autor)

Pri dimenzioniranju stupova odabiremo pojedine stupove koje želimo dimenzionirati ili čitav model. Unutar izbornika, koji nam se nalazi na desnoj strani imamo opcije za odabir pojedine elementa ili cijelog modela (Slika 84), silu na koju želimo dimenzionirati ili kombinaciju (Slika 85) i odabiremo koja nam je armatura potrebna. Prikazana armatura je As,req (Slika 86). Osim grafičkog prikaza (Slika 87) potrebnu armaturu možemo pregledati preko naredbi pri dnu ekrana koje otvaraju proračun s detaljnim prikazom proračuna prema EC.

Odabir	
Vrsta odabira	Tekuća
Filtar	Ne
Rezultati u presjeku	Svi

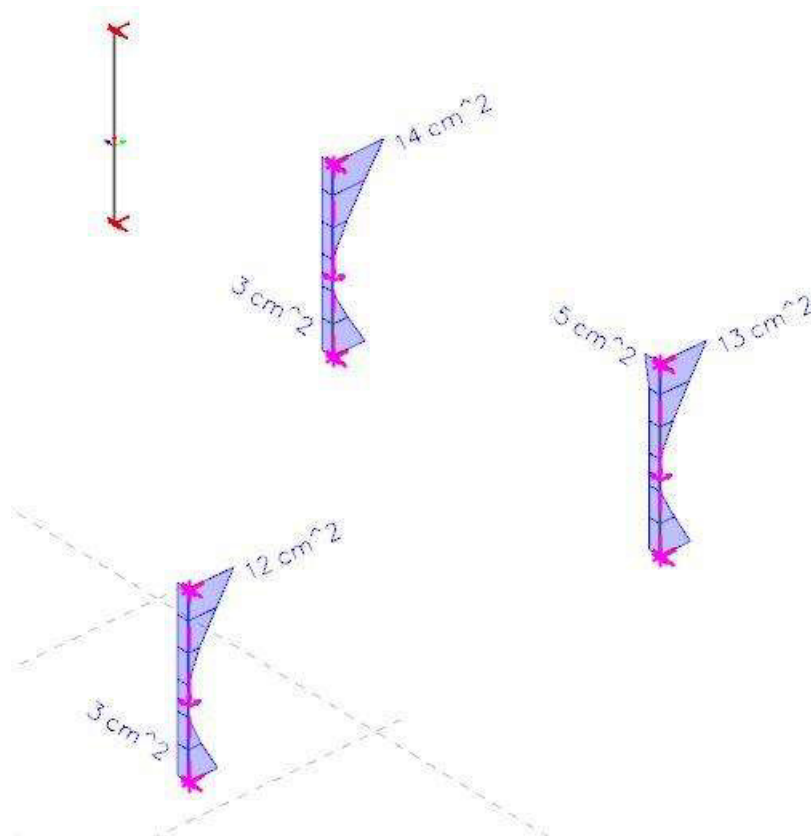
Slika 84: Odabir elemenata mogućnosti (foto autor)

Rezultirajući slučaj	
Vrsta opterećenja	Slučajevi opterećen
Slučaj opterećenja	LC1 - Vlastita težina
Rebro	<input checked="" type="checkbox"/>

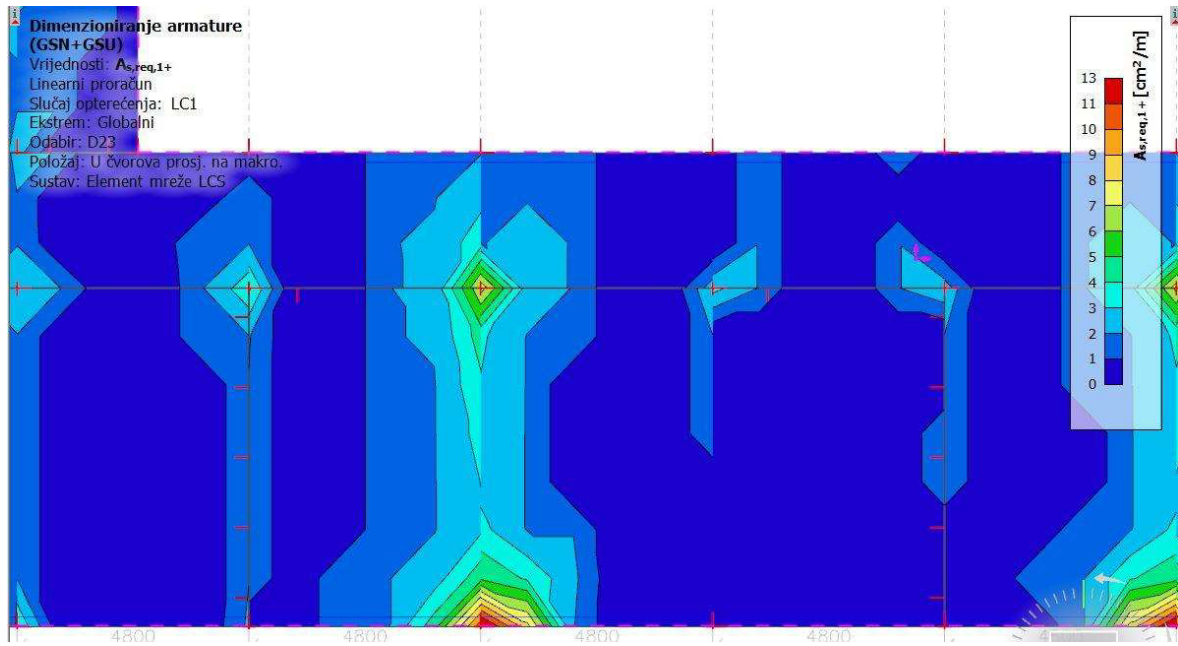
Slika 85: Rezultirajući slučaj (foto autor)

Ekstremni 1D	
Ekstremni 1D	Element
Vrsta vrijednosti	Potrebno
Vrijednosti	As,req

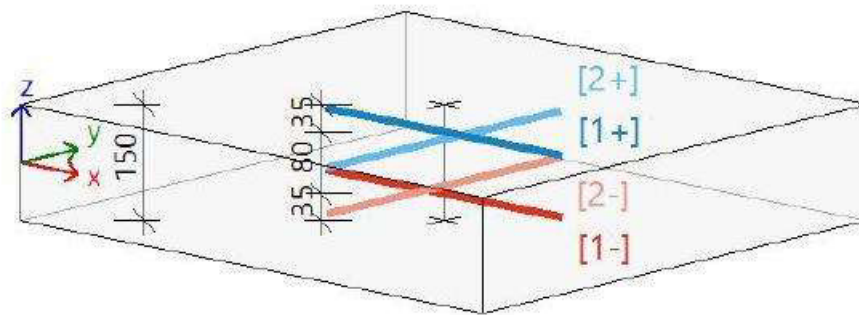
Slika 86: Odabir armature (foto autor)

Slika 87: Grafički prikaz $A_{s,req}$ stupova (foto autor)

Postupak dimenzioniranja ploča je jednak proračunu stupova osim načina prikaza armature. Ploče se prikazuju u FE slikama te su različiti promjeri armature označeni u različitim bojama (Slika 88). Prikaz proračunate armature u kojoj se zoni nalazi te u kojem se smjeru prostire je prikazano na Slici 89. Proračun armature za ploču može se jednako ispisati kao i kod stupova.



Slika 88: Grafički prikaz $A_{s,req,1+}$ ploče (foto autor)



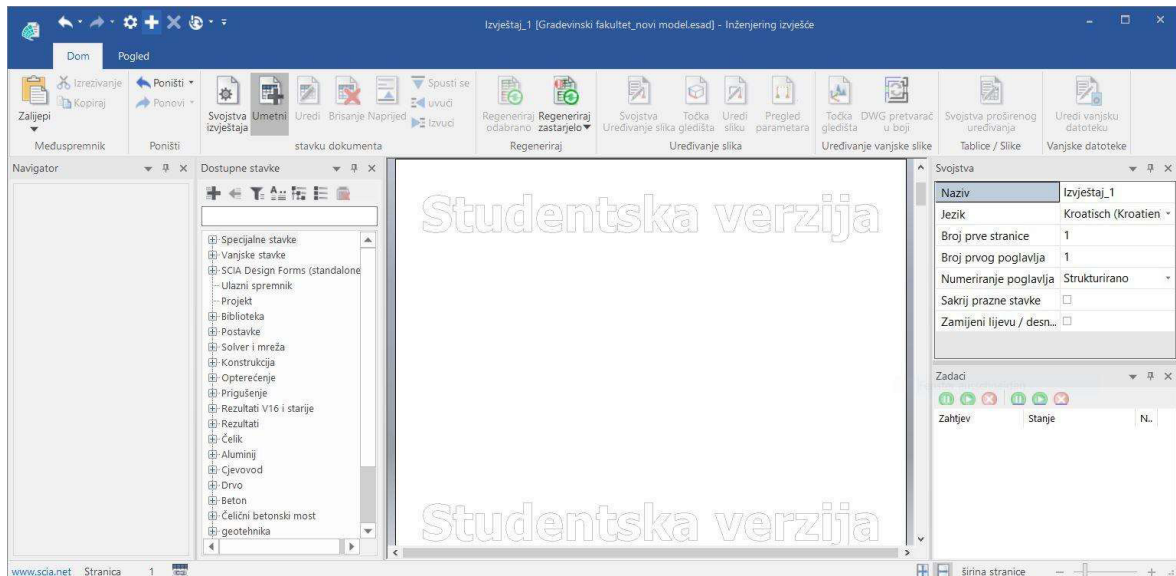
Slika 89: Prikaz zona i smjerova za 1+/- i 2+/- (foto autor)

4.2.6. Ispis izvješća (eng. reports)

Inženjering izvješća su izvještaji za ispis podataka koji su važni za projekt s aspekta statičara. U Scia-i izvješće sastavljamo sami te unutar njega uključujemo podatke koje sami definiramo.

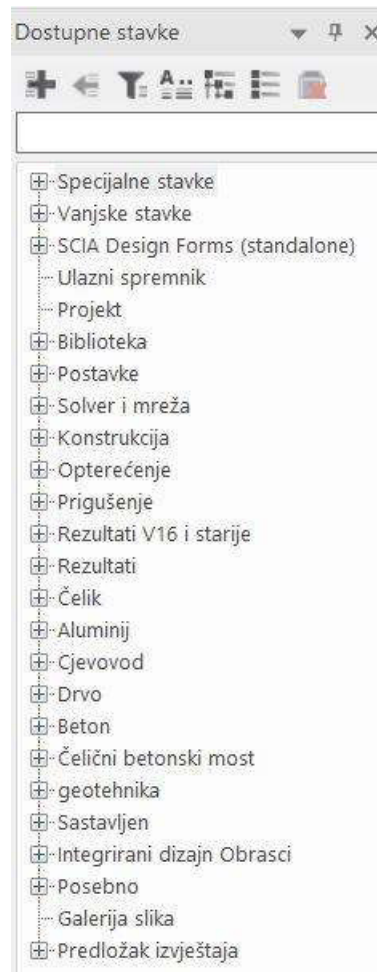
NAPOMENA: preporuka da se napravi standardni predložak koji se kasnije može koristiti kako se postupak ne bi morao na svakom projektu ponavljati.

Pokretanjem inženjering izvješća otvara nam se novi prozor nalik Wordu (Slika 90). Unutar prozora s desne strane se nalazi navigator unutar kojeg možemo mijenjati redoslijed pojedinih stavki ili obrisati više stavki odjednom višestrukim odabirom. Klikom na gumb Umetni pokraj navigatora nam se otvara stupac dostupne stavke. Unutar dostupne stavki nam se nalaze stavke koje su nakon proračuna dostupne za ispis unutar izvješća (Slika 91).



Slika 90: Prozor inženjering izvješća (foto autor)

Stavke odabiremo tako da dvaput kliknemo na željenu stavku. Kad se stavka pojavi u desnom dijelu, imamo mogućnosti koje se odnose na tu stavku. Unutar tih stavki odabiremo silu koja nam je potrebna te željeni prikaz (detaljan ili smanjeni, Slika 92). Detaljnost prikaza razlikuje se ovisno o stavkama.



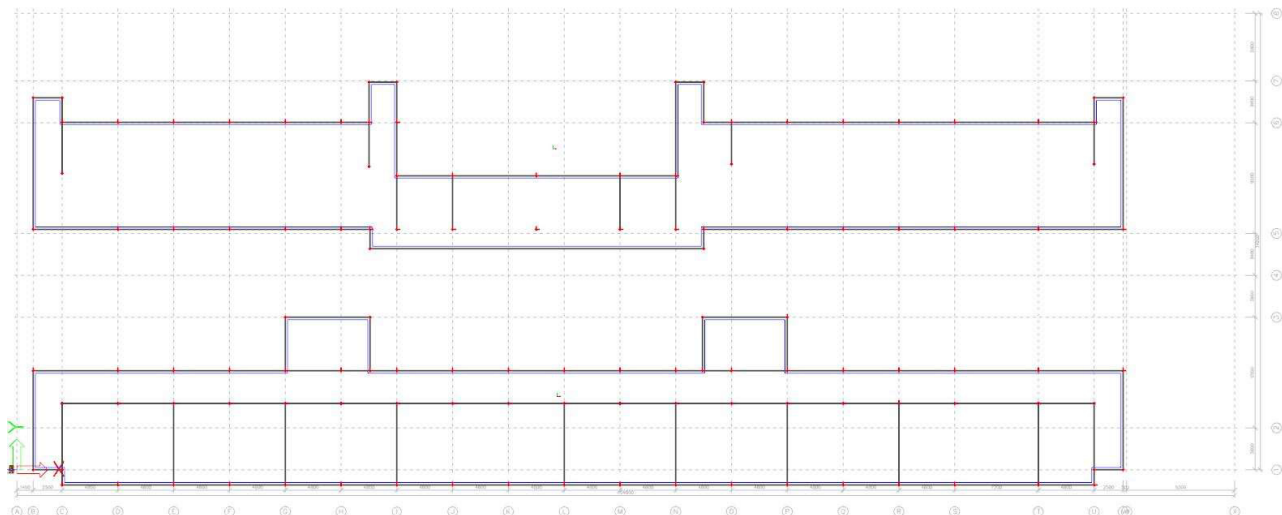
Slika 91: Stavke inženjering izvješća (foto autor)

Prikazivanje	
Naziv	Slučajevi opterećenja
Naslov	Slučajevi opterećenja
Vidljiv naslov	<input checked="" type="checkbox"/>
Odabir	
Vrsta izbora	Svi
Predložak tablice	
Ime predloška	Detailed (uključenc

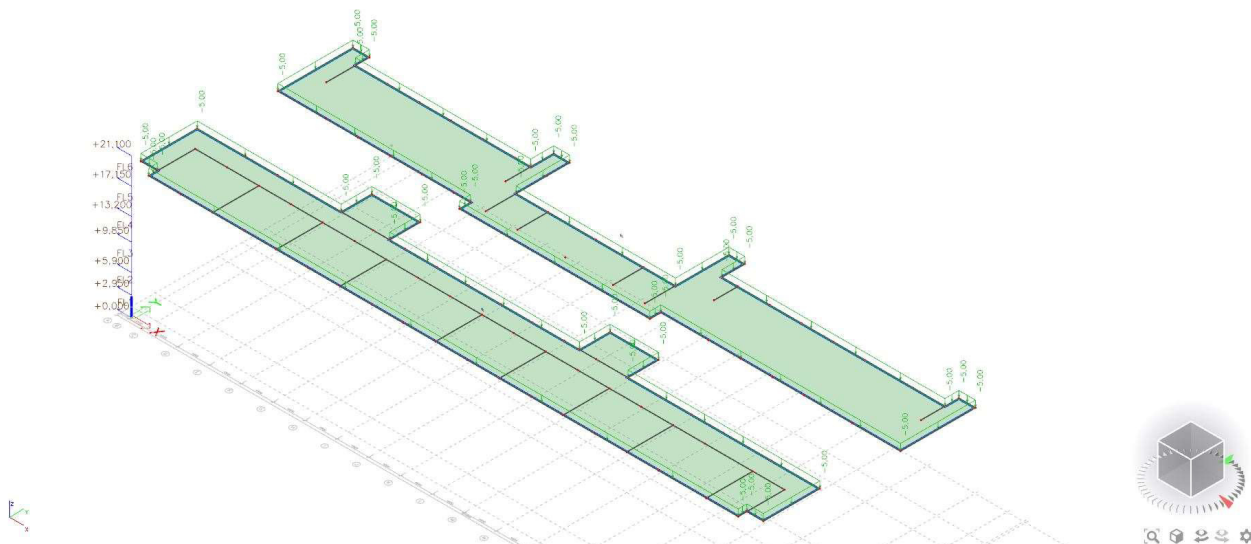
Slika 92: Mogućnosti prikazivanja (foto autor)

4.3. Grafički prikaz i analiza djelovanja opterećenja

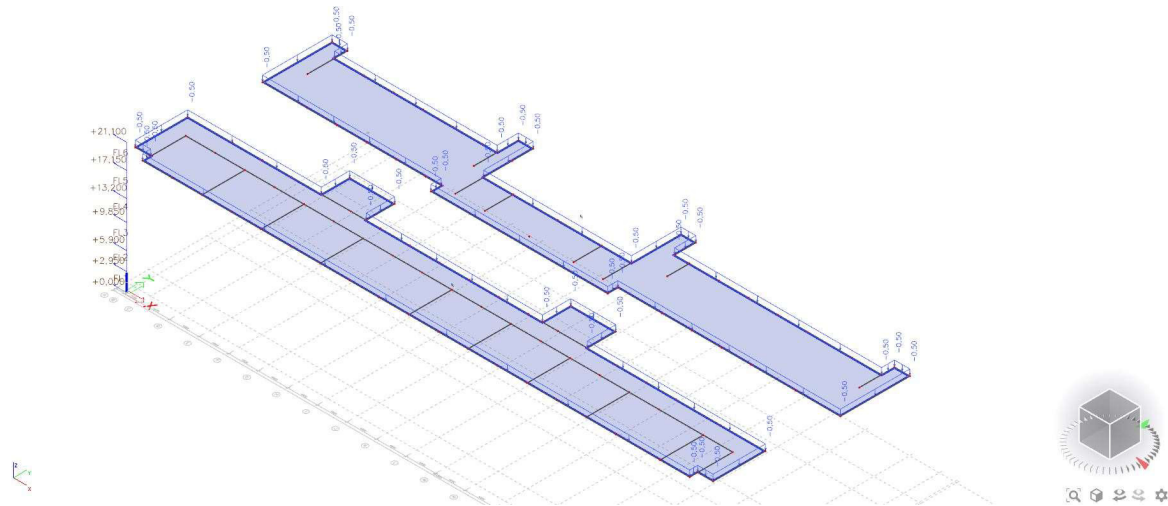
Prikaz zadanog opterećenja od djelovanja stalnog opterećenja i snijega je prikazano na slikama 93 i 94 dok sama geometrija krovne ploče prikazana je na slici 95. Grafički prikaz naprezanja i pomaka na krovnoj ploči dana su vizualnom prikazu na slikama 96 (pomaci) i 97 (naprezanja).



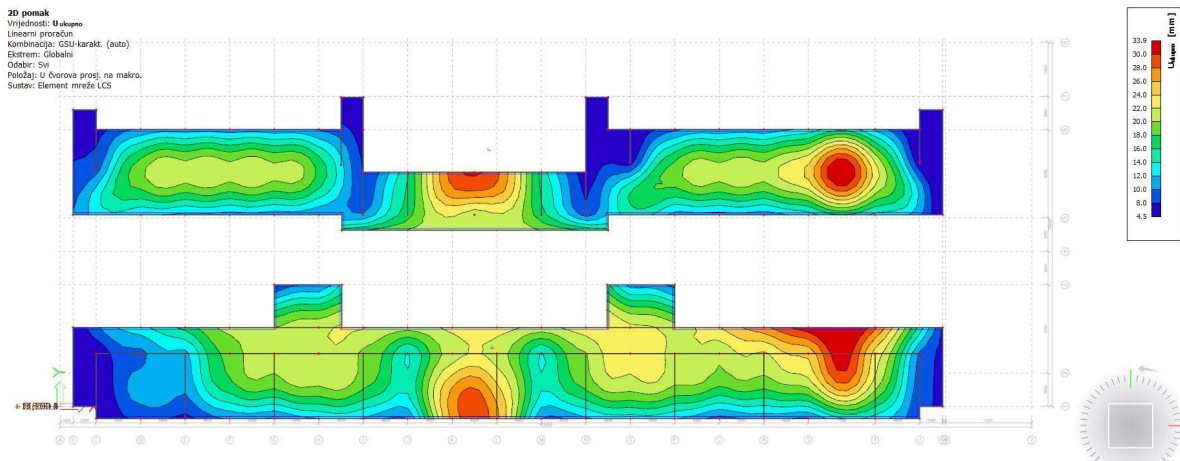
Slika 93: Tlocrtni prikaz geometrije krovne ploče (SCIA) (foto autor)



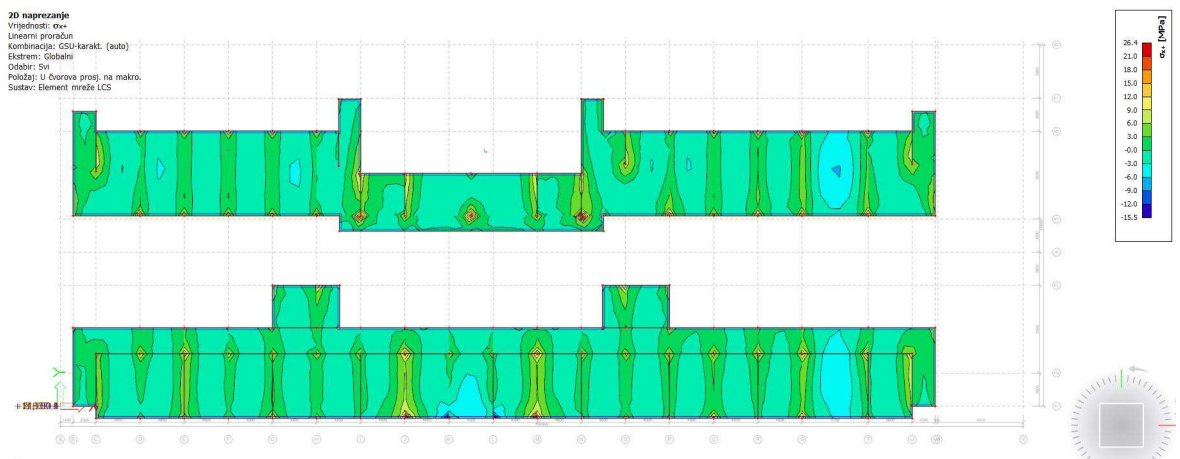
Slika 94 Prikaz stalnog opterećenja na krovnoj ploči (SCIA) (foto autor)



Slika 95: Prikaz promjenjivog opterećenja od snijega na krovnoj ploči (SCIA) (foto autor)

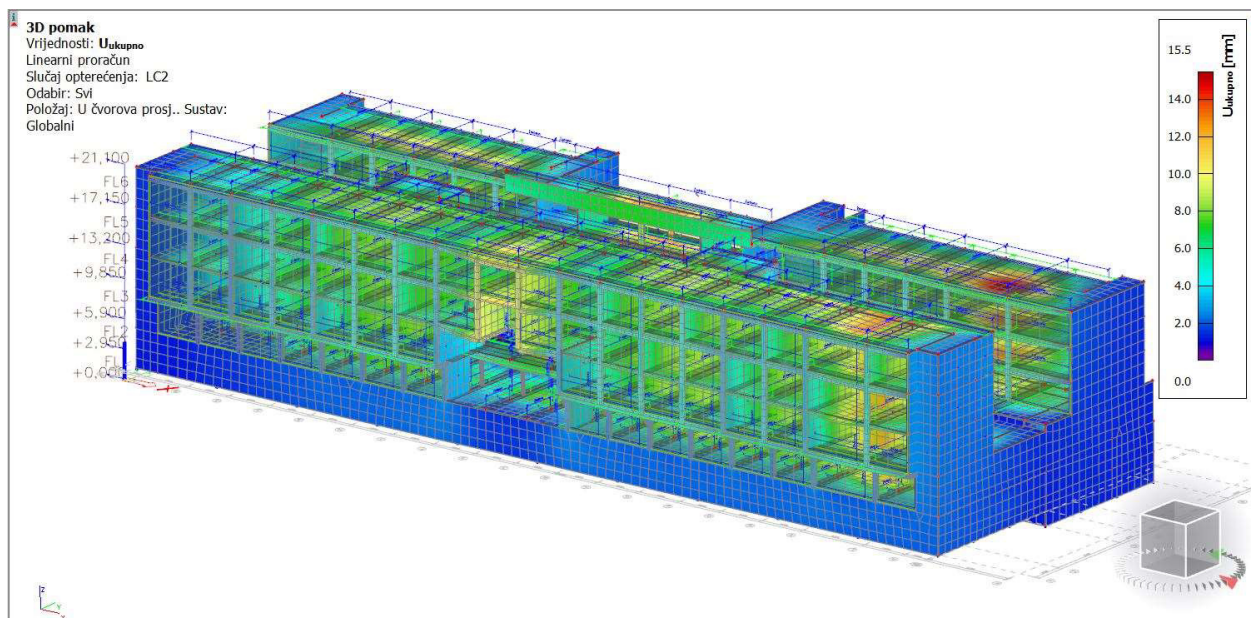


Slika 96: Prikaz ukupnih pomaka (U ukupno) na krovnoj ploči (SCIA) (foto autor)



Slika 97: Prikaz naprezanja na krovnoj ploči (SCIA) (foto autor)

Na slici 98 je prikazano djelovanje stalnog opterećenja te prikaz pomaka konstrukcije. U tablici 1 vidimo dva elementa na kojim se javlja minimalni odnosno maksimalni pomak. Na elementu U12 se javlja minimalni pomak od 0,6 mm dok na elementu U300 imamo maksimalni pomak od 13,3 mm.



Slika 98: 3D pomak od vlastitog opterećenja (foto autor)

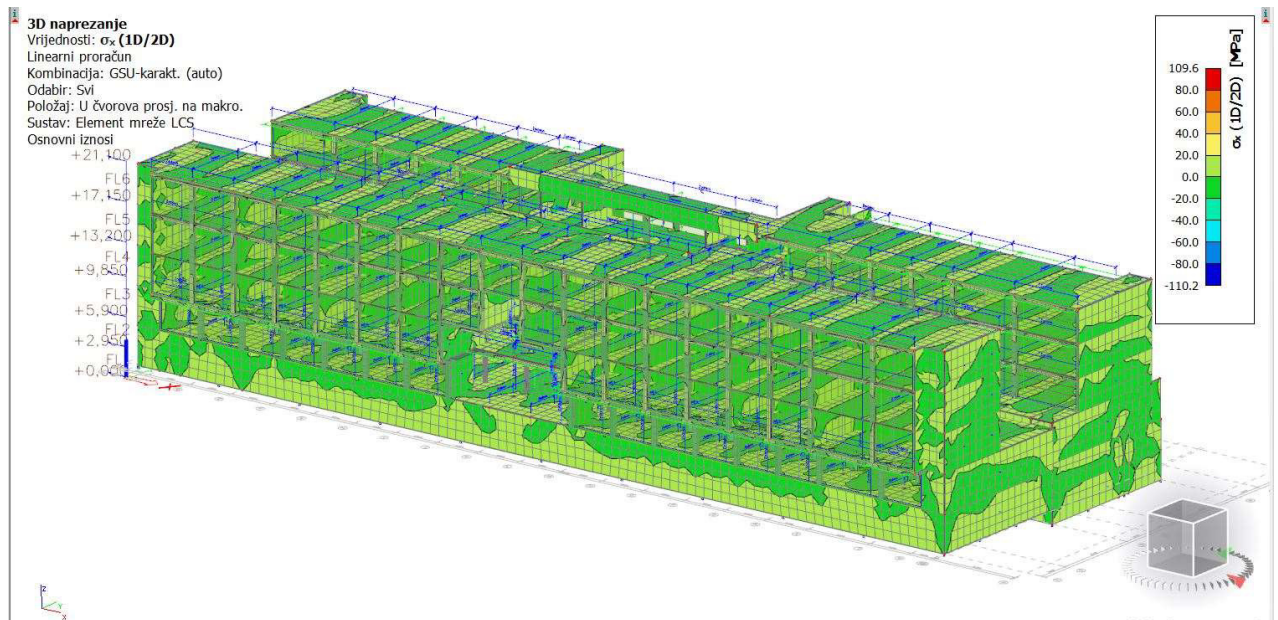
Naziv	dx [m]	Vlakno	Slučaj	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	ϕ_x [mrad]	ϕ_y [mrad]	ϕ_z [mrad]	Ukupno [mm]
U12	0	6	LC2	0	0	-0,6	0	0,3	0	0,6
U300	11,414	7	LC2	0,2	0,5	-13,3	0,5	0	0	13,3

Tablica 1: 3D pomak od vlastitog opterećenja

Naziv	Mreža	x [m]	y [m]	z [m]	Slučaj	ux+ [mm]	ux- [mm]	uy+ [mm]	uy- [mm]	uz+ [mm]	uz- [mm]	ϕ_x [mrad]	ϕ_y [mrad]	ϕ_z [mrad]	U ukupno+ [mm]	U ukupno- [mm]
W265	Element: 24749; Čvoru: 966	3,9	31,95	19,9	LC2	-0,9	-0,9	-1,1	-1,1	0,1	0,1	0	0	0,1	1,4	1,4
W209	Element: 20976; Čvoru: 19707	42,3	2,7	13,2	LC2	0,8	0,8	-7,9	-7,9	0	0,1	0,4	0,1	0,3	7,9	7,9
W222	Element: 21731; Čvoru: 841	80,7	5,7	17,15	LC2	-0,3	-0,3	-9,2	-9,1	-0,3	-0,3	0,1	0	-0,6	9,3	9,1
W210	Element: 21001; Čvoru: 19946	47,1	-1,3	14,188	LC2	0,5	0,5	-9,2	-9,2	-0,6	-0,6	0,1	0,1	0,3	9,2	9,3
W277	Element: 25968; Čvoru: 24820	83,786	5,7	21,1	LC2	-0,4	-0,3	12,1	12,1	0,1	0,1	0	0	0,4	12,2	12,2
W182	Element: 18362; Čvoru: 17437	44,7	33,3	10,967	LC2	0	0	1,1	1,1	1,2	1,1	0,2	0	0	1,6	1,5
D22	Element: 24878; Čvoru: 23730	83,786	24,739	19,9	LC2	0,1	0	-0,7	-0,8	-15,4	-15,4	-0,5	0,5	0	15,4	15,4
W101	Element: 13633; Čvoru: 12986	44,7	33,3	9,85	LC2	0	0	1	1	1,1	1,2	-0,2	0	0	1,5	1,6
D22	Element: 24857; Čvoru: 23705	83,786	21,672	19,9	LC2	0,1	0,1	-0,5	-0,9	-9,5	-9,5	-2,9	0,3	0	9,6	9,6
D20	Element: 24226; Čvoru: 23046	56,7	18,045	16,605	LC2	0	0	-0,5	0,1	-9,2	-9,2	3,8	-0,1	0	9,2	9,2
D20	Element: 24270; Čvoru: 23074	58,527	13,198	16,882	LC2	-0,3	0,1	0	-0,2	-8,5	-8,5	-1,1	-2,8	0	8,5	8,5
F1	Element: 1430; Čvoru: 2384	79,718	29,788	0	LC2	0,2	-0,2	0	0	-1,7	-1,7	-0,1	2,9	0	1,7	1,7
W216	Element: 21195; Čvoru: 1115	59,044	13,1	16,887	LC2	0,1	-0,3	7	7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,2	-2,4	7	7
W212	Element: 21058; Čvoru: 1113	30,4	13,1	16,887	LC2	-0,3	0	6	6	-0,4	-0,4	-0,4	0,1	1,7	6	6
F1	Element: 1668; Čvoru: 1522	11,114	20,328	0	LC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 2: 3D pomak od vlastitog opterećenja

Na slici 99 je prikazano 3D naprezanje od kombinacije djelovanja za granično stanje uporabljivosti (LC1 + LC2 + LC3 + 0.70*LC4 + 0.50*LC5). Za štapne elemente maksimalno naprezanje iznosi 46,5 MPa, a minimalna vrijednost -64,5 MPa. Dok kod pločastih elemenata maksimalno naprezanje iznosi 45,9 MPa, a minimalni -110,8 MPa.



Slika 99: 3D naprezanja GSU (foto autor)

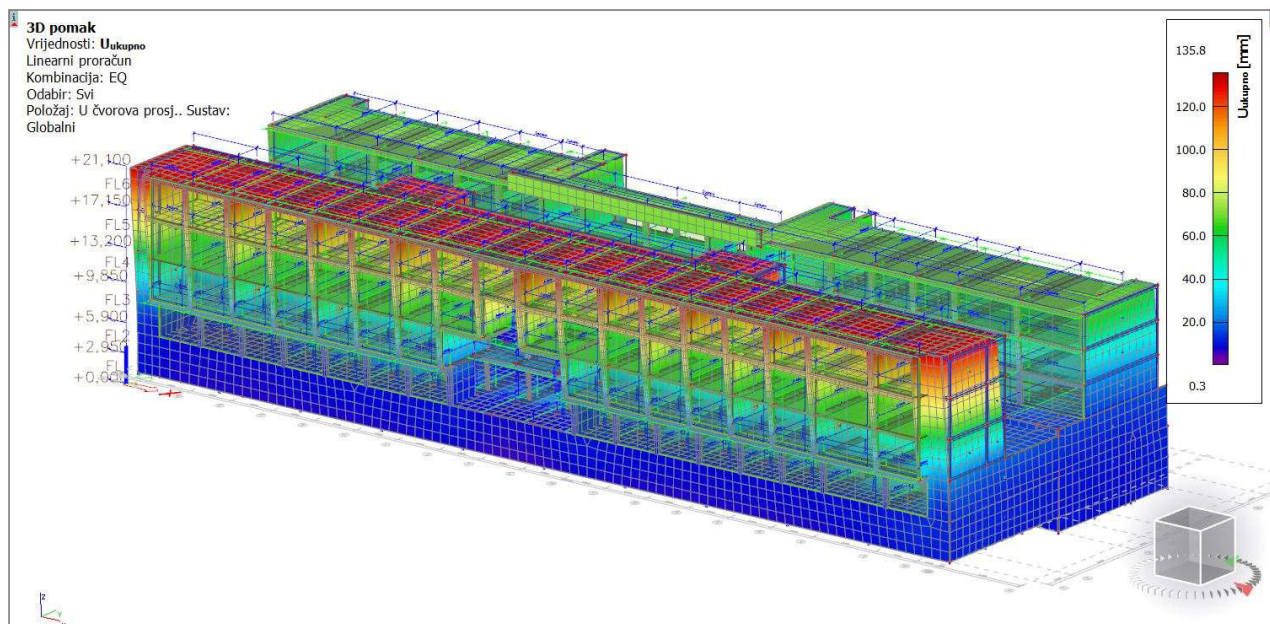
Naziv	Mreža	x [m]	y [m]	z [m]	Slučaj	σ_x [MPa]	σ_y [MPa]	σ_z [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{yz} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{yz} [MPa]
W50	Element: 6711; Čvoru: 217	80,7	3,6	1,45	GSU-karakt. (auto)/10	-110,2	109,6	-87,5	86	-46,6	44,9	-9,3	-8,8
D10	Element: 16469; Čvoru: 568	87,9	0	9,25	GSU-karakt. (auto)/10	46,7	-43,4	45	-36,5	5,6	-8,8	3,9	4,2
F1	Element: 1871; Čvoru: 67	80,7	29,8	0	GSU-karakt. (auto)/3	-85,4	85,4	-99,6	100,4	-43,1	43,7	-8,8	-9,4
D2	Element: 8841; Čvoru: 309	80,7	3,6	5,3	GSU-karakt. (auto)/10	32,3	-28,1	92,9	-54,4	-7,6	4,4	1,5	-9,3
D3	Element: 11037; Čvoru: 418	80,7	29,8	5,9	GSU-karakt. (auto)/1	10,4	-12,8	86,2	-66	17	-12,2	4	11,7
D3	Element: 11038; Čvoru: 418	80,7	29,8	5,9	GSU-karakt. (auto)/3	6,1	-7,4	84,2	-63,8	-65,5	62,2	-4,1	9,6
D3	Element: 11063; Čvoru: 425	87,9	29,8	5,9	GSU-karakt. (auto)/3	23,3	-25,6	68,1	-49	67,1	-63,3	4,3	10,2
F1	Element: 1684; Čvoru: 67	80,7	29,8	0	GSU-karakt. (auto)/3	-100,2	99,9	-94,9	94,2	45,9	-45,1	-9,7	9,1
F1	Element: 1662; Čvoru: 69	87,9	20,3	0	GSU-karakt. (auto)/3	-99,2	98,7	-90,9	90,2	45,5	-44,7	9,6	-8,7
D3	Element: 11369; Čvoru: 424	87,9	20,65	5,9	GSU-karakt. (auto)/10	-13,6	15,2	-8,1	22,5	1,6	-0,8	-1,2	-14,1
D3	Element: 11037; Čvoru: 418	80,7	29,8	5,9	GSU-karakt. (auto)/3	10,4	-12,9	86,2	-66	17	-12,2	4	11,7

Tablica 3: 3D naprezanja GSU za pločaste elemente

Naziv	dx [m]	Vlakno	Slučaj	σ_x [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{tor} [MPa]
S1	0	1	GSU-karakt. (auto)/1	-9,5	0	0	0
S1	0	5	GSU-karakt. (auto)/2	-6,2	0	0	0
S1	0,738	7	GSU-karakt. (auto)/3	-10,4	0	0	0
S1	0,738	3	GSU-karakt. (auto)/2	-5,5	0	0	0
S1	1,475-	7	GSU-karakt. (auto)/3	-12,2	0	0	0
S1	1,475-	3	GSU-karakt. (auto)/2	-4,2	0	0	0
S1	1,475+	7	GSU-karakt. (auto)/3	-12,2	0	0	0
S1	1,475+	3	GSU-karakt. (auto)/2	-4,2	0	0	0
S1	2,213	7	GSU-karakt. (auto)/3	-14	0	0	0
S1	2,213	3	GSU-karakt. (auto)/4	-2,6	0	0	0
S1	2,95	7	GSU-karakt. (auto)/3	-15,8	0	0	0
S1	2,95	3	GSU-karakt. (auto)/4	-0,8	0	0	0

Tablica 4: 3D naprezanja GSU

Na slici 100 prikazan je utjecaj od djelovanja potresa. Vidimo da su pomaci oko devet puta veći u odnosu na pomake od stalnog opterećenja. Kod štapnih elemenata minimalni pomak iznosi 0,2 mm na elementu S23, a maksimalni pomak 135,8 mm na elementu U377. Horizontalni pomak prikazan je na slici 101.



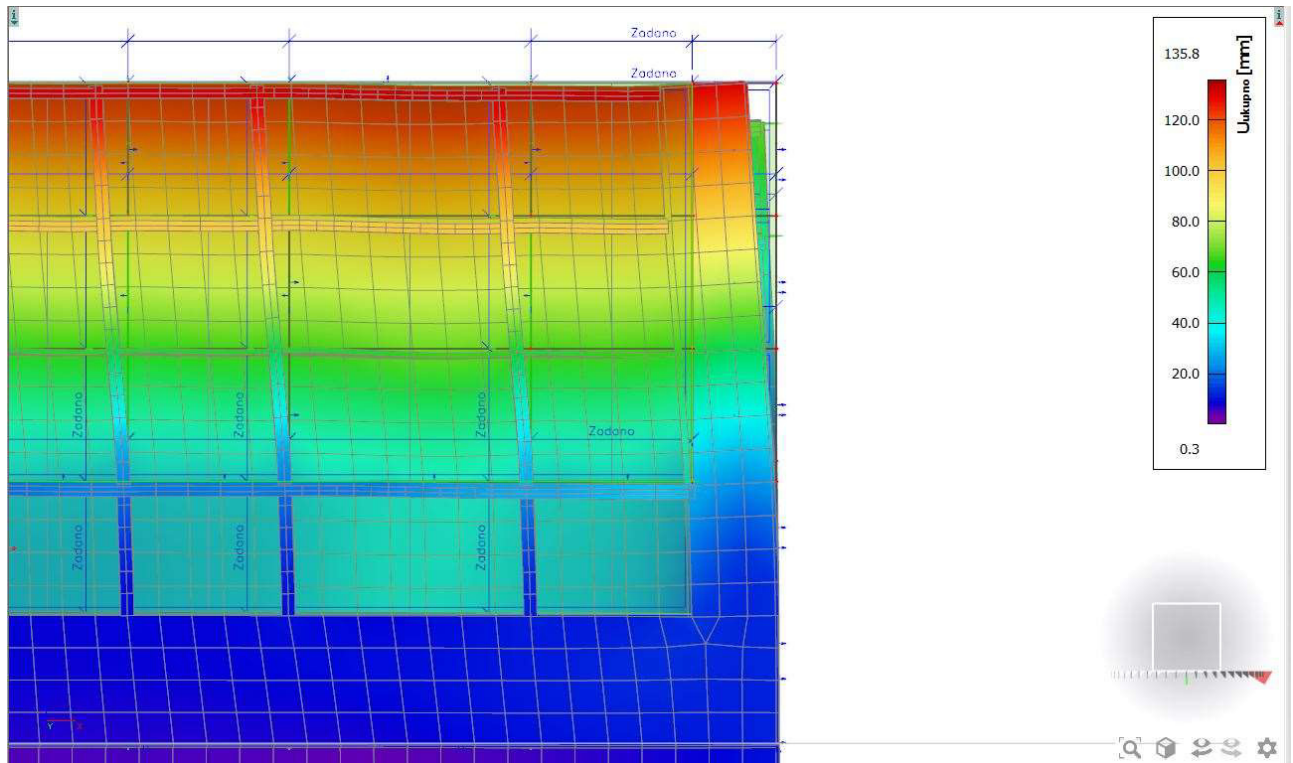
Slika 100: 3D pomak od potresnog opterećenja (foto autor)

Naziv	dx [m]	Vlakno	Slučaj	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	φx [mrad]	φy [mrad]	φz [mrad]	Ukupno [mm]
S23	0	1	EQ/1	0,2	0,1	0	0,7	0,1	0	0,2
U377	10,9	7	EQ/2	-130,7	-9,5	-35,7	-2,1	0,8	-0,1	135,8

Tablica 5: 3D pomak od potresnog opterećenja

Naziv	Mreža	x [m]	y [m]	z [m]	Slučaj	ux+ [mm]	ux- [mm]	uy+ [mm]	uy- [mm]	uz+ [mm]	uz- [mm]	φx [mrad]	φy [mrad]	φz [mrad]	U ukupno+ [mm]	U ukupno- [mm]
D23	Čvoru: 1034	32,7	-1,3	21,1	EQ/2	-132,3	-131,9	0,7	0,3	-11,4	-11,4	-2,4	-2,5	-0,8	132,8	132,4
D23	Čvoru: 1050	37,5	-1,3	21,1	EQ/3	130,3	129,7	2,7	2,6	-8,9	-8,9	-0,5	3,7	0,7	130,6	130
W283	Čvoru: 1034	32,7	-1,3	21,1	EQ/2	-132,1	-132,1	0,4	0,6	-11,1	-11,6	-2,4	-2,5	-0,8	132,6	132,6
W283	Čvoru: 1034	32,7	-1,3	21,1	EQ/3	129,9	129,9	0,9	0,8	-9,6	-9,3	-0,6	1,7	0,7	130,2	130,2
D23	Čvoru: 23613	23,1	11,26	21,1	EQ/4	30,6	30,3	-31,2	-30,8	-10,4	-10,4	2,4	1,4	0	44,9	44,5
D23	Čvoru: 24250	4,722	6,633	21,1	EQ/5	-32,9	-33,2	33,7	33,5	-1,9	-1,9	-1,5	1,9	0,3	47,2	47,2
D23	Čvoru: 1032	13,5	-1,3	21,1	EQ/4	31,7	31,7	-31	-31,3	-10,4	-10,4	-2,1	0,4	-0,2	45,5	45,7
D23	Čvoru: 941	3,9	-1,3	21,1	EQ/5	-33,4	-33,6	33,6	33,8	6,5	6,5	1,5	1,1	0	47,8	48,1
D23	Čvoru: 945	1,4	8,5	21,1	EQ/3	127,9	126,9	-9	-8,8	13,8	13,8	1,3	6,1	0	128,9	128
D20	Čvoru: 21951	56,7	13,273	16,877	EQ/2	-85	-82,8	-1,9	-2,1	-61,6	-61,6	-1,3	-14,5	-4,3	104,9	103,2
W200	Čvoru: 19018	1,4	8,5	15,175	EQ/3	77,5	77,5	-7,8	-7,7	12,5	14,7	1,3	11,1	-0,1	78,9	79,3
W94	Čvoru: 12079	15,9	17,688	5,95	EQ/2	-2,9	-2,9	-0,9	-0,8	-1,8	-2,4	-10,8	-2,6	-0,2	3,6	3,9
D18	Čvoru: 930	56,7	19	16,55	EQ/6	-48,9	-48,2	4,7	6,7	-16,3	-16,3	13,3	-4,4	-1,1	51,7	51,3
W216	Čvoru: 19267	59,178	13,1	16,915	EQ/2	-87,2	-86,2	-9,2	-9,2	-25,5	-24,2	-6,4	-22,1	5,2	91,3	90
W216	Čvoru: 19267	59,178	13,1	16,915	EQ/3	85,9	85	7,3	7,3	-4,2	-5,7	7,5	15,5	-4,5	86,3	85,5
D13	Čvoru: 18728	59,038	13,167	13,2	EQ/7	-49,6	-48,6	-6	-5,9	-23,3	-23,3	1,2	-7,1	-6,2	55,1	54,2
D13	Čvoru: 18728	59,038	13,167	13,2	EQ/8	49,7	49,7	5,8	5,6	-6,7	-6,7	-1,1	0,1	6,2	50,5	50,5
F1	Čvoru: 2656	93,533	32,4	0	EQ/9	0	0,1	-0,1	0	0	0	0,5	-0,7	0	0,1	0,1
F1	Čvoru: 2017	11,09	29,773	0	EQ/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
D23	Čvoru: 24468	85,843	8,5	21,1	EQ/2	-130,7	-130,6	-8,6	-8,8	-35,5	-35,5	-1,8	-0,5	-0,1	135,7	135,6

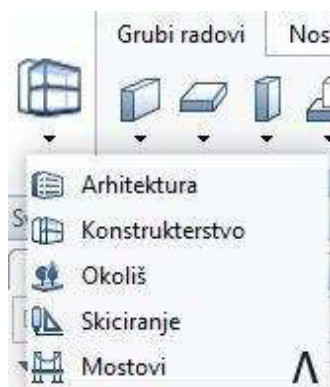
Tablica 6: 3D pomak od potresnog opterećenja za pločaste elemente



Slika 101: 2D pomak od potresnog opterećenja (foto autor)

4.4. Izrada nacрта armature

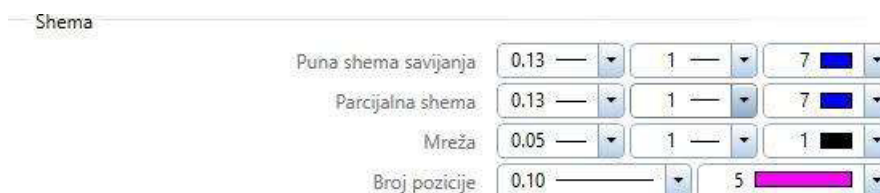
Nakon statičkog proračuna i dimenzioniranja armature možemo započeti s crtanjem armature u predviđenom programu (eng. *Software*). Model koji smo izradili u Allplanu sada ćemo armirati u modulu za konstrukterstvo. Potrebno je u lijevom kutu odabrati ikonicu za konstrukterstvo (Slika 102). Unutar naredbi konstrukterstva imamo novu karticu za armiranje (Slika 103), a neke funkcije koje su isključivo vezane za arhitekturu nisu dostupne. Prije samog armiranja unutar mogućnosti ćemo promijeniti liniju parcijalne sheme u punu. Oblik parcijalne sheme nam se nalazi pod Mogućnosti>Armiranje>Oblik>Schema (Slika 104).



Slika 102: Allplan moduli (foto autor)



Slika 103: Traka s naredbama za armiranje



Slika 104: Mogućnosti linija sheme (foto autor)

Naredbe za armiranje se dijele u dvije skupine:

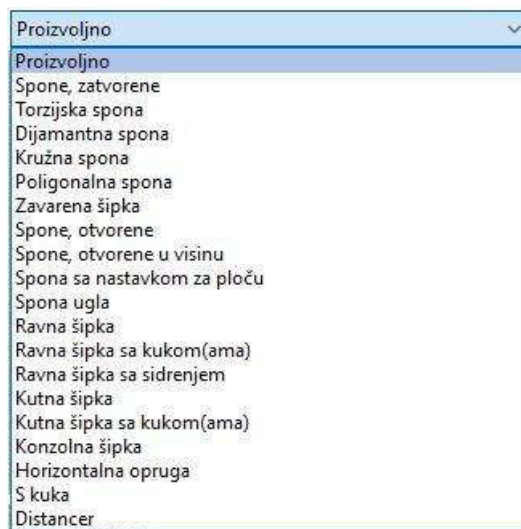
1. armaturne šipke
2. mreže

Naredbe za šipke i mreže su podijeljene u tri manje skupine: polaganje šipki i mreža, opisivanje šipki i mreža i uređivanje šipki i mreža.

Za armiranje unutar Allplana, ovisno o elementu, potrebna su nam dva presjeka (jedan uzdužni i jedan poprečni), presjek i tlocrt. Presjek može biti uzdužni ili poprečni ovisno kako će nam biti lakše za postaviti armaturu, tlocrt može biti napravljen kao tlocrtni presjek ne mora nužno biti tlocrt.

4.3.1. Armiranje stupova

Potreban nam je jedan presjek po visini stupa i jedan tlocrtni presjek. Stupove ćemo armirati sa šipkama koristeći naredbu „Oblik šipke“. Pokretanjem naredbe s lijeve strane otvara se prozor s mogućnostima za šipke. Prozor se sastoji od padajućeg izbornika u kojem su navedene sve vrste šipki koje imamo na raspolaganju te opcija za proizvoljno crtanje šipke (Slika 105). Osim putem padajućeg izbornika šipke možemo odabrati i putem simbola s tri točkice koji će otvoriti izbornik sa svim šipkama i njihovim skicama. Ispod padajućeg izbornika ovisno o kojoj šipci se radi stoji nam skica na kojoj imamo označene duljine kada ih mijenjamo u mogućnostima ispod (Slika 106).

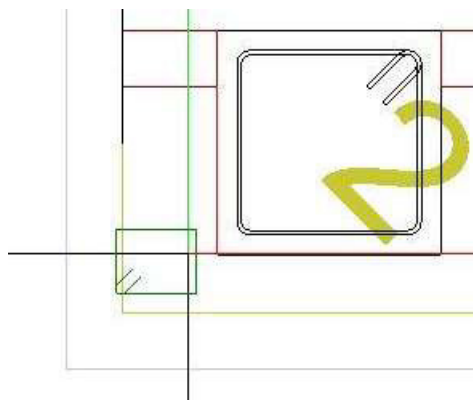


Slika 105: Padajući izbornik šipki (foto autor)

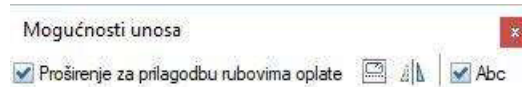


Slika 106: Padajući izbornik šipki (foto autor)

Kada smo postavili odgovarajuće postavke šipki u našem slučaju spona (vilica). S pokazivačem nanosimo odabranu sponu na tlocrtni presjek (Slika 106) dok je pod mogućnostima označeno proširenje za prilagodbu rubovima oplata (Slika 107)(spona će se sama prilagoditi obliku stupa). Kada smo postavili sponu na svoje mjesto unos potvrđujemo s pritiskom na „ESC“, nakon toga se otvara prozor za opisivanje spone, zbog preglednijeg opisivanja armature taj korak ćemo naknadno raditi te pritiskom na tipku „ESC“ preskočiti.

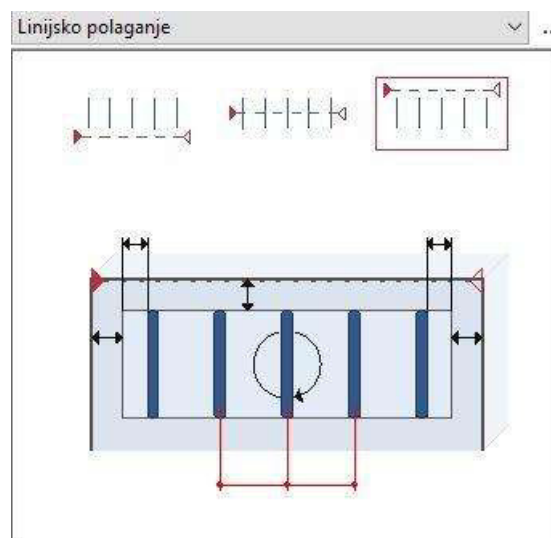


Slika 107: Postavljanje spone u tlocrt (foto autor)



Slika 108: Mogućnosti unosa (foto autor)

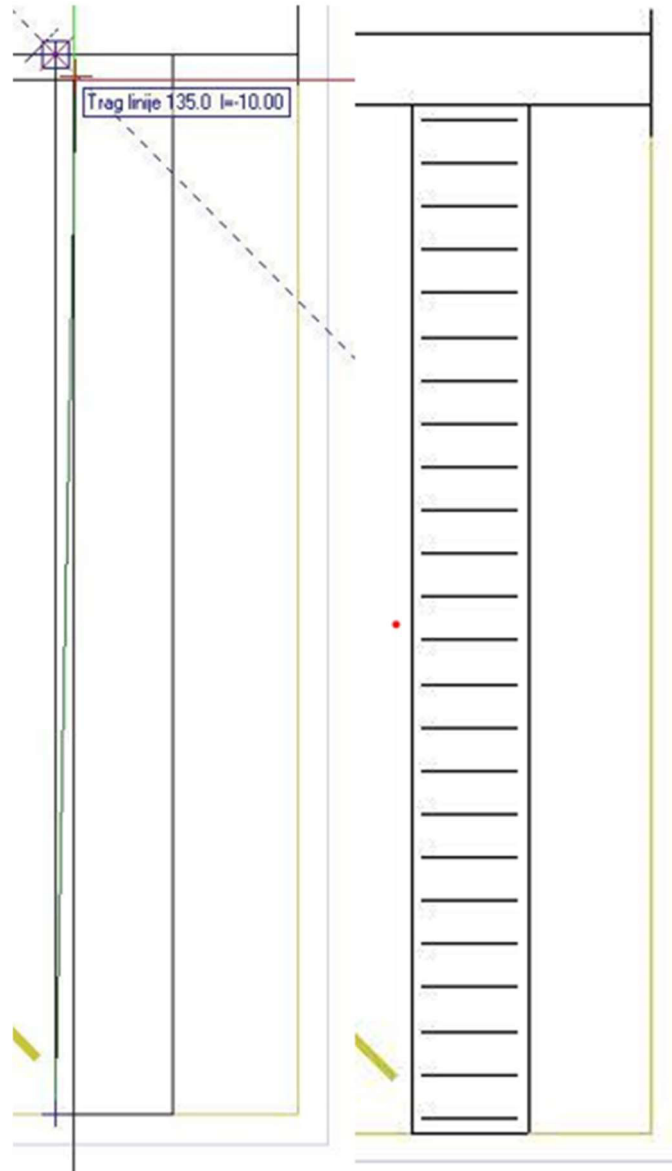
Otvora se prozor za polaganje spone na željeni raspon (Slika 108). Unutar prozora iznad skice nalaze se tri mogućnosti unosa u odnosu na položaj osi. Odabiremo zadnju opciju i u postavkama postavljamo razmak na 15 cm, položaj početak=kraj (Slika 109). Za nanošenje spone u stup označimo prvo donji lijevi kut stupa te onda gornji lijevi (Slika 110). pritiskom na „ESC“ potvrđujemo unos.



Slika 109: Linijsko polaganje (foto autor)



Slika 110: Parametri linijskog polaganja (foto autor)



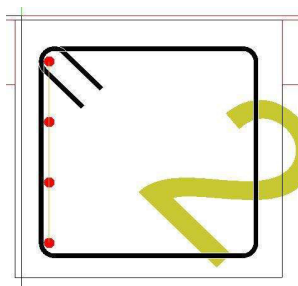
Slika 111: Točke unosa linijskog polaganja (lijevo), položene spona (foto autor)

Preostaje nam postavljanje uzdužne armature u stup, koja se nalazi na krakovima spona. Za polaganje uzdužne armature koristimo istu naredbu samo umjesto spona uzimamo ravne šipke. Stupove armiramo prema proračunu iz Scia-e, za kvadratni stup 40/40 12F16. Šipku postavljamo po čitavoj visini na desnu ili lijevu stranu. Ako nam je uključena opcija za prilagodbu rubovima oplata dovoljno je doći pokazivačem do ruba stupa i šipka će se postaviti sama. Ako nam je opcija isključena potrebno je kliknuti na donji kut te zatim na gornji. Unos potvrđujemo pritiskom na „ESC“. Opis preskačemo te nam se otvara linijskom polaganje, u prozoru mogućnosti unosa kliknut ćemo na simbol za krak (Slika 111). Linijsko polaganje se mijenja te u postavkama za armiranje potrebno je staviti količinu na 4, nakon toga kliknemo na krak spona. Allplan nam postavlja točan broj koji smo zadali, dok ne

potvrdimo unos s „ESC“ možemo manipulirati s postavkama (Slika 111). Šipke na drugu stranu zrcalimo, a preostale dvije kopiramo na njihovu poziciju.

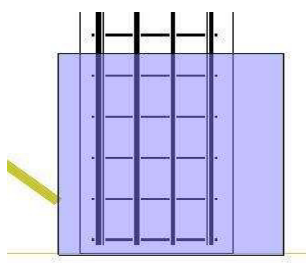


Slika 112: Mogućnosti unosa, krak treći s lijeva (foto autor)

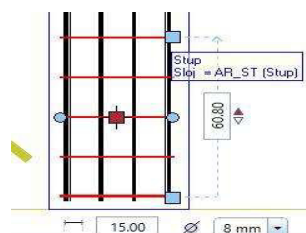


Slika 113: Prikaz postavljenih šipki (foto autor)

Spone pri vrhu ili dnu možemo postaviti na gušći razmak tako da označimo (Slika 114) dio spona na kojem želimo gušći razmak i na simbolu za razmak upišemo manji broj (s 15 na 10)(Slika 115).



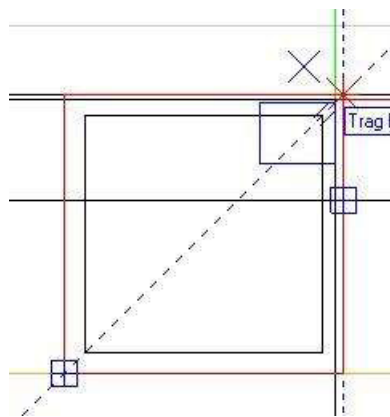
Slika 114: Promjena razmaka spona (foto autor)



Slika 115: Promjena razmaka spona (foto autor)

4.3.2. Armiranje greda

Za armiranje greda potrebna su nam dva presjeka (jedan uzdužni i jedan poprečni). Postupak za armiranje grede nam je jednak kao i kod stupa. Položit ćemo spona duž grede te unutar spona šipke. Odabir šipke je prema proračunu iz Scia-e. Kod unosa spona isključit ćemo prilagodbu prema rubovima oplata jer nam spona ulaze u ploču. Spona ćemo unositi preko dijagonale tako da odaberemo prvo donji lijevi kut, a zatim gornji desni kad smo odabrali te točke potvrđujemo unos ne kliknemo na bilo koji kut spona kako bi nanijeli kuku na to mjesto (Slika 116). Opis ćemo kasnije dodati. Uzdužnu armaturu postavljamo jednako kao kod stupa, s razlikom da se zbog velike širene dolazi do preklapanja šipki. Unutar nove kartice „razdvajanje poligona“ imamo opcije za preklapanje šipki te koliko će iznositi taj preklop (Slika 117).



Slika 116: Dijagonalni unos spona (foto autor)



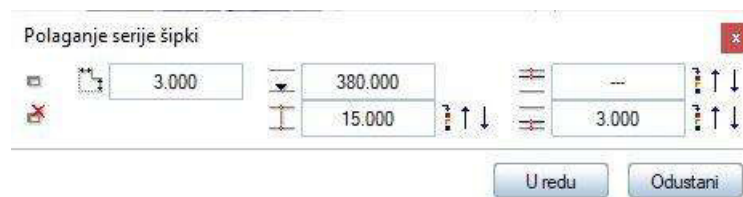
Slika 117: Preklop šipki (foto autor)

4.3.3. Armiranje ploča/zidova

Ploču možemo armirati šipkama, mrežama ili kombinacijom mreža i šipki. Za armiranje ploča potrebni su jedan tlocrtni presjek te jedan uzdužni ili poprečni presjek. Šipke ćemo polagati s pomoću naredbe „Polaganje serije šipki“. Pokretanjem naredbe otvara se mali prozor s opcijama polaganje šipki, a mi ćemo koristiti opciju „Polaganje po poljima“ (Slika 118). Nakon odabira naredbe otvara se nova kartica mogućnosti unosa s kojom možemo preuzeti poligon, u našem slučaju poligon još nismo postavili te nemamo što preuzeti. U našem slučaju, poligon još nije postavljen, pa nemamo što preuzeti. U lijevom donjem kutu Allplan traži unos pomaka (zaštitnog sloja), koji će iznositi 3 cm (predznak ovisi o smjeru postavljanja točaka poligona). Točke unosimo tako da krenemo iz jednog kuta i obuhvatimo sljedeće točke u smjeru kazaljke na satu ili suprotno. Kada ocrtao poligon, potvrđujemo unos, nakon čega se otvara novi prozor za unos podataka o visini, debljini ploče i zoni polaganja (Slika 119). Nakon unosa otvora i svih podataka, potvrđujemo unos, a zatim se otvara prozor u kojem postavljamo parametre polaganja, uključujući promjer, preklop i orijentaciju šipki (Slika 120).



Slika 118: Polaganje serije šipki, mogućnosti unosa (foto autor)



Slika 119: Parametri unosa (visina, zaštitni sloj, zona polaganja) (foto autor)



Slika 120: Parametri šipki (promjer, preklapanja i sl.) (foto autor)

Osim armiranjem ploča i zidova šipkama, možemo koristiti i mreže za armiranje. Polaganje mreža odvija se na sličan način kao polaganja serije šipki. Naredba koju koristimo je „Polaganje po poljima“. Unos poligona isti je kao kod serije šipki (prethodna stranica). Postavke parametara za preklapanje i vrstu mreže također su jednake kao i kod polaganja serije šipki (Slika 121).



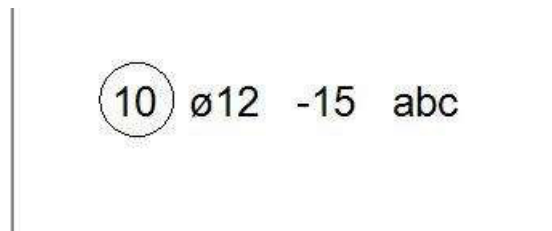
Slika 121: Parametri mreža (tip, preklapanja i sl) (foto autor)

4.3.4. Opis armature

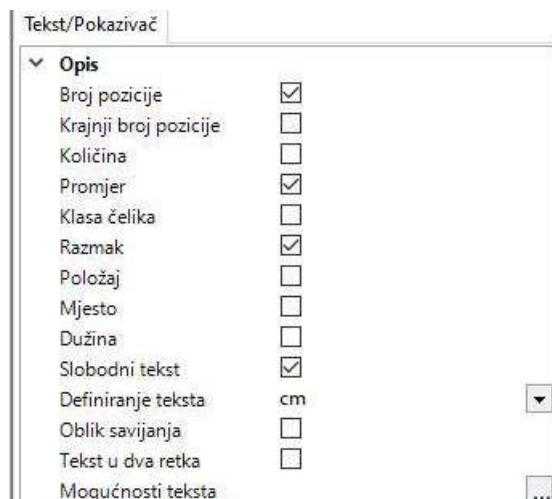
Kada pokrenemo naredbu „Opis“ otvara nam se s desne strane kartica s opisima koje možemo odabrati. Iznad tih opisa nalazi se preglednik u kojem je prikazano što je odabrano i kako će taj opis izgledati (Slika 122). Za opis spona koristimo broj pozicije, promjer i slobodni tekst u kojem navodimo da se radi o centimetrima (Slika 123). Kada odaberemo što želimo da bude napisano, kliknemo na sponu te pozicioniramo tekst (Slika 124). Opise dijelimo na:

1. kotna linija (eng. *dimension line*) (slika 121 lijevo)
2. fen (eng. *fan*) (slika 121 desno)
3. češalj (eng. *comb*) (slika 121 dolje)

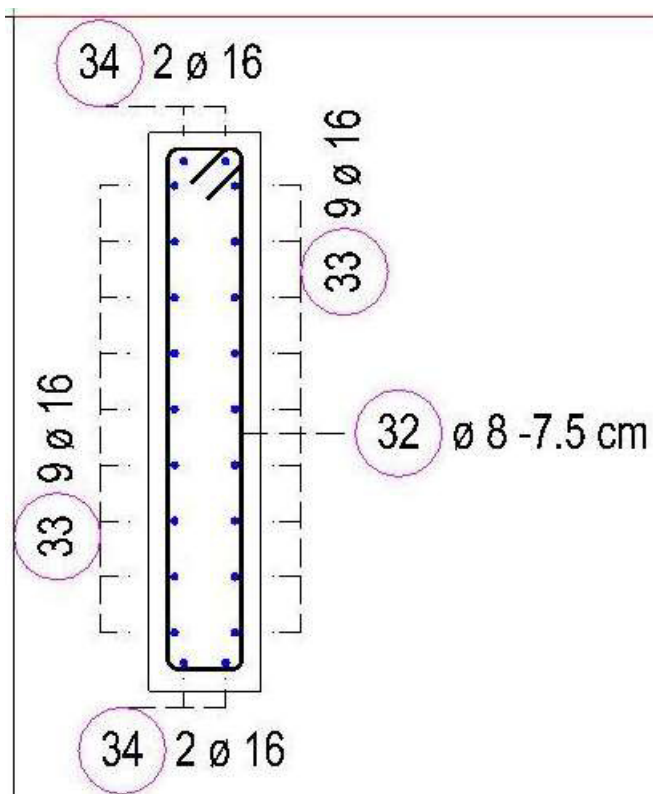
Osim opisa koje se odnose na kotne linije ili pozicije, imamo krajnje oznake za šipke (Slika 126).



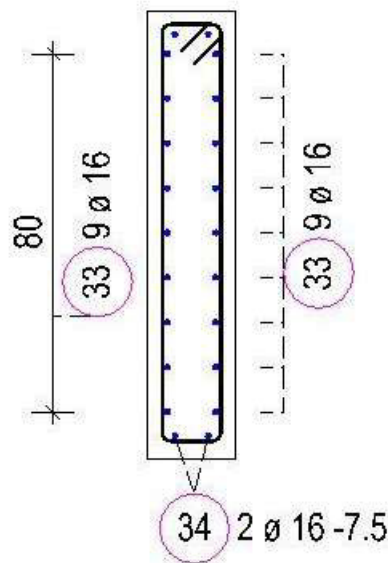
Slika 122: Prikaz pozicije (foto autor)



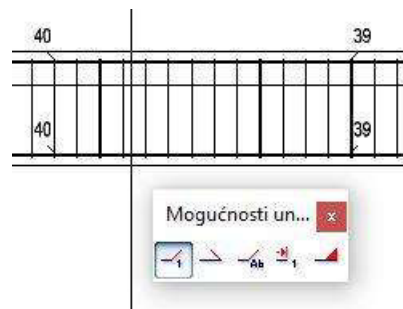
Slika 123: Opcije opisa pozicija (foto autor)



Slika 124: Opis armature (foto autor)



Slika 125: Vrste opisa (foto autor)



Slika 126: Oznake krajeva šipki (foto autor)

4.3.5. Shema, kazalo armiranja i izvještaj

Shema armature je prikaz pojedine šipke koja je korištena unutar modela. Razlikujemo ukupnu i djelomičnu shemu. Djelomičnu shemu možemo stvoriti „n“ puta iz modela. Promjene koje napravimo na djelomičnoj shemi odmah se održavaju i u modelu. Dok ukupnu shemu ne možemo manipulirati te se može samo jednom stvoriti za poziciju armature. Broj šipki kod ukupne sheme je prikaz svih šipki po broju pozicije koje su ugrađene u modelu, dok se kod djelomične sheme prikazuje samo točan broj šipki na odabranoj poziciji (Slika 127).

Kazalo armiranja je grafički i tablični prikaz korištene armature u modelu tj. aktivnim crtežima. Moguć je prikaz samo kao tablica bez skice savijanja ili s tablicom savijanja. Kazalo je interaktivno i svaka promjena u modelu se automatski ažurira (Slika 128).

1000

39 128 \emptyset 16 L=1000cm

1000

39 4 \emptyset 16 L=1000cm

Slika 127: Ukupna shema (gore) i djelomična shema (dolje) (foto autor)

Lista šipki sa savijanjem

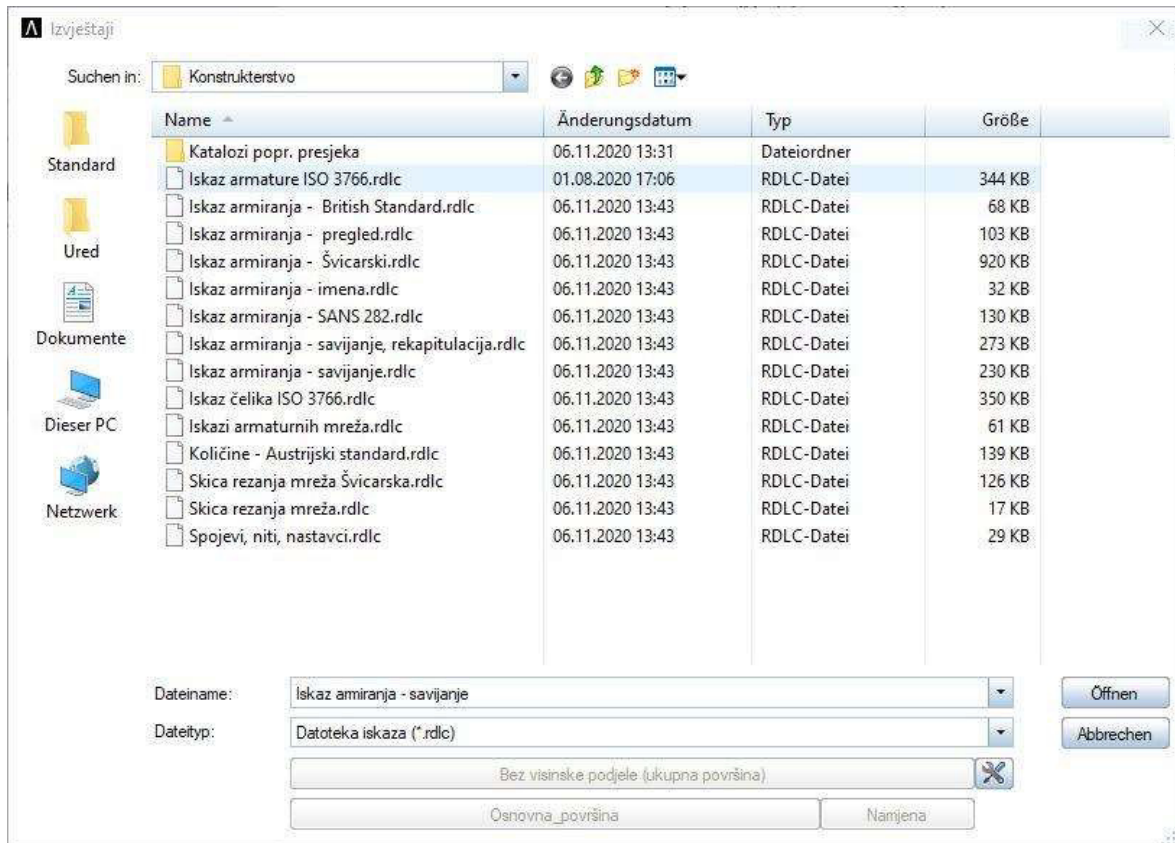
Poz.	Kom	\emptyset [mm]	Jedinična dužina [m]	Mjere savijanja (van mjerila)	Ukupna dužina [m]	Težina [kg]
32	825	8	2.38		1963.50	775.58
33	522	16	2.36		1231.92	1946.43
34	116	16	2.36		273.76	432.54
35	336	10	1.02		342.72	211.46
36	336	12	1.94		651.84	578.83
37	240	12	2.37		568.80	505.09
38	2672	8	1.78		4756.16	1878.68
39	128	16	10.00		1280.00	2022.40
40	128	16	7.90		1011.20	1597.70

Ukupna težina [kg] :

9948.71

Slika 128: Kazalo armature (foto autor)

Izveštaj armiranja je ispis armature u PDF ili tabličnom obliku (xlsx format) kao i kod izveštaja radova kod modeliranja u Allplanu. Pokretanjem naredbe izveštaji za armiranje otvara nam se prozor u kojem imamo ponuđena tri tipa izveštaja, vratiti ćemo se za jedan korak u strukturi i otvoriti mapu konstrukterstvo te u toj mapi nam se nalaze svi izveštaji (Slika 129).



Slika 129: Izveštaji za armiranje (foto autor)

5. GRAFIČKI PRIKAZ MODELA I REZULTATA

U ovom poglavlju prikazani su završeni modeli zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci:

- model arhitekture (3D geometrija zgrade) (Slika 130)
- statički model (3D analitički model zgrade) (Slika 131)
- model u vremenu (4D model zgrade) (Slika 132, 133, 134)
- vizualizacija 3D modela (Slika 135, 136, 137, 138)

5.1. Model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (Allplan)

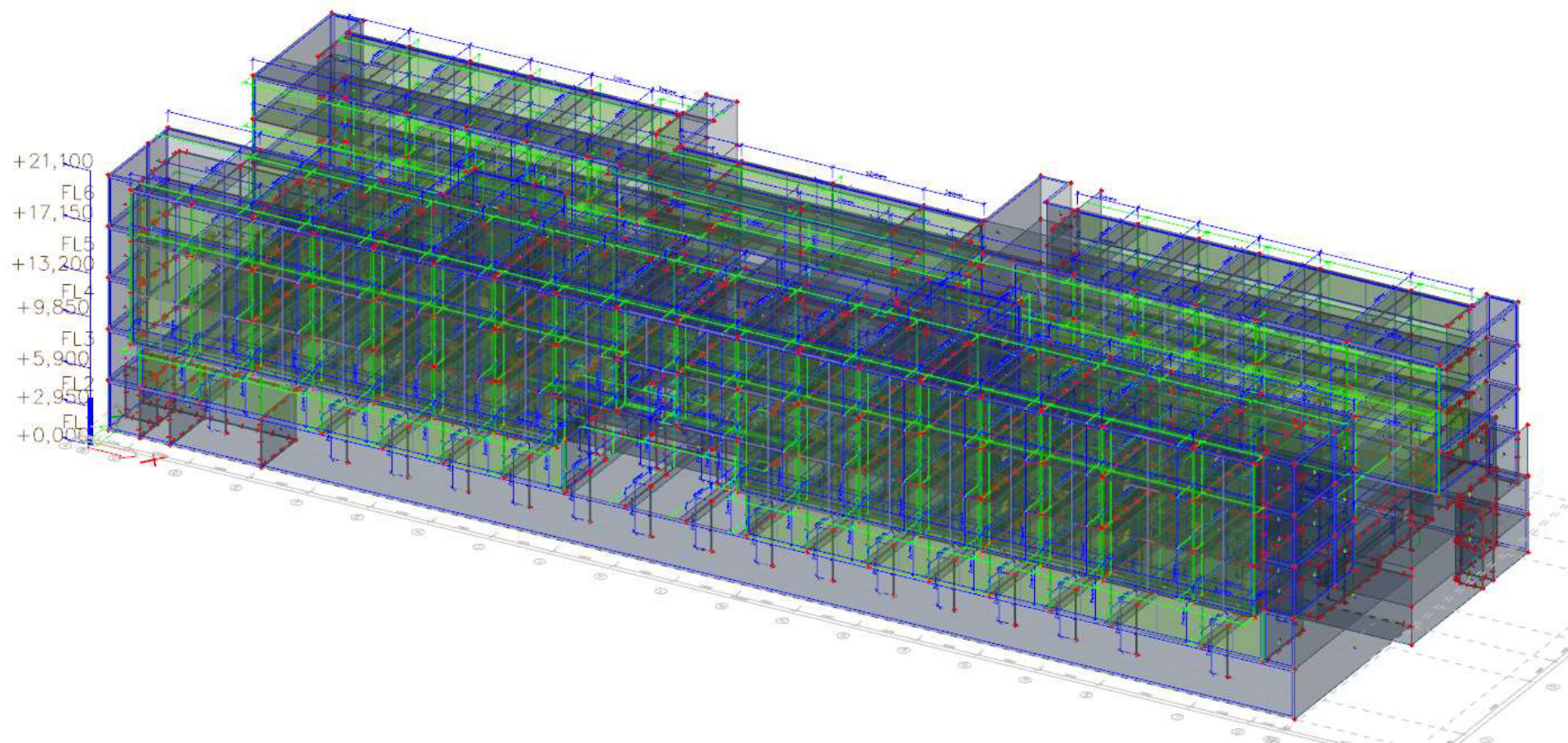
Slika 130 prikazuje stvarni geometrijski model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci u programu Allplan-u, uključujući detalje poput unutarnjih rasporeda prostorija, vanjskih elemenata, čime omogućava preciznu vizualizaciju i analizu svih aspekata zgrade tijekom cijelog njenog životnog ciklusa.



Slika 130: Model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (Allpan) (foto autor)

5.2. Statički model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (SCIA)

Slika 131 prikazuje stvarni statički model zgrade u programu SCIA, sa posebnim naglaskom na prikazu i analizi strukturalnih elemenata poput nosivih zidova, stupova, greda i temelja. Statički/analitički model omogućava detaljnu evaluaciju opterećenja, stabilnosti i sigurnosti zgrade. Za usporedbu, geometrijski model prikazuje vizualnu i prostornu konfiguraciju zgrade, uključujući sve fizičke dimenzije i izgled, dok analitički model, fokusira se na strukturalne aspekte i ponašanje zgrade pod različitim opterećenjima. Geometrijski model daje cjelovitu sliku dizajna i rasporeda, dok analitički model omogućava simulaciju i procjenu kako će se zgrada ponašati u stvarnim uvjetima opterećenja.



Slika 131: Statički model zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (foto autor)

5.3. Prikaz modela s vremenskom komponentom (4D model)

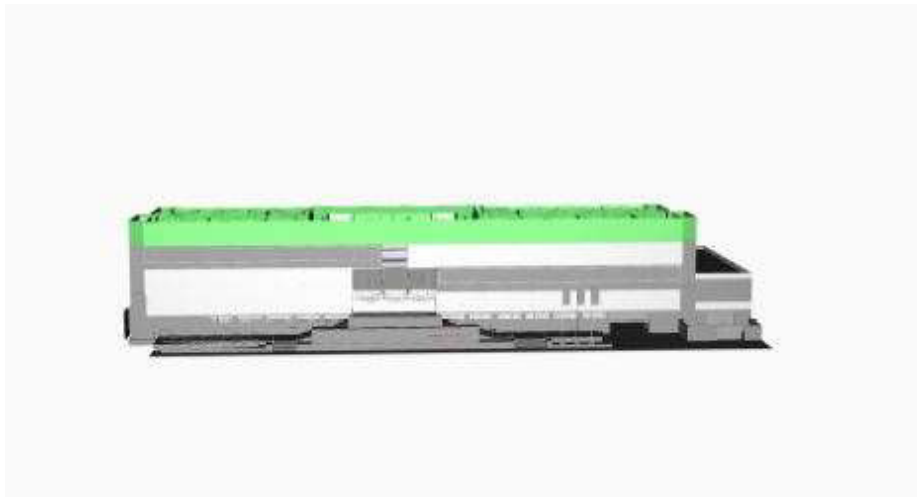
Slike 132, 133 i 134 prikazuju geometrijski model s vremenskom komponentom. 4D model u BIM-u kombinira 3D geometrijski model zgrade (model izrađen u Allplanu) s vremenskom dimenzijom, prikazujući kako će se zgrada razvijati tijekom faza gradnje. Omogućuje vizualizaciju rasporeda radova, praćenje napretka u odnosu na planirane rokove i poboljšava koordinaciju među sudionicima projekta kroz dinamičan pregled razvoja projekta u vremenu. Za izradu programa korišten je Microsoft Project s pripadajućim dodatkom programu (eng. plug-in), koji omogućava integraciju i proširenje funkcionalnosti standardnog MS Project alata. Uz pomoć dodatka programu (eng. *plug-in*), MS Project može biti prilagođen specifičnim potrebama projekta, kao što su funkcionalnosti za vizualizaciju faza gradnje, integraciju s BIM modelima.



Slika 132: Model u vremenu – prikaz temelja (foto autor)



Slika 133: Model u vremenu – prikaz do etaže prizemlja (foto autor)



Slika 134: Model u vremenu – prikaz do etaže 3. kat (foto autor)

5.4. Vizualizacija modela

Slike 135, 136, 137 i 138 prikazuju vizualizacije zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci. Vizualizacije su izrađene u Lumion-u na temelju geometrijskog modela izrađenog u programu Allplan, odnosno izgrađene zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci. Lumion je program (eng. *Software*) za renderiranje i vizualizaciju koji omogućava stvaranje foto realističnih prikaza i animacija arhitektonskih modela, dok program Allplan pruža detaljan geometrijski i analitički model zgrade. Kombiniranjem Lumion-a i Allplan-a, omogućeno je stvaranje dinamičnih i atraktivnih prikaza koji precizno odražavaju dizajn i izgled zgrade u stvarnom okruženju. Vizualizacije su izrađene u Lumion-u na temelju modela izrađenog u programu Allplan, odnosno izgrađene zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci. Proces uključuje uvoz modela iz programa Allplan-a u Lumion, gdje se zatim uređuju izgled materijala i dodaju ostala potrebna svojstva kako bi se postigla foto realistična kvaliteta prikaza. Program (eng. *Software*) Lumion omogućava stvaranje dinamičnih i atraktivnih prikaza te animacija, precizno prikazujući dizajn i izgled zgrade u stvarnom okruženju.



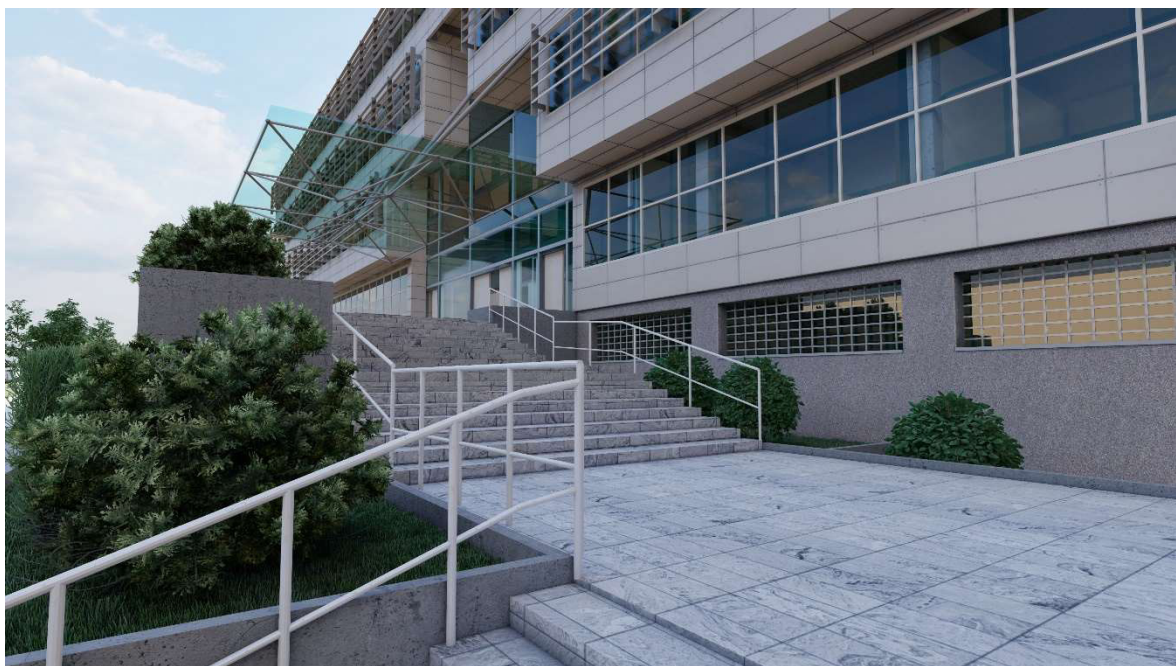
Slika 135: Vizualizacija zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (foto autor)



Slika 136: Vizualizacija zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (foto autor)



Slika 137: Vizualizacija zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (foto autor)



Slika 138: Vizualizacija zgrade građevinskog fakulteta u Rijeci (foto autor)

6. ZAKLJUČAK

Primjena BIM-a u građevinarstvu predstavlja značajan iskorak ka modernizaciji, optimizaciji i digitalizaciji procesa projektiranja, izgradnje te upravljanju objektima u fazi eksploatacije. BIM nam omogućuje integraciju različitih disciplina (arhitektura, građevinarstvo, strojarstvo i sl.) unutar jednog digitalnog modela s ciljem bolje koordinacije i komunikacije između samih sudionika unutar projekta. Digitalni model objekta u ovom slučaju nije samo geometrijski model, već model objekta sa svim popratnim informacijama: vrsta materijala, proizvođač, cijena materijala, troškovi, vremenski plan, tehnička dokumentacija i sl. Primjena BIM-a doprinosi smanjenu grešaka, izbjegavanju promjena u fazi izvođenja te efikasnijem upravljanju resursima i vremenom.

Unatoč brojnim prednostima implementacija BIM-a nije bez izazova. Potrebno je značajno početno ulaganje u tehnologiju te obuku samog osoblja. Također integracija u postojeće radne procese zahtijeva vremena i prilagodbu svih uključenih sudionika.

POPIS LITERATURE

- [1] »Baunetz Wissen,« Vectorworks, 21 Lipanj 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/grundlagen/was-versteht-man-unter-open----closed-bim-5286041>.
- [2] N. Anke i B. Robert, BIM-KOMPENDIUM, 4. ur., Muenchen: ALLPLAN GmbH, 2018.
- [3] F. Petzold, »ResearchGate,« [Mrežno]. [Pokušaj pristupa 15 Travanj 2020].
- [4] P. L. P. P. (. Prof. Borrmann, »Digitales Planen und Bauen Schwerpunkt BIM,« vbw Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., 2018.
- [5] F. Biljecki, »ScienceDirect,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971516300436>. [Pokušaj pristupa 7 Studeni 2020].
- [6] Tekla, »Tekla,« [Mrežno]. Available: <https://www.tekla.com/de/1%C3%B6sungen/bridge-information-modeling/baustelle-und-montage>. [Pokušaj pristupa 7 Studeni 2020].
- [7] Baum kappler architekten, »Baum kappler architekten,« [Mrežno]. Available: <https://www.baum-kappler.com/>. [Pokušaj pristupa 15 Travanj 2020].
- [8] M. Jurčević, M. Pavlović i H. Šolman, Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu, Zagreb: HKIG, 2017.
- [9] Riportal, »Riportal,« [Mrežno]. Available: <https://riportal.net.hr/rijeka/gradimo-bolju-buducnost-studenti-gradevinskog-fakulteta-za-anu-pavalic/813/>. [Pokušaj pristupa 15 Travanj 2020].
- [10] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Glavni projekt - Građevinski fakultet u kampusu Trsat, Rijeka: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2007.