

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij gradbeništva,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Tadej Mirkac

Projektiranje armiranobetonske montažne hale s podporo informacijskega modela stavbe

Diplomska naloga št.: 3106

Mentor:

prof. dr. Matej Fischinger

Somentor:

viš. pred. dr. Tomo Cerovšek

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **TADEJ MIRKAC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**»PROJEKTIRANJE ARMIRANOBETONSKE MONTAŽNE HALE S PODPORO
INFORMACIJSKEGA MODELA STAVBE«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 1. 3. 2010

II Mirkac, T. 2010. Projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe.
Dipl.nal.-Uni.Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji konstrukcijske smeri:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 004.42:004.92:624.012.45:624.074(043.2)
- Avtor:** Tadej Mirkac
- Mentor:** prof. dr. Matej Fischinger
- Somentor:** viš. pred. dr. Tomo Cerovšek
- Naslov:** Projektiranje armiranobetonske montažne hale s podporo informacijskega modela stavbe
- Obseg in oprema:** 129 str., 16 pregl., 153 sl., 43 en.
- Ključne besede:** Armiranobetonska montažna hala, projektiranje, izdelava načrtov, 3D vizualizacija

Izveček

Obravnavali smo montažno armiranobetonsko halo s tipično skeletno zasnovo iz linijskih gradbenih elementov. Ideja diplomske naloge je bila priprava informacijskega modela stavbe, ki nam služi kot podpora pri projektiranju. Posebno pozornost smo namenili izračunu statike, dimenzioniranju, izvedbi detajlov, izpisu ter izdelavi armaturnih načrtov. Glede na to, da je obravnavana hala predvidena kot dozidava večjega objekta, smo se odločili, da bomo v okviru informacijskega modeliranja stavbe posebno pozornost namenili predvsem 3D vizualizaciji objekta, postopni gradnji s pomočjo 3D modela stavbe, izdelavi konstrukcijskih načrtov ter prikazu umestitve objekta v prostor. Pri izračunu notranjih statičnih količin smo si pomagali s programoma TOWER 6 in ETABS, medtem ko smo večji del 3D modeliranja, izrisa detajlov ter izdelave načrtov konstrukcij opravili s programom ALLPLAN 2009, katerega sta na področju 3D vizualizacije dopolnjevala programa CINEMA 4D ter PHOTOSHOP.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:004.92:624.012.45:624.074(043.2)

Author: Tadej Mirkac

Supervisor: prof. dr. Matej Fischinger

Cosupervisor: viš. pred. dr. Tomo Cerovšek

Title: Precast RC Industrial Building design supported by Building Information Model (BIM)

Notes: 129 p., 16 tab., 153 fig., 43 eq.

Key words: Precast RC Industrial Building, Building Information Model (BIM)

Abstract

A Precast RC industrial building with typical skeletal structure is modelled, analyzed and documented. The focus of diploma was preparation of building information model which serves as a support in design. We paid special attention to structural analysis, earthquake design, detailing and project documentation.

The industrial building is planned as an extension of a bigger facility, so we decided to use building information model for 3D visualization simulation of phases in construction detailing, development of production drawings and construction plans. We used TOWER 6 and ETABS programs to calculate inner structural engineering quantities, meanwhile bigger part of 3D modeling, print-out of details and elaboration of construction plans was made with ALLPLAN 2009 program, which was supported by CINEMA 4D and PHOTOSHOP programs in the field of 3D visualization

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Mateju Fischingerju ter somentorju viš. pred. dr. Tomu Cerovšku.

Še posebej pa bi se rad zahvalil svojim staršem, babiki, sestri ter puncu za podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	MODELIRANJE SITUACIJE	4
2.1	OPIS MODELA IN GRADNIKOV	4
2.2	OPIS POSTOPKA MODELIRANJA	5
2.3	PRIKAZ REZULTATOV MODELIRANJA	8
2.4	UPORABA REZULTATOV MODELIRANJA	11
3	MODELIRANJE STAVBE	14
3.1	OPIS MODELA IN GRADNIKOV	14
3.2	OPIS POSTOPKA MODELIRANJA	16
3.3	PRIKAZ REZULTATOV MODELIRANJA	21
3.4	UPORABA REZULTATOV MODELIRANJA	27
4	RAČUN KONSTRUKCIJE	38
4.1	ZASNOVA KONSTRUKCIJE IN MATERIALI	38
4.2	ELEMENTI KONSTRUKCIJE	44
4.3	STATIČNI IZRAČUN STREŠNE KONSTRUKCIJE	53

4.3.1	LASTNA IN STALNA OBTEŽBA STREHE	53
4.3.2	OBTEŽBA SNEGA	54
4.3.3	DOLOČITEV OBTEŽBE NA STREŠNI NOSILEC	54
4.3.4	IZRAČUN NOTRANJIH SIL OBRAVNAVANEGA LESENEGA NOSILCA Z UPOŠTEVANJEM MSN	56
4.3.5	KONTROLA NAPETOSTI STREŠNEGA NOSILCA	57
4.3.6	KONTROLA POMIKOV	57
4.4	OBTEŽBA ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE	58
4.4.1	STALNA OBTEŽBA	58
4.4.2	KORISTNA OBTEŽBA	60
4.4.3	TEŽA NA STREHI ZA POTRESNO OBTEŽNO KOMBINACIJO	60
4.4.4	MASA KONSTRUKCIJE	60
4.4.5	MASNI VZTRAJNOSTNI MOMENT	60
4.4.6	SLUČAJNA EKSCENTRIČNOST MASE	61
4.5	POTRESNA OBTEŽBA	61
4.6	ANALIZA KONSTRUKCIJE	65
4.6.1	RAČUNSKI MODEL KONSTRUKCIJE	65
4.6.2	MODALNA ANALIZA S SPEKTRI ODZIVA	66

VIII	Mirkac, T. 2010. Projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe. <u>Dipl.nal.-Uni.Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.</u>	
4.6.3	OBREMENITEV STEBROV	69
4.6.4	VPLIV TEORIJE DRUGEGA REDA	72
4.7	KONTROLA POMIKOV	75
4.8	DIMENZIONIRANJE	76
4.8.1	DIMENZIONIRANJE STEBROV	76
4.8.1.1	VZDOLŽNA ARMATURA STEBROV	76
4.8.1.2	INTERAKCIJSKI DIAGRAMI STEBROV	77
4.8.1.3	PROJEKTNE PREČNE SILE	79
4.8.1.4	RAČUN STRIŽNE ARMATURE STEBROV	81
4.8.1.5	RAČUN OBJETJA V KRITIČNIH OBMOČJIH STEBROV ZA STOPNJO DUKTILNOSTI DCM	86
4.8.2	DIMENZIONIRANJE T-NOSILCEV	90
4.8.2.1	RAČUN VZDOLŽNE ARMATURE T-NOSILCEV	90
4.8.2.2	RAČUN STRIŽNE ARMATURE T-NOSILCA	94
4.8.3	DIMENZIONIRANJE GREDE	98
4.8.3.1	RAČUN VZDOLŽNE ARMATURE GREDE	98
4.8.3.2	RAČUN STRIŽNE ARMATURE GREDE	102

5	MODELIRANJE ELEMENTOV	105
5.1	OPIS MODELA IN GRADNIKOV	105
5.2	OPIS POSTOPKA MODELIRANJA	106
5.3	PRIKAZ REZULTATOV MODELIRANJA	113
5.4	UPORABA REZULTATOV MODELIRANJA	119
5.4.1	ARMATURNI IZVLEČKI ZA DELAVNIŠKE NAČRTE	119
5.4.2	DETAJLI ARMATURNIH ELEMENTOV V 3D	126
6	ZAKLJUČEK	127
	VIRI	130
	PRILOGE	132

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Karakteristične in računske trdnosti za masivni les C24	43
Preglednica 2:	Elastični in strižni moduli za masivni les C24	43
Preglednica 3:	Osnovne vrednosti faktorja obnašanja za sisteme, ki so pravilni po višini (SIST EN 1998-1 : 2006: poglavje 5.2.2.2)	62
Preglednica 4:	Pomiki in zasuki masnega središča konstrukcije	68
Preglednica 5:	Faktorji participacije efektivne mase za pomike	68
Preglednica 6:	Lastne nihajne oblike	68
Preglednica 7:	Obremenitev stebrov za obtežno kombinacijo 1: $G + 0,3 \cdot Q + E_x + 0,3 \cdot E_y$	69
Preglednica 8:	Obremenitev stebrov za obtežno kombinacijo 2: $G + 0,3 \cdot Q + 0,3 \cdot E_x + E_y$	70
Preglednica 9:	Obremenitev T-nosilcev za obtežno kombinacijo 3: $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot Q$	71
Preglednica 10:	Obremenitev gred za obtežno kombinacijo 3: $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot Q$	71
Preglednica 11:	Izračun koeficienta občutljivosti	72
Preglednica 12:	Obremenitev stebrov po TDR za obtežno kombinacijo 1: $G + 0,3 \cdot Q + E_x + 0,3 \cdot E_y$	74
Preglednica 13:	Obremenitev stebrov po TDR za obtežno kombinacijo 2: $G + 0,3 \cdot Q + 0,3 \cdot E_x + E_y$	74
Preglednica 14:	Kontrola pomikov masnega središča	75
Preglednica 15:	Projektne prečne sile po metodi načrtovane nosilnosti ter projektna upogibna nosilnost prereza	80
Preglednica 16:	Prikaz uporabnosti in števila elementov posameznega modela	128

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz časovnice informacijskega modela stavbe in faze gradnje, ki smo jih obravnavali v okviru naloge	1
Slika 2:	Prikaz razvoja informacijskega modela stavbe od primitivnega modela kocke do zasnove konstrukcije in prikaza posameznega gradbenega elementa	2
Slika 3:	Prikaz osnovnih geometrijskih teles	4
Slika 4:	Prikaz nabora osnovnih funkcij	5
Slika 5:	Prikaz nabora funkcij dodatnega modula	5
Slika 6:	Prikaz uporabe osnovnih funkcij, s katerimi lahko tvorimo geometrijska telesa, tako da jih režemo, odštevamo, združujemo, raztegujemo ter jim računamo volumne	6
Slika 7:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 1	8
Slika 8:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 2	8
Slika 9:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 3	9
Slika 10:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 4	9
Slika 11:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 5	10
Slika 12:	3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 6	10
Slika 13:	3D prikaz situacije celotnega kompleksa 1	11
Slika 14:	3D prikaz situacije celotnega kompleksa 2	12
Slika 15:	3D prikaz situacije celotnega kompleksa 3	12
Slika 16:	3D prikaz situacije celotnega kompleksa 4	13
Slika 17:	3D prikaz situacije celotnega kompleksa 5	13
Slika 18:	Prikaz nabora funkcij modula arhitektura	15
Slika 19:	Prikaz modela stebra kot že vnaprej pripravljenega gradbenega elementa	17

Slika 20:	Prikaz modela stene kot že vnaprej pripravljenega gradbenega elementa	17
Slika 21:	Prikaz modela plošče kot že vnaprej pripravljenega gradbenega elementa	18
Slika 22:	Prikaz modela temelja kot že vnaprej pripravljenega gradbenega elementa	18
Slika 23:	Prikaz modela stopnic kot že vnaprej pripravljenega gradbenega elementa	19
Slika 24:	Prikaz izdelave strehe	19
Slika 25:	Prikaz nabora funkcij 3D modelirnika	20
Slika 26:	Model hale 1	21
Slika 27:	Model hale 2	22
Slika 28:	Model upravne stavbe	22
Slika 29:	Model obravnavane hale	23
Slika 30:	Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na jugovzhod	24
Slika 31:	Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na severovzhod	24
Slika 32:	Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na jugozahod	25
Slika 33:	Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na severozahod	25
Slika 34:	Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na vzhod	26
Slika 35:	Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na zahod	26
Slika 36:	Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na jug	26
Slika 37:	Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na sever	26
Slika 38:	3D prikaz postavitve čašastih točkovnih temeljev	27
Slika 39:	3D prikaz povezave čašastih točkovnih temeljev s temeljnimi gredami	28
Slika 40:	3D prikaz montaže stebrov	28
Slika 41:	3D prikaz montaže T-nosilcev	29
Slika 42:	3D prikaz montaže gred	29

Slika 43:	3D prikaz montaže strešne konstrukcije	30	
Slika 44:	3D prikaz vgradnje nenosilnih sten, oken in vrat	30	
Slika 45:	Tloris hale	31	
Slika 46:	3D prikaz notranjosti hale	31	
Slika 47:	3D prikaz pritličja upravne stavbe	33	
Slika 48:	3D prikaz prve etaže upravne stavbe	33	
Slika 49:	3D prikaz druge etaže upravne stavbe	34	
Slika 50:	3D prikaz upravne stavbe kot celote	34	
Slika 51:	3D prikaz prečnega prereza upravne stavbe	35	
Slika 52:	2D prikaz prečnega prereza upravne stavbe	35	
Slika 53:	3D prikaz vzdolžnega prereza upravne stavbe	36	
Slika 54:	2D prikaz vzdolžnega prereza upravne stavbe	36	
Slika 55:	Izpis in popis potrebnih količin betona za posamezen gradbeni element	37	
Slika 56:	Pozicijski načrt stebrov AB montažne hale	38	
Slika 57:	Pozicijski načrt čašastih točkovnih temeljev AB montažne hale	39	
Slika 58:	Prečni prerez AB montažne hale	39	
Slika 59:	Vzdolžni prerez sprednjega dela AB montažne hale	40	
Slika 60:	Vzdolžni prerez zadnjega dela AB montažne hale	40	
Slika 61:	Pogled stebrov od spredaj in od strani	Slika 62: 3D Prikaz stebrov	44
Slika 63:	2D prikaz pogleda viličaste podpore v tlorisu	Slika 64: 2D prikaz viličaste podpore	45
Slika 65:	2D prikaz dimenzije stebrov		45
Slika 66:	3D prikaz grede		46
Slika 67:	2D prikaz tlorisa grede		46
Slika 68:	2D prikaz pogleda grede in njenih dimenzij		46

Slika 69:	3D prikaz T-nosilca	Slika 70:	2D prikaz T-nosilca	47
Slika 71:	2D prikaz pogleda T-nosilca in njegovih dimenzij			47
Slika 72:	3D prikaz čašastega točkovnega temelja			49
Slika 73:	Prerez točkovnih temeljev	Slika 74:	Tloris in dimenzija temelja	49
Slika 75:	Prerez točkovnega temelja 1	Slika 76:	Prerez točkovnega temelja 2	49
Slika 77:	Dimenzije in sestava strešne sendvič plošče			50
Slika 78:	Prečni prerez sendvič plošče			51
Slika 79:	Vzdolžni prerez sendvič plošče			51
Slika 80:	3D prikaz nosilne lesene konstrukcije in toplotne izolacije sendvič plošče			52
Slika 81:	3D prikaz prereza konstrukcijskega sklopa sendvič plošče			52
Slika 82:	Prikaz dolžine lesenega nosilca, na katerega odpade pas obtežbe			54
Slika 83:	Momentni diagram (kNm)			56
Slika 84:	Diagram strižnih sil (kN)			56
Slika 85:	Projektni pospeški tal za Slovenijo (ARSO)			61
Slika 86:	Določitev faktorja obnašanja za obravnavano halo* (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, (ur. Beg, Pogačnik), EC-8 : poglavje 5.8.4)			63
Slika 87:	Določitev faktorja obnašanja za obravnavano halo** (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, (ur. Beg, Pogačnik), EC-8 : poglavje 5.8.4)			64
Slika 88:	Slika računskega modela konstrukcije			65
Slika 89:	Spekter pospeškov			66
Slika 90:	Prva nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,888$ s)			67
Slika 91:	Druga nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,711$ s)			67
Slika 92:	Tretja nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,507$ s)			67
Slika 93:	Koordinatni sistem stebra v programu ETABS			69

Slika 94:	Koordinatni sistem T-nosilca v programu ETABS	70	
Slika 95:	Koordinatni sistem grede v programu ETABS	71	
Slika 96:	Prikaz položitve vzdolžne armature prednjega stebra	77	
Slika 97:	Steber A1	Slika 98: Steber B1	77
Slika 99:	Steber C1	Slika 100: Steber D1	77
Slika 101:	Prikaz položitve vzdolžne armature zadnjega stebra	78	
Slika 102:	Steber A2	Slika 103: Steber B2	78
Slika 104:	Steber C2	Slika 105: Steber D2	78
Slika 106:	Izračun prečnih sil po metodi načrtovane nosilnosti za konzolne stebre	79	
Slika 107:	Lastnost prereza v smeri lokalne osi 2 za $V_{CD,2}$ in $MR_{d,3}$	80	
Slika 108:	Lastnost prereza v smeri lokalne osi 3 za $V_{CD,3}$ in $MR_{d,2}$	80	
Slika 109:	Slika objekta robnih elementov	87	
Slika 110:	Diagram poteka prestavljene momentne linije T-nosilca	90	
Slika 111:	Diagram strižnih sil T-nosilca	90	
Slika 112:	Prikaz poteka količin potrebne vzdolžne armature	91	
Slika 113:	Prikaz pokritja potrebne vzdolžne armature T-nosilca z izbrano armaturo	91	
Slika 114:	Prikaz položitve vzdolžne in konstrukcijske armature po prerezu T-nosilca	92	
Slika 115:	Interakcijski diagram T-nosilca	93	
Slika 116:	Diagram poteka prestavljene momentne linije grede	98	
Slika 117:	Diagram strižnih sil grede	98	
Slika 118:	Prikaz poteka količin potrebne vzdolžne armature	99	
Slika 119:	Prikaz pokritja potrebne vzdolžne armature grede z izbrano armaturo	99	
Slika 120:	Prikaz položitve vzdolžne in konstrukcijske armature po prerezu grede	100	

Slika 121:	Interakcijski diagram grede	101	
Slika 122:	Prikaz že vnaprej pripravljenih armaturnih detajlov	105	
Slika 123:	Prikaz osnovnih funkcij določitve pogledov	106	
Slika 124:	Prikaz osnovnih funkcij inženirstva armiranja s palicami	107	
Slika 125:	Prikaz nabora osnovnih funkcij za polaganje armature	107	
Slika 126:	Funkcija za položitev zaprtega pravokotnega stremena	108	
Slika 127:	Funkcija za položitev zaprtega stremena po nosilcu	108	
Slika 128:	Funkcija za položitev ravne palice	108	
Slika 129:	Funkcija za položitev palice poljubne oblike	109	
Slika 130:	Prikaz polaganja armature na tekoči meter	109	
Slika 131:	Prikaz nabora možnosti položitve armature	109	
Slika 132:	Prikaz možnosti opisa polaganja armaturnih palic	110	
Slika 133:	3D armatura stebrov	113	
Slika 134:	3D armatura sredinskih stebrov 1	Slika 135: 3D armatura krajnih stebrov 1	114
Slika 136:	3D armatura sredinskih stebrov 2	Slika 137: 3D armatura krajnih stebrov 2	114
Slika 138:	3D armatura T-nosilcev 1	115	
Slika 139:	3D armatura T-nosilcev 2	115	
Slika 140:	3D armatura grede 1	116	
Slika 141:	3D armatura grede 2	116	
Slika 142:	3D prikaz krajnega stika – stremena so odprta	117	
Slika 143:	3D prikaz krajnega stika – stremena se po končani položitvi konstrukcijske armature zaprejo in zalijejo z betonom	117	
Slika 144:	3D prikaz stika na sredini – odprta stremena	118	

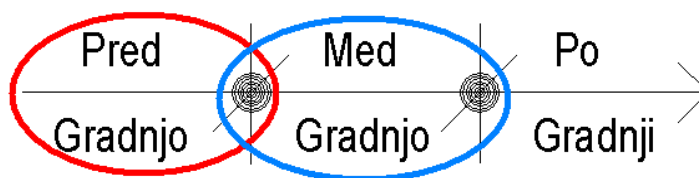
Slika 145:	3D prikaz stika na sredini – stremena se po končani položitvi konstrukcijske armature zaprejo in zalijejo z betonom	118	
Slika 146:	Izpis potrebne armature grede	120	
Slika 147:	Izpis potrebne armature prednjega stebra na sredini	121	
Slika 148:	Izpis potrebne armature prednjega krajnega stebra	122	
Slika 149:	Izpis potrebne armature zadnjega stebra na sredini	123	
Slika 150:	Izpis potrebne armature zadnjega krajnega stebra	124	
Slika 151:	Izpis potrebne armature T-nosilca	125	
Slika 152:	Simetričen 3D pogled stebra	Slika 153: Poljuben 3D pogled stebra	126

1 UVOD

Projektiranje stavbe med drugim vključuje zasnovo konstrukcije, njen statični izračun, dinamično analizo in dokumentiranje, kar zahteva izdelavo številnih modelov. Namen diplomske naloge je prikazati uporabnost informacijskega modela stavbe pri projektiranju konkretnega primera stavbe.

Obravnavana konstrukcija sodi v kategorijo montažnih armiranobetonskih hal, s tipično skeletno zasnovo, sestavljeno iz nosilnih linijskih konstrukcijskih elementov in je mišljena kot dozidava večjega poslovnega objekta. V nalogi smo posebno pozornost namenili statičnemu in dinamičnemu izračunu, dimenzioniranju, izdelavi arhitekturnih in armaturnih načrtov, 3D vizualizaciji ter umestitvi hale v prostor.

Osnovna ideja diplomske naloge je prikazati projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe. S pomočjo informacijskega modela stavbe lahko spremljamo gradnjo objekta od idejne zasnove, projektiranja za pridobitev gradbenega dovoljenja, za izvedbo, za potek vodenja procesov gradnje ter vse do končne izgradnje objekta. Pri večjih, bolj zahtevnih inženirskih objektih, kot so mostovi, pregrade in jezovi pride v poštev uporaba informacijskega modela objekta tudi po končanem procesu gradnje, saj nam omogoča nadzor ter izpis podatkov o obnašanju objekta pod določenimi obremenitvami. Tako lahko na primer merimo pomike, deformacije, napetosti ter ostale vrednosti. V nalogi se bomo omejili predvsem na procese pred in med gradnjo, kot prikazuje slika 1.

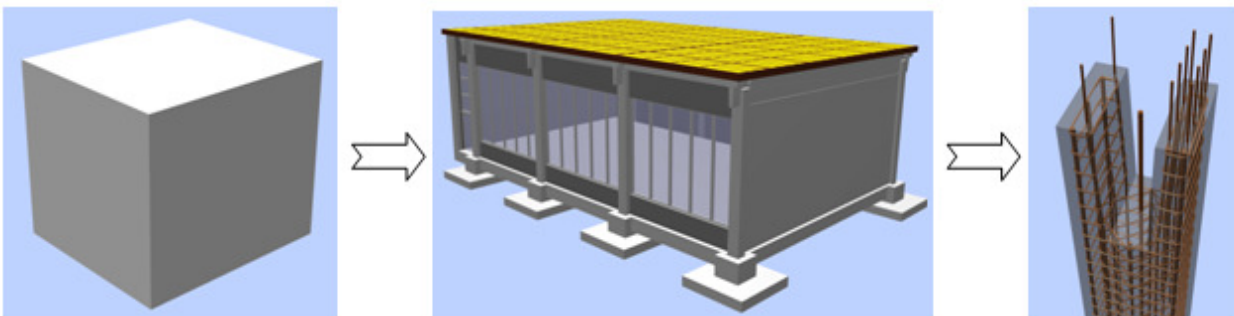


Slika 1: Prikaz časovnice informacijskega modela stavbe in faze gradnje, ki smo jih obravnavali v okviru naloge

V praksi obravnavamo vrsto različnih konstrukcij, ki jih lahko razvrstimo v različne kategorije zahtevnosti. Nič drugače ni z informacijskim modelom stavbe. Nabor podatkov se glede na zahtevnost ter obsežnost sorazmerno poveča. Podrobnost modeliranja se s fazami povečuje. V nalogi bomo opisali, katere podatke smo želeli zajeti in katere procese spremljanja gradnje izpostaviti.

Na začetku modeliranja osnovne gradnike predstavljajo elementi sestavljeni iz kock. Posledica tega je, da imamo zelo majhen nabor informacij. Temu primeren je tudi informacijski model stavbe. S prikazom razvoja od zasnove do konstrukcijskega sistema se nabor informacij modela stavbe zelo poveča. To lahko ponazorimo s izpisom števila gradbenih elementov, količino potrebnega materiala in določimo pozicije elementov. Sledijo izdelave načrtov, prereзов ter 3D pogledov. Informacijski model stavbe smo izdelali v treh glavnih fazah. Prikaz poteka razvoja modela prikazuje slika 2.

- Situacijski model prikazan s pomočjo osnovnega geometrijskega telesa
- Model konstrukcije
- Natančen model posameznega konstrukcijskega elementa



Slika 2: Prikaz razvoja informacijskega modela stavbe od primitivnega modela kocke do zasnove konstrukcije in prikaza posameznega gradbenega elementa

Poleg modeliranja, ki je bilo podprto z informacijskim modelom stavbe, so poudarki naloge na dimenzioniranju elementov (stebrov, nosilcev, gred in temeljev), vplivu potresa, določitvi obtežb, kontroli pomikov in tudi sami izvedbi stikov posameznih montažnih elementov (temelj-steber, steber-greda, steber-greda-nosilec).

Pri zasnovi modela konstrukcije smo uporabili prostorski model in predpostavili členkaste povezave med konstrukcijskimi elementi. Zaradi tega se vsa potresna energija disipira v plastičnih členkih, ki se razvijejo ob vpetju stebrov v temelj. Na teh mestih moramo zagotoviti primerno duktilnost, ki je odvisna od izbranega načina projektiranja. V našem primeru smo se odločili za projektiranje s srednjo stopnjo duktilnosti (DCM).

Hala je projektirana po postopku, ki je predpisan v standardu EC8. Obravnavana hala se nahaja na območju s projektnim pospeškom 0,100 g. Zaradi tega so potresne obremenitve relativno majhne.

Velik del pozornosti smo namenili še grafičnemu prikazu posameznih gradbeno-tehničnih detajlov in izpisu armaturnih načrtov za celotno konstrukcijo. Poleg izpisa armaturnih načrtov smo priložili tudi izpis količin potrebne armature za vsak gradbeni element posebej.

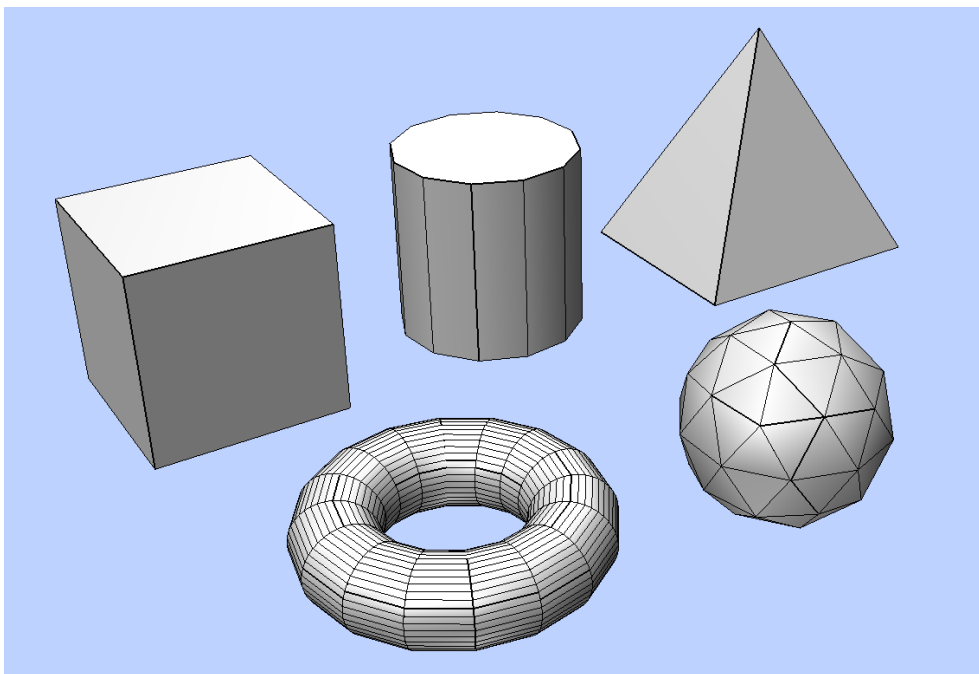
Pri analizi konstrukcije smo si pomagali s programi: TOWER 6, DIAS in ETABS. Pri risanju armaturnih načrtov, opažnih načrtov, pozicioniranju armature ter izpisu potrebnih količin armature pa nam je bil v veliko pomoč program ALLPLAN 2009.

- 4 Mirkac, T. 2010. Projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe. Dipl.nal.-Uni.Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.

2 MODELIRANJE SITUACIJE

2.1 Opis modela in gradnikov

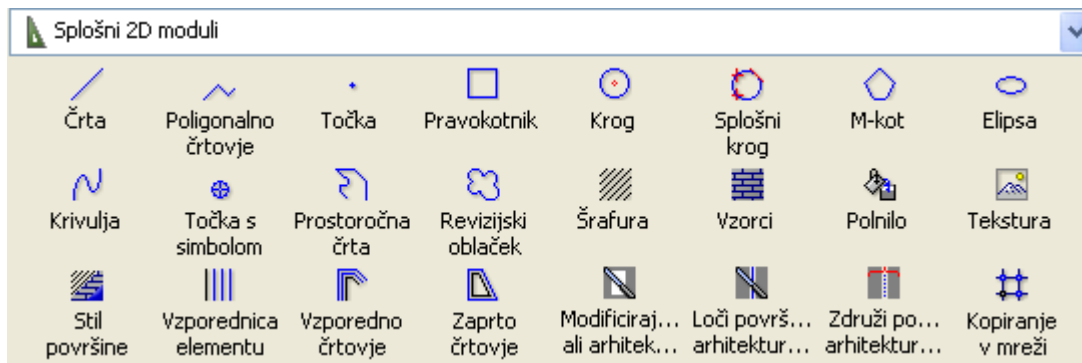
S pomočjo 3D modela želimo prikazati situacijo in lego obravnavane hale v industrijski coni. Pri prikazu situacije oziroma urbanističnega planiranja smo si pomagali s programom ALLPLAN 2009. Za simulacijo obstoječih zgradb ter simulacijo nove hale smo kot osnovne gradnike uporabili geometrijska telesa. Najpogosteje smo za prikaz in obdelavo modela uporabili model kocke. S pomočjo preprostega modela kocke bomo na podlagi urbanističnih podlog prikazali dejansko 3D situacijo objektov ter njihovo umestitev v prostor. Tako kocka predstavlja najosnovnejši gradbeni element oziroma gradnik. Osnovni model stavbe bomo tekom naloge razvijali in ga nadgradili z novimi, zahtevnejšimi elementi, kar se bo lepo videlo na informacijskem modelu stavbe.



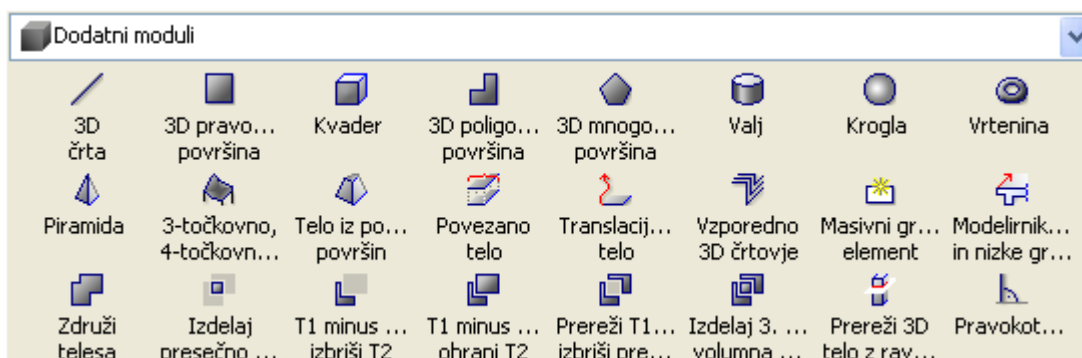
Slika 3: Prikaz osnovnih geometrijskih teles

2.2 Opis postopka modeliranja

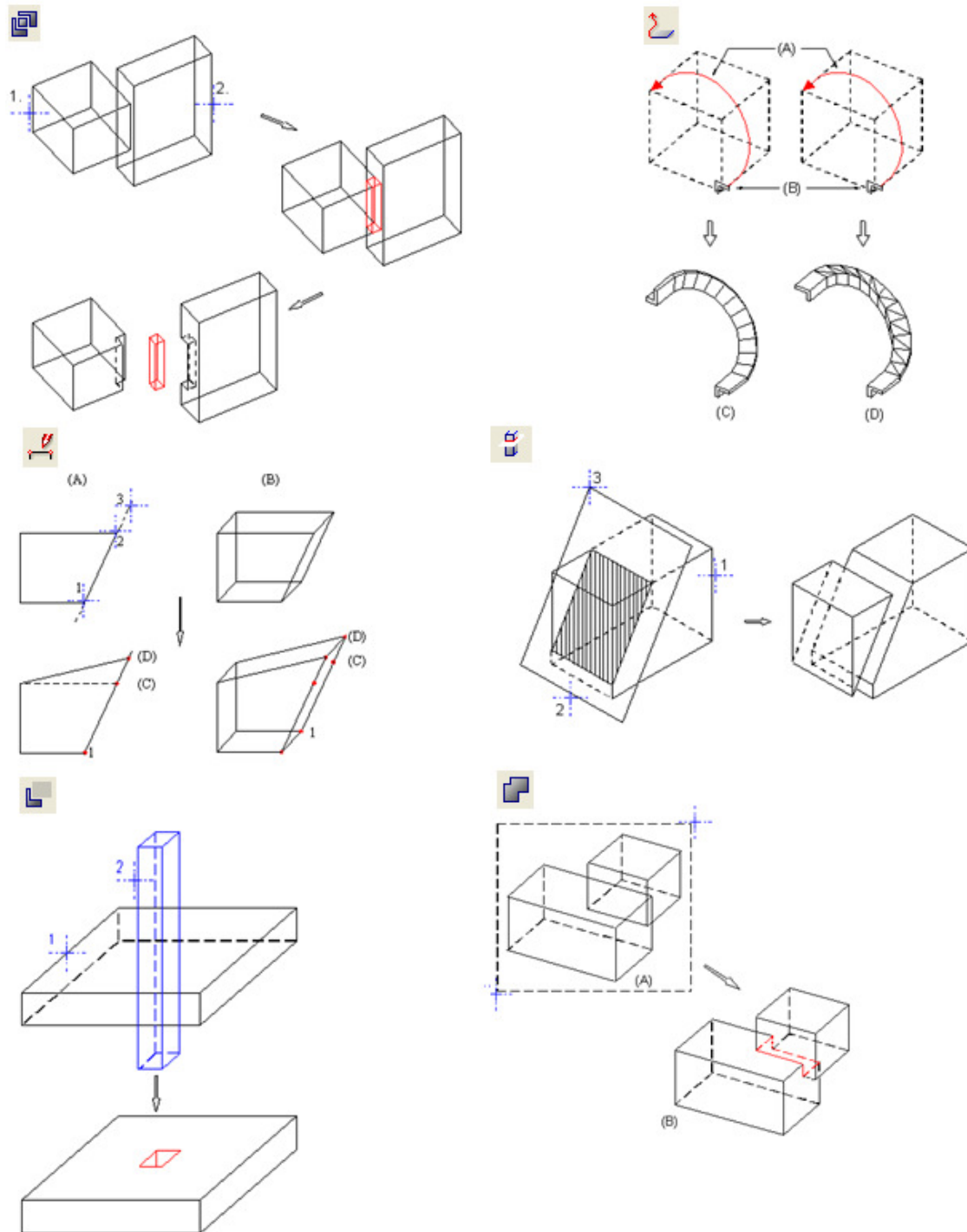
Poleg kocke kot osnovnega modela konstrukcije smo lahko s pomočjo programa ALLPLAN 2009 in knjižnice ukazov, ki so nam na voljo, kocko poljubno oblikovali. Tako smo kocke med seboj združevali, kopirali, jih rezali ter jim spreminjali obliko in volumne. To smo naredili s pomočjo ukazov, zbranih v knjižnici dodatnih modulov, oziroma s pomočjo 3D modelirnika preprostih elementov. V veliko pomoč pri 3D modeliranju pa nam je bil osnovni splošni 2D modul, s pomočjo katerega lahko rišemo poljubne črte, kroge, elipse, dodajamo šrafure ter teksture elementom. Prav tako lahko določamo stil površine, polaganje elementov po območju, dodajanje polnil ter izdelavo črt pomožne konstrukcije.



Slika 4: Prikaz nabora osnovnih funkcij



Slika 5: Prikaz nabora funkcij dodatnega modula



Slika 6: Prikaz uporabe osnovnih funkcij, s katerimi lahko tvorimo geometrijska telesa, tako da jih režemo, odštevamo, združujemo, raztegujemo ter jim računamo volumne

S pomočjo ukazov, ki so prikazani na slikah 4, 5 in 6, smo izdelali relief terena, umestili cesto ter izdelali model celotne industrijske cone. Pri prikazu modela industrijske cone smo si pomagali z urbanističnimi podlogami, ki tlorisno prikazujejo lego objektov v prostoru.

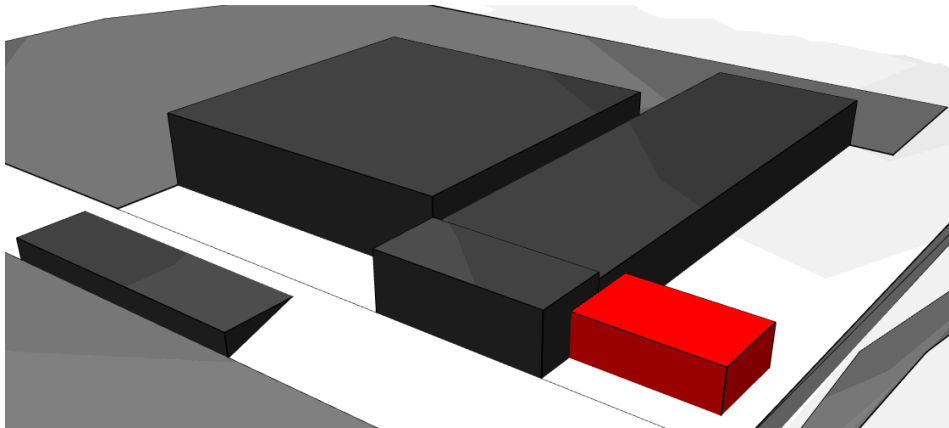
Prikaz objektov s pomočjo modela kock je zelo preprost. Tako smo na mesta, kjer so v urbanističnih podlogah prikazani objekti, vrisali kocke. Dimenzije le teh so tlorisno v urbanistični podlogi že določene, kar nam zelo olajša delo. Vse, kar moramo storiti je, da kockam podamo dejanske višine in osnovni model objekta je s tem zaključen.

Na podoben način, kot smo izdelali modele objektov, smo izdelali tudi hribino in cesto. Pri izdelavi ceste in hribine smo uporabili funkcijo 3D poligonalnih površin. Ta funkcija nam omogoča, da na podlagi urbanistične podloge sledimo cesti oziroma plastnicam po prostoru. Vse, kar moramo storiti je, da obrisu ceste in hribine dodamo še tretjo dimenzijo in jo iz 2D modela spremenimo v 3D. Tako lahko dobljen model s pomočjo ostalih funkcij 3D modelirnika poljubno krivimo, spreminjamo obliko in naklon.

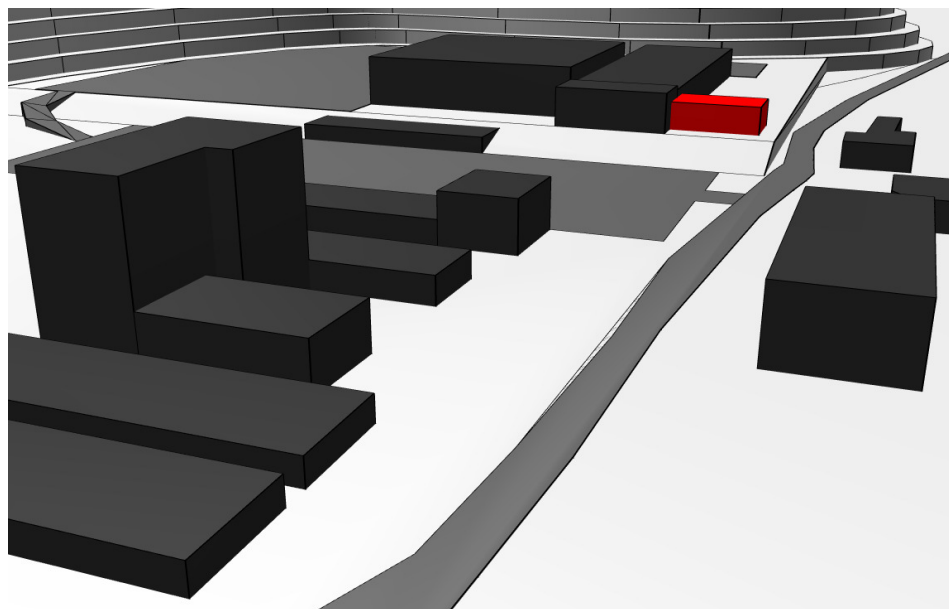
Zaradi lažjega in bolj nazornega prikaza nove situacije v prostoru je obravnavan model kocke obarvan rdeče. S tem smo želeli poudariti in nedvoumno prikazati lego objekta. Vidimo, da je obravnavan objekt veliko manjši od že obstoječih in da je mišljen kot dozidava večjemu objektu.

2.3 Prikaz rezultatov modeliranja

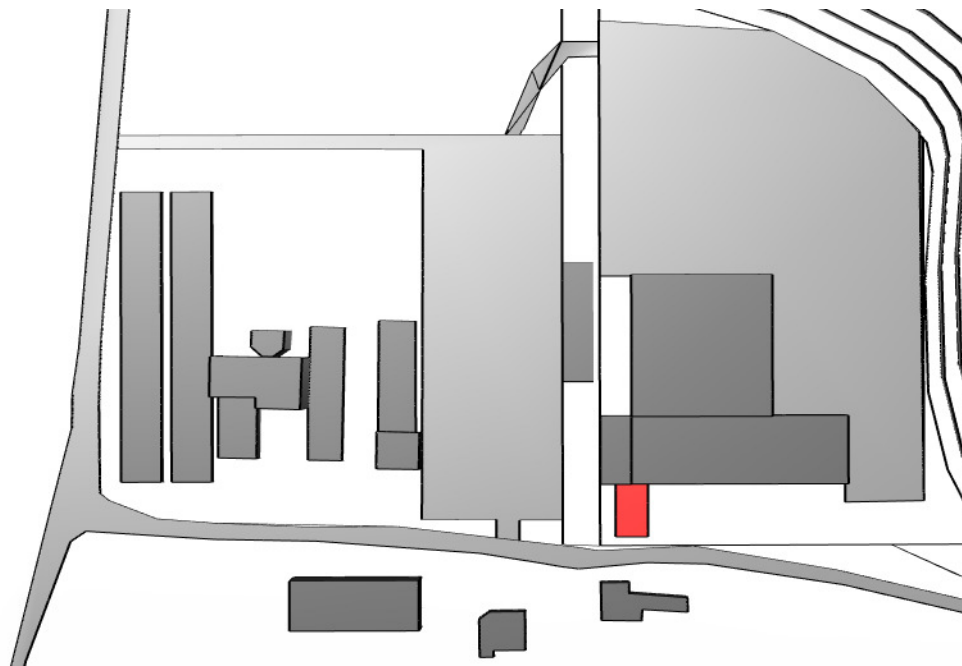
Prikaz umestitve obravnavane montažne hale v prostor, kot dozidavo že obstoječega objekta.
Naša obravnavana hala je zaradi bolj nazornega prikaza obarvana rdeče.



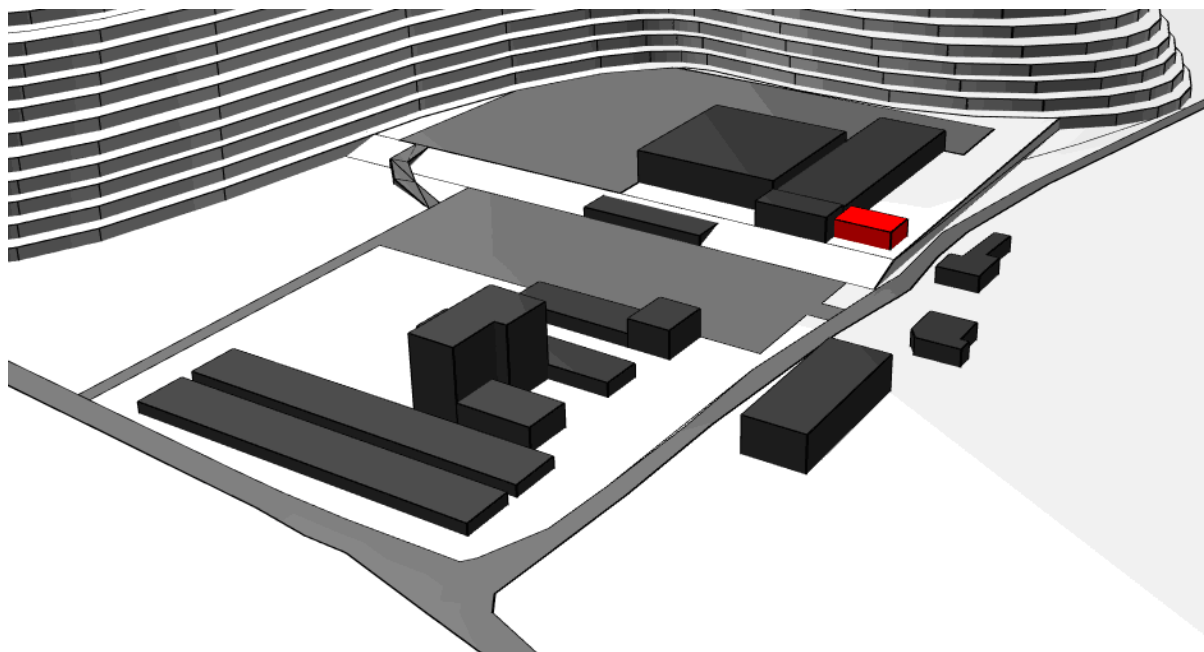
Slika 7: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 1



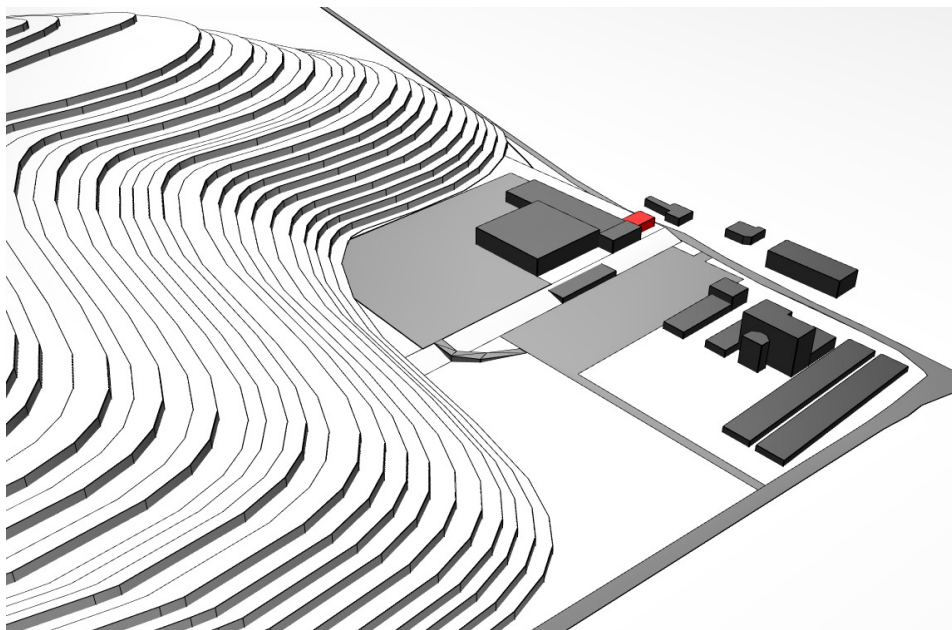
Slika 8: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 2



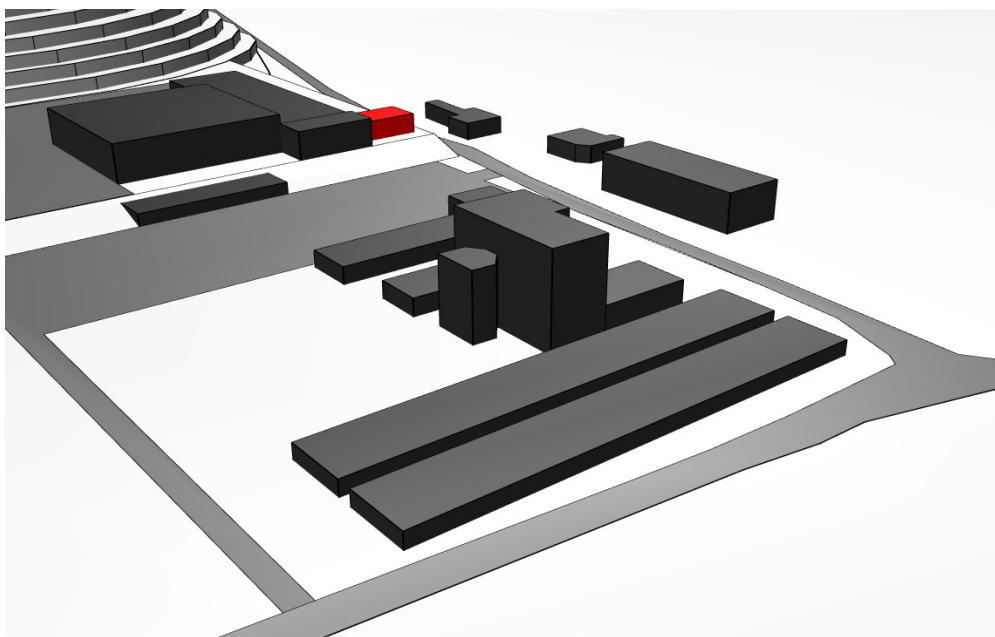
Slika 9: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 3



Slika 10: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 4



Slika 11: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 5

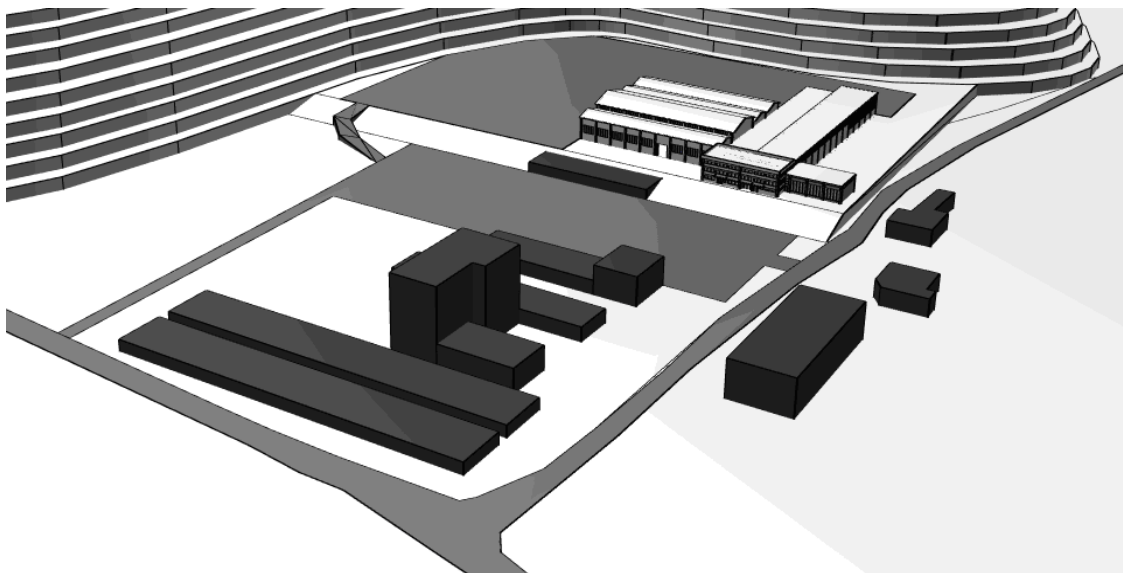


Slika 12: 3D prikaz situacije obstoječih objektov in obravnavane AB montažne hale 6

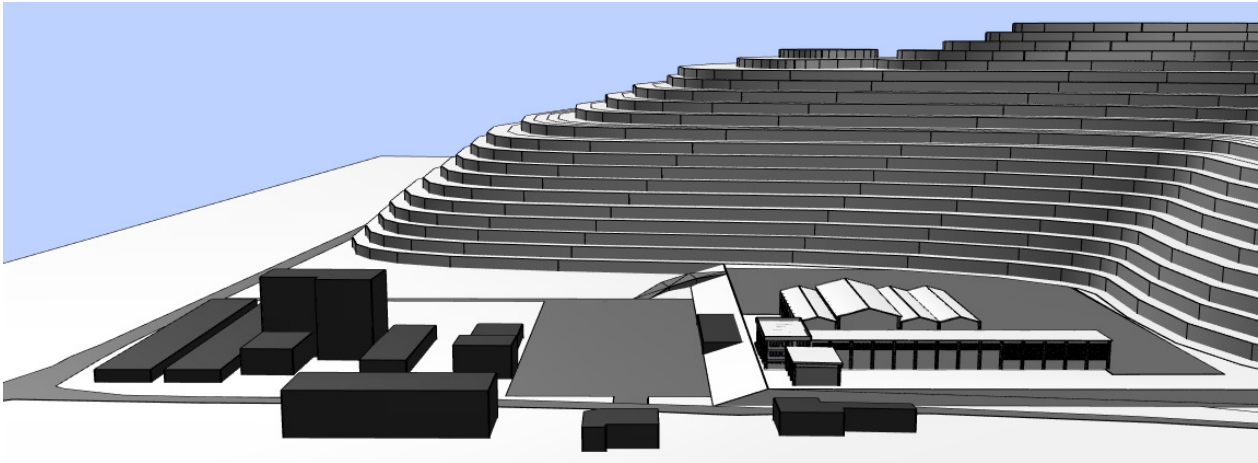
2.4 Uporaba rezultatov modeliranja

Zadnji korak pri izdelavi modela oziroma modeliranju je umestitev celotnega kompleksa v prostor. Za razliko od prikazane prvotne situacije, kjer so naše dejanske objekte predstavljali objekti narejeni iz kock, je prikaz umestitve 3D modelov stavb v prostor veliko bolj realen in predstavlja dejansko stanje v prostoru. Uporaba rezultatov 3D prikaza umestitve celotnega kompleksa v prostor nam služi predvsem takrat, kadar želimo naročnikom ali javnosti prikazati kako bo predviden objekt v prostoru izgledal. Kakšen poseg bo to za prostor in okolico ter kakšni bodo vplivi objekta na sosednje stavbe. Prav tako lahko s pomočjo 3D modela situacije določimo orientacijo objektov ter osvetljenost prostorov.

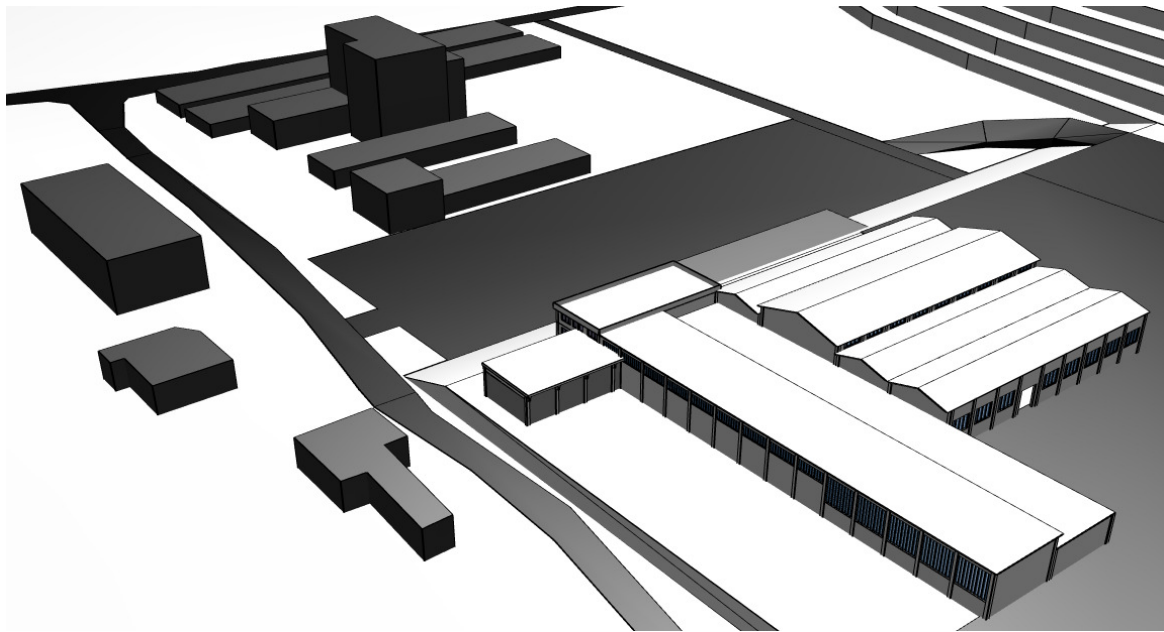
Zavedati se moramo, da smo določene stvari kar se tiče modeliranja poenostavili. Tako so objekti, ki so v neposredni bližini obravnavanega kompleksa, za nas nebitveni in so še vedno prikazani kot kocke. Ostalo v prostoru ostaja nespremenjeno, tako ceste kot hribina, ki se razprostira vzdolž industrijske cone. Pot oziroma postopek izdelave modela stavbe bomo bolj natančno opisali v naslednjem poglavju.



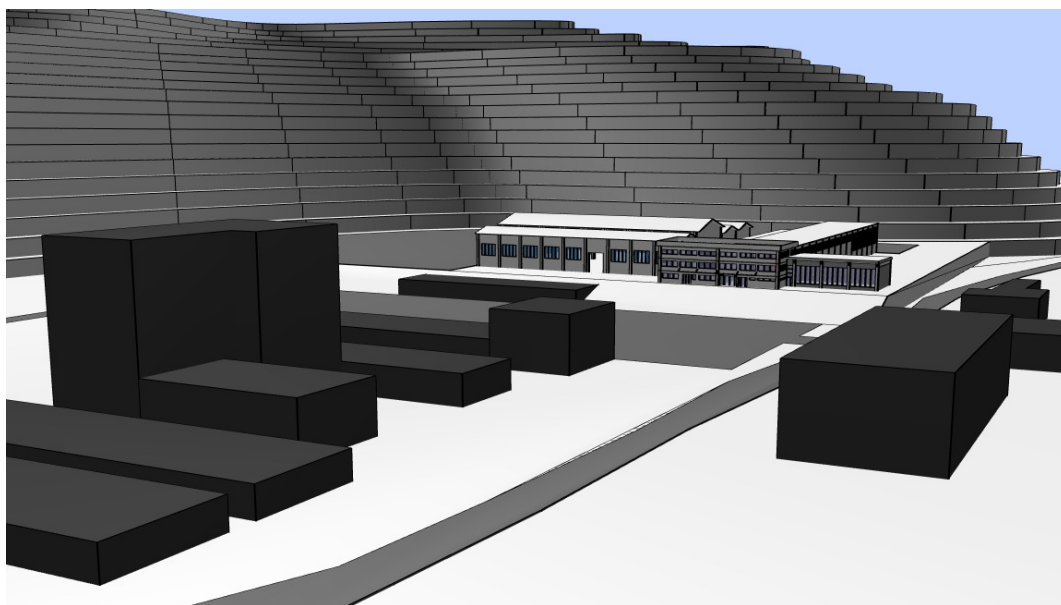
Slika 13: 3D prikaz situacije celotnega kompleksa 1



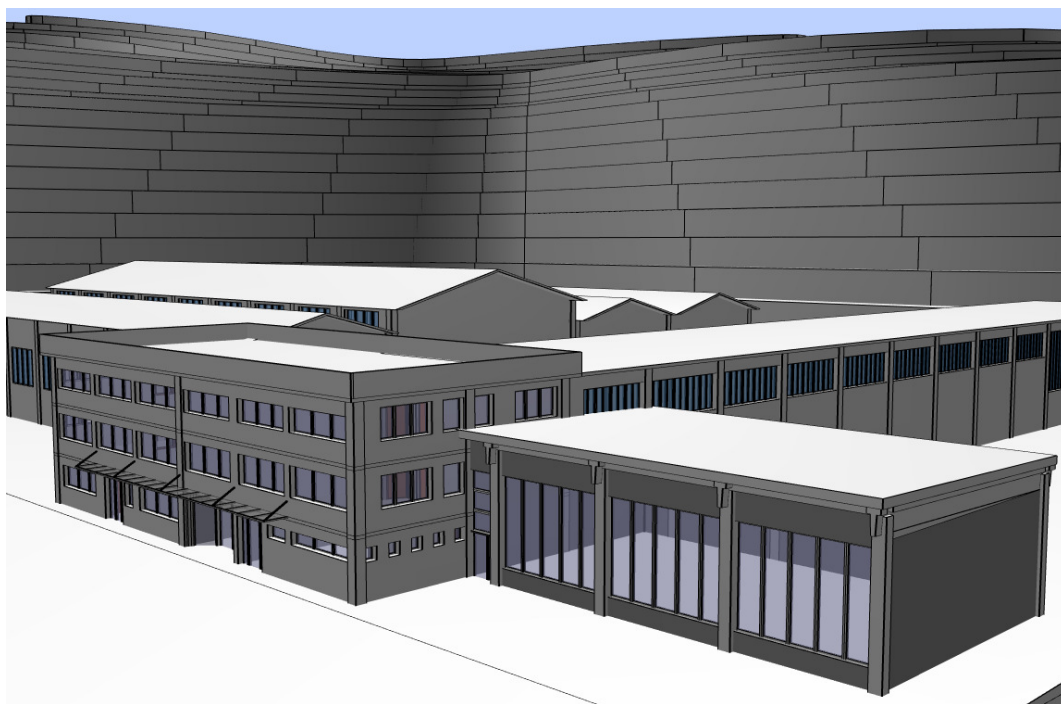
Slika 14: 3D prikaz situacije celotnega kompleksa 2



Slika 15: 3D prikaz situacije celotnega kompleksa 3



Slika 16: 3D prikaz situacije celotnega kompleksa 4



Slika 17: 3D prikaz situacije celotnega kompleksa 5

- 14 Mirkac, T. 2010. Projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe. Dipl.nal.-Uni.Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.

3 MODELIRANJE STAVBE

V tem poglavju bomo obravnavali modeliranje stavb ter tako večji del pozornosti namenili razvoju 3D modela stavbe od kocke do končnega modela stavbe. Obravnavali bomo vsak del objekta posebej, katerega del bo tudi naša obravnavana montažna hala in jih kasneje združili v celoto.

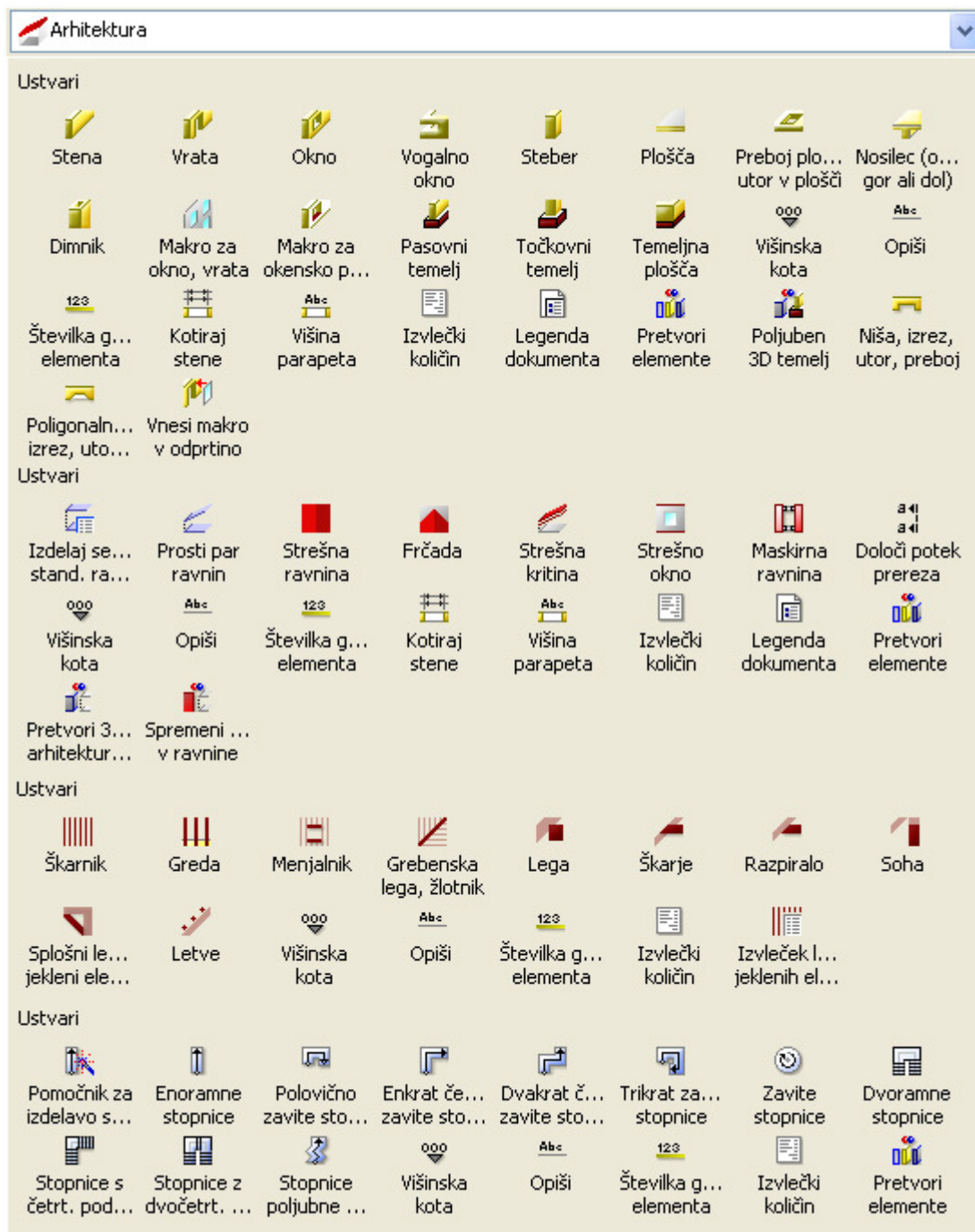
3.1 Opis modela in gradnikov

Iz slik 13, 14, 15, 16 in 17, ki nam prikazujejo situacijo, vidimo, da je celotni kompleks zgradb sestavljen iz štirih med seboj različnih objektov. Ti objekti so del gospodarskega kompleksa in vsak zase predstavlja zaključeno celoto. Ločijo se po obliki, dimenzijah in po namenu oziroma dejavnostih, katerim so namenjeni.

Modelirali smo dve industrijski hali, upravno stavbo ter našo obravnavano montažno halo. Vsak objekt smo modelirali posebej in jih nato združili v celoto. Pri modeliranju si bomo pomagali s programom ALLPLAN 2009, saj nam ta program omogoča zelo kvaliteten in natančen prikaz 3D modela stavbe.

Če smo v prejšnjem poglavju izhajali iz preprostega modela kocke, bomo sedaj uporabili že vnaprej pripravljene končne gradbene elemente, ki se nahajajo v knjižnici osnovnih gradnikov. Tako lahko v knjižnici osnovnih gradnikov najdemo model stene, stebra, oken, vrat, stopnic, strehe, temeljev, strešnih ravnin, frčad, dimnikov itd.

Več o tem pa v naslednjem poglavju, kjer bomo bolj podrobno opisali uporabo teh gradnikov ter postopek modeliranja.



Slika 18: Prikaz nabora funkcij modula arhitektura

3.2 Opis postopka modeliranja

Vsak izmed obravnavanih objektov je sestavljen iz že pripravljenih gradnikov, ki jih lahko najdemo v knjižnici programa ALLPLAN 2009. Ob uporabi že vnaprej pripravljenih gradnikov je modeliranje zelo preprosto. Vse, kar je potrebujemo je, da elementom podamo želene dimenzije in jih vrišemo v načrt na mesto, kamor jih želimo postaviti. Elementom tako lahko spreminjamo višino, debelino, pozicijo in obliko.

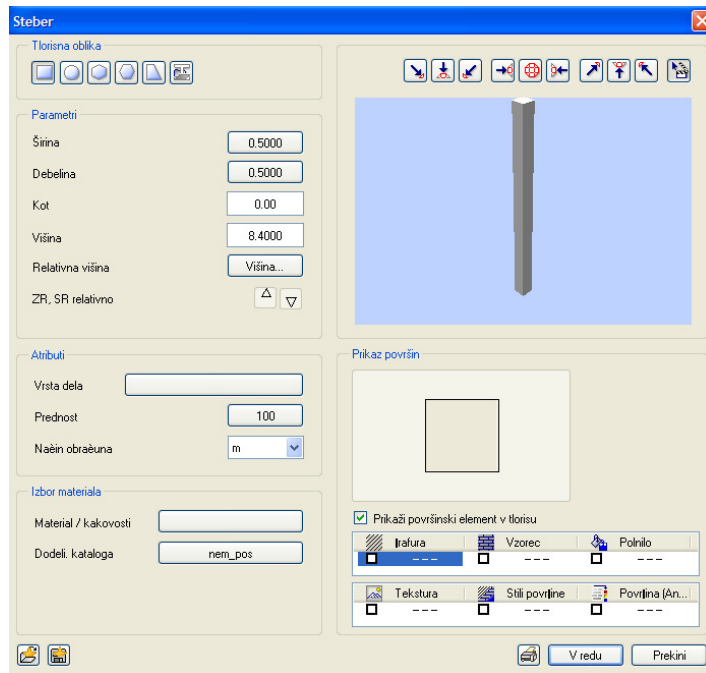
Pri modeliranju smo uporabili ukaze, ki se nahajajo v modulu arhitektura. Ti ukazi zajemajo celo paleto možnosti, kako in na kakšen način oblikovati oziroma modelirati objekt. Tako ima ta modul poleg širokega nabora ukazov za modeliranje tudi možnost izpisa dobljenih rezultatov.

Tako lahko izpišemo volumne posameznih elementov, izpis količine materiala, izračune površin, kotiranje prerezov, tlorisov ter posameznih gradbenih elementov.

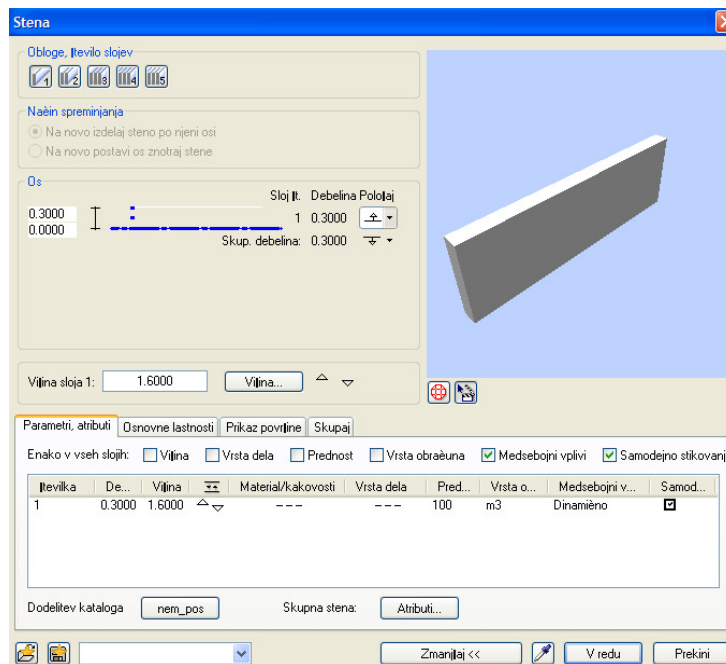
Nas bodo poleg osnovnih funkcij najbolj zanimali že vnaprej pripravljeni gradbeni elementi, ki smo jih v uvodu nekaj že omenili. Tako bomo vertikalne linijske elemente modelirali predvsem s pomočjo modela stebra, medtem ko bomo horizontalne linijske elemente modelirali z nosilci in gredami. Ploskovne elemente bomo modelirali s stenami in ploščami. Za bolj točen in realen prikaz ploskovnih elementov bomo izdelali tudi odprtine za posamezne elemente. Tako bomo izdelali odprtine na tistih mestih, kjer so okna, vrata, preboji plošč, odprtine za stopnice itd.

Prav tako lahko modeliramo tudi temelje. Izbiramo lahko med točkovnimi, linijskimi temelji in temeljno ploščo. Kot pri vseh ostalih že pripravljenih gradnikih imamo tudi pri modeliranju strehe na voljo ogromno funkcij, ki nam pomagajo izdelati še tako zahtevno strešno konstrukcijo. Tako lahko izdelamo strešne ravnine, frčade, škarnike, lege, škarje, sohe, razpirala, določitev strešne kritine, vgradnje strešnih oken itd.

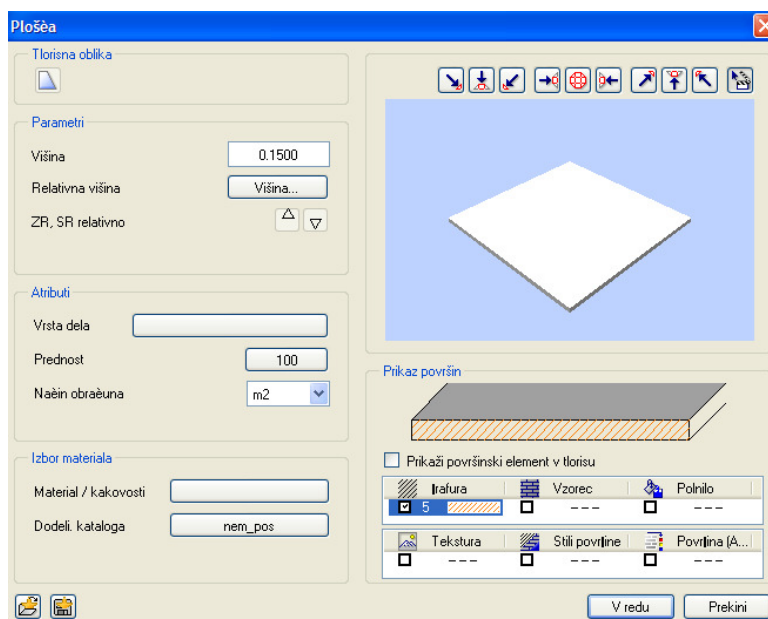
Na priloženih slikah je prikazan nabor osnovnih orodij oziroma gradnikov, ki nam olajšajo delo pri modeliranju. Najbolj pogosto uporabljeni gradniki, kot so steber, stena, temelj, streha so v nadaljevanju tudi bolj podrobno slikovno predstavljeni.



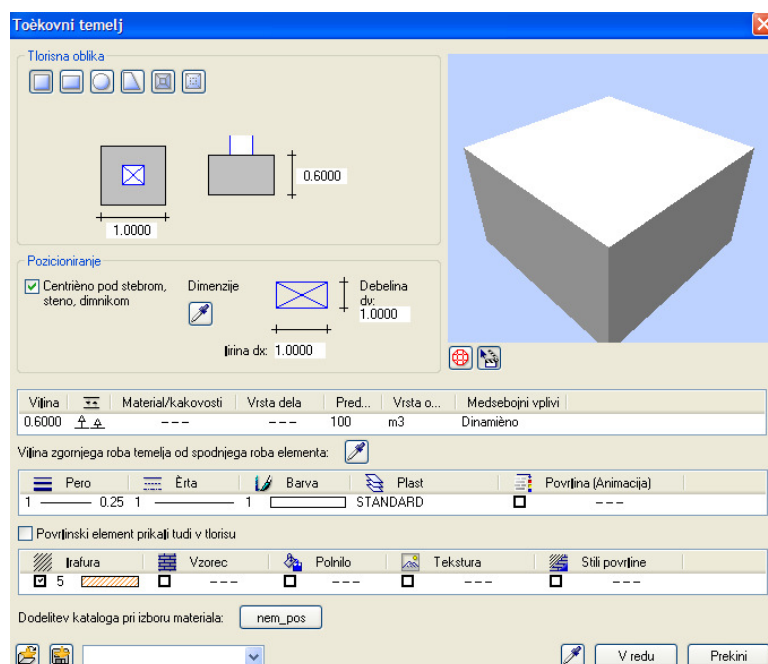
Slika 19: Prikaz modela stebra kot že vnaprej pripravljene gradbenega elementa



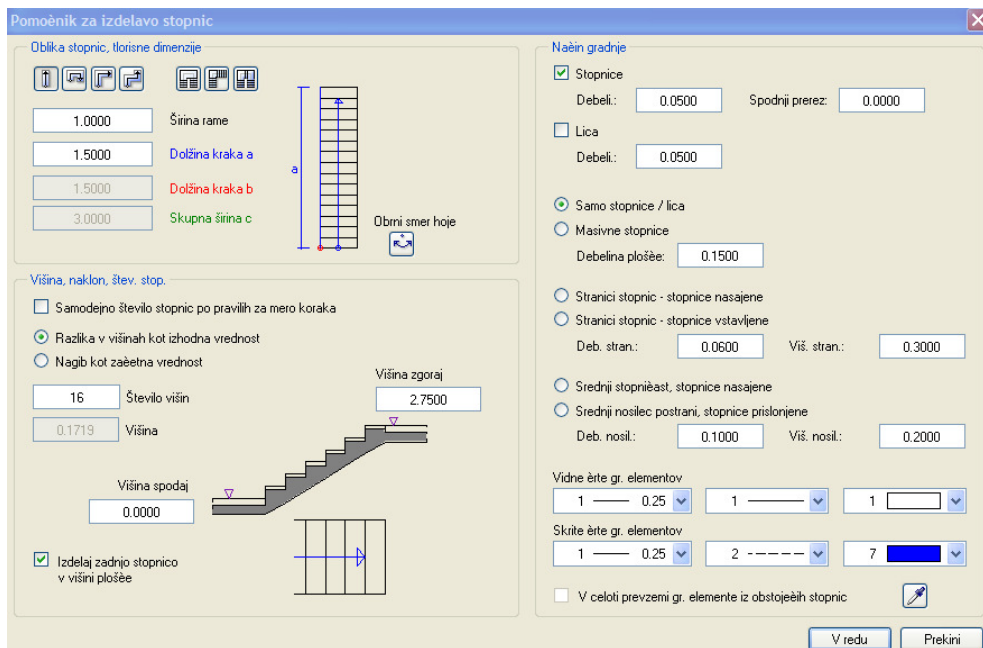
Slika 20: Prikaz modela stene kot že vnaprej pripravljene gradbenega elementa



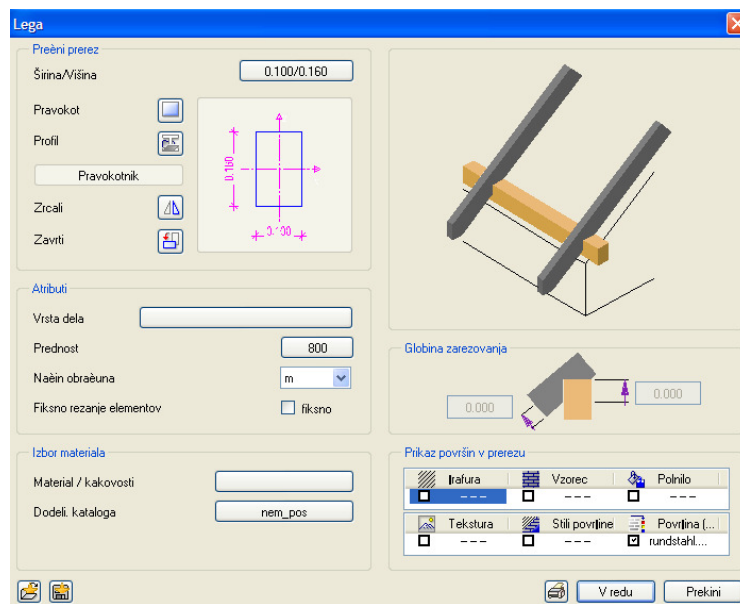
Slika 21: Prikaz modela plošče kot že vnaprej pripravljene gradbenega elementa



Slika 22: Prikaz modela temelja kot že vnaprej pripravljene gradbenega elementa



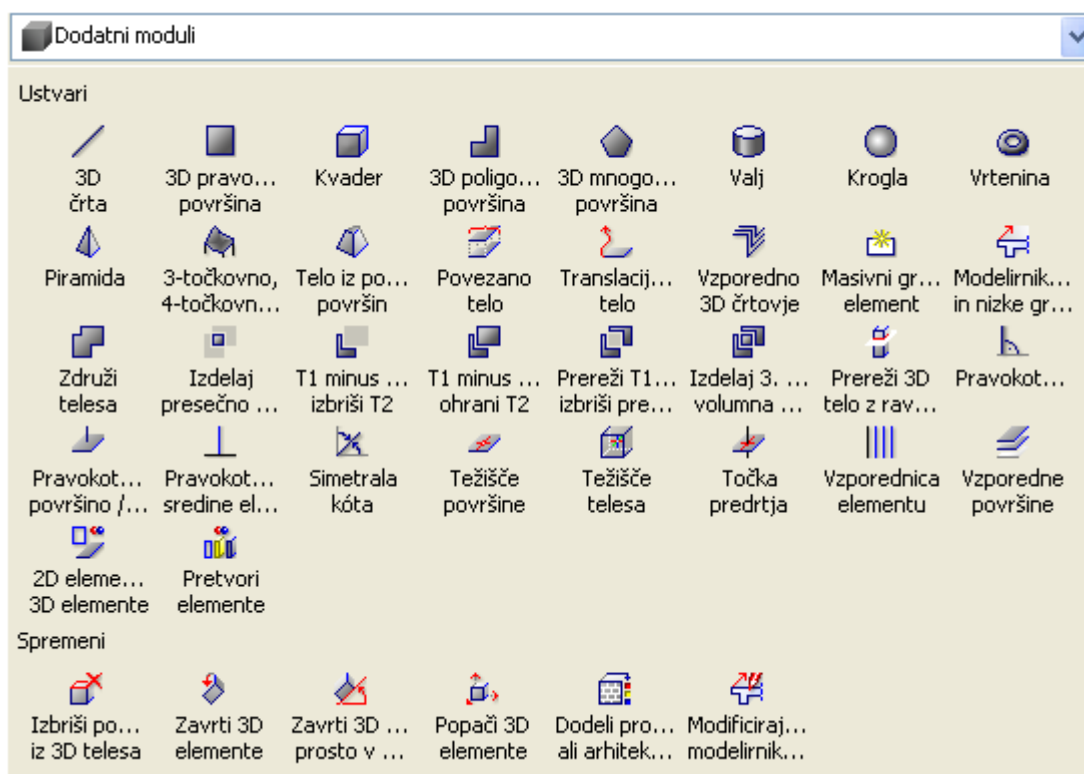
Slika 23: Prikaz modela stopnic kot že vnaprej pripravljene gradbenega elementa



Slika 24: Prikaz izdelave strehe

Pri modeliranju bolj zahtevnih gradbenih elementov, katerih ni mogoče najti v knjižnici elementov, pa nam je v veliko pomoč 3D modelirnik. Z njegovo pomočjo lahko oblikujemo poljubne oblike elementov, jih režemo, krivimo, združujemo, računamo volumne itd.

3D modelirnik nam je bil predvsem v veliko pomoč pri modeliranju stebrov, ki so imeli na vrhu viličasto podporo in T-nosilcev, ki se jim je spreminjala debelina stojine in so imeli obenem tudi na določenih mestih prekinjeno pasnico. Na spodnji sliki je prikaz osnovnih funkcij 3D modelirnika, katere smo uporabili pri modeliranju bolj zahtevnih gradbenih elementov oziroma tistih elementov, ki jih ni mogoče najti v knjižnici modelov posameznih gradnikov.



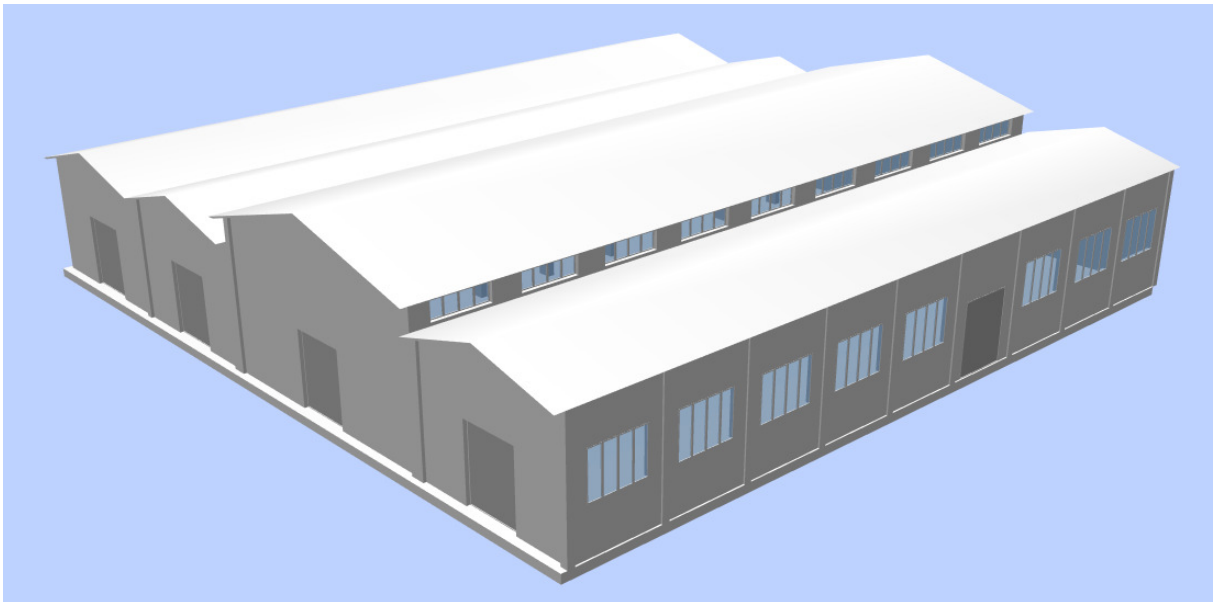
Slika 25: Prikaz nabora funkcij 3D modelirnika

3.3 Prikaz rezultatov modeliranja

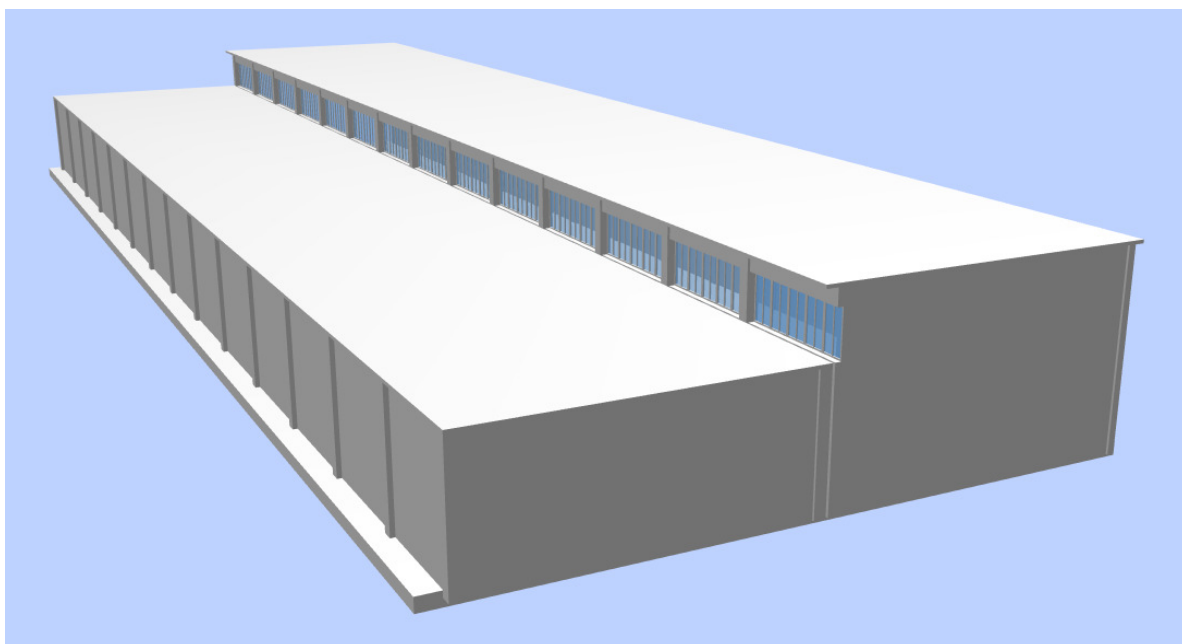
Ob poznavanju vseh možnosti, katere nam nudi program in ob smiselnem povezovanju znanja ter poznavanju programskega ozadja je izdelava 3D modela stavbe zelo preprosta. Pri izdelavi modela stavbe smo uporabili vse našete gradbene elemente, ki so nam na voljo v knjižnici elementov in po potrebi s pomočjo 3D modelirnika izdelali bolj zahtevne gradbene elemente.

Zaradi lažje obvladljivosti in večje transparentnosti modela stavbe smo se odločili modelirati vsak objekt posebej in jih nato združiti v celoto. Tako smo posebej modelirali obe industrijski hali, upravno poslopje ter na koncu še obravnavano armiranobetonsko halo.

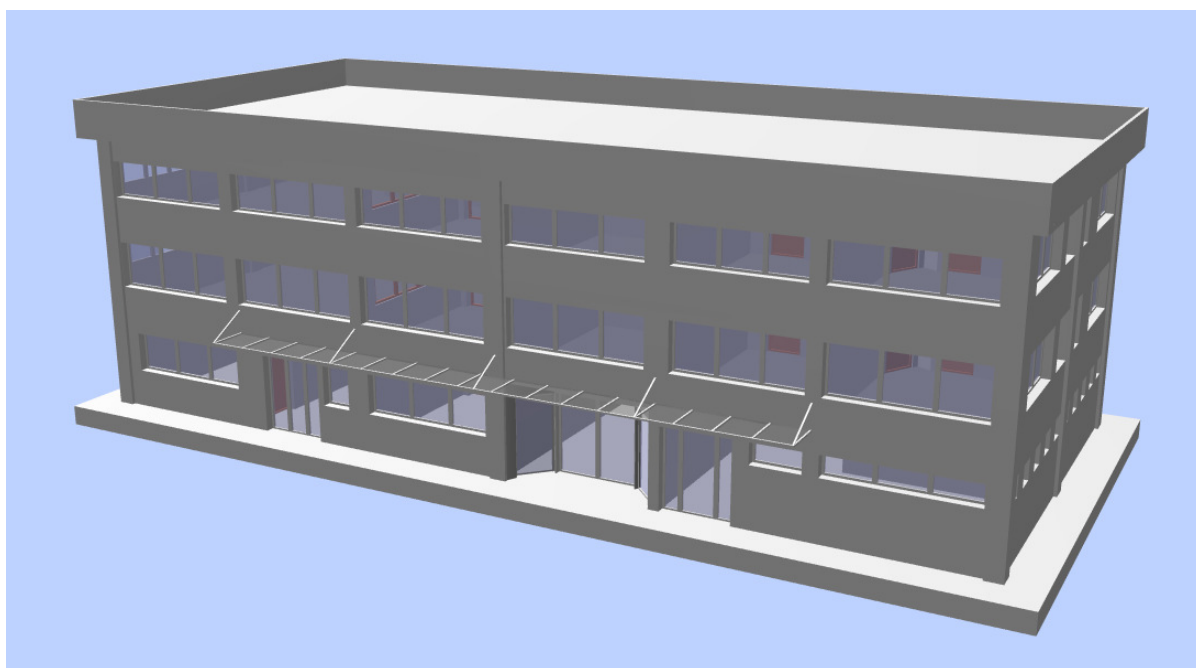
Poleg osnovnih gradbenih elementov (sten, stebrov, plošč, temeljev, stopnic), ki sestavljajo naš osnovni model stavbe, smo v model stavbe vključili še ostale gradnike, kot so okna, vrata, streha ... Tako smo dosegli realno podobo stavbe, prikazane s 3D modelom.



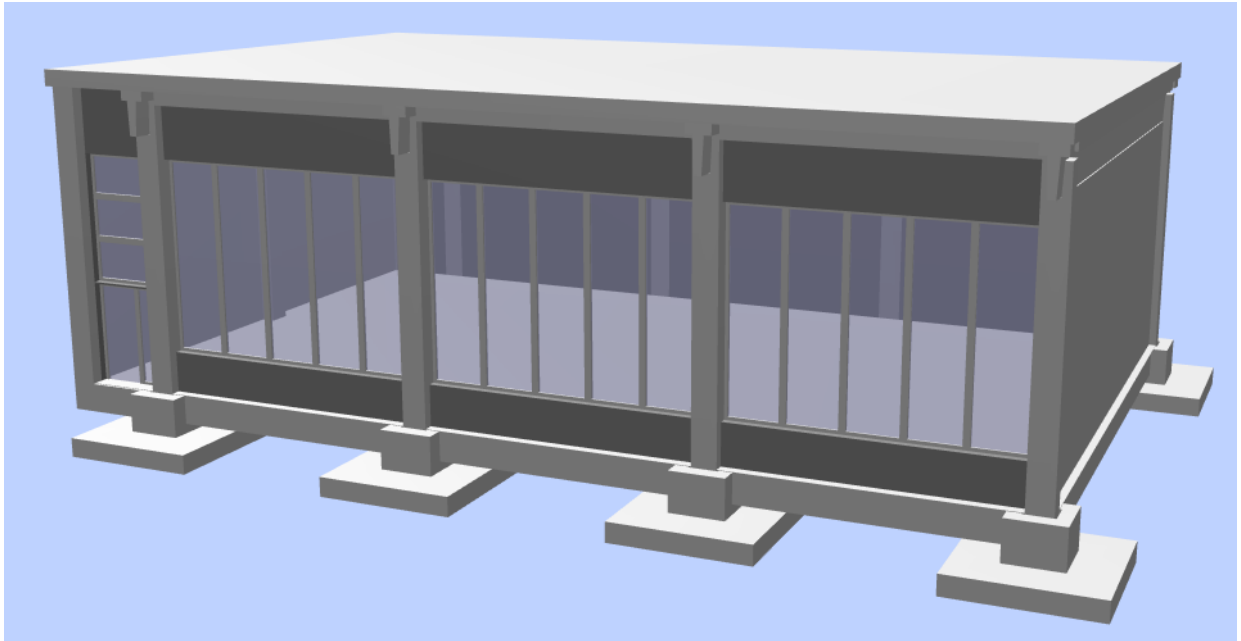
Slika 26: Model hale 1



Slika 27: Model hale 2

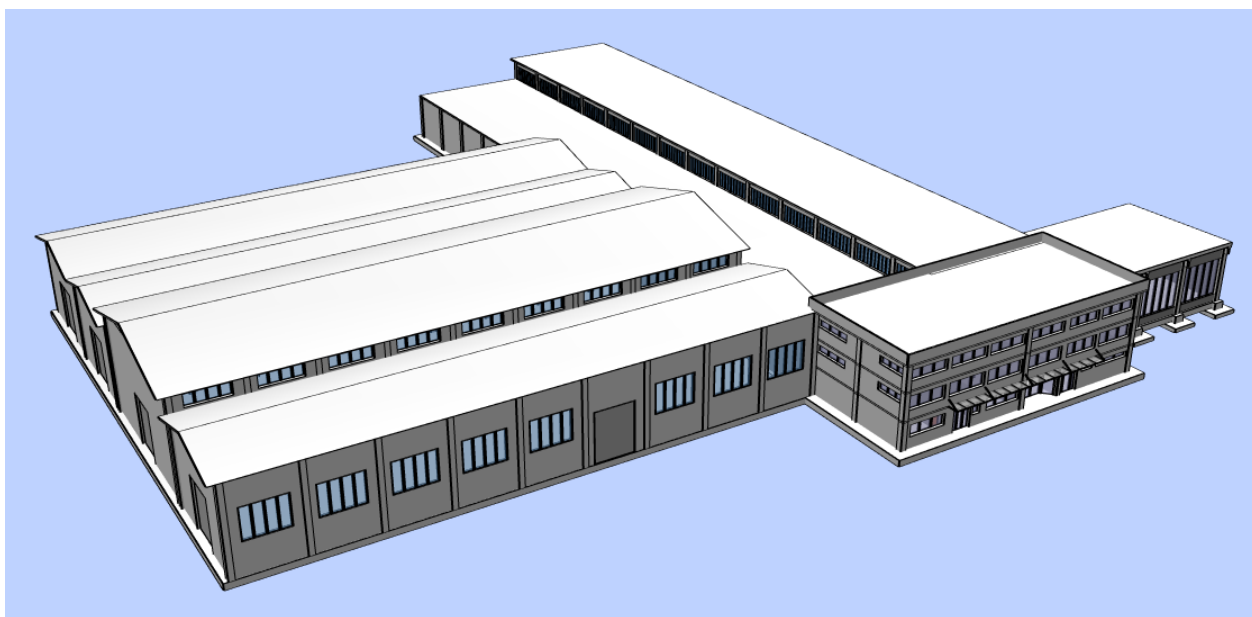


Slika 28: Model upravne stavbe

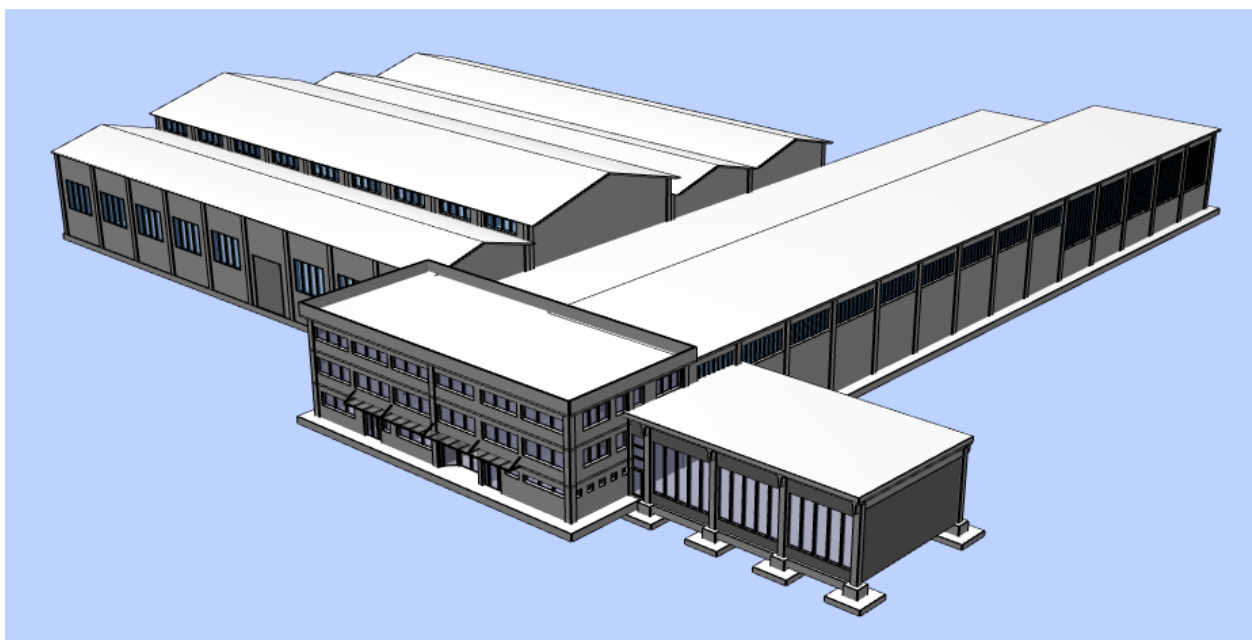


Slika 29: Model obravnavane hale

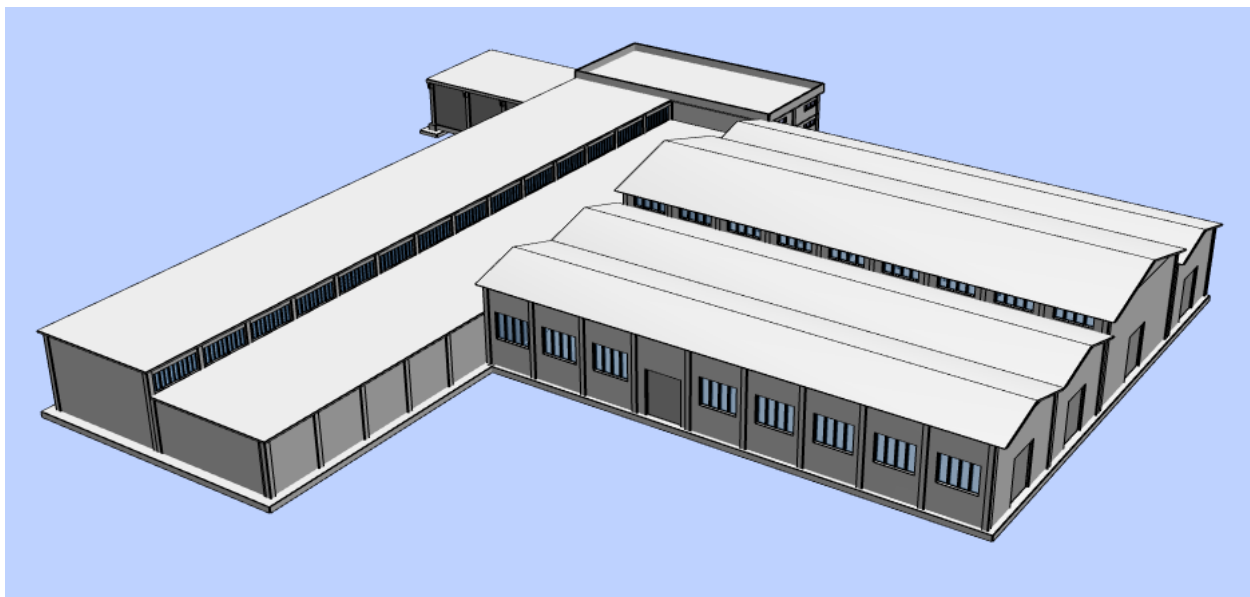
Osnova za prikaz 3D modela celotnega kompleksa je pravilna in točna razporeditev zasnove v plasteh (angleško: layerjih). Layerji omogočajo, da lahko obravnavamo vsak model stavbe posebej, medtem ko so ostali modeli stavb izklopljeni ali zamrznjeni. Tako veliko lažje in pregledneje obdelujemo vsakega zase in jih nato združimo v celoto. Več o tem sledi v nadaljevanju, ko bomo podrobneje predstavili postopnost gradnje s pomočjo programa ALLPLAN 2009.



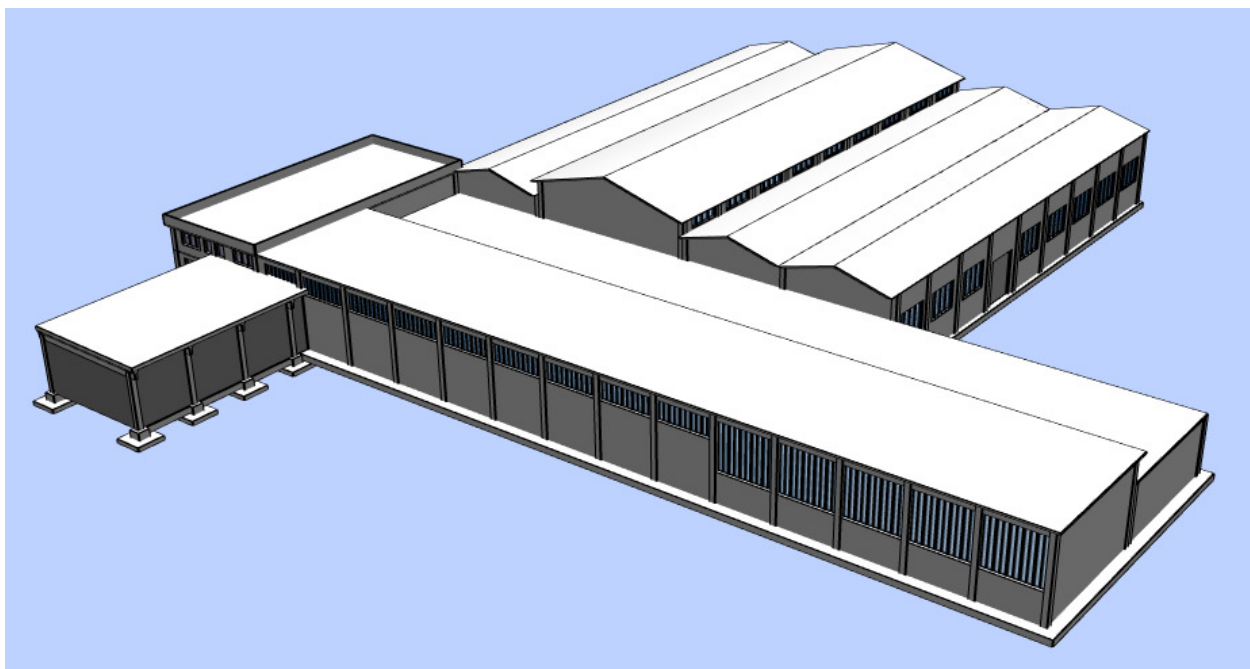
Slika 30: Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na jugovzhod



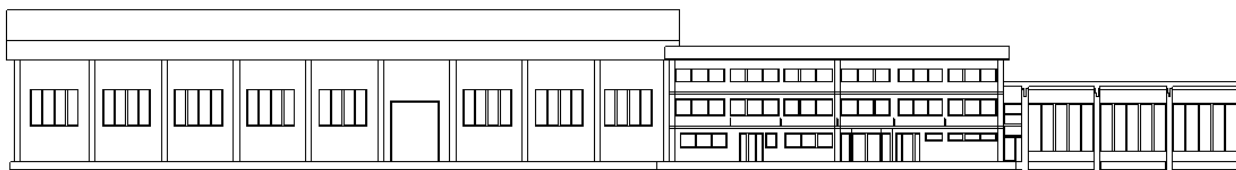
Slika 31: Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na severovzhod



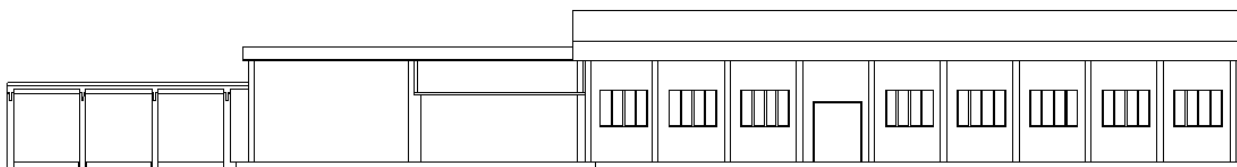
Slika 32: Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na jugozahod



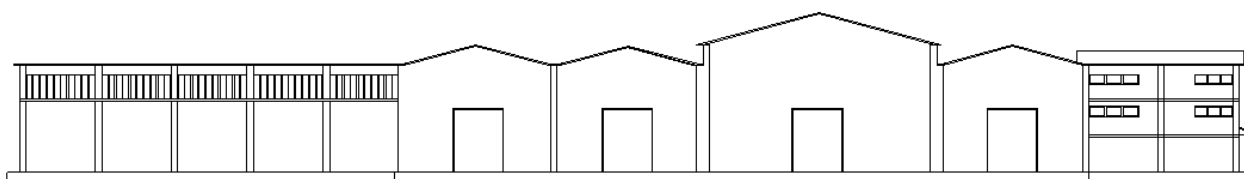
Slika 33: Prikaz celotnega kompleksa orientiranega na severozahod



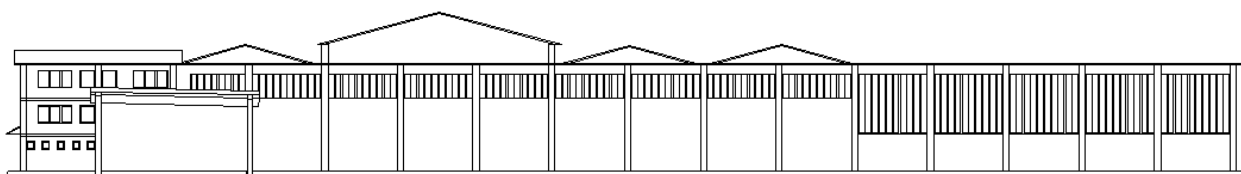
Slika 34: Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na vzhod



Slika 35: Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na zahod



Slika 36: Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na jug



Slika 37: Prikaz pogleda fasade celotnega kompleksa orientiranega na sever

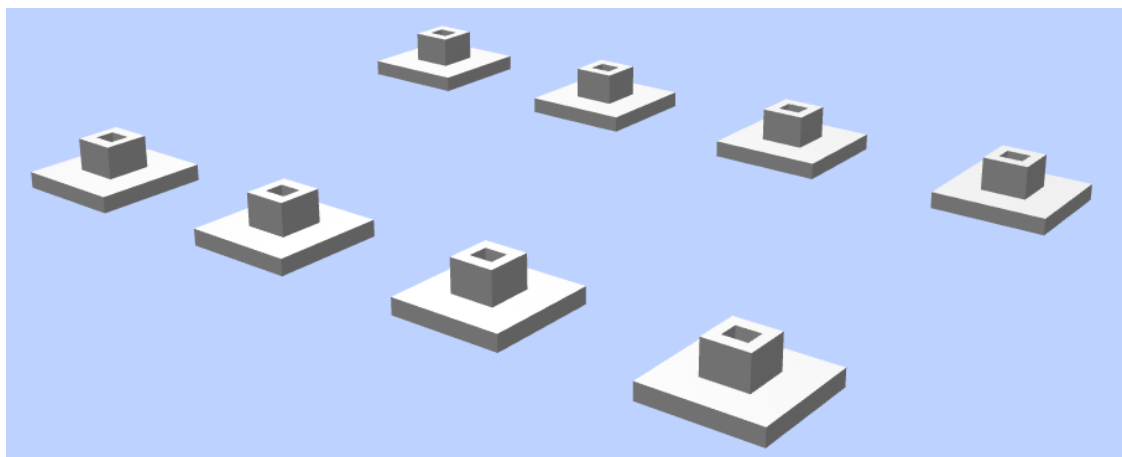
3.4 Uporaba rezultatov modeliranja

Izdelan informacijski model stavbe lahko uporabimo za:

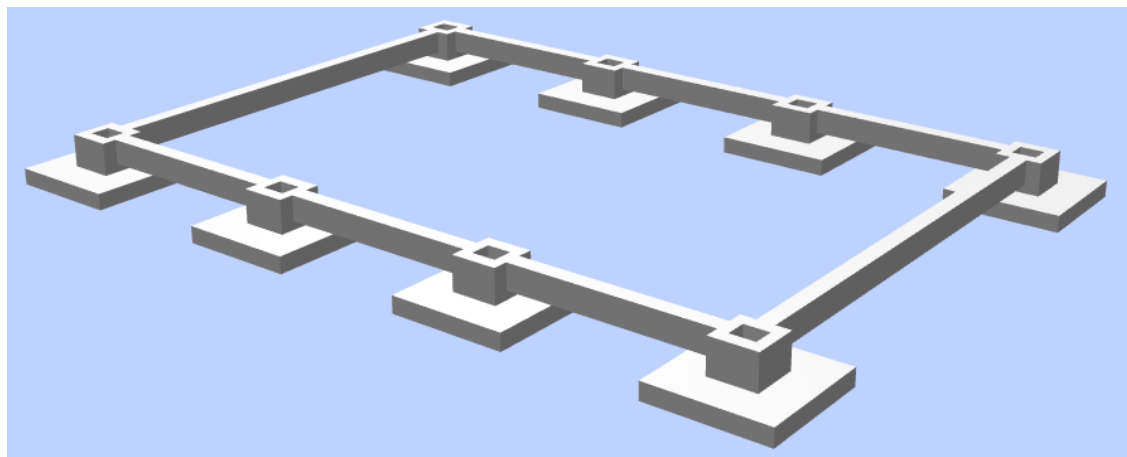
- Prikaz in animacije faznosti gradnje
- Izdelavo izvlečkov količin za popise
- Avtomatsko izdelavo tlorisov in narisov
- Kalkulacije
- Analizo uporabnosti prostorov
- Postopnost izvajanja zaključnih del

Prikaz in animacije faznosti gradnje

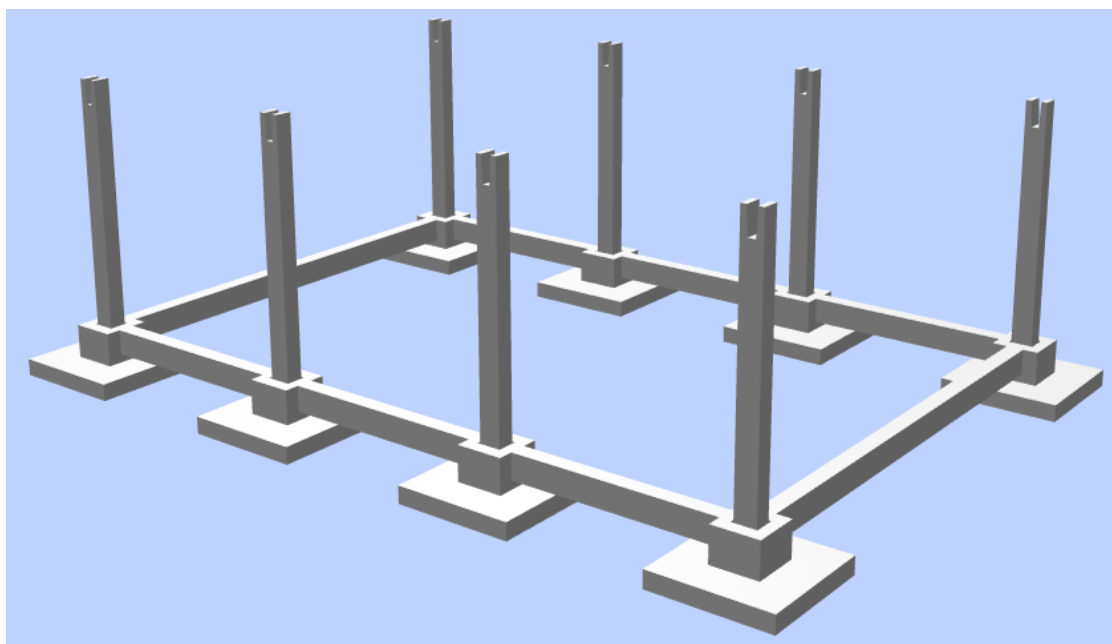
Za izdelavo informacijskega modela stavbe in za gradnjo objektov vseh vrst, še posebej montažnih, je postopnost gradnje zelo pomembna. Spremljanje načrtovanja gradnje, planiranje ter načrtovanje objektov dobiva vse večji pomen. Ravno zaradi prihranka časa in materiala je potreba po čim večji optimizaciji ter natančnemu sledenju postopnosti gradnje vedno večja. V okviru naloge bo prikaz postopnosti gradnje omejen na precej ozek del grafičnega prikaza le-te.



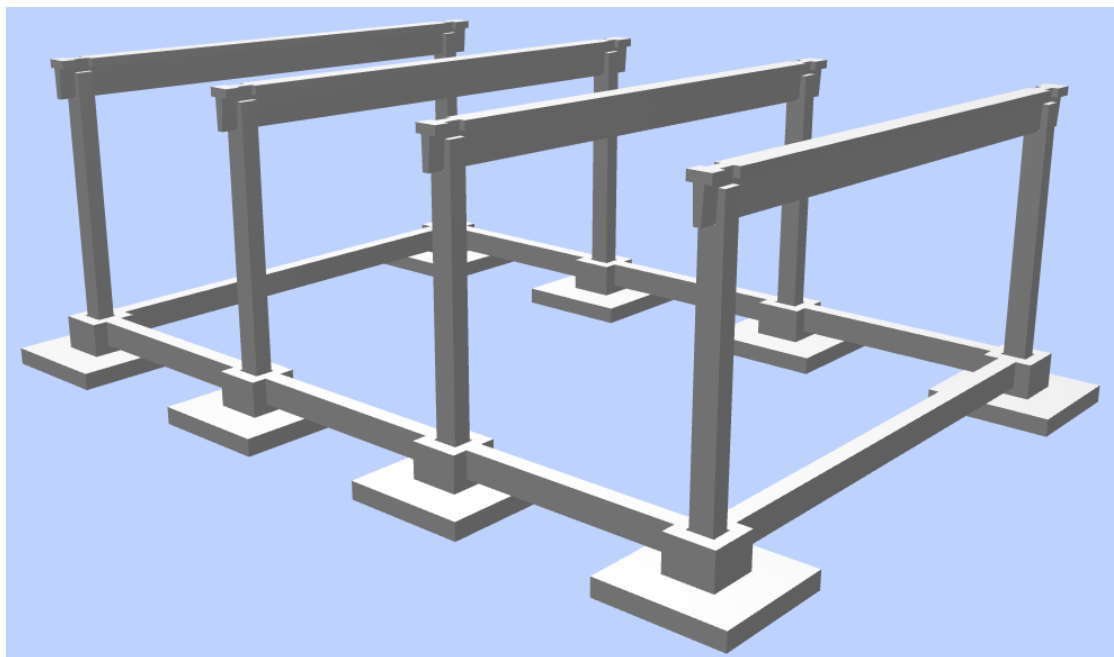
Slika 38: 3D prikaz postavitve čašastih točkovnih temeljev



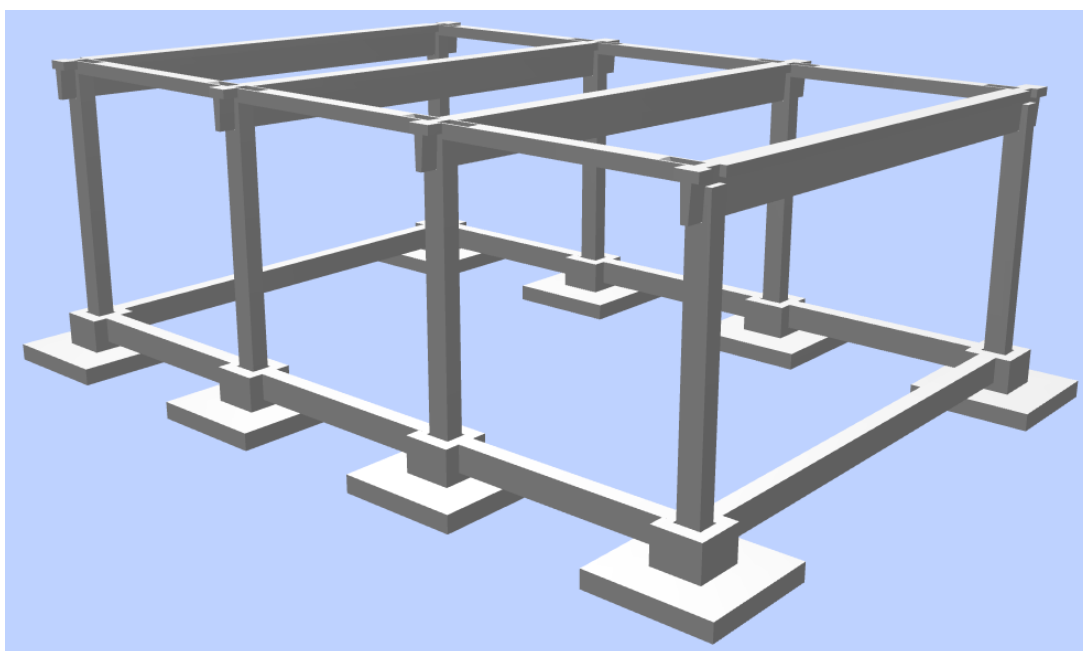
Slika 39: 3D prikaz povezave čašastih točkovnih temeljev s temeljnimi gredami



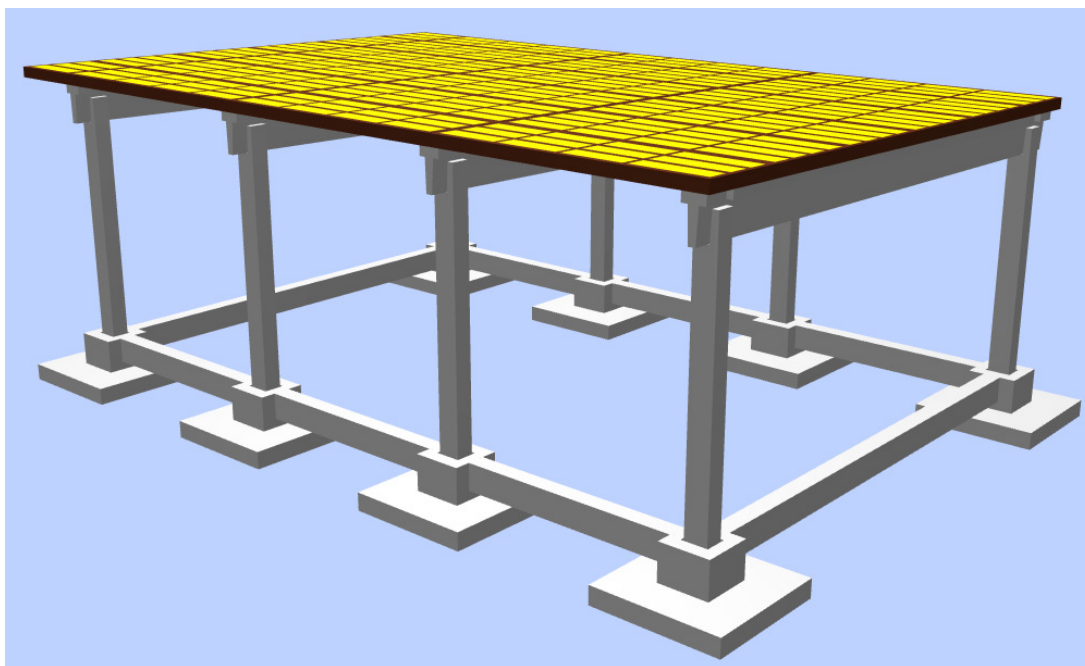
Slika 40: 3D prikaz montaže stebrov



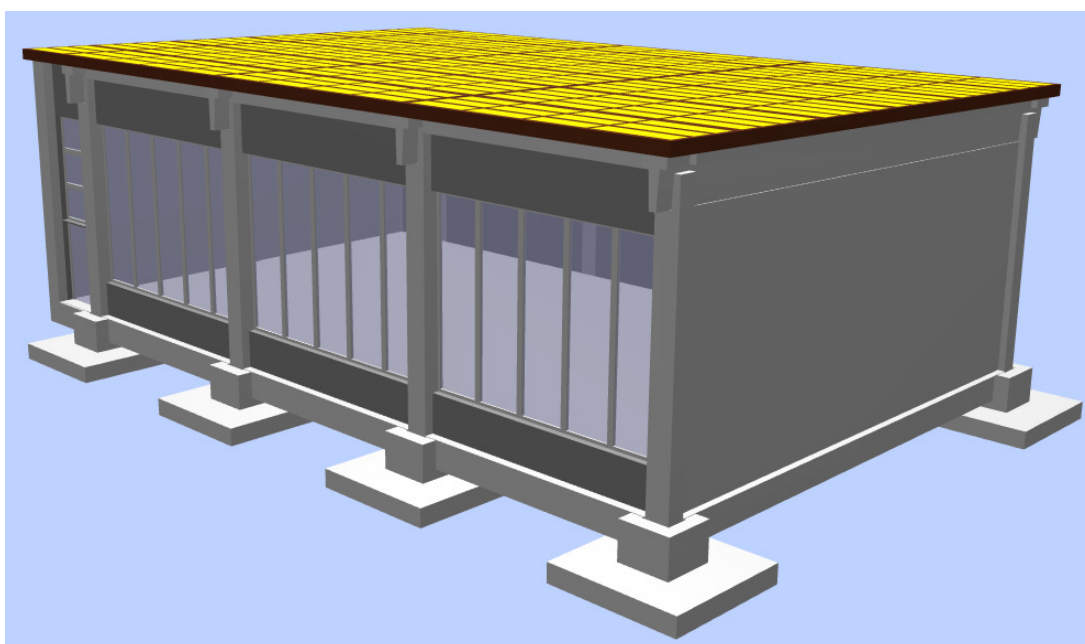
Slika 41: 3D prikaz montaže T-nosilcev



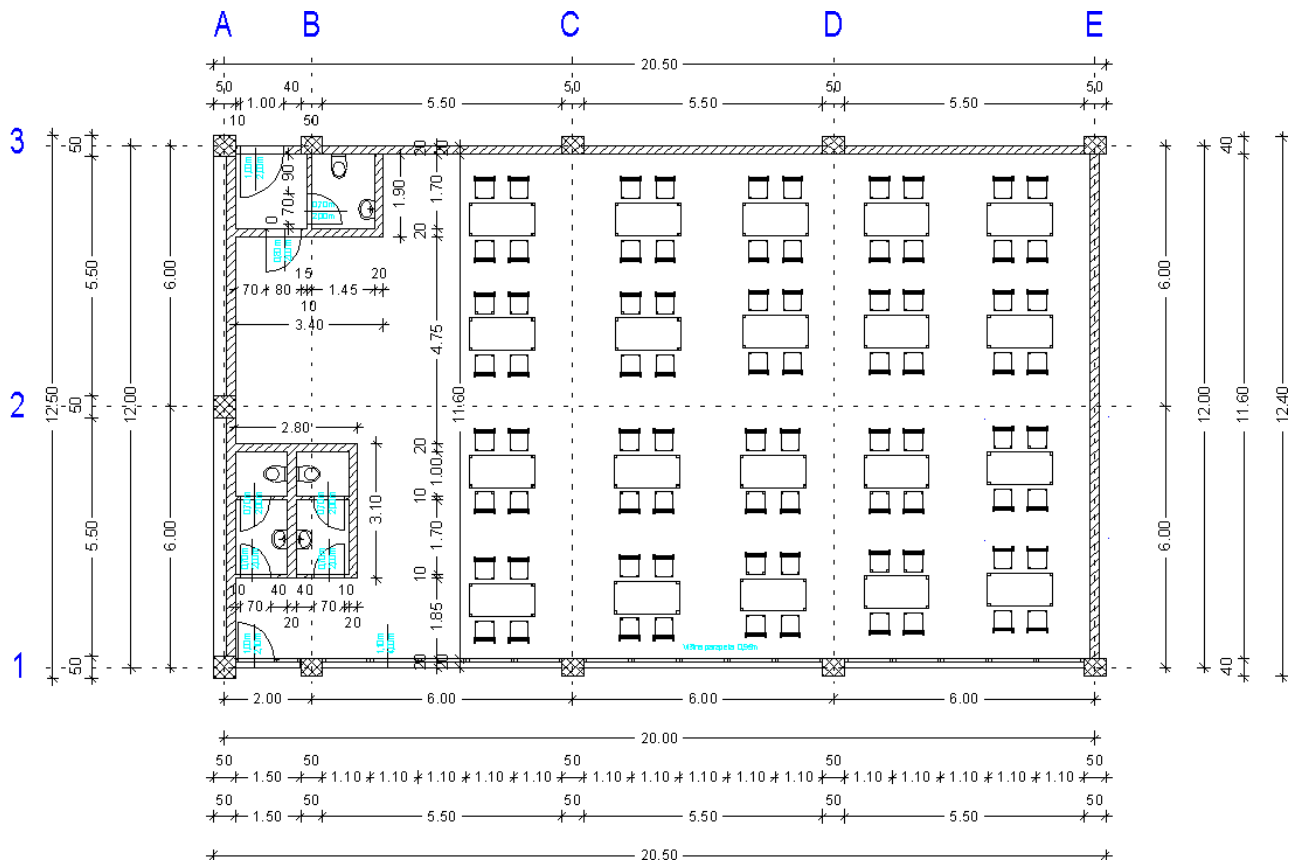
Slika 42: 3D prikaz montaže gred



Slika 43: 3D prikaz montaže strešne konstrukcije



Slika 44: 3D prikaz vgradnje nosilnih sten, oken in vrat



Slika 45: Tloris hale



Slika 46: 3D prikaz notranjosti hale

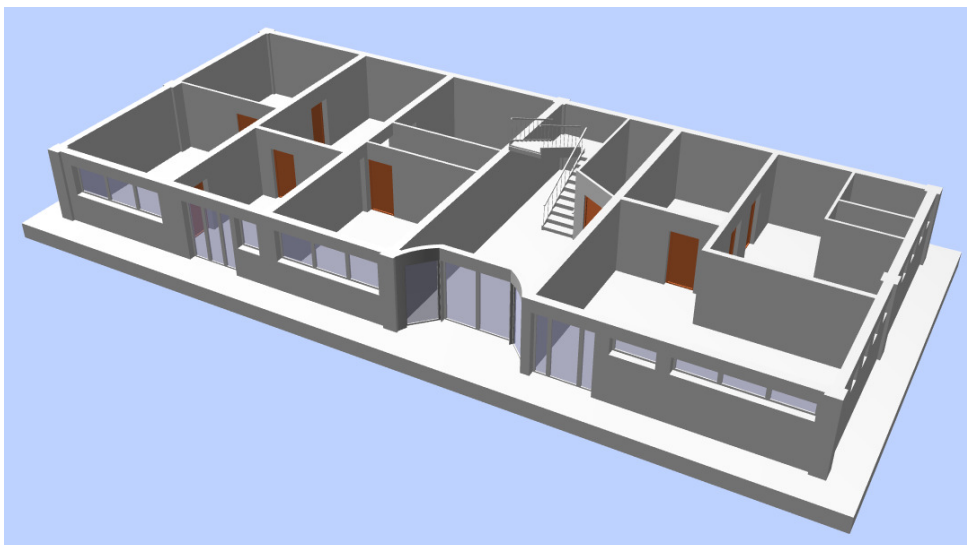
Postopnost izvedbe zaključnih del

V prejšnjih dveh poglavjih smo prikazali potek gradnje obravnavane armiranobetonske hale s pomočjo posameznih gradbenih elementov. V tem poglavju bomo večjo pozornost namenili že zaključenim delom konstrukcije in jih obravnavali po posameznih delih oziroma etažah. Za prikaz smo si izbrali že obstoječo upravno stavbo, katere dozidava je tudi obravnavana hala.

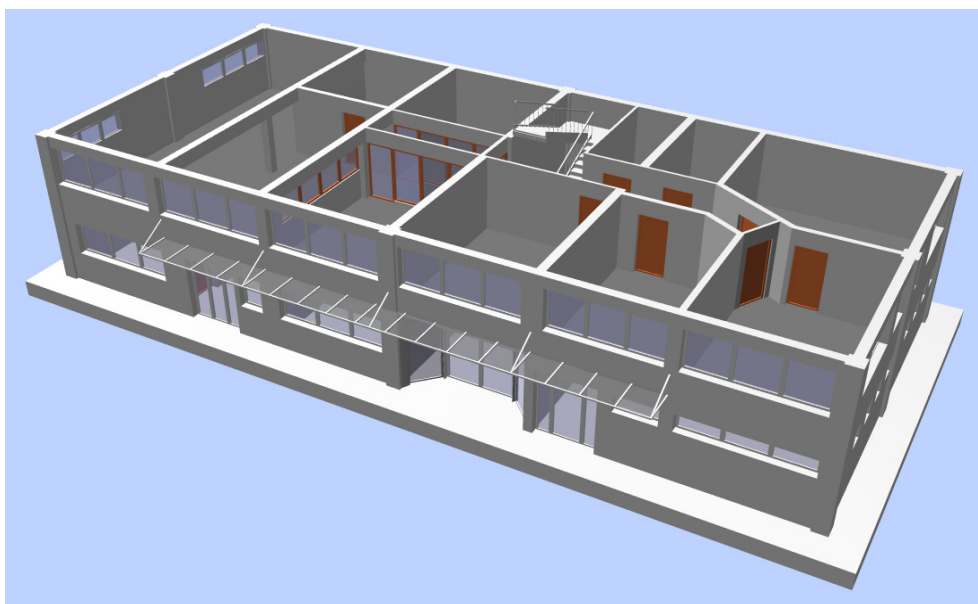
Obstoječa upravna stavba je zelo primerna za obravnavo po posameznih delih, saj je za razliko od obravnavane montažne hale večetažni objekt. S tem ko obravnavamo večji ter večetažni objekt, se tudi nabor želenih informacij poveča. Če smo obravnavano montažno halo opisovali oziroma gradili s posameznimi gradniki, kot so steber, greda, stena in streha, bomo ta večetažni objekt obravnavali po zaključenih delih, v katerih so že zajeti vsi zgoraj naštetih gradbeni elementi. Ti gradbeni elementi tvorijo zaključeno celoto, ki se jo lahko poljubno obravnava po delih.

Odločili smo se za tortni razrez več etažne stavbe in tako vsako etažo prikazali posebej oziroma jo postavili eno na drugo. S tem smo želeli pokazati, da se lahko znotraj objekta katerega tvorijo posamezni gradbeni elementi, povezujejo v zaključene celote in jih kot take obravnavamo.

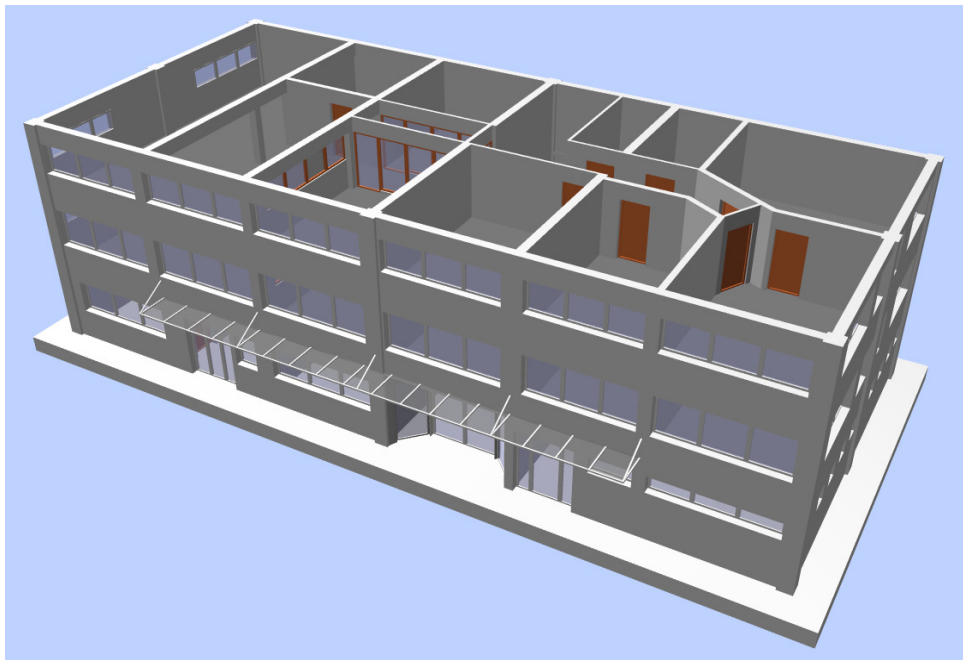
Poleg razreza konstrukcije po etažah lahko konstrukcijo razrežemo tudi vzdolžno oziroma prečno. Tako dobimo vzdolžni in prečni prerez konstrukcije. Vzdolžni in prečni prerez sta lahko rezultat našega poljubnega razreza konstrukcije. Teh možnosti je neomejeno. Konstrukcijo preprosto razrežemo na mestu, ki nas zanima in ga želimo v našem načrtu prikazati. Dobra stran razreza konstrukcije je v natančnem prikazu oziroma prikazu poteka plasti po prerezu. Možno je tudi kotiranje prereza konstrukcije ter opisovanje posameznih delov prereza.



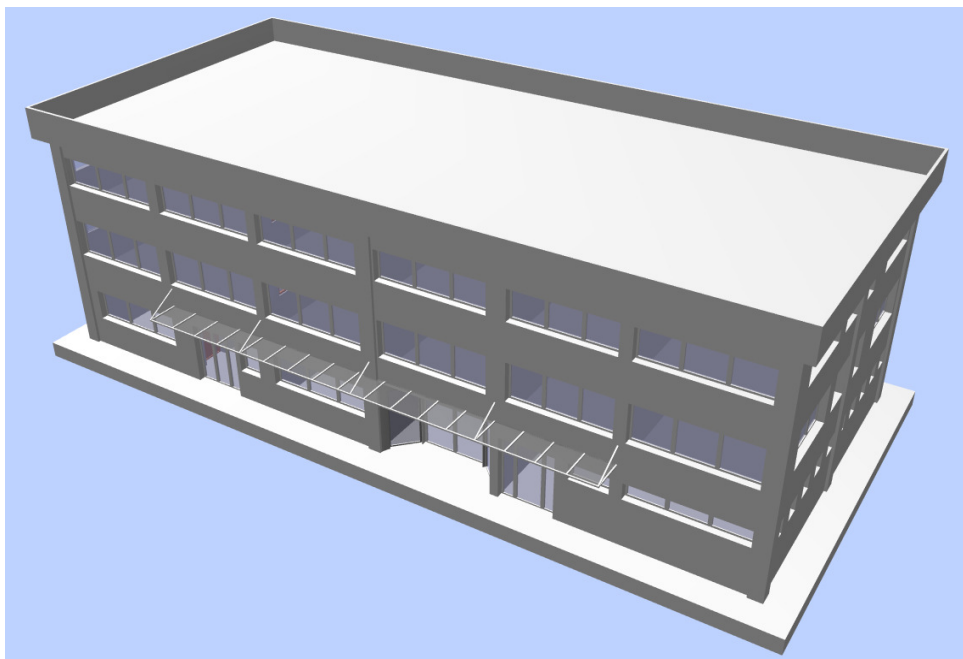
Slika 47: 3D prikaz pritličja upravne stavbe



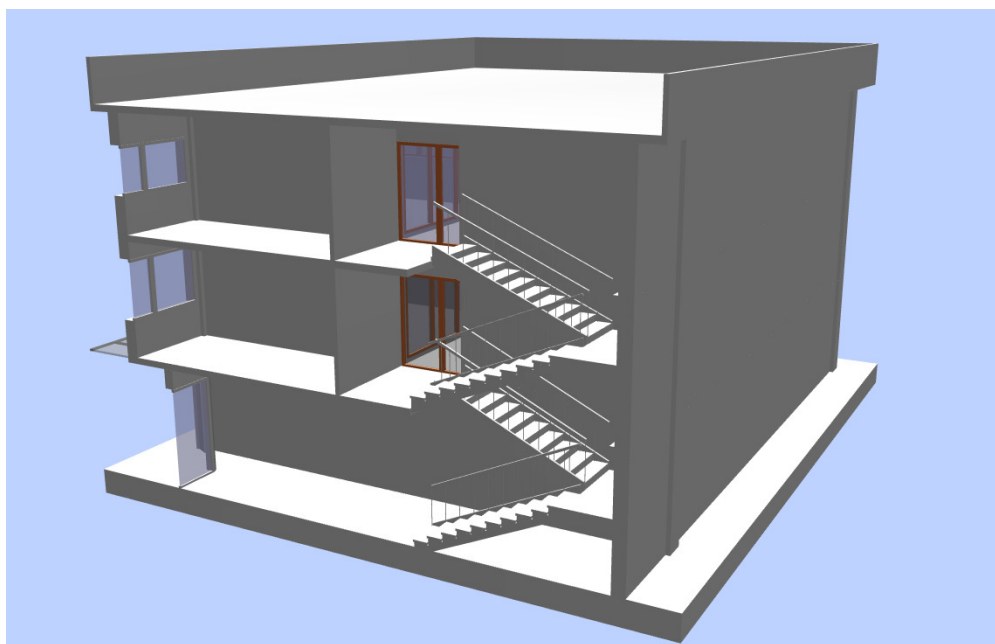
Slika 48: 3D prikaz prve etaže upravne stavbe



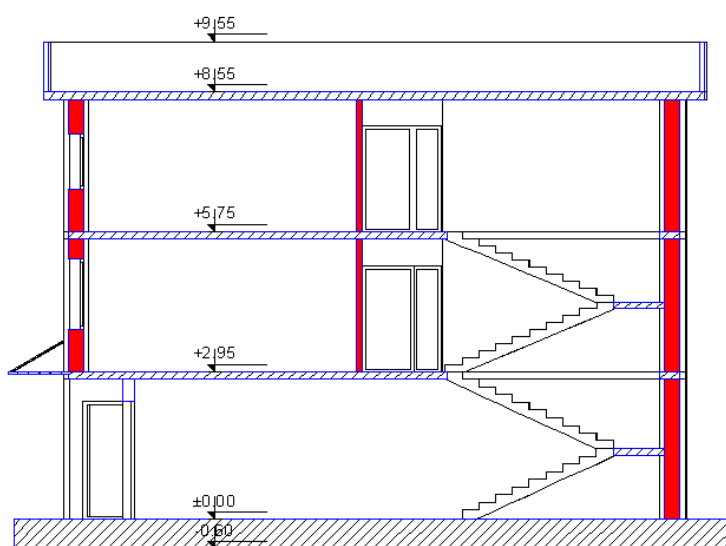
Slika 49: 3D prikaz druge etaže upravne stavbe



Slika 50: 3D prikaz upravne stavbe kot celote



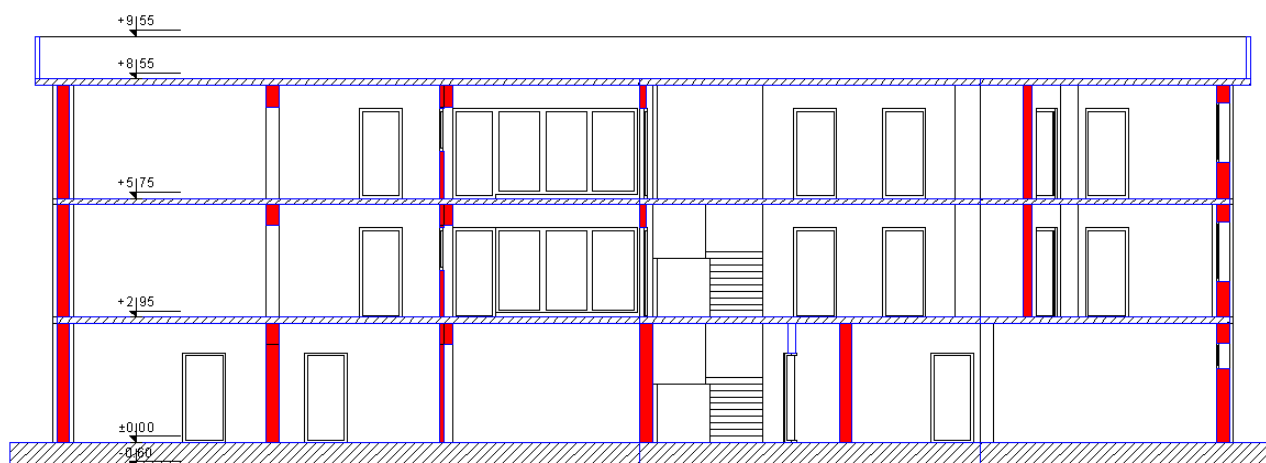
Slika 51: 3D prikaz prečnega prereza upravne stavbe



Slika 52: 2D prikaz prečnega prereza upravne stavbe



Slika 53: 3D prikaz vzdolžnega prereza upravne stavbe



Slika 54: 2D prikaz vzdolžnega prereza upravne stavbe

Izpis količin betona za posamezen montažni element obravnavane hale

Izpis količin ter izračun stroškov gradnje je zelo pomemben. Prednost uporabe informacijskega modela je v avtomatskem izpisu ter popisu željenih količin. Tako dobimo točne vrednosti za posamezen gradbeni element oziroma za celotno konstrukcijo. Pri izpisu količin imamo velik nabor možnosti. Spremljamo lahko izpise gradbenih del, obrtniških del, zidarskih del, suhomontažnih del, izpis materiala ...

Glede na to, da je obravnavana konstrukcija sestavljena iz montažnih gradbenih elementov, nas bo predvsem zanimalo, koliko betona bomo porabili za posamezen gradbeni element. Informacijski model stavbe nam omogoča izpise količin, izračun volumnov, izračuna površin posameznih elementov in izračun števila vgrajenih armaturnih palic. Prednost uporabe informacijskega modela je, da so vse izpisane količine že podane v obliki tabel in vsebujejo opise posameznih količin. Dobljeni rezultati so zelo pregledni.

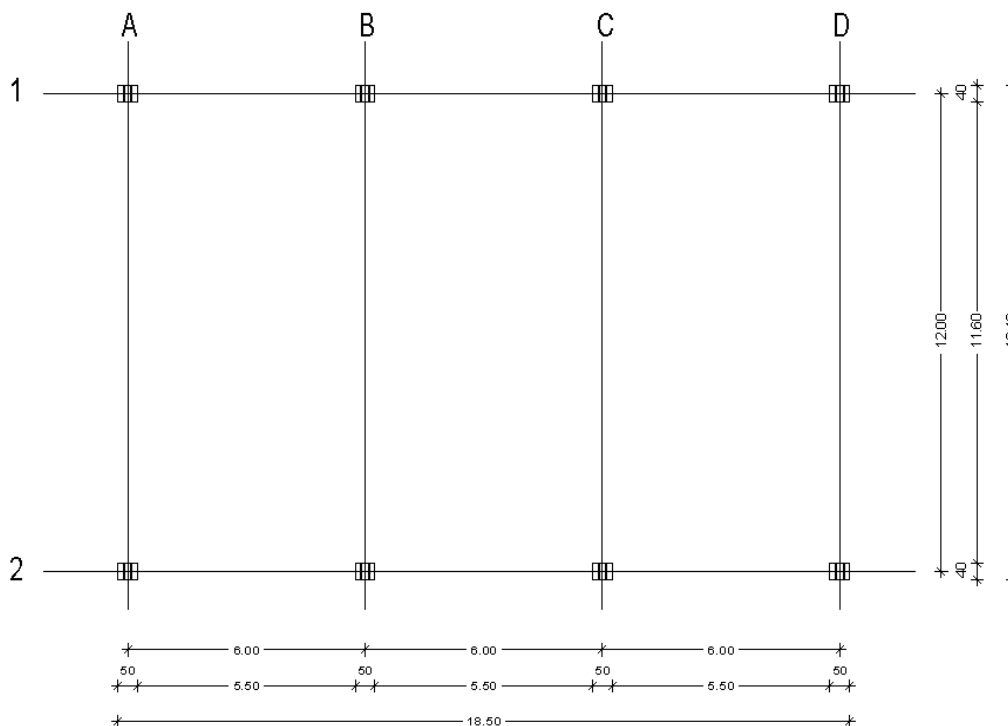
Allplan BCM KOLIČINE						
RISBA:		Diploma		DATUM/ČAS: 25.2.2010 10:13		
IZVLEČEK:		Opis količin izvlečka		USTVARIL: Tadej Mirkac		
MATERIAL	IME ELEMENTA	EN.	KOLIČINA	OPIS	NAMEMB.	ID-ELEMENTA
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000573
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000572
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000574
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000570
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000571
Beton	Greda	m3	0.608	Montažni element	Montaža	0074Tel0000000373
Beton	Zadnji Steber	m3	1.247	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000092
Beton	Zadnji Steber	m3	1.247	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000093
Beton	Zadnji Steber	m3	1.247	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000094
Beton	Zadnji Steber	m3	1.247	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000112
Beton	Prednji Steber	m3	1.295	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000088
Beton	Prednji Steber	m3	1.295	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000090
Beton	Prednji Steber	m3	1.295	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000091
Beton	Prednji Steber	m3	1.295	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000089
Beton	T-nosilec	m3	3.013	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000161
Beton	T-nosilec	m3	3.013	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000162
Beton	T-nosilec	m3	3.013	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000157
Beton	T-nosilec	m3	3.013	Montažni element	Montaža	0079Tel0000000169

Slika 55: Izpis in popis potrebnih količin betona za posamezen gradbeni element

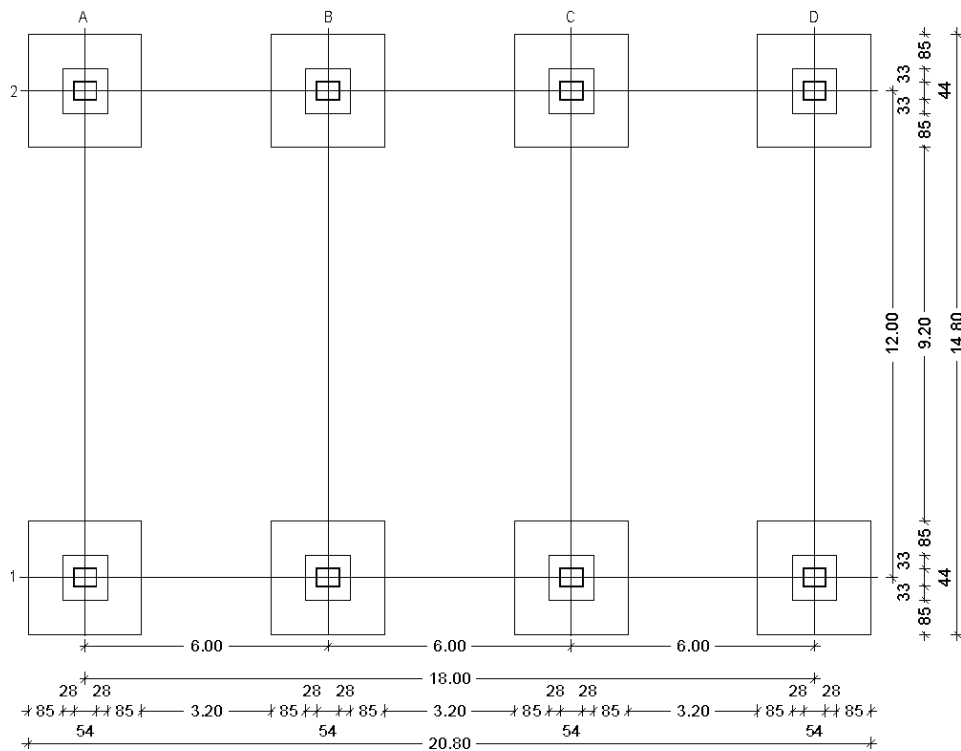
4 RAČUN KONSTRUKCIJE

4.1 Zasnova konstrukcije in materiali

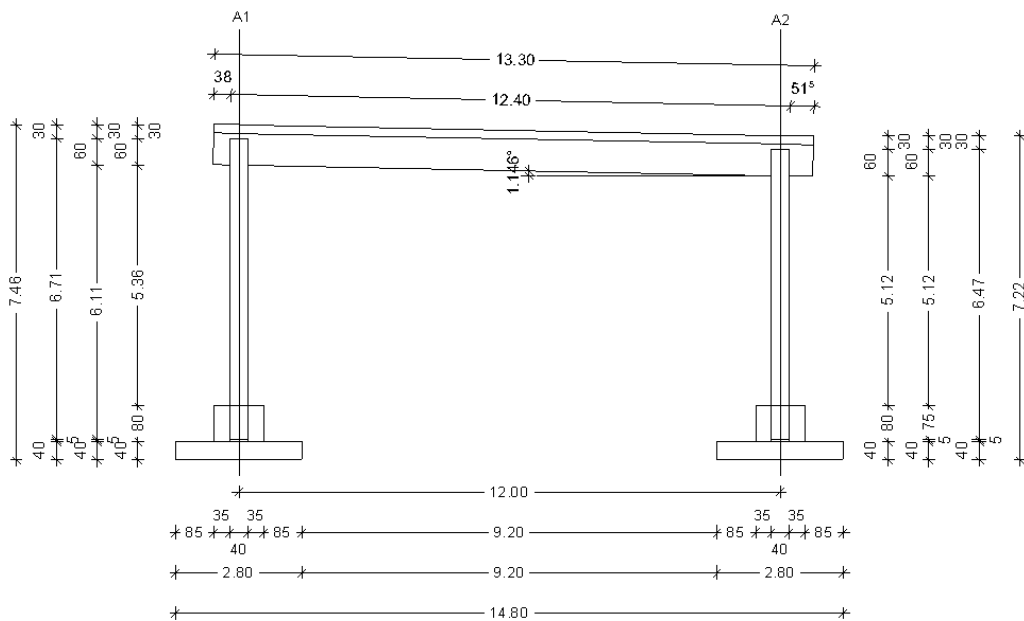
V prejšnjem poglavju smo obravnavali modeliranje stavb in njihov 3D prikaz, sedaj pa se bomo posvetili izpisu in izdelavi 2D načrtov obravnavane armiranobetonske hale. Izdelali bomo načrte temeljev, konstrukcije ter vzdolžnih in prečnih prerezov. Izbrane dimenzije bomo nato v nadaljevanju tudi računsko preverili in jih ustrezno dimenzionirali.



Slika 56: Pozicijski načrt stebrov AB montažne hale



Slika 57: Pozicijski načrt čašastih točkovnih temeljev AB montažne hale



Slika 58: Prečni prerez AB montažne hale

Obravnavana stavba je montažna armiranobetonska hala, namenjena poslovni dejavnosti. Tlorisne dimenzije osi konstrukcije znašajo 12 m x 18 m. Raster stebrov je lepo razporejen, saj so stebri v vzdolžni smeri razporejeni na osni razdalji 3 x 6 m. Vsega skupaj imamo 8 stebrov, ki pa so po višini različni. Razlog je v enokapni strehi, zaradi katere so stebri na sprednji strani objekta nekoliko višji.

Konstrukcijo sestavljajo prefabricirani montažni elementi. Sama konstrukcija AB montažne hale je dokaj preprosta, saj je dvakrat simetrična (če zanemarimo minimalno višinsko razliko med sprednjimi in zadnjimi stebri) in ima samo eno vzdolžno ladjo.

Nosilni sistem obravnavane konstrukcije za prenos horizontalne obtežbe tvorijo stebri. Predpostavimo, da imajo stiki montažnih elementov (greda, steber in T-nosilec) členkasto povezavo, kar bomo v nadaljnjem računu tudi upoštevali.

Beton ima trdnost C30/37. Kvaliteta jekla za armiranje je S400.

Strešna konstrukcija je lesena. Računske trdnosti za masivni les, ki ga bomo uporabili je C24. Streha je sestavljena iz lesenih sendvič plošč, ki so sestavljene iz OSB plošč, nosilnih lesenih tramov in toplotne izolacije. Tako imajo sendvič plošče poleg nosilne funkcije tudi dobre izolativne lastnosti. Streha konstrukcije je enokapnica, njen naklonski kot pa znaša samo 2 stopinji.

Bolj natančen opis posameznih konstrukcijskih elementov sledi v nadaljevanju, kjer bomo vsak element posebej opisali ter vsakemu elementu posebej dodali še slikovni prikaz njegovih dimenzij.

Beton

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30MPa = 3,0kN/cm^2$$

$$f_{ctm} = 29,0kN/cm^2$$

$$E_{cm} = 3200kN/cm^2$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{3,0kN/cm^2}{1,5} = 2,0kN/cm^2$$

Jeklo

Rebrasta armatura S 400/500

$$f_{yk} = 400MPa = 40,0kN/cm^2$$

$$f_{tk} = f_{yk} = 40,0kN/cm^2$$

$$E_s = 20000kN/cm^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{40,0kN/cm^2}{1,15} = 34,8kN/cm^2$$

Preglednica 1: Karakteristične in računske trdnosti za masivni les C24

Trdnost $\left[\frac{N}{cm^2} \right]$: (karakteristična in računska)		Upogib	Nateg \parallel	Nateg \perp	Tlak \parallel	Tlak \perp	Strig
		2400	1400	50	2100	250	250
P (nad 10 let)	k_{mod} = 0,6	1108	646	23	969	115	115
L (od 6 mes. do 10 let)	k_{mod} = 0,7	1292	754	27	1131	135	135
M (od 1 tedna do 6 mes.)	k_{mod} = 0,8	1477	862	31	1292	154	154
S (manj kot 1 teden)	k_{mod} = 0,9	1662	969	35	1454	173	173

Preglednica 2: Elastični in strižni moduli za masiven les C24

Togosti (Modul) $\left[\frac{kN}{cm^2} \right]$:		
Elastični modul paralelno	$E_{0,g,mean}$	1100
Elastični modul paralelno	$E_{0,05,g}$	740
Elastični modul pravokotno	$E_{90,g,mean}$	37
Strižni modul	$G_{g,mean}$	69

Pri izračunu pomikov zaradi lezenja je upoštevan koeficient $k_{def} = 0,8$, ki velja za masivni in lepljeni les razreda S2, katerega vlažnost je od 12 % do 20 %. Pomiki lesenih konstrukcij so izračunani po MSU s spodaj navedenimi enačbami in omejeni z dopustnimi vrednostmi upogibov

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q1} + \psi_{0,i} \cdot w_{inst,Q1} \leq \left(\frac{l}{300} (\text{prostoležeči nosilec}) ; \frac{l}{150} (\text{konzola}) \right) \quad (1)$$

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{def}) + w_{inst,Q1} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def}) \quad (2)$$

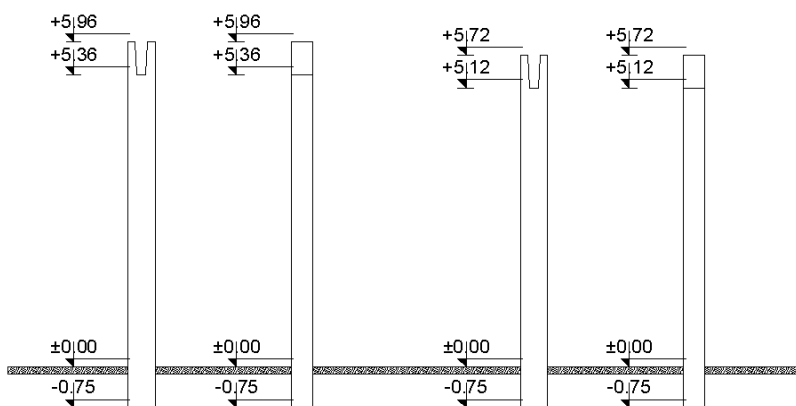
$$\leq \left(\frac{l}{250} (\text{prostoležeči nosilec}) ; \frac{l}{250} (\text{konzola}) \right)$$

4.2 Elementi konstrukcije

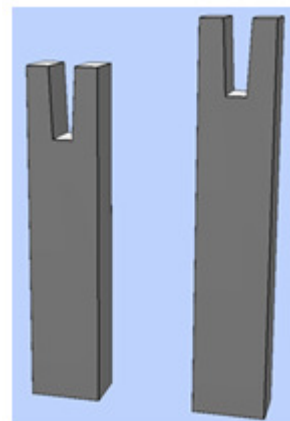
Stebri

Svetla višina prednjih stebrov znaša 5,36 m, medtem ko je svetla višina zadnjih stebrov 5,12 m. Prečni prerez stebrov je pravokoten, dimenzije stebrov, tako sprednjih, kot zadnjih so enake in znašajo 0,5 m x 0,4 m. Obravnavani stebri imajo na vrhu stebra viličasto podporo, ki preprečuje padec T-nosilcev z ležišča. Ušesa viličastih podpor so višine 0,6 m, njihova debelina in dolžina na vrhu, kjer greda nalega na steber, pa znaša: 0,4 m x 0,135 m.

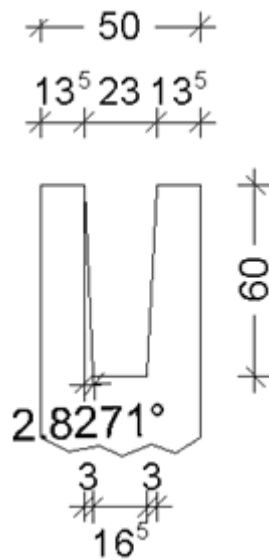
Z višino viličaste podpore se spreminja tudi debelina samih ušes, ki se prilagajajo spremembi višine T-nosilca. Zelo pomembno je, da T-nosilec lepo nalega na steber, oziroma se lepo prilega v viličasto podporo. Debelina stojine T-nosilca se spreminja s kotom, ki je 2,8271 stopinje. Med T-nosilcem in ušesi je nekaj tolerance zaradi lažje montaže konstrukcijskih elementov na gradbišču. V obravnavanem primeru je toleranca na vsaki strani 0,8 cm.



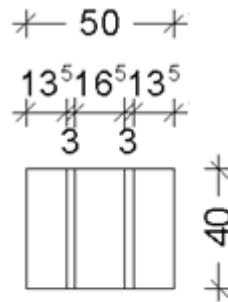
Slika 61: Pogled stebrov od spredaj in od strani



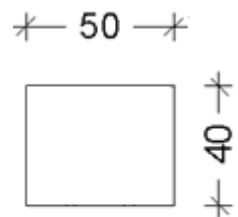
Slika 62: 3D Prikaz stebrov



Slika 63: 2D prikaz pogleda viličaste podpore



Slika 64: 2D prikaz viličaste podpore v tlorisu

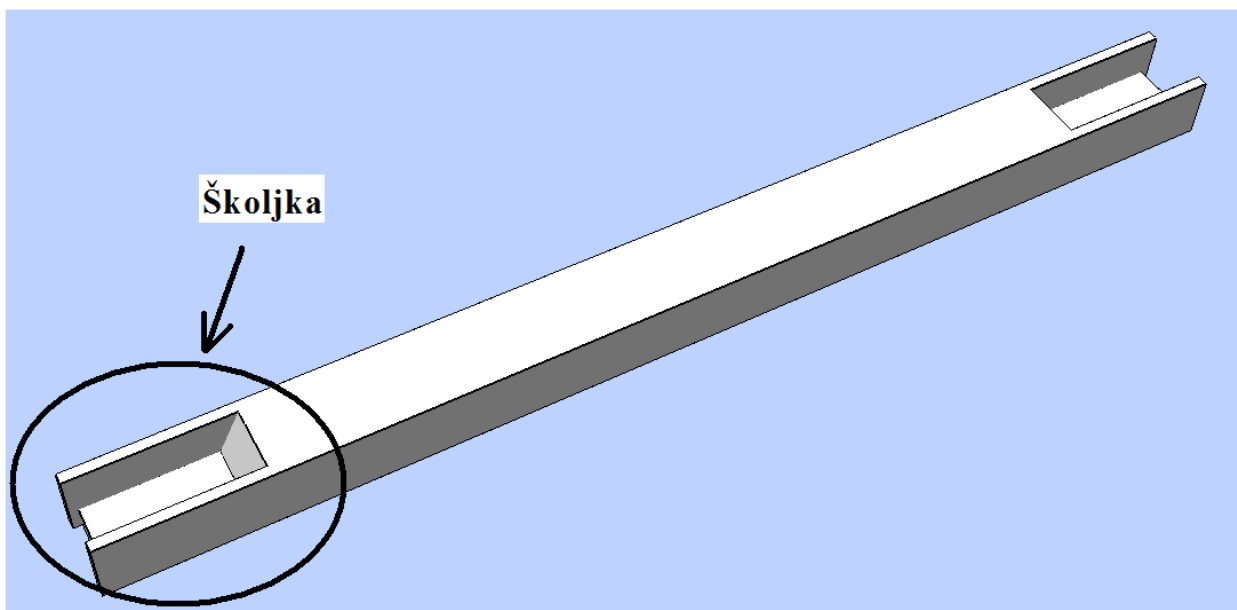


Slika 65: 2D prikaz dimenzije stebrov

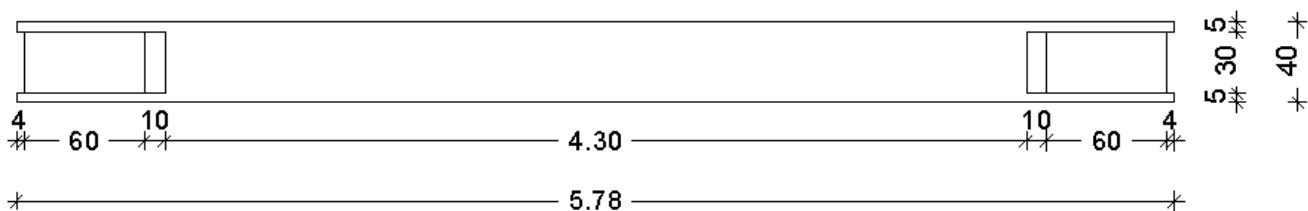
Grede

Grede povezujejo stebre in tvorijo okvir konstrukcije, čeprav smo njihovo povezavo računsko obravnavali kot členek, vendar v resnici temu ni čisto tako. Posebnost obravnavane grede je nekakšna školjka, ki se nahaja na obeh koncih grede. Ta školjka omogoča lažje vgrajevanje konstruktivne armature ter kvalitetnejšo montažo, vendar več o tem kasneje, ko se bomo dejansko osredotočili na samo izvedbo stikov.

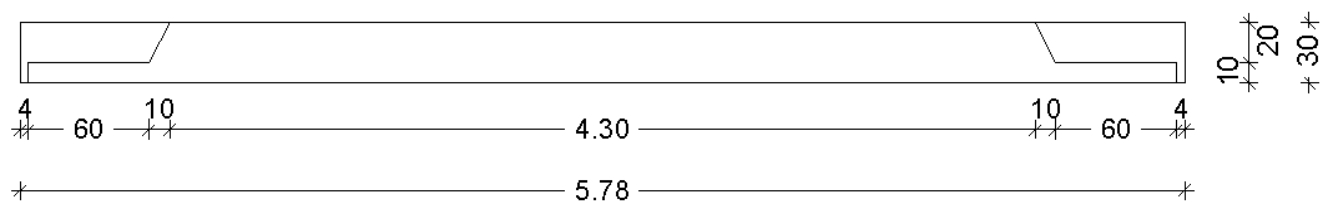
Dolžina grede znaša 5,78 m. Prerez je pravokoten, višina prereza je 0,3 m, širina pa 0,4 m. Školjka, ki je na vsaki strani pomaknjena 4 cm proti notranjosti grede, ima v spodnjem delu dolžino 0,6 m, v zgornjem delu pa 0,7 m. Razlika med dolžinami nastane zaradi rahlega konusa. Širina školjke je tako 0,3 m in višina 0,2 m. Školjka je prikazana na sliki 66.



Slika 66: 3D prikaz grede



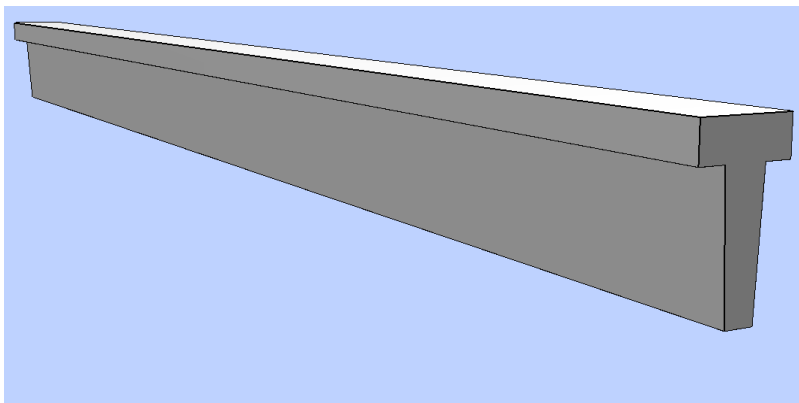
Slika 67: 2D prikaz tlorisa grede



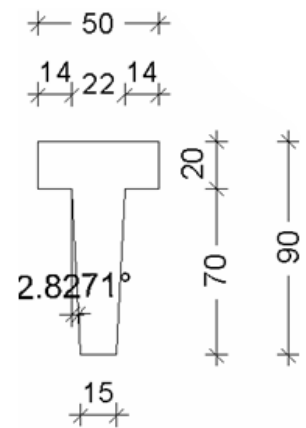
Slika 68: 2D prikaz pogleda grede in njenih dimenzij

T-nosilci

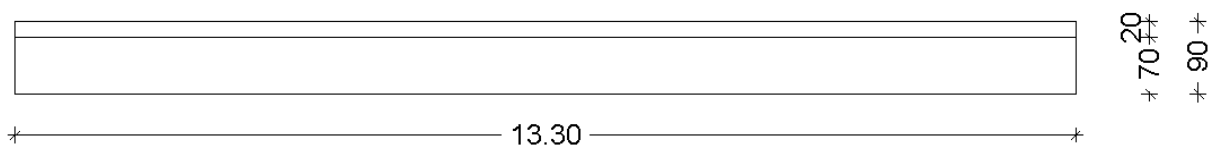
Stropno nosilno konstrukcijo sestavljajo štirje armiranobetonski T-nosilci, katerih dolžina znaša 13,2 m. Če pogledamo prerez T-nosilca na sliki, vidimo, da se mu spreminja debelina stojine. Kot, pod katerim se spreminja debelina stojine, je 2,8271 stopinje. Tako znaša debelina stojine na dnu obravnavanega T-nosilca 0,15 m, na vrhu pa 0,22 m. Dimenzije pasnice se po višini ne spreminjajo in so konstantne ter znašajo 0,5 m x 0,2 m.



Slika 69: 3D prikaz T-nosilca



Slika 70: 2D prikaz T-nosilca



Slika 71: 2D prikaz pogleda T-nosilca in njegovih dimenzij

Temelji

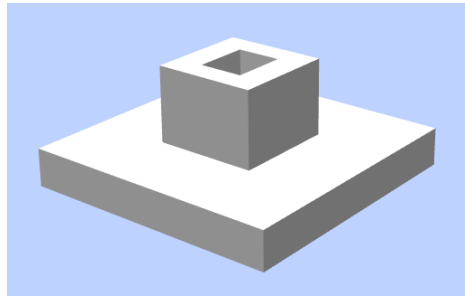
Objekt je temeljen na čašastih točkovnih temeljih. Točkovni temelji so razporejeni v enakem rastru kot stebri, torej 18 m x 12 m, po štirje točkovni temelji na medsebojni razdalji 3 x 6 m.

Pri obravnavani montažni hali gre za plitvo temeljenje, tako da je spodnja kota temelja na globini -1,2 m. Če bi upoštevali še podložni beton, ki meri približno 0,1 m, bi bila globina temelja -1,3 m pod koto terena. To pomeni da smo dovolj globoko, oziroma pod cono zmrzali.

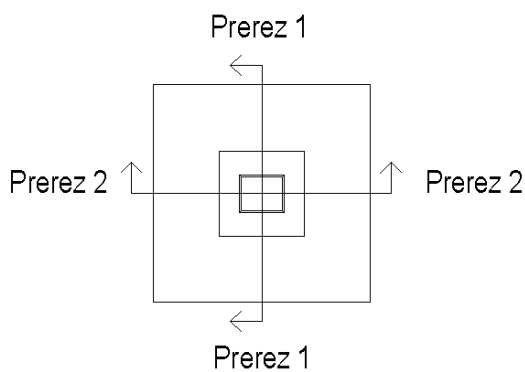
Poleg točkovnih temeljev imamo še temeljno gredo, ki poteka od enega točkovnega temelja do drugega. Temeljna greda podpira nosilne elemente med nosilnimi stebri. Dimenzije temeljne grede so 0,6 m x 0,4 m. Se pravi, da je temeljna greda 0,6 m globoka in 0,4 m široka.

Iz slik 72, 73, 74, 75 in 76 so razvidne dimenzije, velikost in sestava čašastih točkovnih temeljev, ki nosijo vso težo konstrukcije, medtem ko temeljne grede bolj služijo kot nekakšna povezava med čašastimi temelji in podlaga za postavitve nosilnih sten.

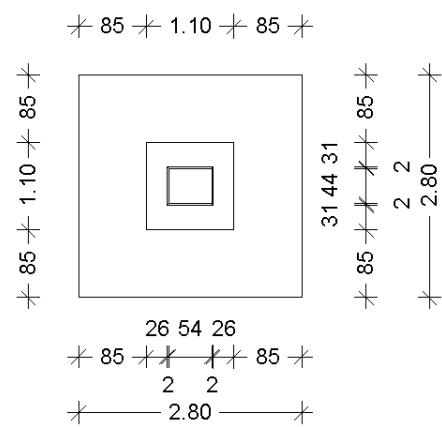
Peta temelja ima obliko kvadra in znaša 2,8 m x 2,8 m x 0,4 m. Medtem ko oblika čaše sledi dimenzijam stebra. Na slikah 74, 75 in 76 vidimo, da ima čaša na dnu dimenzije 0,54 m x 0,44 m, kar je nekoliko več kot znašajo dimenzije stebra. Ta toleranca, oziroma odstopanje med čašo in stebrom omogoča lažjo montažo na gradbišču. Višina čaše je 0,75 m in na notranji strani pod rahlim kotom pada proti dnu temelja. Prav zaradi tega znaša razlika v debelini čaše na dnu in na vrhu 2 cm.



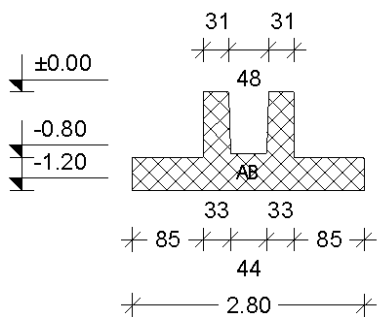
Slika 72: 3D prikaz čašastega točkovnega temelja



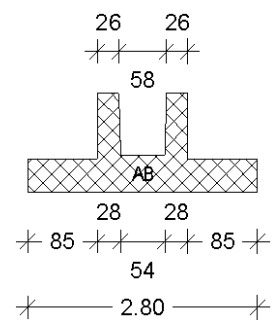
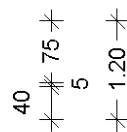
Slika 73: Prerez točkovnih temeljev



Slika 74: Tloris in dimenzija temelja



Slika 75: Prerez točkovnega temelja 1

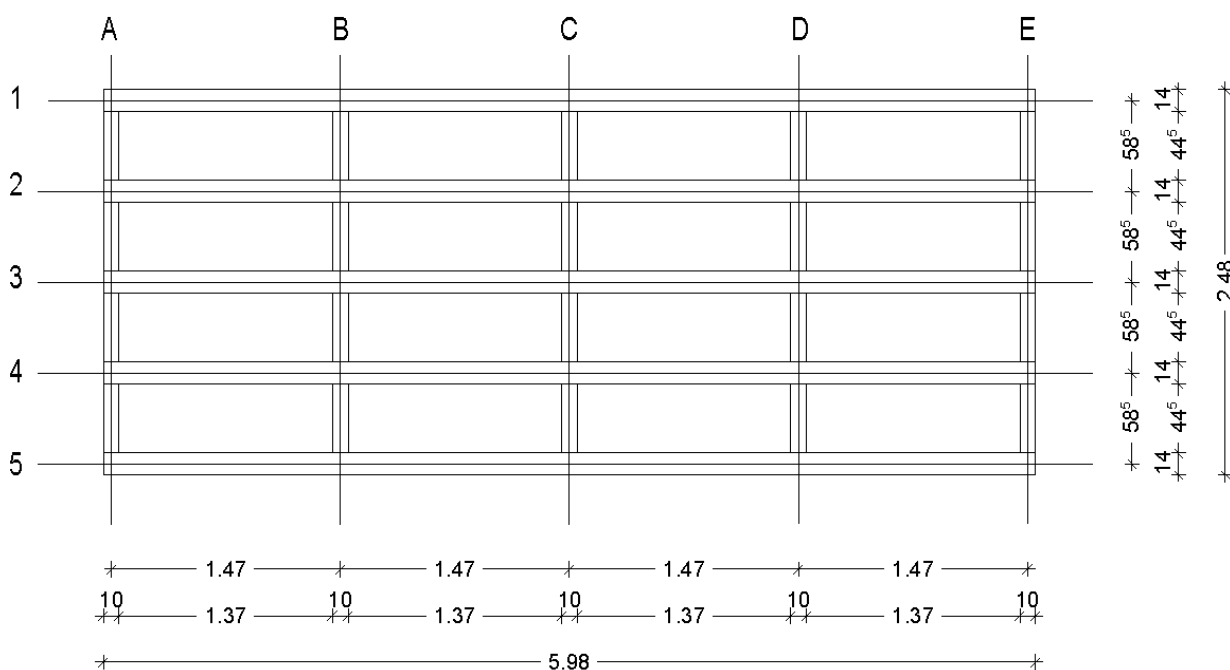


Slika 76: Prerez točkovnega temelja 2

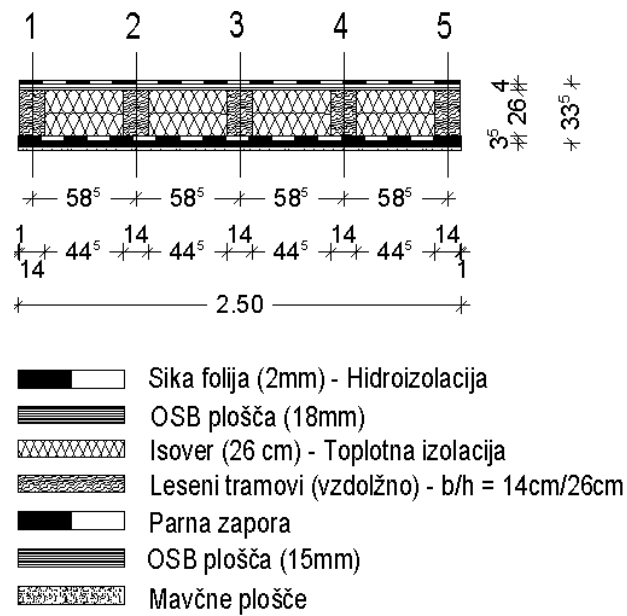
Strešna konstrukcija

Strešna konstrukcija je sestavljena iz sendvič plošč. Prednost sendvič plošč v primerjavi z armiranobetonsko ploščo je predvsem v bistveno manjši teži. Tako so posledično tudi obremenitve ostalih konstrukcijskih elementov manjše.

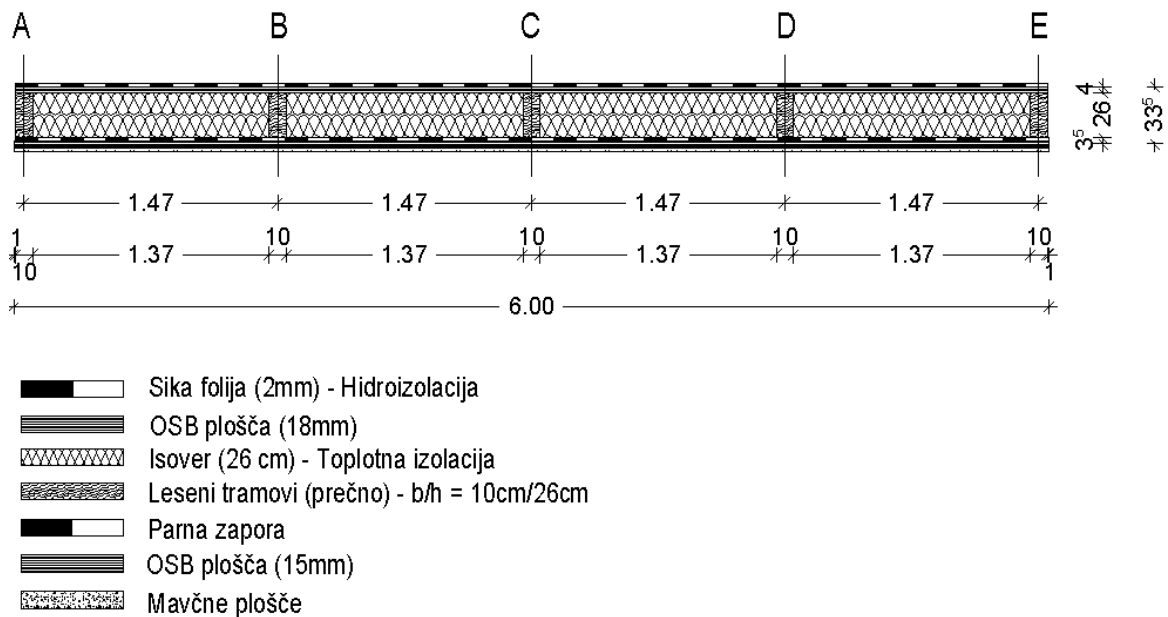
Uporabljene sendvič plošče imajo zelo dobre izolativne in nosilne lastnosti. Zelo pomembno pri samem dimenzioniranju lesenih konstrukcij je kontrola pomikov in kontrola napetosti, kar bomo z računom tudi dokazali. Obravnavana strešna konstrukcija je v računu potresne analize konstrukcije predpostavljena kot toga plošča. Da ta predpostavka drži, morajo biti sendvič plošče kvalitetno z vijaki pritrjene na nosilne betonske elemente.



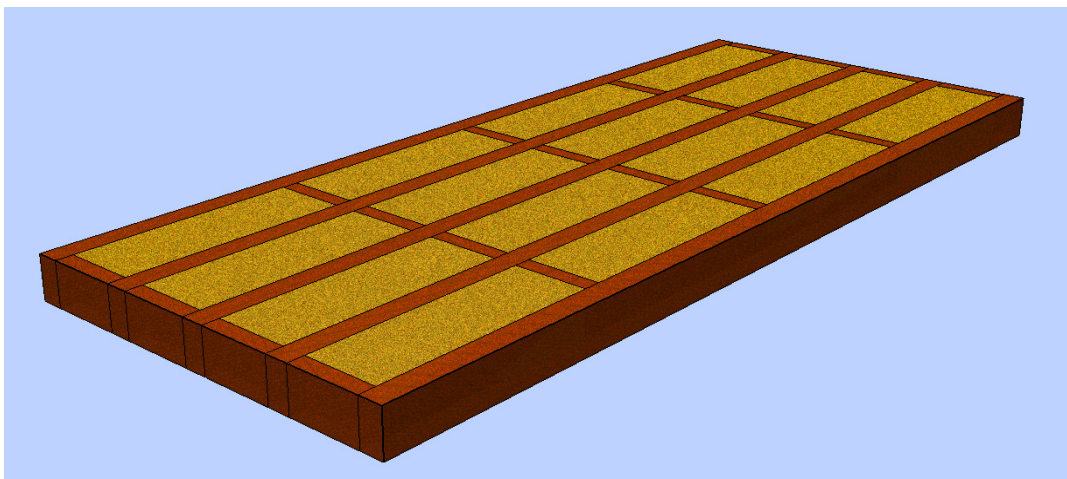
Slika 77: Dimenzije in sestava strešne sendvič plošče



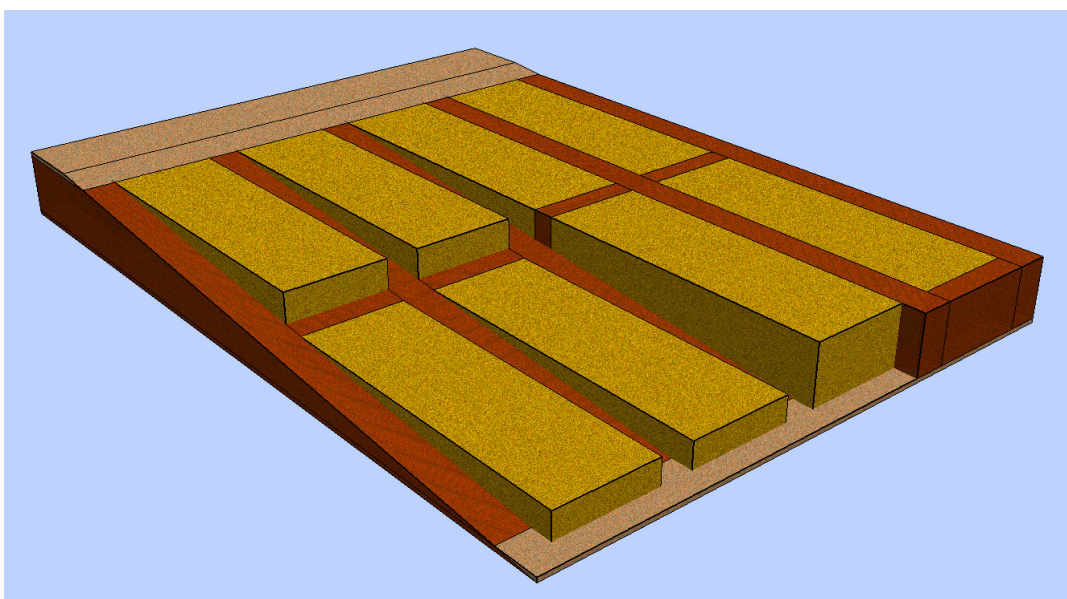
Slika 78: Prečni prerez sendvič plošče



Slika 79: Vzdolžni prerez sendvič plošče



Slika 80: 3D prikaz nosilne lesene konstrukcije in toplotne izolacije sendvič plošče



Slika 81: 3D prikaz prereza konstrukcijskega sklopa sendvič plošče

4.3 Statični izračun strešne konstrukcije

4.3.1 Lastna in stalna obtežba strehe

Sika folija (HI): $g_{st} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

OSB plošča 18 mm: $g_{st} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Isover (TI) 26 cm: $g_{st} = 0,20 \text{ kN/m}^2$

Teža nosilne konstrukcije: $0,1 \text{ m} \cdot 0,26 \text{ m} \cdot 0,455 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ kN/m}^3 \cdot 20 \text{ kom.} +$
 $+ 0,14 \text{ m} \cdot 0,26 \text{ m} \cdot 5,98 \text{ m} \cdot 4,2 \text{ kN/m}^3 \cdot 5 \text{ kom.} = 5,543 \text{ kN}$

Površina plošče: $5,98 \text{ m} \cdot 2,48 \text{ m} = 14,83 \text{ m}^2$

Teža nosilne konstrukcije na m^2 : $g_{st} = \frac{5,543 \text{ kN}}{14,83 \text{ m}^2} = 0,38 \text{ kN/m}^2$

OSB plošča 15 mm: $g_{st} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Mavčne plošče: $g_{st} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Luči: $g_{st} = 0,15 \text{ kN/m}^2$

Vsota obtežbe na tlorisno površino strehe: $\sum g_{st} = 1,33 \text{ kN/m}^2$

4.3.2 Obtežba snega

Objekt leži med Slovenj Gradcem in Dravogradom, natančneje v Šentjanžu pri Dravogradu, ki sovпада z mejo med snežnima conama A2 in A3. Izberemo območje snežne cone A3 in smo s tem na varni strani. Objekt se nahaja na nadmorski višini 380 m. Projektno obtežbo izračunamo s pomočjo formule, ki jo najdemo v standardu (SIST EN 1991-1-3:2004: poglavje 5.2) in katera velja za snežno cono A3.

μ_1 ... oblikovni koeficient (v našem primeru za ravno streho znaša 0,8)

C_e ... koeficient izpostavljenosti vetru (vzamemo 1,0)

C_t ... toplotni koeficient (vzamemo 1,0)

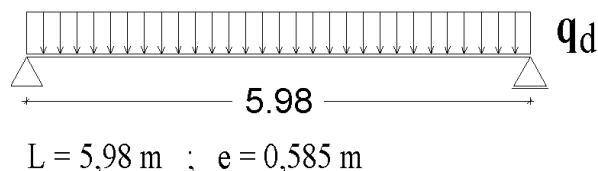
S_k ... karakteristična obtežba snega na tleh, na določenem kraju

S ... obtežba snega na strehi

$$S_k = 1,935 \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right] = 1,935 \cdot \left[1 + \left(\frac{380}{728} \right)^2 \right] = \underline{2,46 \text{ kN} / \text{m}^2} \quad (3)$$

$$S = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,46 \text{ kN} / \text{m}^2 = \underline{1,97 \text{ kN} / \text{m}^2} \quad (4)$$

4.3.3 Določitev obtežbe na strešni nosilec



Slika 82: Prikaz dolžine lesenega nosilca, na katerega odpade pas obtežbe

Obtežba

$$\text{Obtežba strehe : } g_{st} = 0,585 m \cdot 1,33 \text{ kN} / m^2 = 0,788 \text{ kN} / m$$

$$\text{Obtežba snega : } q_s = 0,585 m \cdot 1,97 \text{ kN} / m^2 = 1,152 \text{ kN} / m$$

$$\text{Koristna obtežba: } q = 0,585 m \cdot 1,0 \text{ kN} / m^2 = 0,585 \text{ kN} / m$$

Mejno stanje nosilnosti (MSN)

$$q_d = 1,35 \cdot g_{st} + 1,5 \cdot q_s + 1,5 \cdot \psi \cdot q$$

$$q_d = 1,35 \cdot 0,788 \text{ kN} / m + 1,5 \cdot 1,152 \text{ kN} / m + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,585 \text{ kN} / m$$

$$q_d = 3,4 \text{ kN} / m$$

Mejno stanje uporabnosti - MSU (inst)

$$q_I = 1,0 \cdot g_{st} + 1,0 \cdot q_s + 1,0 \cdot q$$

$$q_I = 1,0 \cdot 0,788 \text{ kN} / m + 1,0 \cdot 1,152 \text{ kN} / m + 1,0 \cdot 0,585 \text{ kN} / m$$

$$q_I = 2,525 \text{ kN} / m \rightarrow q_I = 0,02525 \text{ kN} / \text{cm}$$

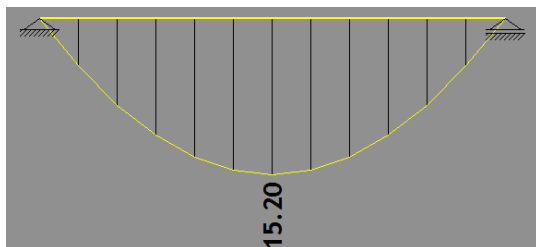
Mejno stanje uporabnosti - MSU (fin)

$$q_{II} = 1,8 \cdot g_{st} + 1,0 \cdot q_s + 1,0 \cdot q$$

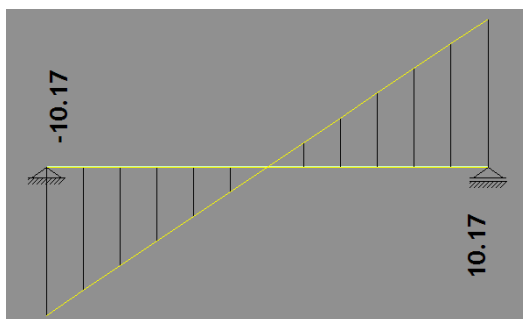
$$q_{II} = 1,8 \cdot 0,788 \text{ kN} / m + 1,0 \cdot 1,152 \text{ kN} / m + 1,0 \cdot 0,585 \text{ kN} / m$$

$$q_{II} = 3,155 \text{ kN} / m \rightarrow q_{II} = 0,03155 \text{ kN} / \text{cm}$$

4.3.4 Izračun notranjih sil obravnavanega lesenega nosilca z upoštevanjem MSN



Slika 83: Momentni diagram (kNm)



Slika 84: Diagram strižnih sil (kN)

Dimenzije izbranega prereza: $b/h = 14 \text{ cm}/26 \text{ cm}$
--

$$A = b \cdot h = 14 \cdot 26 = 364 \text{ cm}^2 \quad (5)$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{14 \text{ cm} \cdot (26 \text{ cm})^2}{6} = 1577,33 \text{ cm}^3 \quad (6)$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{14 \text{ cm} \cdot (26 \text{ cm})^3}{12} = 20505,33 \text{ cm}^4 \quad (7)$$

4.3.5 Kontrola napetosti strešnega nosilca

Kontrola napetosti, zaradi enoosnega upogiba

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{1519 \text{ kNcm}}{1577,33 \text{ cm}^3} \leq f_{m,d} = 1,477 \text{ kN/cm}^2 \quad (8)$$

$$\sigma_{m,d} = 0,963 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{m,d} = 1,477 \text{ kN/cm}^2$$

Kontrola strižnih napetosti

$$\tau_d = \frac{V}{2/3 \cdot A} = \frac{10,17 \text{ kN}}{242,67 \text{ cm}^2} \leq f_{v,d} = 0,154 \text{ kN/cm}^2 \quad (9)$$

$$\tau_d = 0,0419 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{v,d} = 0,154 \text{ kN/cm}^2$$

4.3.6 Kontrola pomikov

Kontrola trenutnih pomikov

$$w_{inst} = \frac{5 \cdot q_I \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} \leq w_{dop} = \frac{l}{300} \quad ; \quad w_{inst} = \frac{5 \cdot 0,02525 \text{ kN/cm}^2 \cdot (598 \text{ cm})^4}{384 \cdot 1100 \text{ kN/cm}^2 \cdot 20505,33 \text{ cm}^4} \leq \frac{598 \text{ cm}}{300} \quad (10)$$

$$w_{inst} = 1,86 \text{ cm} \leq 1,99 \text{ cm}$$

Kontrola končnih pomikov

$$w_{fin} = \frac{5 \cdot q_{II} \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} \leq w_{dop} = \frac{l}{250} \quad ; \quad w_{fin} = \frac{5 \cdot 0,03155 \text{ kN/cm}^2 \cdot (598 \text{ cm})^4}{384 \cdot 1100 \text{ kN/cm}^2 \cdot 20505,33 \text{ cm}^4} \leq \frac{598 \text{ cm}}{250} \quad (11)$$

$$w_{fin} = 2,33 \text{ cm} \leq 2,39 \text{ cm}$$

4.4 Obtežba armiranobetonske konstrukcije

4.4.1 Stalna obtežba

Lastna teža T-nosilcev

$$G_T = \left((0,5m \cdot 0,2m \cdot 13,3m) + \left(\frac{0,7m \cdot 0,035m \cdot 13,3m}{2} \right) \cdot 2 + (0,7m \cdot 0,15m \cdot 13,3m) \right) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 \text{ kom.} =$$

$$G_T = 305,24 \text{ kN}$$

Lastna teža gred

$$G_G = (0,4m \cdot 0,3m \cdot 5,78m \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 6 \text{ kom.}) = 104,04 \text{ kN}$$

Lastna teža stebrov

Stebri višine 5,36m:

$$G_{S1} = \left(\left(0,4m \cdot 0,5m \cdot \frac{5,36m}{2} \right) + (0,4m \cdot 0,135m \cdot 0,6m \cdot 2) + \left(\frac{0,4m \cdot 0,03m \cdot 0,6m}{2} \right) \cdot 2 \right) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 \text{ kom.} = 60,8 \text{ kN}$$

Stebri višine 5,12m:

$$G_{S2} = \left(\left(0,4m \cdot 0,5m \cdot \frac{5,12m}{2} \right) + (0,4m \cdot 0,135m \cdot 0,6m \cdot 2) + \left(\frac{0,4m \cdot 0,03m \cdot 0,6m}{2} \right) \cdot 2 \right) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 4 \text{ kom.} = 58,4 \text{ kN}$$

Skupna teža stebrov

$$G_S = G_{S1} + G_{S2} = 60,8kN + 58,4kN = 119,2kN$$

Povprečna višina prednjih in zadnjih stebrov

$$h = \left(\frac{5,36m + 5,12m}{2} \right) = 5,24m$$

Lastna teža zidane stene (polnila) + fasada

$$G_Z = \left(5,5m \cdot 0,3m \cdot \frac{5,24m}{2} \cdot 18kN/m^3 \cdot 3sten. \right) + \left(11,6m \cdot 0,3m \cdot \frac{5,24m}{2} \cdot 18kN/m^3 \right) = 397,6kN$$

Lastna teža strehe - sendvič plošče

$$G_{SP} = 20,25m \cdot 13,3m \cdot 1,33kN/m^2 = 358,2kN$$

Vsota vseh tež, ki jih potrebujemo za nadaljnji izračun mase konstrukcije

$$\sum G = G_T + G_G + G_S + G_Z + G_{SP}$$

$$\sum G = 305,24kN + 104,04kN + 119,2kN + 397,6kN + 358,2kN = 1284,28kN$$

Vsota vseh tež, ki jih potrebujemo za nadaljnji izračun mase konstrukcije podane na kvadratni meter

$$\bar{g} = \frac{1284,28kN}{20,25m \cdot 13,3m} = 4,77kN/m^2$$

4.4.2 Koristna obtežba

Streha H kategorije: $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$... streha dostopna le za normalno vzdrževanje in popravila

Teža zaradi koristne obtežbe: $\sum Q = 20,25 \text{ m} \cdot 13,3 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \sum Q = 269,34 \text{ kN}$

4.4.3 Teža na strehi za potresno obtežno kombinacijo

$$T = \sum G + \varphi \cdot \psi_2 \cdot \sum Q \quad (12)$$

$$T = 1284,28 \text{ kN} + 1,0 \cdot 0 \cdot 269,34 \text{ kN} = 1284,28 \text{ kN}$$

4.4.4 Masa konstrukcije

$$m = \frac{T}{g} = \frac{1284,28 \text{ kN}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 130,92 \text{ t} \quad (13)$$

4.4.5 Masni vztrajnostni moment

$$m_\phi = m \cdot \frac{(L_x^2 + L_y^2)}{12} \quad (14)$$

$$m_\phi = 130,92 \text{ t} \cdot \frac{((20,25 \text{ m})^2 + (13,3 \text{ m})^2)}{12} = 6403,65 \text{ tm}^2$$

4.4.6 Slučajna ekscentričnost mase

$$e_i = 0,05 \cdot L_i \quad (15)$$

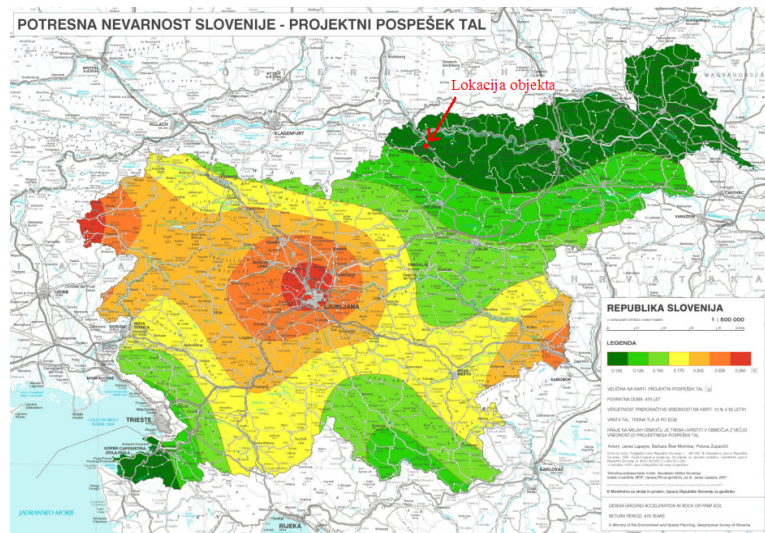
$$e_x = 0,05 \cdot L_x = 0,05 \cdot 20,25m = 1,0125m \approx 1,0m$$

$$e_y = 0,05 \cdot L_y = 0,05 \cdot 13,3m = 0,665m \approx 0,7m$$

$$T(x; y) = T(9m; 6m) \rightarrow T(x + e_x; y + e_y) = (9m + 1m; 6m + 0,7m) = (10m; 6,7m)$$

4.5 Potresna obtežba

Objekt je primer tipične AB enoetažne hale, ki se nahaja na relaciji Slovenj Gradec – Dravograd, natančneje v Šentjanžu pri Dravogradu. Zaradi poznane lege objekta vemo, da se hala nahaja na območju s projektnim pospeškom 0,100 g, katerega smo določili iz spodaj priložene karte.



Slika 85: Projektni pospeški tal za Slovenijo (ARSO)

Za določitev samega tipa tal sem si pomagal s standardom, ki natančno določa klasifikacijo tal. Glede na to, da bo objekt temeljen na zelo gostem pesku oziroma produ, debeline vsaj nekaj deset metrov, standard določa, da takšna temeljna tla spadajo v kategorija tipa tal B.

Faktor obnašanja računamo po naslednji enačbi:

$$q = q_0 \cdot k_p \geq 1,5 \quad , \quad (16)$$

kjer sta:

q_0 ... osnovna vrednost faktorja obnašanja, ki je odvisna od tipa konstrukcijskega sistema in njegove pravilnosti po višini

k_p ... faktor, ki upošteva prevladujoč način rušenja pri konstrukcijskih sistemih s stenami

($k_p = 1,0$... za okvirne in okvirom ekvivalentne mešane sisteme).

Preglednica 3: Osnovne vrednosti faktorja obnašanja za sisteme, ki so pravilni po višini (SIST EN 1998-1 : 2006: poglavje 5.2.2.2)

Vrste konstrukcije	DCM (srednja duktilnost)	DCH (visoka duktilnost)
Okvirni sistemi, mešani sistemi, sistemi povezanih sten (sten z odprtini)	$3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$	$4,5 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Sistemi nepovezanih (konzolnih) sten	3,0	$4,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$
Torzijsko podajen sistem	2,0	3,0
Sistem obrnjenega nihala	1,5	2,0

5.8.4 Faktorji obnašanja (EC8-1: 5.11.1.4)

V uvodu smo pojasnili, da je bila za starejše verzije EC8 značilna precejšnja stopnja nezaupanja do sposobnosti sipanja energije pri konstrukcijskih sistemih montažnih hal. V opombi k členu SIST ENV1998-1-3:B1.2(2) je bilo jasno zapisano, da moramo »enoetažne industrijske stavbe (hale) z obojestransko členkasto priključenimi gredami razlikovati od navadnih okvirnih sistemov«. Skladno s tem je bila za montažne hale zahtevana bistveno manjša redukcija potresnih sil kot za monolitne okvire SIST ENV1998-1-3:B3.2(3): »Montažnim sistemom enoetažnih industrijskih stavb (hal), ki niso povezani v okvire, lahko pripišemo faktor obnašanja $q_0 = 3,0$ pod naslednjima pogojeja:

- vrhovi stebrov so povezani vzdolž obeh glavnih smeri stavbe z jeklenimi ali armiranobetonskimi vezmi in
- skupno število povezanih stebrov je večje od 6.

Torej je predstandard dovoljeval uporabo $q_0 = 3,0$ pod zgornjimi pogoji. In še v tem primeru redukcijski faktor ni bil bistveno večji kot pri obrnjenem nihalu ($q_0 = 2,0$). Vsekakor pa je bil veliko manjši kot za monolitne okvire ($q_0 = 5,0$).

Tako visoko predpisanim potresnim silam je sledila reakcija, predvsem predstavnikov italijanske industrije montažnih betonskih konstrukcij, ki so ugotovili, da bi bila lahko s tem konkurenčnost napram jeklenim halam (neupravičeno) močno prizadeta.

Sledile so prve raziskave v okviru projekta ECOLEADER (tudi tu so sodelovali raziskovalci IKPIR-a), sprememba predpisa in nove obsežne raziskave (omenjene v razdelku 5.8.2), ki naj bi spremembo verificirale naknadno.

Tako je v standardu v primerjavi s predstandardom:

- dodano poglavje 5.11 namesto informativnega dodatka B v predstandardu;
- k definiciji obrnjenega nihala dodana opomba »V to kategorijo ne sodijo enoetažni okviri, ki imajo vrhove stebrov povezane vzdolž obeh glavnih smeri stavbe in pri katerih v nobenem stebri normirana osna sila v_3 ne presega $0,3 \cdot \alpha_1$ «;
- pri opredelitvi tipov konstrukcije v 5.11 ni več opombe »Enoetažne industrijske stavbe (hale) z obojestransko členkasto priključenimi gredami moramo razlikovati od navadnih okvirnih sistemov.«;
- določila iz SIST ENV1998-1-3:B3.2(3): »Montažnim sistemom enoetažnih industrijskih stavb (hal), ki niso povezani v okvire, lahko pripišemo faktor obnašanja $q_0 = 3,0$...« v poglavju 5.11 ni več.

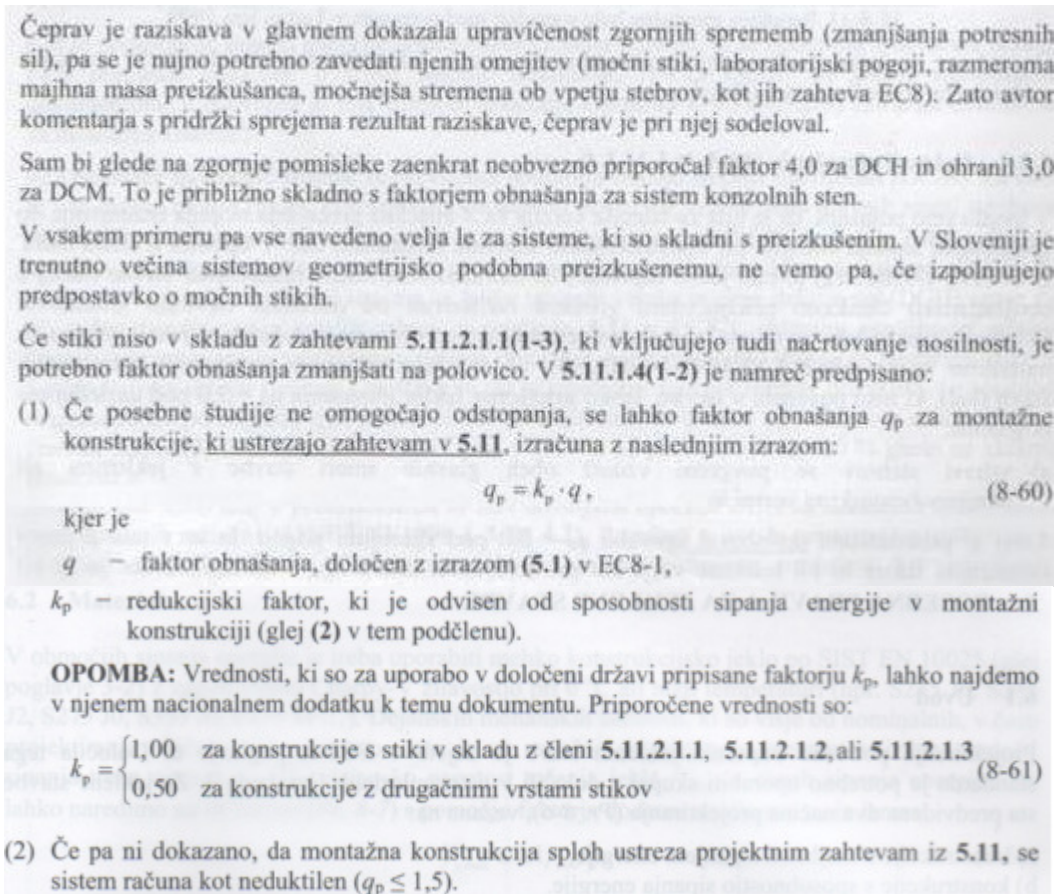
Kot smo pojasnili v razdelku 5.8.2, to implicitno pomeni, da lahko montažne betonske hale računamo na enake sile kot monolitne okvire. Za betonske hale visoke stopnje duktilnosti DCH je sedaj predpisan osnovni faktor obnašanja

$$q_0 = 4,5 \cdot \alpha_0 / \alpha_1 \quad (8-58)$$

Faktor povečane nosilnosti zaradi statične nedoločenosti bi bil lahko 1,1 (rezultirajoči faktor redukcije pa praktično 5). Vendar je vpliv statične nedoločenosti smiselno uporabiti le za okvire s togimi vozlišči med gredami in stebri. Zato naj bo pri montažnih sistemih (čeprav imajo tudi ti nekaj rezerv pri prerezporeditvi obremenitev med povezanim stebri):

$$\alpha_0 / \alpha_1 = 1,0 \quad (8-59)$$

Slika 86: Določitev faktorja obnašanja za obravnavano halo* (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, (ur. Beg, Pogačnik), EC-8 : poglavje 5.8.4)



Slika 87: Določitev faktorja obnašanja za obravnavano halo** (Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, (ur. Beg, Pogačnik), EC-8 : poglavje 5.8.4)

Tako smo za faktor obnašanja vzeli vrednost 3, ter za faktor povečane nosilnosti 1,0.

Tako faktor obnašanja (q_0) znaša:

$$q_{DCM} = q_0 \cdot k_p \geq 1,5$$

$$q_{DCM} = 3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \cdot 1,0 = 3,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \geq 1,5$$

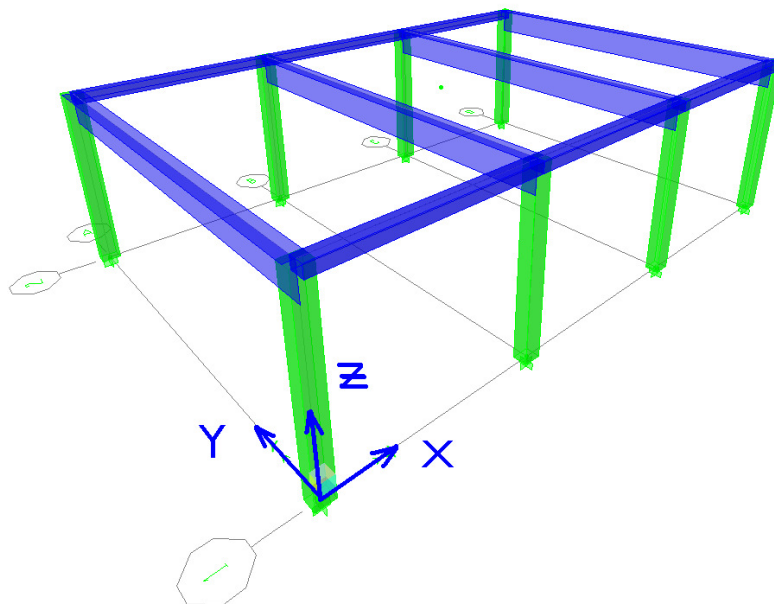
$$q_{DCM} = 3,0 \geq 1,5$$

4.6 Analiza konstrukcije

4.6.1 Računski model konstrukcije

Račun konstrukcije izvedemo s programom ETABS in TOWER 6. Uporabimo prostorski računski model. Lahko bi uporabili tudi mnogo bolj preprost model z enim konzolnim stebrom in približno oceno vpliva slučajne ekscentričnosti. Zaradi splošnosti smo se odločili za bolj podroben model.

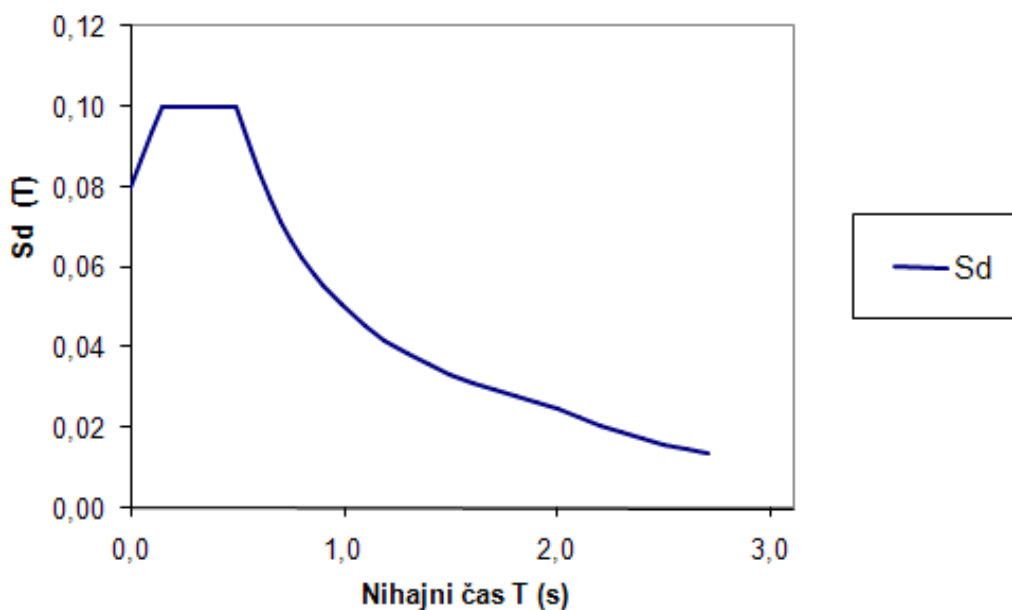
Višine etaž v modelu določimo glede na težišča prerezov horizontalnih nosilnih elementov. Streho modeliramo s togo diafragmo. Mase in masne vztrajnostne momente podamo v težišče etaže. Stebre, T-nosilce in grede modeliramo z elastičnimi linijskimi končnimi elementi. Stebri so na dnu toga vpeti v temelje, medtem ko so stiki med stebri in prečkami modelirani kot členki. Ob upoštevanju dejstva, da beton med potresno obtežbo razpoka, upoštevamo to tako, da reduciramo vztrajnostne momente in strižne preze stebrov s faktorjem 0,5.



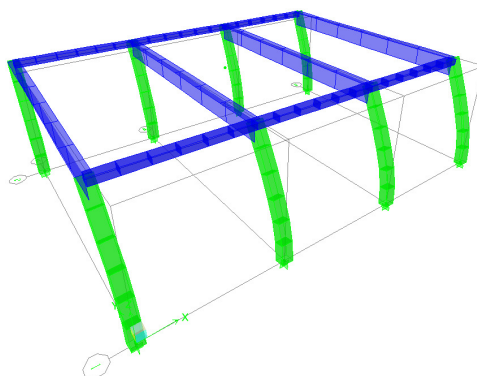
Slika 88: Slika računskega modela konstrukcije

4.6.2 Modalna analiza s spektri odziva

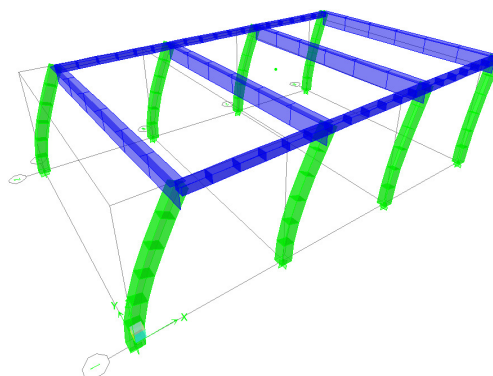
Račun potresne obtežbe smo izvedli z modalno analizo s spektri odziva s pomočjo programa ETABS in TOWER 6. Potresni vpliv je bil upoštevan v obliki projektnih spektrov pospeškov za razred duktilnosti DCM. V skladu z EC8-1 smo upoštevali tudi slučajno ekscentričnost mase in sicer v smislu odmika mase iz težišča posamezne etaže za 5 % tlorisne dimenzije v vsaki vodoravni smeri. Iz tega dobimo štiri različne lege mase, kar pomeni štiri različne modele konstrukcije. Vendar glede na to, da je v našem poenostavljenem modelu konstrukcija dvakrat simetrična, je dovolj, če naredimo samo en model s 5 % odkikom mase. Za kombinacijo odzivov v različnih nihajnih oblikah smo uporabili CQC metodo.



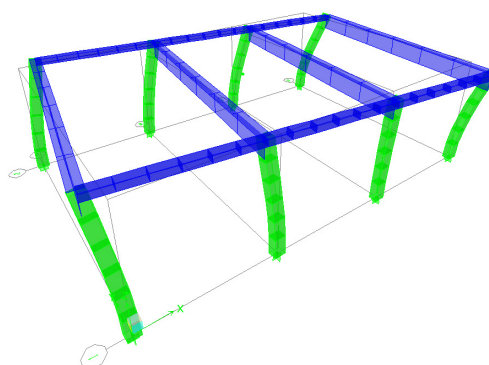
Slika 89: Spekter pospeškov



Slika 90: Prva nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,888$ s)



Slika 91: Druga nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,711$ s)



Slika 92: Tretja nihajna oblika konstrukcije ($T = 0,507$ s)

Preglednica 4: Pomiki in zasuki masnega središča konstrukcije

UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
0,0088	0,0111	0	0	0	0,00019

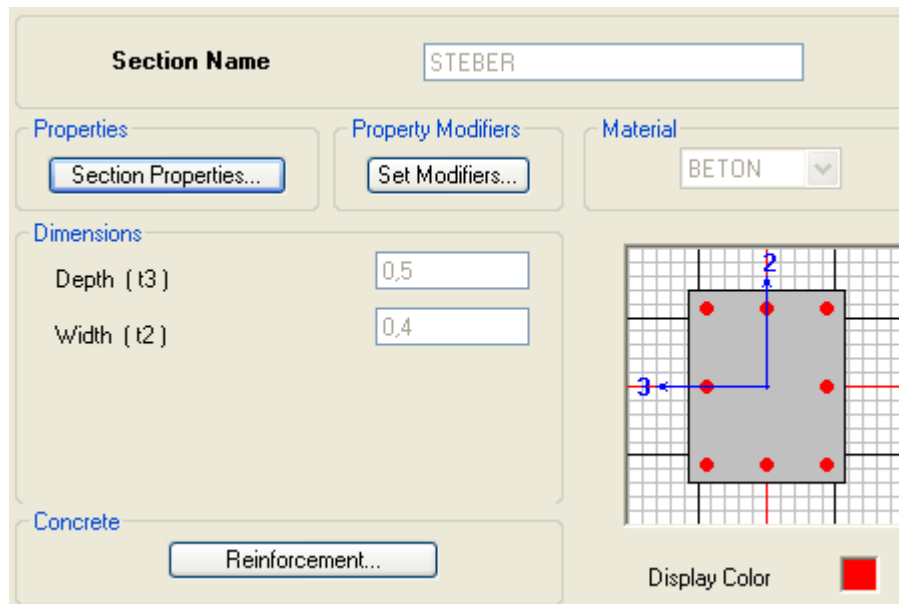
Preglednica 5: Faktorji participacije efektivne mase za pomike

Nihajna oblika	T [s]	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0,88807	0,0392	99,4387	0,5221	0,0392	99,4387	0,5221
2	0,7113	98,8573	0,0742	1,0685	98,8966	99,5129	1,5906
3	0,50734	1,1034	0,4871	98,4094	100	100	100

Preglednica 6: Lastne nihajne oblike

Nihajna oblika	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	-0,0017	0,0872	0	0	0	-0,0009
2	0,0869	0,0024	0	0	0	0,00129
3	0,0092	-0,0061	0	0	0	-0,0124

4.6.3 Obremenitev stebrov



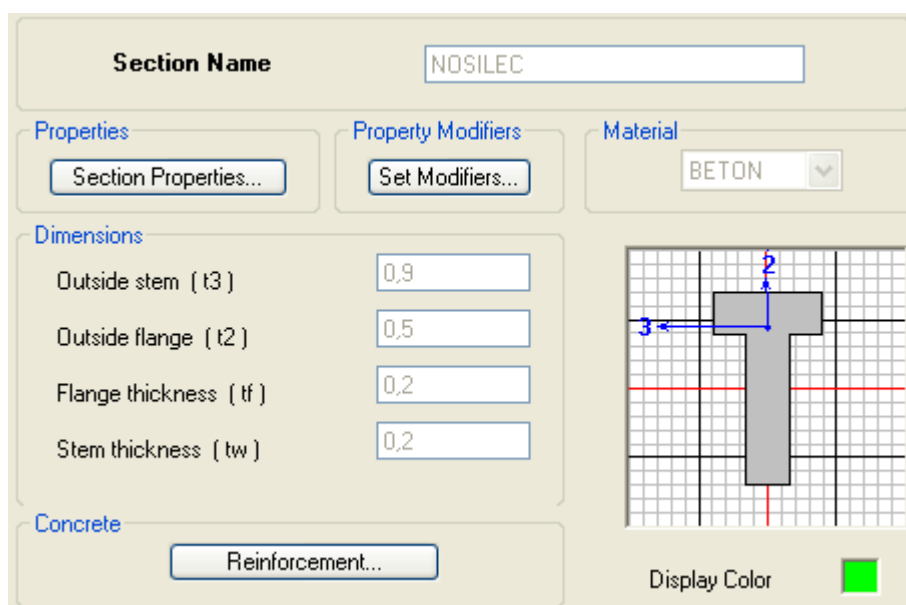
Slika 93: Koordinatni sistem stebra v programu ETABS

Preglednica 7: Obremenitev stebrov za obtežno kombinacijo 1: $G + 0,3 \cdot Q + E_x + 0,3 \cdot E_y$

Steber	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
A1	-108,73	12,86	4,17	21,22	67,40
B1	-154,42	12,86	3,03	16,18	67,40
C1	-154,42	12,86	3,34	17,83	67,40
D1	-108,73	12,86	4,12	21,32	67,40
A2	-107,53	10,33	4,17	21,22	56,05
B2	-153,22	10,33	3,03	16,18	56,05
C2	-153,22	10,33	3,34	17,83	56,05
D2	-107,53	10,33	4,12	21,32	56,05

Preglednica 8: Obremenitev stebrov za obtežno kombinacijo 2: $G + 0,3 \cdot Q + 0,3 \cdot E_x + E_y$

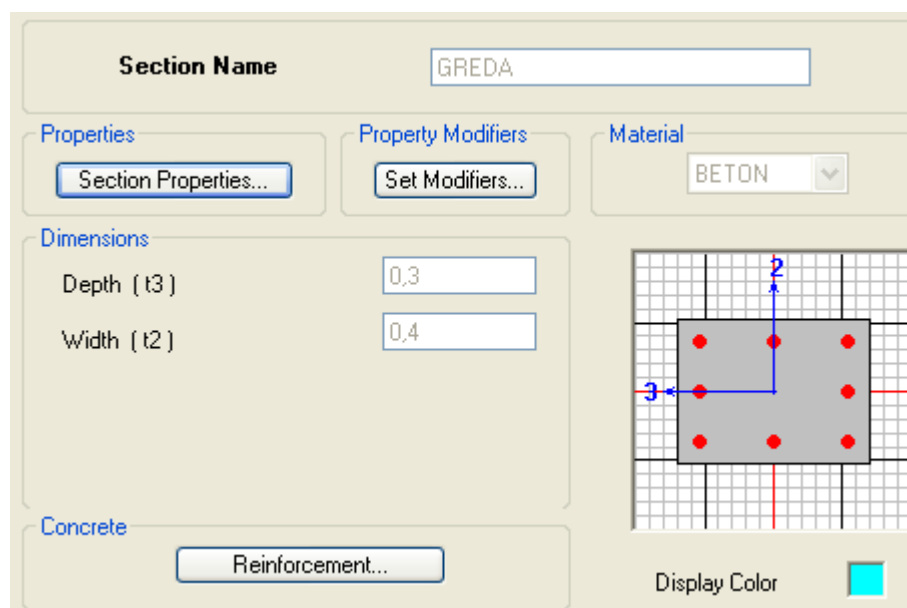
Steber	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
A1	-108,73	5,17	10,42	54,87	26,19
B1	-154,42	5,17	9,4	50,33	26,19
C1	-154,42	5,17	8,96	48,07	26,19
D1	-108,73	5,17	8,55	46,21	26,19
A2	-107,53	4,27	10,42	54,87	22,07
B2	-153,22	4,27	9,4	50,33	22,07
C2	-153,22	4,27	8,96	48,07	22,07
D2	-107,53	4,27	8,55	46,21	22,07



Slika 94: Koordinatni sistem T-nosilca v programu ETABS

Preglednica 9: Obremenitev T-nosilcev za obtežno kombinacijo 3: $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot Q$

	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
T-Nosilec (na sredini)	0	255,31	0	0	765,94
T-Nosilec (krajni)	0	150,9	0	0	452,71



Slika 95: Koordinatni sistem grede v programu ETABS

Preglednica 10: Obremenitev gred za obtežno kombinacijo 3: $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot \Psi_0 \cdot Q$

	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
Vse grede	0	38,48	0	0	57,71

4.6.4 Vpliv teorije drugega reda

Vpliv teorije 2. reda preverimo s pomočjo koeficienta občutljivosti:

$$\theta = \frac{P_{TOT}}{V_{TOT}} \cdot \frac{d_r}{h} \leq 0,10 \quad (17)$$

P_{TOT} ... celotna osna sila etaže

V_{TOT} ... celotna prečna sila etaže zaradi potresa

d_r ... projektni etažni pomik, določen kot razlika med povprečnima vodoravnima pomikoma d_s na vrhu in na dnu obravnavane etaže: $d_s = q_d \cdot d_e$

h ... višina etaže

EC8 predvideva naslednje primere:

- $\theta \leq 0,10$ teorije drugega reda ni potrebno upoštevati
- $0,10 < \theta \leq 0,20$ potrebno je upoštevati približno teorijo drugega reda
- $0,20 < \theta \leq 0,30$ potrebno je upoštevati točno teorijo drugega reda
- $\theta > 0,30$ pomike moramo zmanjšati s povečanjem togosti

Preglednica 11: Izračun koeficienta občutljivosti

DCM	P_{TOT} [kN]	V_{TOT} [kN]		d_x / h	d_y / h	θ_x	θ_y
		Smer X	Smer Y				
Vpetje	2388,96	92,76	74,66	0,00493	0,00621	0,118	0,198

Izkaže se da bi morali v vseh primerih upoštevati približno teorijo 2. reda. Ta metoda predvideva, da se vse obremenitve zaradi potresnih vplivov pomnožijo s faktorjem $1/(1-\theta)$. Končne obremenitve stebrov so znane v spodnjih tabelah.

Faktorji $1/(1-\theta)$ za DCM

$$\text{X smer: } \frac{1}{(1-\theta_x)} = \frac{1}{(1-0,118)} \approx 1,13 \quad (18)$$

$$\text{Y smer: } \frac{1}{(1-\theta_y)} = \frac{1}{(1-0,198)} \approx 1,25 \quad (19)$$

Preglednica 12: Obremenitev stebrov po TDR za obtežno kombinacijo 1:

$$G + 0,3 \cdot Q + E_x + 0,3 \cdot E_y$$

Steber	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
A1	-108,73	14,53	5,21	26,53	76,16
B1	-154,42	14,53	3,79	20,23	76,16
C1	-154,42	14,53	4,18	22,29	76,16
D1	-108,73	14,53	5,15	26,66	76,16
A2	-107,53	11,67	5,21	26,53	63,34
B2	-153,22	11,67	3,79	20,23	63,34
C2	-153,22	11,67	4,18	22,29	63,34
D2	-107,53	11,67	5,15	26,66	63,34

Preglednica 13: Obremenitev stebrov po TDR za obtežno kombinacijo 2:

$$G + 0,3 \cdot Q + 0,3 \cdot E_x + E_y$$

Steber	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
A1	-108,73	5,84	13,03	68,59	29,60
B1	-154,42	5,84	11,75	62,91	29,60
C1	-154,42	5,84	11,20	60,08	29,60
D1	-108,73	5,84	10,69	57,76	29,60
A2	-107,53	4,83	13,03	68,59	24,94
B2	-153,22	4,83	11,75	62,91	24,94
C2	-153,22	4,83	11,20	60,08	24,94
D2	-107,53	4,83	10,69	57,76	24,94

4.7 Kontrola pomikov

Pomike konstrukcije pri potresni obtežni kombinaciji smo izračunali s programom ETABS. Ker izhajamo iz empirične predpostavke, da so pomiki zaradi potresne obtežbe v elastični in neelastični konstrukciji enaki, lahko pomike obravnavane konstrukcije pri potresni obtežbi izračunamo z upoštevanjem elastičnega spektra pospeškov.

Za stavbe, pri katerih so nekonstrukcijski elementi pritrjeni na konstrukcijo tako, da deformacije konstrukcije nanje ne vplivajo, so etažni pomiki omejeni na sledeči način:

$$d_r \cdot \nu \leq 0,010 \cdot h \quad (20)$$

d_r ... projektni etažni pomik

h ... višina etaže

ν ... redukcijski faktor, ki upošteva manjšo povratno dobo potresa, povezano z zahtevo po omejitvi poškodb. V našem primeru znaša $\nu = 0,4$.

Mejni etažni pomik znaša: $d_r = 0,010 \cdot \frac{h}{\nu} = 0,025 \cdot h \quad (21)$

Preglednica 14: Kontrola pomikov masnega središča

	X - smer d_x / h	Y - smer d_y / h	Mejni pomik d_r / h
Konstrukcija	0,00493	0,00621	0,025

Iz zgornje tabele lahko vidimo, da so vsi pomiki, tako v X kot v Y smeri manjši od mejnega pomika, tako da smo zahtevam, ki jih predpisuje standard, v celoti zadostili.

4.8 Dimenzioniranje

4.8.1 Dimenzioniranje stebrov

4.8.1.1 Vzdolžna armatura stebrov

Pri izračunu potrebne vzdolžne armature smo si pomagali s programoma TOWER 6 in DIAS. Predvsem s pomočjo slednjega smo preverili ustreznost in smiselnost dobljenih rezultatov.

Izkaže se, da za stebre zadostuje minimalna armatura, saj so izračunane vrednosti v interakcijskem diagramu znotraj interakcijskega diagrama za minimalno armaturo. Minimalna potrebna vzdolžna armatura po EC8 znaša:

$$A_{s,\min} = 0,01 \cdot A_c . \quad (22)$$

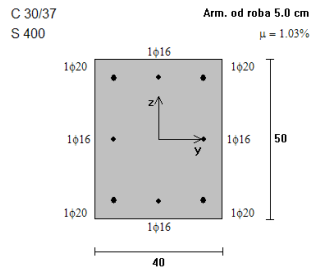
Minimalna armatura po EC8:

$$A_{s,\min} = 0,01 \cdot A_c = 0,01 \cdot 2000 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad A_{s,\min} = 20 \text{ cm}^2$$

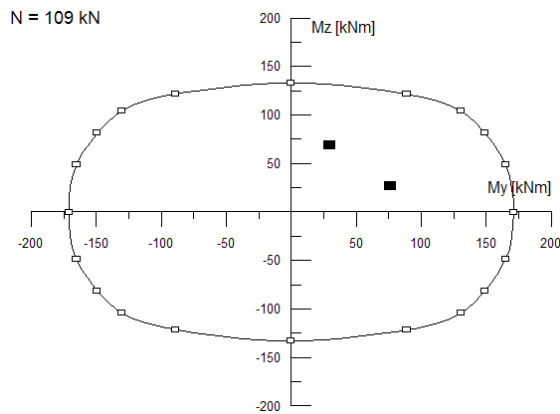
Izberem: 4(*palice*) ϕ 20 in 4(*palice*) ϕ 16 $A_s(\text{dej.}) = 20,61 \text{ cm}^2$

Razlog, zakaj smo izbrali takšen nabor armaturnih palic, je v izvedbi detajlov izbranih montažnih elementov, ki nalegajo na stebre. Bolj podrobno o sami izvedbi detajlov in razlogih izbora palic v nadaljevanju.

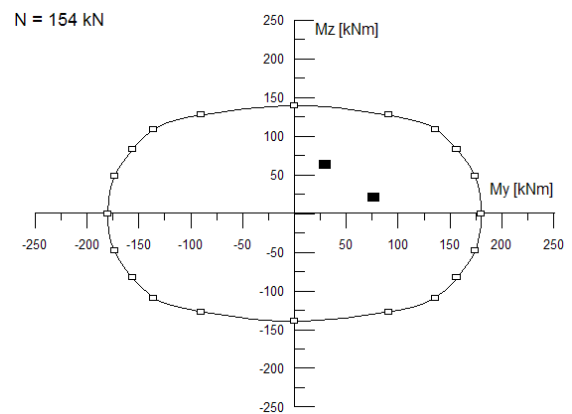
4.8.1.2 Interakcijski diagrami stebrov



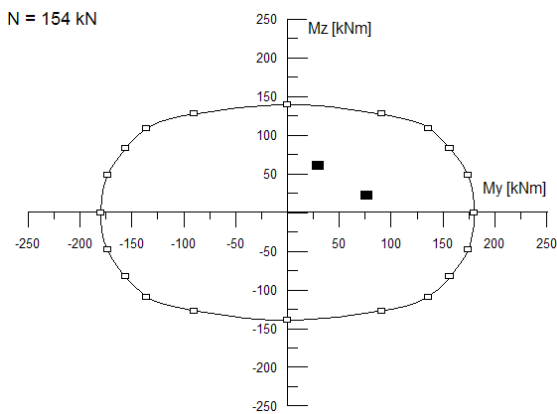
Slika 96: Prikaz položitve vzdolžne armature prednjega stebra



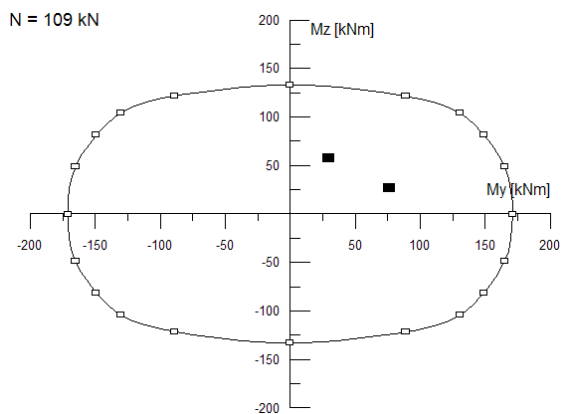
Slika 97: Steber A1



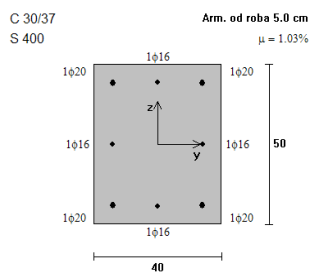
Slika 98: Steber B1



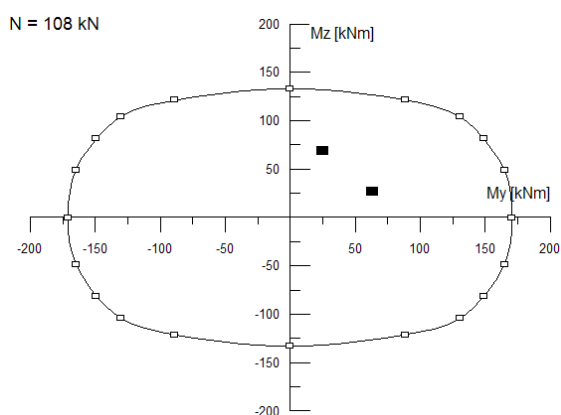
Slika 99: Steber C1



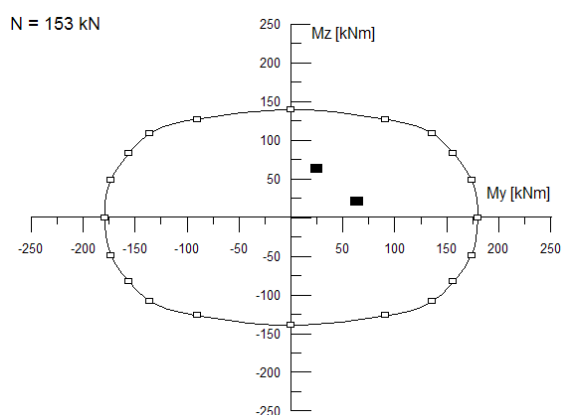
Slika 100: Steber D1



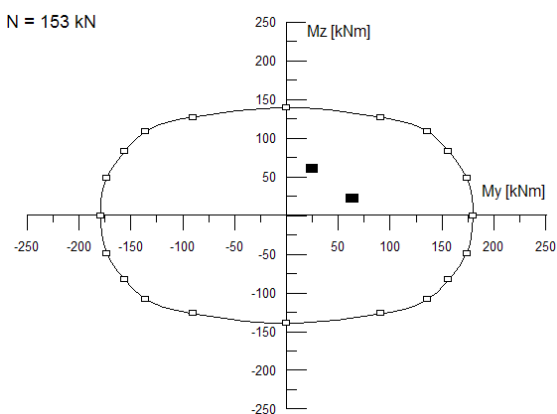
Slika 101: Prikaz položitve vzdolžne armature zadnjega stebra



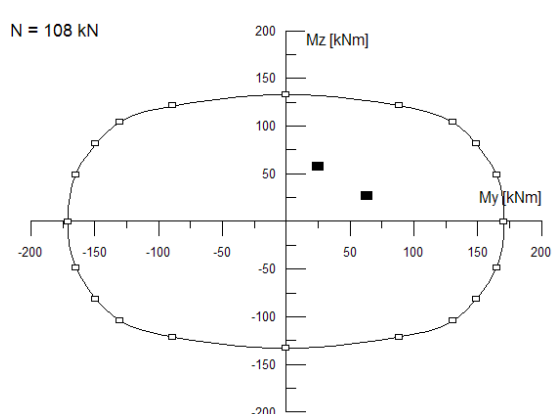
Slika 102: Steber A2



Slika 103: Steber B2



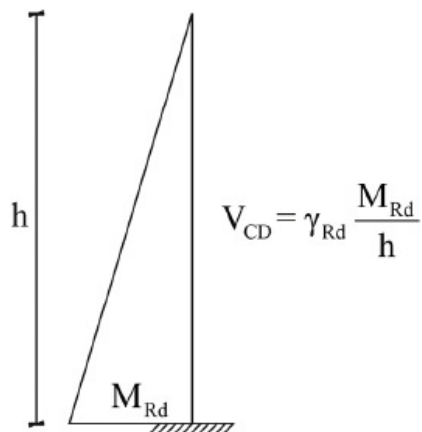
Slika 104: Steber C2



Slika 105: Steber D2

4.8.1.3 Projektne prečne sile

Projektno prečno silo v stebrih izračunamo po metodi načrtovanja nosilnosti in jo primerjamo z dobljeno računsko vrednostjo, ki smo jo dobili zaradi vpliva potresa na konstrukcijo. Pri računu oziroma določanju projektne prečne sile smo izhajali iz projektne upogibne nosilnosti prereza $M_{Rd,2}$ in $M_{Rd,3}$.



Slika 106: Izračun prečnih sil po metodi načrtovane nosilnosti za konzolne stebre

$$V_{CD} = \gamma_{RD} \cdot \frac{M_{Rd}}{h} \quad (23)$$

V_{CD} ... projektna prečna sila po metodi načrtovane nosilnosti

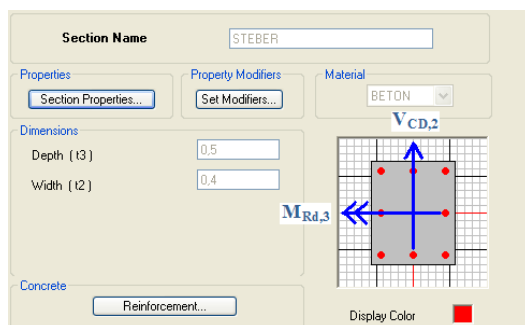
M_{Rd} ... projektna upogibna nosilnost prereza, ki je odvisna od vzdolžne armature in osne sile v prerezu

γ_{Rd} ... faktor dejanske povečane nosilnosti, ki znaša 1,1 za DCM in 1,3 za DCH

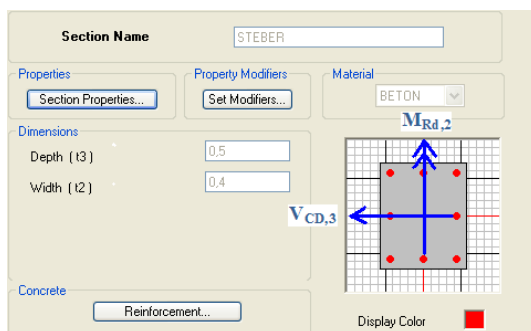
h ... višina etaže

Preglednica 15: Projektne prečne sile po metodi načrtovane nosilnosti ter projektna upogibna nosilnost prereza

Steber	h [m]	$M_{Rd,2}$ [kNm]	$M_{Rd,3}$ [kNm]	$V_{CD,3}$ [kN]	$V_{CD,2}$ [kN]
A1	5,36	133,86	173,4	27,47	35,59
B1	5,36	139,86	182,1	28,70	37,37
C1	5,36	139,2	182,1	28,57	37,37
D1	5,36	133,4	173,4	27,38	35,59
A2	5,12	133,86	171,25	28,76	36,79
B2	5,12	139,86	180	30,05	38,67
C2	5,12	139,2	180	29,91	38,67
D2	5,12	133,4	171,25	28,66	36,79



Slika 107: Lastnost prereza v smeri lokalne osi 2 za $V_{CD,2}$ in $M_{Rd,3}$



Slika 108: Lastnost prereza v smeri lokalne osi 3 za $V_{CD,3}$ in $M_{Rd,2}$

4.8.1.4 Račun strižne armature stebrov

Če med seboj primerjamo rezultate prečnih sil, dobljenih po teh dveh različnih pristopih in upoštevamo delovanje v obeh smereh (X in Y), vidimo, da so prečne sile dobljene po metodi načrtovane nosilnosti najmanj dvakrat večje od prečnih sil, ki nastanejo zaradi vpliva potresa.

- Največja prečna sila v X smeri: $V_{CD,Max,2} > V_{ed,Max,2}$
 $\underline{38,67\text{ kN}} > 14,53\text{ kN}$
- Največja prečna sila v Y smeri: $V_{CD,Max,3} > V_{ed,Max,3}$
 $\underline{30,05\text{ kN}} > 13,03\text{ kN}$

Kontrola dimenzije stebra

α_{cw} ... koeficient, ki upošteva napetostno stanje v tlačnem pasu $\rightarrow \alpha_{cw} = 1$

v_1 ... redukcijski faktor tlačne trdnosti strižno razpokanega betona

b_w ... minimalna debelina zaradi striga

$V_{Rd,max}$... vrednost največje prečne sile, ki jo element še lahko prenese

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot V_1 \cdot \frac{1}{(\cot \theta + \tan \theta)} \quad (24)$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \quad (25)$$

Smer X**Določitev največje vrednosti prečne sile v X smeri, ki jo element še lahko prenese**

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ kN/cm}^2}{250}\right) = 0,528 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{1}{(\cot \theta + \tan \theta)} \quad z = 0,9 \cdot d \quad , \quad \theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 0,9 \cdot 46 \text{ cm} \cdot 0,528 \text{ kN/cm}^2 \cdot \frac{1}{(1+1)} \quad b_w = 40 \text{ cm} \quad , \quad d = 46 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 437,18 \text{ kN} > V_{CD,Max,2} = 38,67 \text{ kN} \quad \dots \quad \text{OK}$$

Smer Y**Določitev največje vrednosti prečne sile v Y smeri, ki jo element še lahko prenese**

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ kN/cm}^2}{250}\right) = 0,528 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{1}{(\cot \theta + \tan \theta)} \quad , \quad z = 0,9 \cdot d \quad , \quad \theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 0,9 \cdot 36 \text{ cm} \cdot 0,528 \text{ kN/cm}^2 \cdot \frac{1}{(1+1)} \quad b_w = 50 \text{ cm} \quad , \quad d = 36 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 427,68 \text{ kN} > 30,05 \text{ kN} = V_{CD,Max,3} \quad \dots \quad \text{OK}$$

Dimenzija stebra v smeri analiz (tako v X, kot v Y smeri) je zadostna, saj je maksimalna prečna sila, ki jo lahko prerez prenese, bistveno večja od projektne obremenitve. Tako lahko rečemo, da so izbrane dimenzije prereza primerne, saj je vrednost največje prečne sile, ki jo element še lahko prenese, bistveno večja kot obtežba zaradi striga. Potrebna je samo še določitev potrebne armature za prevzem striga oziroma kontrolo ali je strižna nosilnost betona dovolj velika, da zadostimo kriterijem za uporabo minimalne strižne armature.

Določitev potrebne strižne armature v X smeri

$$b_w = 40\text{cm} = 400\text{mm}$$

$$d = h - a = 50\text{cm} - 4\text{cm} = 46\text{cm} = 460\text{mm}$$

ρ_l ... stopnja armiranja z vzdolžno armaturo

A_{sl} ... ploščina vzdolžne armature

σ_{cp} ... tlačna napetost betona zaradi osne sile

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{460}} = \underline{1,66} \leq 2,0 \quad (26)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl} / 2}{b_w \cdot d} = \frac{20,61\text{cm}^2 / 2}{40\text{cm} \cdot 46\text{cm}} = \underline{0,005} \leq 0,02 \quad (27)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c} = \frac{154,42\text{kN}}{40\text{cm} \cdot 50\text{cm}} = \underline{0,077\text{kN/cm}^2} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,4\text{kN/cm}^2 \quad (28)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad (29)$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,66^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,41 \quad (30)$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq [v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (31)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,077] \cdot 400 \cdot 460 \geq [0,41 + 0,15 \cdot 0,077] \cdot 400 \cdot 460$$

$$V_{Rd,c} = 92518,7 N = \underline{\underline{92,52 kN}} \geq 77565,2 N = 77,56 kN$$

$$V_{Rd,c} = 92,52 kN > V_{CD,Max,2} = 38,67 kN \quad \rightarrow \quad \text{Zadostuje že minimalna strižna armatura!}$$

Določitev potrebne strižne armature v Y smeri

$$b_w = 50 cm = 500 mm$$

$$d = h - a = 40 cm - 4 cm = 36 cm = 360 mm$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{360}} = 1,74 \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl} / 2}{b_w \cdot d} = \frac{20,61 cm^2 / 2}{50 cm \cdot 36 cm} = \underline{0,005} \leq 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c} = \frac{154,42 kN}{40 cm \cdot 50 cm} = \underline{0,077 kN / cm^2} < 0,2 \cdot f_{cd} = 0,4 kN / cm^2$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,74^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,4399$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq [v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,74 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,077] \cdot 500 \cdot 360 \geq [0,4399 + 0,15 \cdot 0,077] \cdot 500 \cdot 360$$

$$V_{Rd,c} = 94769,1 N = \underline{\underline{94,7 kN}} \geq 81261 N = 81,26 kN$$

$$V_{Rd,c} = 94,7 kN > V_{CD,Max,3} = 30,05 kN \quad \rightarrow \quad \text{Zadostuje že minimalna strižna armatura.}$$

Ker je strižna nosilnost stebra mnogo večja od izračunane obremenitve zadostuje minimalna strižna armatura. Ta je po EC2 določena z minimalnim premerom stremen $\phi 6$ in maksimalno razdaljo med stremenimi $S_{cl,t \max}$.

$$S_{cl,\max} = \min \begin{cases} 12 \cdot \text{premer vzdolžne palice} \\ \text{manjša dimenzija stebra} \\ 300 \text{ mm} \end{cases} = \min \begin{cases} 12 \cdot 16 \text{ mm} = 192 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \quad (32)$$

$A_{sw,\min}$... minimalna potrebna strižna armatura

Glede na zahtevane pogoje in omejitve, za minimalno strižno armaturo stebra izberem:

$$A_{sw,\min} = \phi 8 / 17,5 \text{ cm}$$

Največjo razdaljo ob vpetju, ki je zahtevana v $S_{cl,\max}$ je po EC2 potrebno zmanjšati s faktorjem 0,6. Tako dobimo:

$$S_{cl,\max} \cdot 0,6 = 17,5 \text{ cm} \cdot 0,6 = 10,5 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

4.8.1.5 Račun objetja v kritičnih območjih stebrov za stopnjo duktilnosti DCM

V kritičnih območjih ob vpetju stebrov je potrebno zagotoviti predpisano duktilnost. To dosežemo s tako imenovanim objetjem betonskega jedra s pomočjo stremen. Dolžina kritičnega območja na katerem moramo zagotoviti zgoraj izračunana stremena za DCM.

$$l_{cr} = \max \left(\begin{array}{l} h_c = 50cm \\ \frac{l_{cl}}{6} = \frac{536cm}{6} = 89,3cm \\ 45cm \end{array} \right) , l_{cl} \text{ je svetla višina prednjih stebrov in znaša } 5,36m \quad (33)$$

$$l_{cr}(\max) \approx 90cm$$

$$l_{cr} = \max \left(\begin{array}{l} h_c = 50cm \\ \frac{l_{cl}}{6} = \frac{512cm}{6} = 85,3cm \\ 45cm \end{array} \right) , l_{cl} \text{ je svetla višina zadnjih stebrov in znaša } 5,12m$$

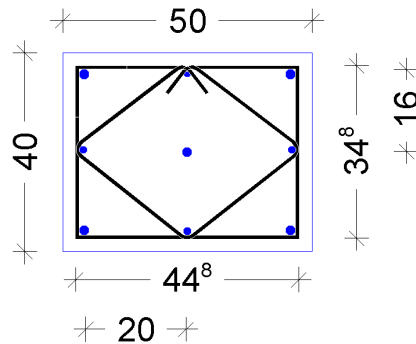
$$l_{cr}(\max) \approx 90cm$$

V kritičnih območjih stebrov razreda DCM morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

1. Prerez stremen (d_{bw}) mora biti večji od $6mm$
2. Razmak med stremeni ne sme biti večji od:

$$S_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_0}{2} = \frac{348}{2} = 174mm \\ 175mm \\ 8d_{bl}^{\min} = 8 \cdot 16mm = 128mm \end{array} \right\} \quad (34)$$

Glede na zgornje omejitve si izberem štiristrižno streme $\phi 8/10cm$.



Slika 109: Slika objekta robnih elementov

Veljati mora:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\varphi} \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (35)$$

Ker je kritično območje ob vpetju stebra, za izbrana stremena izračunam mehanski volumski delež stremen, ki objemajo betonsko jedro

$$\omega_{wd} = \frac{\text{prostornina stremen za objetje}}{\text{prostornina objetega betonskega jedra}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (36)$$

$$\omega_{wd} = \frac{\frac{\pi \cdot (0,8cm)^2}{4} \cdot (2 \cdot 44,8cm + 2 \cdot 34,8cm + 4 \cdot 25,6cm)}{44,8cm \cdot 34,8cm \cdot 15cm} \cdot \frac{34,8 \frac{kN}{cm^2}}{2,0 \frac{kN}{cm^2}} = 0,0978$$

Vrednost ω_{wd} mora znašati vsaj 0,08.

Koeficient α izračunamo s pomočjo naslednjih enačb:

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum_n b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0} = 1 - \frac{(20\text{cm})^2 \cdot 4 + (16\text{cm})^2 \cdot 4}{6 \cdot 34,8\text{cm} \cdot 44,8\text{cm}} = 0,719 \quad (37)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = \left(1 - \frac{10\text{cm}}{2 \cdot 34,8\text{cm}}\right) \cdot \left(1 - \frac{10\text{cm}}{2 \cdot 44,8\text{cm}}\right) = 0,76$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0,719 \cdot 0,76 = 0,547$$

Koeficient μ_φ predstavlja faktor duktilnosti za ukrivljenost. Osnovna nihajna doba konstrukcije znaša $T_1 = 0,888 \text{ s}$, kar je več od $T_c = 0,5 \text{ s}$. Osnovna vrednost faktorja obnašanja (q_0) pa je v primeru DCM enaka 3,0. Faktor duktilnosti za ukrivljenost je tako:

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1, \quad \text{če} \quad T_1 \geq T_c \quad (38)$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot 3 - 1 = 5$$

$$\text{Desna stran enačbe: } \alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035,$$

je odvisna še od osne sile. Večja kot je tlačna osna sila, večje objetje moramo zagotoviti. Zato je potrebno preveriti objetje stebra z največjo tlačno silo.

$$N_{ed} = 154,42 \text{ kN}$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot A_c} = \frac{154,42 \text{ kN}}{2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 40\text{cm} \cdot 50\text{cm}} = 0,03861 \quad (39)$$

$$v_d \ll v_{d,\max}$$

$$0,03861 \ll 0,65$$

$$\varepsilon_{sy,d} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{34,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{20000 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,00174 = 1,74 \text{ ‰} \quad (40)$$

Vse zgornje vrednosti vstavimo v enačbo, s katero preverimo kontrolo objetja:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot v_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$0,547 \cdot 0,0978 \geq 30 \cdot 5 \cdot 0,03861 \cdot 0,00174 \cdot \frac{40}{34,8} - 0,035$$

$$0,0534 \geq -0,0234 \dots \text{OK}$$

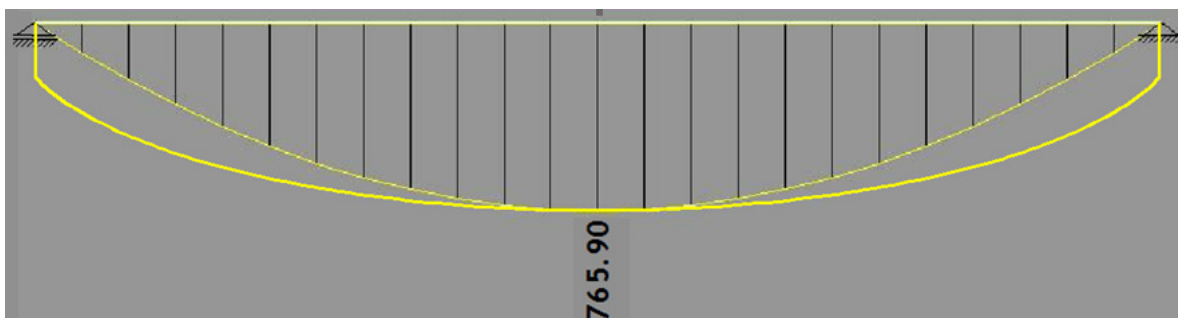
Izbrana štiristrižna stremena $\phi 8/10\text{cm}$ zadostujejo v vseh stebrih, projektiranih po DCM.

Strižno armaturo v vilicah smo določili na podlagi podobnih tipskih primerov, ki jih lahko vidimo v praksi in jih zato računsko nismo dokazovali. Za stremensko armaturo vilic smo tako izbrali $\phi 8/10\text{cm}$.

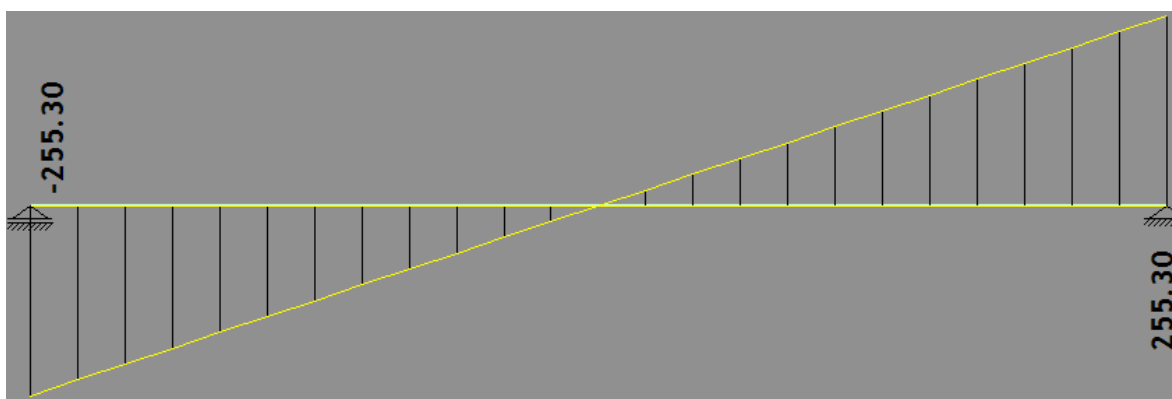
4.8.2 Dimenzioniranje T-nosilcev

4.8.2.1 Račun vzdolžne armature T-nosilcev

Pri izračunu notranje statičnih količin smo si pomagali s programom TOWER 6, lahko pa bi jih določili tudi s »pešč« računom. Postopek določitve potrebne armature se najprej začne z vnosom dimenzij T- nosilca in zajemom vseh predvidenih vplivov, ki nanj delujejo. Na spodnjih dveh slikah je prikaz izračuna notranjih sil za naš obravnavan T-nosilec, kar je tudi osnova za kasnejši izračun potrebne vzdolžne armature.

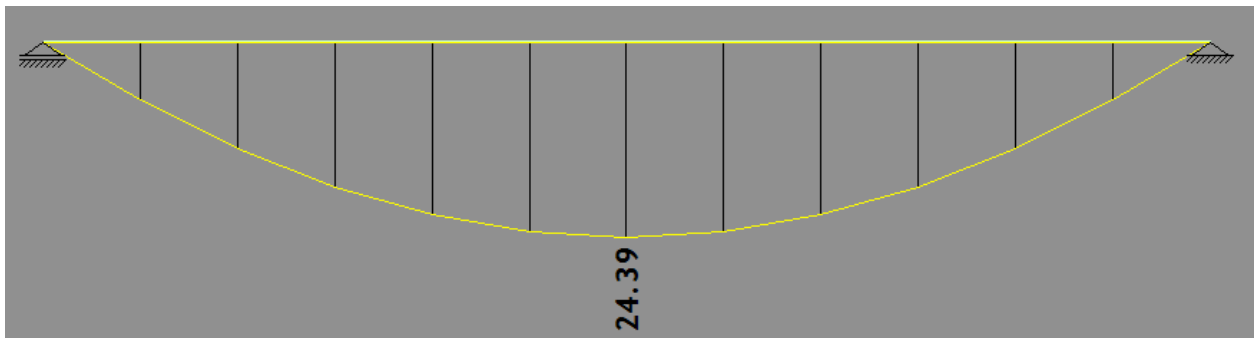


Slika 110: Diagram poteka prestavljene momentne linije T-nosilca



Slika 111: Diagram strižnih sil T-nosilca

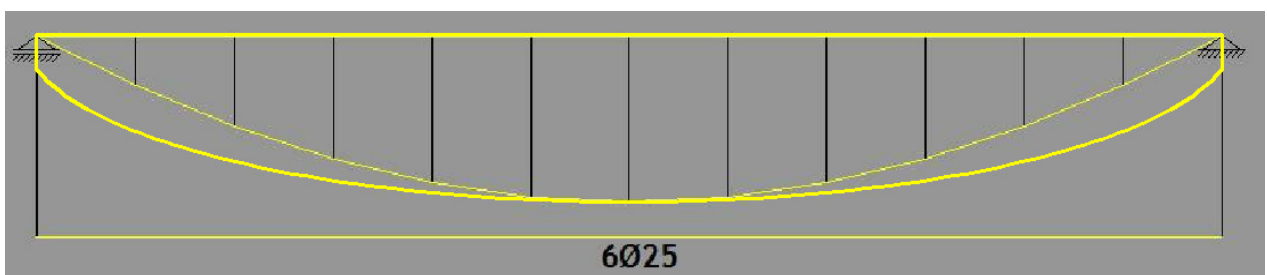
Po določitvi vplivov, obtežnih kombinacij ter izračunu notranjestatičnih količin v naslednjem koraku določimo potrebno količino vzdolžne armature. Z izbrano vzdolžno armaturo želimo pokriti vpliv maksimalnega upogibnega momenta. To storimo s pomočjo programa TOWER 6, ki nam omogoča, da vseskozi vidimo potek pokritja momentne linije. Tako lahko za izbran prerez optimalno določimo potrebno količino armature ter število armaturnih palic.



Slika 112: Prikaz poteka količin potrebne vzdolžne armature

Izberemo vzdolžno armaturo, ki zadošča za pokritje momentne linije.

$$6 \text{ (palic) } \phi 25 \rightarrow A_s(\text{dej.}) = 29,45 \text{ cm}^2$$



Slika 113: Prikaz pokritja potrebne vzdolžne armature T-nosilca z izbrano armaturo

Poleg vzdolžne armature, ki je računsko dokazana, imamo v našem obravnavanem T-nosilcu še konstrukcijsko armaturo, ki pa jo za razliko od potrebne vzdolžne armature računsko ne dokazujemo. Poleg izbrane nosilne vzdolžne in konstrukcijske armature je potrebno izračunati še potrebno strižno armaturo, a o tem več nekoliko kasneje.

Prerez

Aa1
n = 3
e = 4.0 cm

Aa2
n = 1
e = 3.0 cm

Aa,st
Ø = 8.0 mm
e = 20.0 cm
m = 2
a0 = 2.5 cm

Diagram
 Aa2/Aa1
 Aa3/Aa4
 Aa,st
Iteracija: 1 / 1
x = 11.63 m
Aa = 2.70 cm²

n = 0
Ø = 25.0 mm
Ø = mm

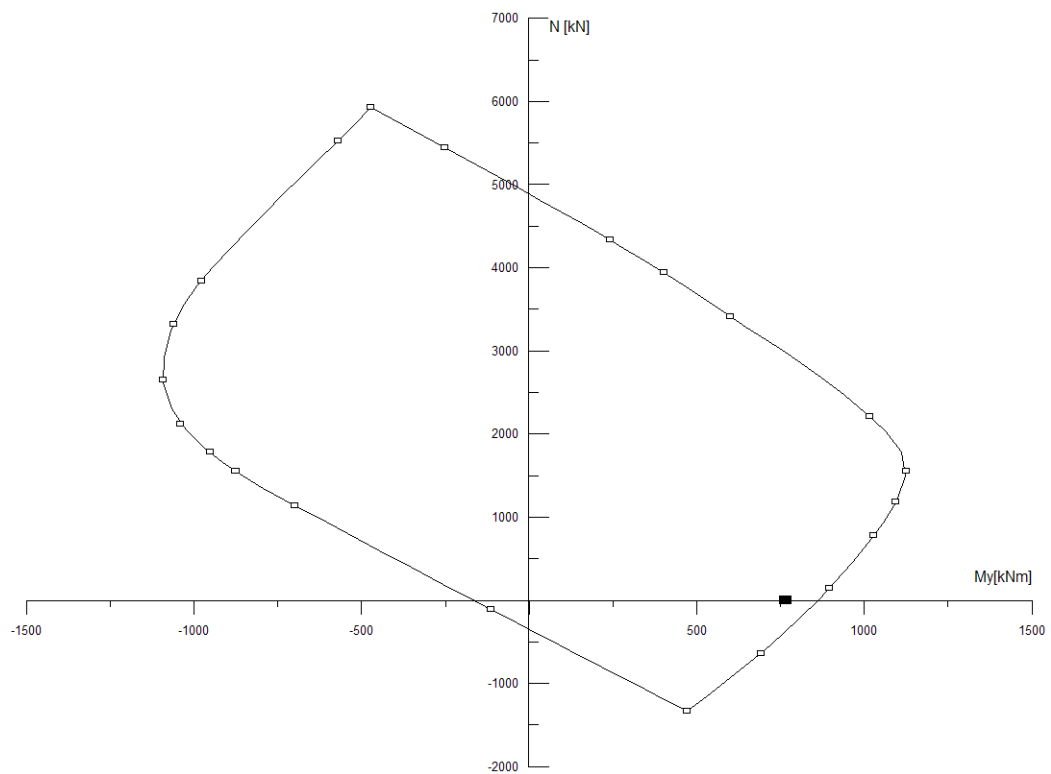
Vse grede

OK Prekliči

Slika 114: Prikaz položitve vzdolžne in konstrukcijske armature po prerezu T-nosilca

Kljub temu da smo s programom TOWER 6 določili dimenzije in količino potrebne vzdolžne armature, smo s pomočjo programa DIAS to še enkrat preverili. Iz interakcijskega diagrama se lepo vidi, da je naša izbrana upogibna armatura ustrezna ter da imamo še nekaj rezerve, kar se tiče nosilnosti.

S tem, ko smo uporabili program DIAS, smo samo še dodatno preverili ustreznost izbrane vzdolžne armature. Tako smo s pomočjo te dodatne kontrole dokazali, da smo na varni strani in da je izbrana armatura ustrezna.



Slika 115: Interakcijski diagram T-nosilca

4.8.2.2 Račun strižne armature T-nosilca

Kontrola dimenzije stebra

$$b_w = 15\text{cm} = 150\text{mm}$$

$$d = h - a = 90\text{cm} - 7\text{cm} = 83\text{cm} = 830\text{mm}$$

Določitev največje vrednosti prečne sile, ki jo element še lahko prinese

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30\text{kN/cm}^2}{250}\right) = 0,528\text{kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{1}{(\cot \theta + \tan \theta)}, \quad z = 0,9 \cdot d, \quad \theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 15\text{cm} \cdot 0,9 \cdot 83\text{cm} \cdot 0,528\text{kN/cm}^2 \cdot \frac{1}{(1+1)}$$

$$V_{Rd,max} = 295,81\text{kN} > 255,31 = V_{ed} \dots \text{OK}$$

Določitev strižne odpornosti betonskega prereza

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{830}} = \underline{1,49} \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{29,45\text{cm}^2}{15\text{cm} \cdot 83\text{cm}} = 0,0258 \leq \underline{0,02}$$

$$N_{ed} = 0 \rightarrow \sigma_{cp} = 0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,49^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,34866$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq [v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,49 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 150 \cdot 830 \geq [0,34866 + 0,15 \cdot 0] \cdot 150 \cdot 830$$

$$V_{Rd,c} = 87147,3N = \underline{\underline{87,14kN}} \geq 43400,7N = 43,4kN$$

$$V_{Rd,c} = 87,14kN < 255,31kN = V_{ed} \rightarrow \text{Strižna armatura je računsko potrebna!}$$

Projektna obtežba, ki odpade na T-nosilec

$$q_{ed} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 0,7 \cdot 1,5 \cdot Q$$

$$q_{ed} = 1,35 \cdot 13,72 kN/m + 1,5 \cdot 11,82 kN/m + 0,7 \cdot 1,5 \cdot 6 kN/m$$

$$q_{ed} = 42,552 kN/m$$

Dolžina območja v katerem je strižna armatura računsko potrebna

$$x_A = \frac{(V_{ed} - V_{Rd,c})}{q_{ed}} = \frac{(255,31kN - 87,14kN)}{42,552kN/m} = 3,952m \approx 4,0m$$

Izračun potrebne strižne armature

A_{sw} ... potrebna strižna armatura

s ... razdalja med strižno armaturo

Izberem: $\cot \theta = 1$, $z = 0,9 \cdot d$

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{ed}}{z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta}, \quad (41)$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{255,31kN}{0,9 \cdot 83cm \cdot 34,8kN/cm^2 \cdot 1,0}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq 0,0982cm = 0,0982cm^2/cm = 9,82cm^2/m$$

Pri dvostriznih stremenih $\rightarrow n = 2$ (dvostično streme)

$$\frac{A_{sw,1}}{s} \geq \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{1}{n} = \frac{9,82cm^2/m}{2} = 4,91cm^2/m$$

Izberem dvostrizna stremena: $\phi 8/10cm \rightarrow A_{sw,1}(dej.) = 5,03cm^2/m$

Izračun potrebne minimalne stremenske armature

$$\rho_{w,\min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{400} = 0,001095 \quad (42)$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw,\min}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \rho_{w,\min} \quad \rightarrow \quad \sin \alpha = 1,0 \quad (43)$$

$$\frac{A_{sw,\min}}{s} = \rho_{w,\min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha \quad \rightarrow$$

$$\frac{A_{sw,\min}}{s} = 0,001095 \cdot 15\text{cm} \cdot 1,0 = 0,016425\text{cm} = 0,016425\text{cm}^2 / \text{cm} = 1,6425\text{cm}^2 / \text{m}$$

Pri dvostriznih stremenih $\rightarrow n = 2$ (dvostrizno streme)

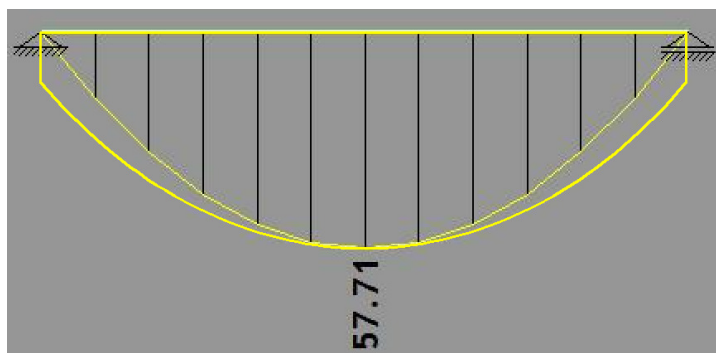
$$\frac{A_{sw,\min,1}}{s} \geq \frac{A_{sw,\min}}{s} \cdot \frac{1}{n} = \frac{1,6425\text{cm}^2 / \text{m}}{2} = 0,82125\text{cm}^2 / \text{m}$$

Za minimalno strižno armaturo izberem: $\phi 8 / 25\text{cm}$, $\left(\frac{A_{sw,\min}}{s} = 2,01\text{cm}^2 / \text{m} \right)$, $n = 2$

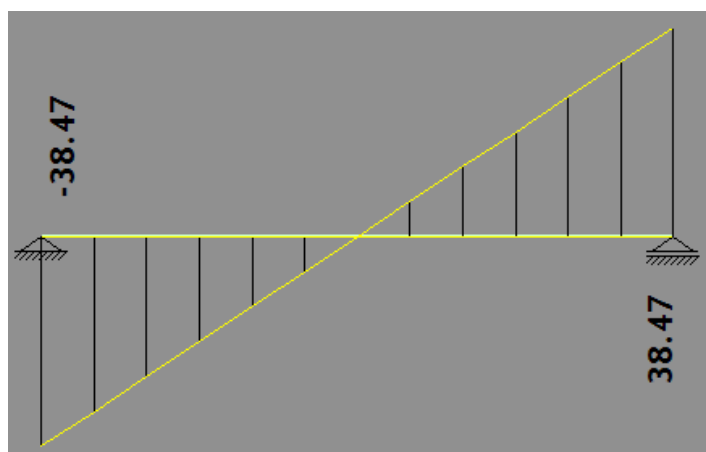
4.8.3 Dimenzioniranje grede

4.8.3.1 Račun vzdolžne armature grede

Sliki 116 in 117 prikazujeta notranjstatične količine, ki so osnova za nadaljnji izračun potrebne vzdolžne in strižne armature grede. Glede na velikostni red notranjihstatičnih količin ni težko ugotoviti, da bo za pokritje izračunanih vrednosti najverjetneje zadostovala že minimalna armatura. To smo preverili s pomočjo programov TOWER 6 in DIAS.

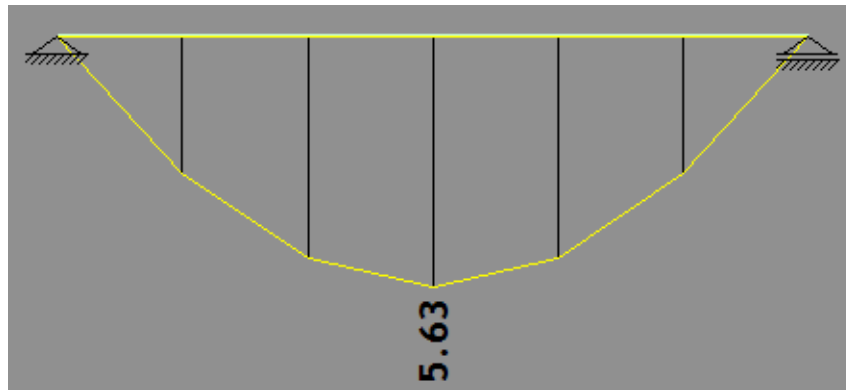


Slika 116: Diagram poteka prestavljene momentne linije grede



Slika 117: Diagram strižnih sil grede

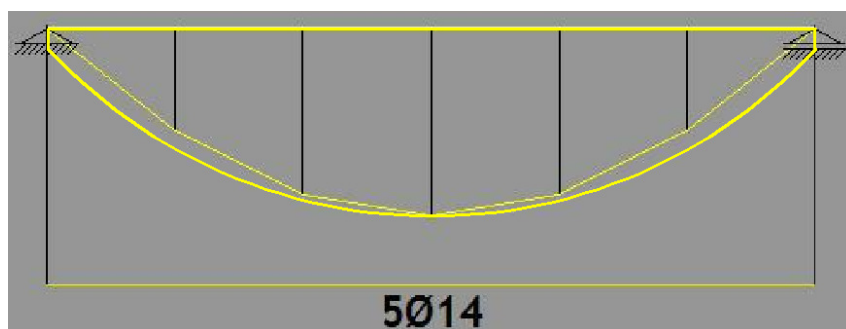
Po končani statični analizi konstrukcije, smo opravili še dimenzioniranje vzdolžne upogibne armature in dobili rezultate, ki so prikazani na slikah 118 in 119. Vidimo, da potrebujemo $5,63 \text{ cm}^2$ vzdolžne armature, ki ustreza izračunanemu upogibnemu momentu. S to količino potrebne armature bi tako pokrili izračunan upogibni moment.



Slika 118: Prikaz poteka količin potrebne vzdolžne armature

Izberemo vzdolžno armaturo, ki zadošča za pokritje momentne linije:

$$5(\text{palice})\phi 14 \rightarrow A_s(\text{dej.}) = 7,7 \text{ cm}^2$$



Slika 119: Prikaz pokritja potrebne vzdolžne armature grede z izbrano armaturo

Prerez

Aa1

n =

e = cm

Aa2

n =

e = cm

Aa,st

Ø = mm

e = cm

m =

Aa1 = cm²

Aa2 = cm²

Aa3 = cm²

Aa4 = cm²

a0 = cm

Diagram

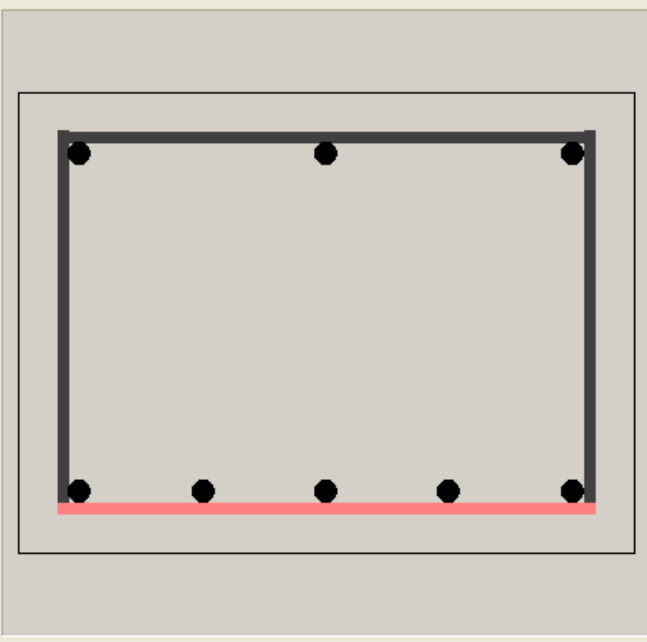

Aa2/Aa1 Iteracija:

Aa3/Aa4 x = m

Aa,st Aa = cm²

n = Ø = mm

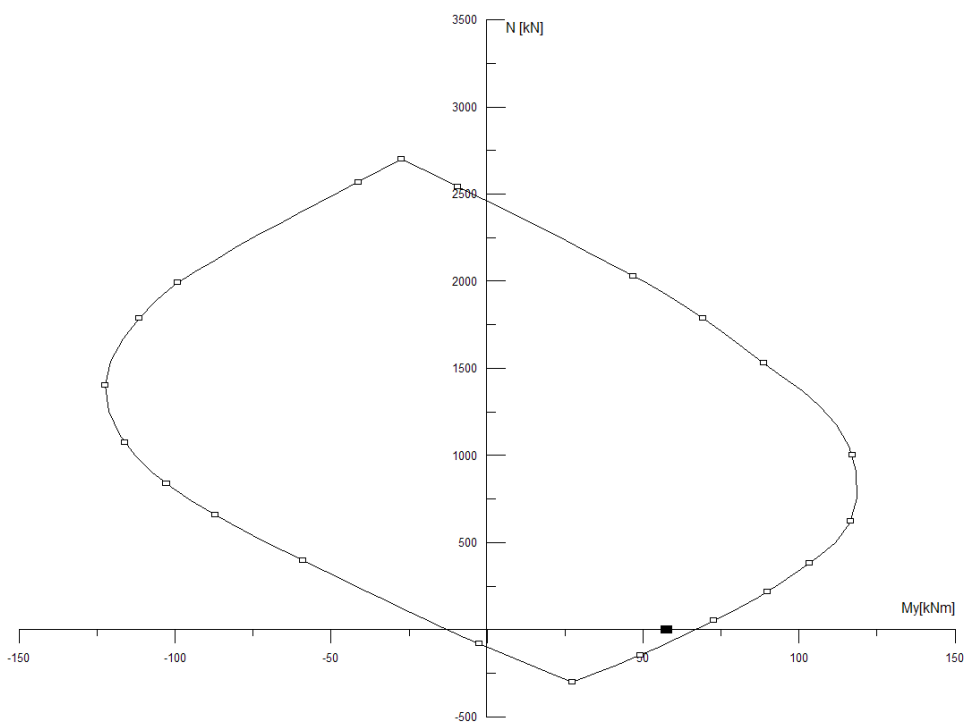
Ø = mm

Vse grede

Slika 120: Prikaz položitve vzdolžne in konstrukcijske armature po prerezu grede

Za kontrolo izračunane nosilne vzdolžne armature s pomočjo programa TOWER 6 smo tudi pri računu grede uporabili program DIAS. Zanimalo nas je, če izračunana potrebna armatura pade znotraj interakcijskega diagrama. Kot lahko vidimo iz slike, je računsko dokazana potrebna armatura grede ustrezna. Kontrola rezultatov s programom DIAS je potrdila pravilen izbor količine in dimenzij potrebne vzdolžne armature, izračunane s programom TOWER 6.



Slika 121: Interakcijski diagram grede

4.8.3.2 Račun strižne armature grede

Kontrola dimenzij grede

$$b_w = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$d = h - a = 30 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 27 \text{ cm} = 270 \text{ mm}$$

Določitev največje vrednosti prečne sile, ki jo element še lahko prinese

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ kN/cm}^2}{250}\right) = 0,528 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot \frac{1}{(\cot \theta + \tan \theta)}, \quad z = 0,9 \cdot d, \quad \theta = 45^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 0,9 \cdot 27 \text{ cm} \cdot 0,528 \text{ kN/cm}^2 \cdot \frac{1}{(1+1)}$$

$$V_{Rd,max} = 256,61 \text{ kN} > 38,48 = V_{ed} \quad \dots \text{ OK}$$

Določitev strižne odpornosti betonskega prereza

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{270}} = \underline{1,86} \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{7,7 \text{ cm}^2}{40 \text{ cm} \cdot 27 \text{ cm}} = \underline{0,00713} \leq 0,02$$

$$N_{ed} = 0 \quad \rightarrow \quad \sigma_{cp} = 0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,86^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,48629$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq [v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,86 \cdot (100 \cdot 0,00713 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 400 \cdot 270 \geq [0,48629 + 0,15 \cdot 0] \cdot 400 \cdot 270$$

$$V_{Rd,c} = 66914,7 N = \underline{\underline{67 kN}} \geq 52519,32 N = 52,52 kN$$

$$V_{Rd,c} = 67 kN > 38,48 kN = V_{ed} \quad \rightarrow \quad \text{Zadostuje že minimalna strižna armatura.}$$

Vidimo, da sta tako izračunana vrednost največje prečne sile kot tudi izračunana vrednost strižne odpornosti betonskega prereza večji od projektne strižne obremenitve grede. Na podlagi izračuna lahko rečemo, da za pokritje vpliva projektne strižne obremenitve zadostuje že potrebna minimalna strižna armatura.

Izračun potrebne minimalne stremenske armature

$$\rho_{w,\min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{400} = 0,001095$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw,\min}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \rho_{w,\min} \quad \rightarrow \quad \sin \alpha = 1,0$$

$$\frac{A_{sw,\min}}{s} = \rho_{w,\min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha \quad \rightarrow$$

$$\frac{A_{sw,\min}}{s} = 0,001095 \cdot 40\text{cm} \cdot 1,0 = 0,0438\text{cm} = 0,0438\text{cm}^2 / \text{cm} = 4,38\text{cm}^2 / \text{m}$$

Pri dvostržnih stremenih $\rightarrow n = 2$ (dvostržno streme)

$$\frac{A_{sw,\min,1}}{s} \geq \frac{A_{sw,\min}}{s} \cdot \frac{1}{n} = \frac{4,38\text{cm}^2 / \text{m}}{2} = 2,19\text{cm}^2 / \text{m}$$

Na stiku greda – steber, na območju 0,7m od stebra, kjer montažne elemente zalijemo z betonom, za minimalno strižno armaturo izberemo:

$$\phi 8 / 15\text{cm}, \left(\frac{A_{sw,\min}}{s} = 3,35\text{cm}^2 / \text{m} \right), n = 2.$$

Za minimalno strižno armaturo v polju grede pa izberemo:

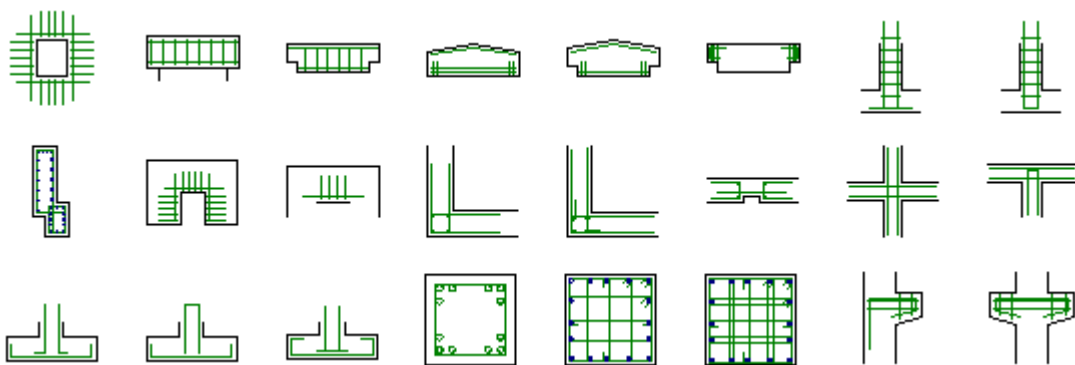
$$\phi 8 / 20\text{cm}, \left(\frac{A_{sw,\min}}{s} = 2,51\text{cm}^2 / \text{m} \right), n = 2.$$

5 MODELIRANJE ELEMENTOV

Modeliranje elementov predstavlja še zadnjo fazo obdelave podatkov s podporo informacijskega modela, kjer je nabor informacij in podatkov največji. Gre za detajlni prikaz posameznega elementa, opis potrebnih količin, izris načrtov ter 2D in 3D vizualni prikaz elementa.

5.1 Opis modela in gradnikov

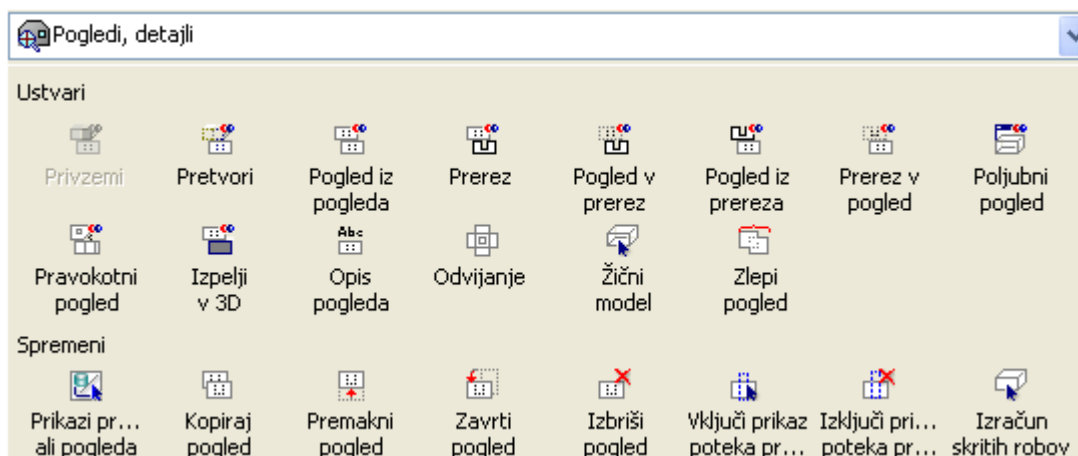
Pri armiranju elementov konstrukcij si lahko pomagamo z širokim naborom funkcij za armiranje, ki so nam na voljo v modulu inženirstvo. Lahko se odločimo za uporabo tipskih že vnaprej pripravljenih armiranih gradbenih elementov, ki jih lahko najdemo v knjižnici, ali pa se odločimo, da vsak element nanovo posebej armiramo. Slednje je predvsem priporočljivo za elemente, ki so bolj zahtevni in jih ni mogoče najti v knjižnici detajlov. Res je, da nam že vnaprej pripravljeni vzorci za armiranje olajšajo delo in nam prihranijo čas, vendar se postavlja vprašanječnosti rezultatov oziroma natančnost izrisa armaturnega načrta. Tako lahko najdemo v knjižnici že izdelanih armaturnih detajlov gradbenih elementov: detajle stopnic, točkovnih temeljev, kratkih konzol, prebojev ...



Slika 122: Prikaz že vnaprej pripravljenih armaturnih detajlov

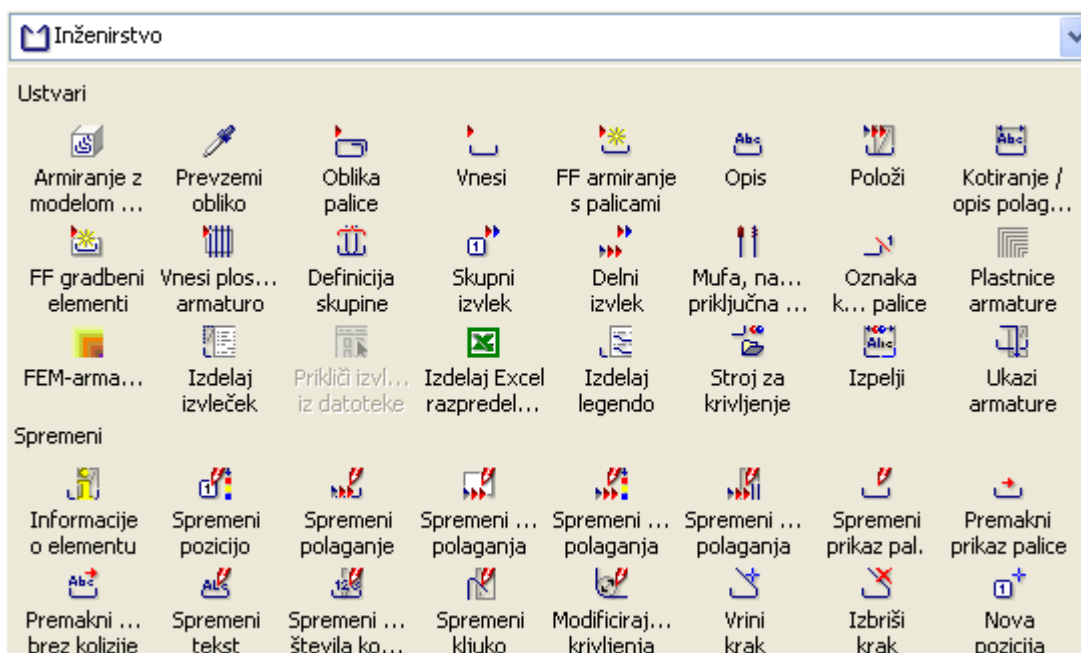
5.2 Opis postopka modeliranja

Preden sploh lahko začnemo z armiranjem obravnavanih elementov potrebujemo že izdelan 2D oziroma 3D model obravnavanega elementa. Ko imamo že izdelan model elementa, sledi izbor pogledov oziroma prerezov gradbenega elementa. Pravilna določitev prerezov in pogledov je zelo pomembna, saj znotraj teh prerezov in pogledov položimo armaturo. Imamo več možnosti določitve pogledov in prerezov: od pogleda v prerez, pogleda iz prereza, poljubnega pogleda, do odvijanja konstrukcije ...



Slika 123: Prikaz osnovnih funkcij določitve pogledov

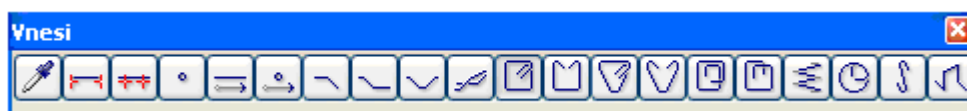
Kljub možnosti uporabe že vnaprej pripravljenih armiranih konstrukcijskih elementov smo se raje odločili za izdelavo armaturnega načrta za vsak montažni gradbeni element posebej. S tem smo želeli izdelati boljši ter bolj natančen model in s tem prikaz rezultatov izrisa armaturnega načrta. Znotraj modula inženirstvo najdemo celo paleto naborov funkcij za izdelavo armaturnih načrtov. Armirati je mogoče s palicami, mrežami, na osnovi poljubnih pogledov. Glede na to, da je naša nosilna konstrukcija sestavljena iz linijskih montažnih elementov, smo si pri izdelavi armaturnega načrta pomagali s funkcijami, ki so namenjene armiranju s palicami.



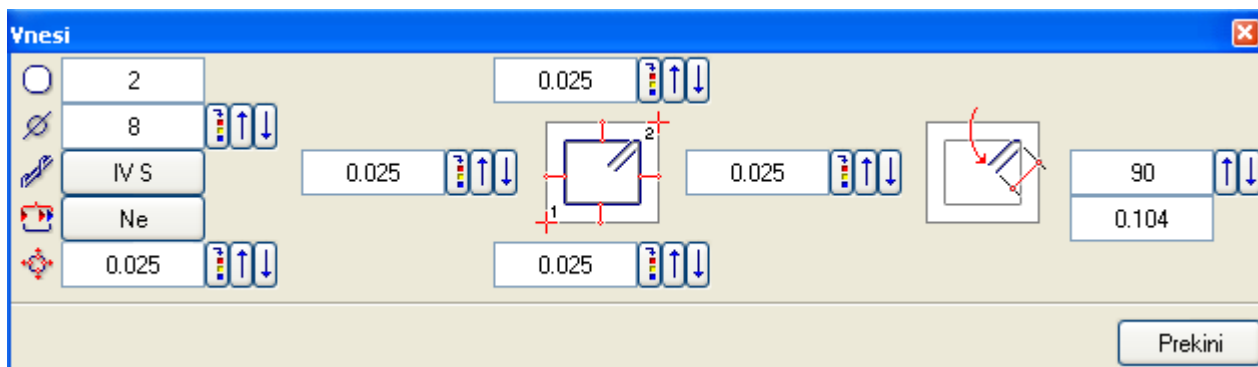
Slika 124: Prikaz osnovnih funkcij inženirstva armiranja s palicami

Prikaz najpogosteje uporabljenih funkcij armiranja s palicami

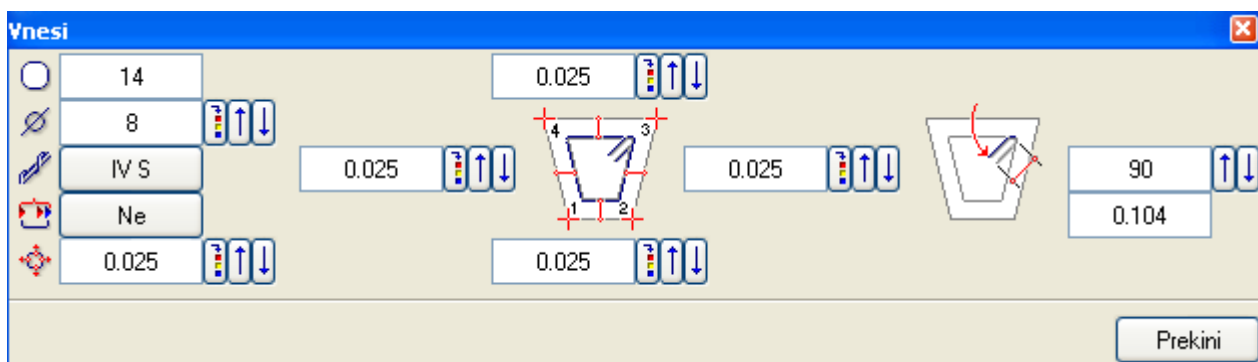
Nabor funkcij za armiranje s palicami je zelo širok, tako da lahko zbiramo med ravnimi palicami, ravnimi palicami s preklopom, večkrat krivljenimi palicami, palicami poljubnih oblik, zaprtimi pravokotnimi stremeni, odprtimi pravokotnimi stremeni, preklopi, spiralno armaturo, okroglimi stremeni, S-kljukami, distančniki ... Na priloženih slikah je prikazan nabor najpogosteje uporabljenih funkcij pri armiranju s palicami.



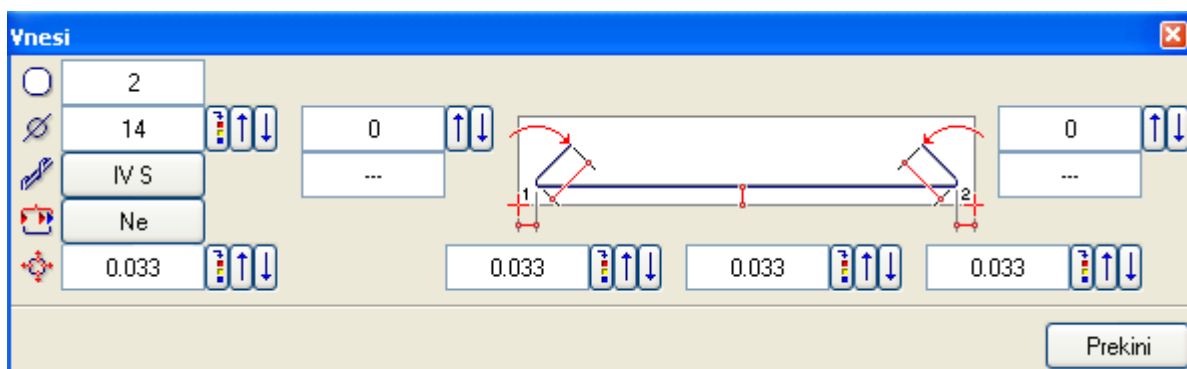
Slika 125: Prikaz nabora osnovnih funkcij za polaganje armature



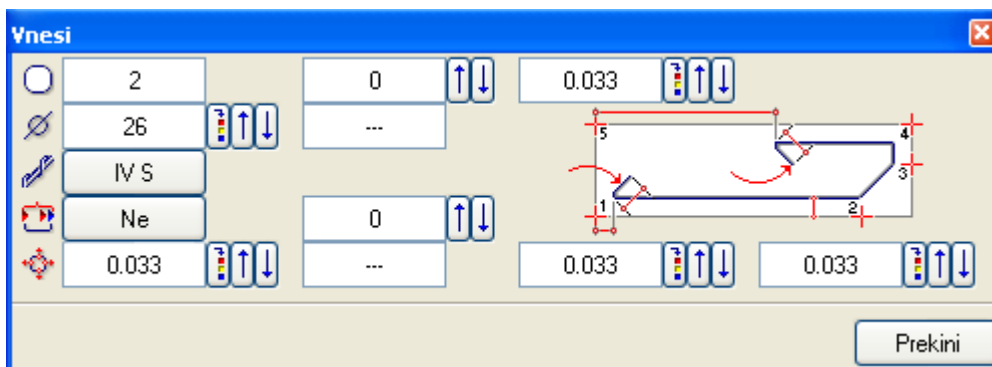
Slika 126: Funkcija za položitev zaprtega pravokotnega stremena



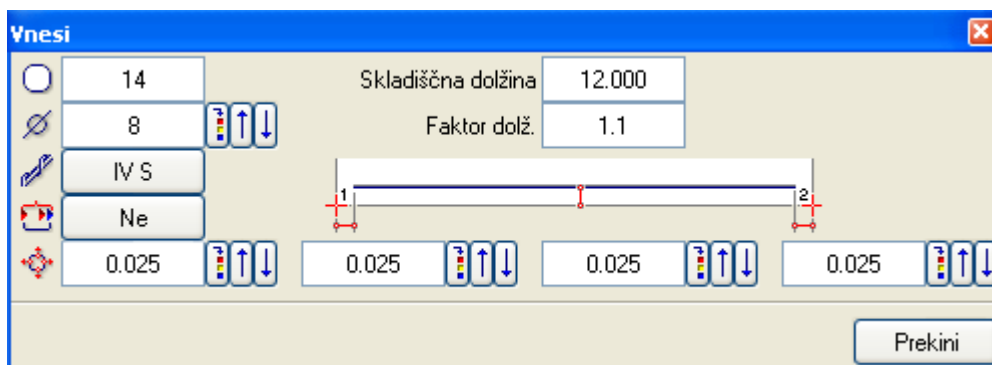
Slika 127: Funkcija za položitev zaprtega stremena po nosilcu



Slika 128: Funkcija za položitev ravne palice



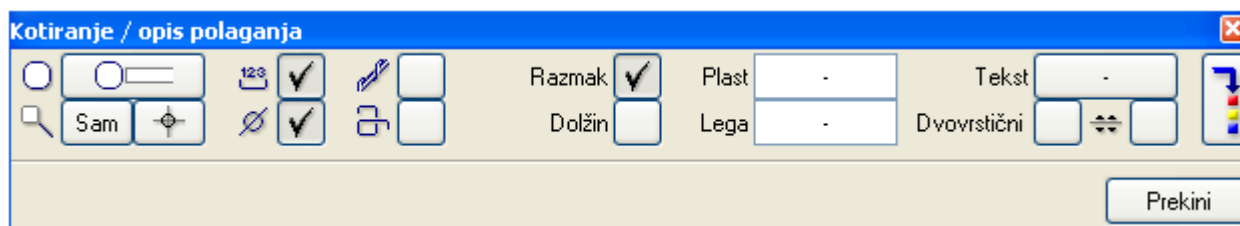
Slika 129: Funkcija za položitev palice poljubne oblike



Slika 130: Prikaz polaganja armature na tekoči meter



Slika 131: Prikaz nabora možnosti položitve armature



Slika 132: Prikaz možnosti opisa polaganja armaturnih palic

Pri polaganju armaturnih palic lahko določamo debelino zaščitne plasti betona, presek armaturne palice, število komadov ter razdaljo med njimi. Možen je tudi opis in izpis količin palic, ki smo jih položili po prerezu. Položeni palici lahko tudi določimo pozicijo ter predpišemo kakovost materiala.

Postopek polaganja armaturnih palic po prerezu elementa se vedno prične s polaganjem stremenske armature. Nato sledi polaganje vzdolžne armaturne palice, ki je lahko poljubne oblike. Za polaganje armaturnih palic obstaja več možnosti, tako da izberemo tisto, ki nam v predvideni situaciji najbolj ustreza.

Palice lahko polagamo od roba do roba, ob stremena ali ob kakšno drugo palico, prosto, poligonalno, krožno, spiralno, v pogledu, linijsko ter po prerezu.

Pri samem polaganju je možna tudi sprotna kontrola s prikazom 3D ter s pomočjo posameznih izvlekov palic. Tako lahko preverimo pozicijo, lego, presek in dolžino. Te so sprotne kontrole, ki so zelo dobrodošle in uporabne za nadaljnji potek izdelave armaturnega načrta.

V tem poglavju smo se predvsem osredotočili na izdelavo armaturnih načrtov montažnih linijskih elementov iz katerih je tudi sestavljena naša nosilna konstrukcija. Nismo pa obravnavali prikaza izdelave armaturnega načrta ploskovnih elementov sten in plošč, ki ga konstrukcijski sistem obravnavanega primera ni vseboval.

Opis izvedbe stika na sredini

Kot je razvidno s slik 144 in 145 je stik na sredini sestavljen iz treh konstrukcijskih elementov: stebra, grede, in primarnega T-nosilca.

V stiku primarni T-nosilec nalega na steber, ki ima na vsaki strani »ušesa«, ki delujejo kot viličasta podpora in je bočno podprt z vsake strani z gredami. To preprečuje T-nosilcu, da bi se zasukal oziroma izklonil iz svoje ravnine. Trn na katerega nasadimo T-nosilec sega skoraj vse do vrha T-nosilca. Posebnost tega T-nosilca pa je v tem, da ima na mestu stika prekinjeno pasnico, kar nam omogoča, da z gredami, ki nalegajo na ušesa stebrov, potrebno armaturo nemoteno peljemo skozi T-nosilec in stik potem zalijemo.

Grede podjetja Kograd so nekoliko drugačne od klasičnih, saj imajo na mestu stika med ušesi žleb, ki ga na vsaki strani oklepajo ušesa, v katerih je že vgrajena stremenska armatura. Stremenska armatura grede po celi dolžini žleba izstopa iz nje. Kar omogoča, da se potrebno armaturo položi v stik nemoteno.

Ko končamo s polaganjem armature, stremena samo zakrivimo navzdol proti žlebu in s tem objamemo armaturo, ki je že položena. Greda ima na koncu žleba v spodnji coni še armaturo, ki je zakrivljena navzven kot zanka. S to zanko lahko objamemo armaturo, ki gleda iz ušesa stebra. Ponavadi sta to dve palici, premera od fi 10 do fi 14. Pri teh gredah velja omeniti še, da je njihova uporaba zelo praktična, saj za zalitje tega stika ne potrebujemo nobenega opaža, ker nam že sama ušesa grede služijo v ta namen.

Pri primarnem T-nosilcu pa imamo na mestu, kjer je prekinjen, dve palici premera fi 14. Palici potekata skozi nosilec v zgornji coni oziroma potekata skozi pasnico. Fi 14 smo izbrali zaradi lažjega polaganja v sam žleb, saj premer palice dovoljuje, da se palico da ukriviti in položiti v stik brez večjih problemov.

Vsa armatura v stiku je konstruktivna in je računsko ne dokazujemo. Naš stik se računsko obravnava v obeh smereh kot členek, tudi v smeri v kateri so stebri povezani z gredami in stiki le- teh zaliti z betonom, in ne glede na to, da je T-nosilec pritrjen na trn (fi 20). Upravičenost te predpostavke bi bilo potrebno še preveriti. Dodatna vpetost sicer v večini primerov ugodno vpliva vendar ne vedno. Armatura, ki je v stebri, mora biti sposobna prevzeti strig in vse ostale obremenitve, ki delujejo na konstrukcijo.

Opis izvedbe krajnega stika

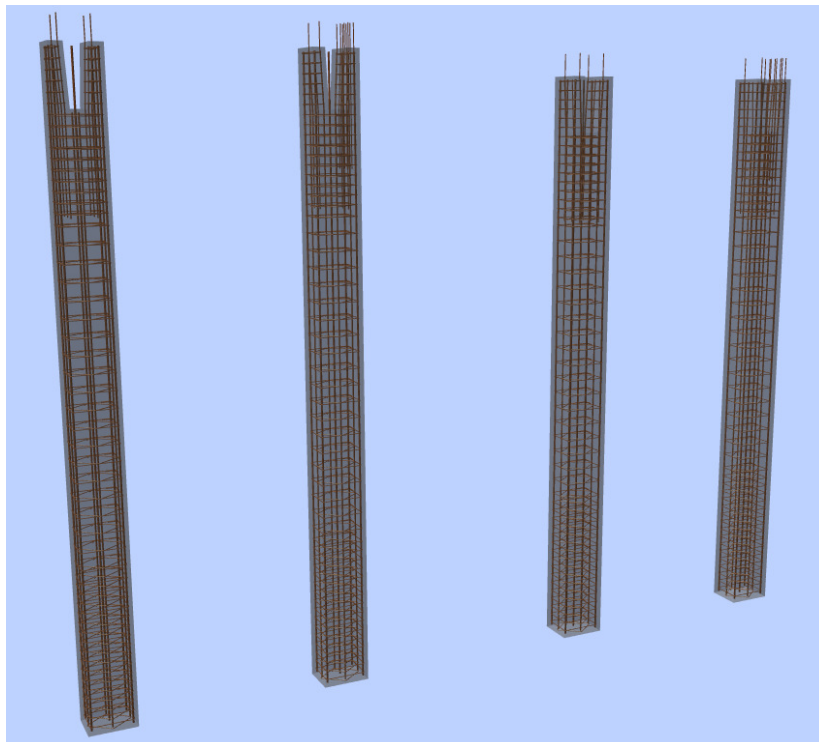
Poleg stika na sredini imamo v konstrukciji še krajni stik, se pravi stik grede, stebra in T-nosilca, ki povezujejo vse te našteje elemente na robovih konstrukcije. Razlika med stikoma je samo v tem, da na strani, kjer ni več grede in se konstrukcija konča, gleda iz ušesa stebra računsko armatura, ki jo peljemo vse do vrha stebra. Ponavadi 6 palic fi 12 ali več, te palice so objete s stremeni fi 8/10.

V krajnem stiku imamo prav tako dve palici fi 14, ki pa se ne moreta več nadaljevati naprej, tako da jih samo zakrivimo navzdol in tako naredimo kljuko oziroma neko sidrno dolžino palice. Na drugi strani krajnega stika (na strani, kjer je greda) je izvedba stika enaka, kot je v primeru stika na sredini.

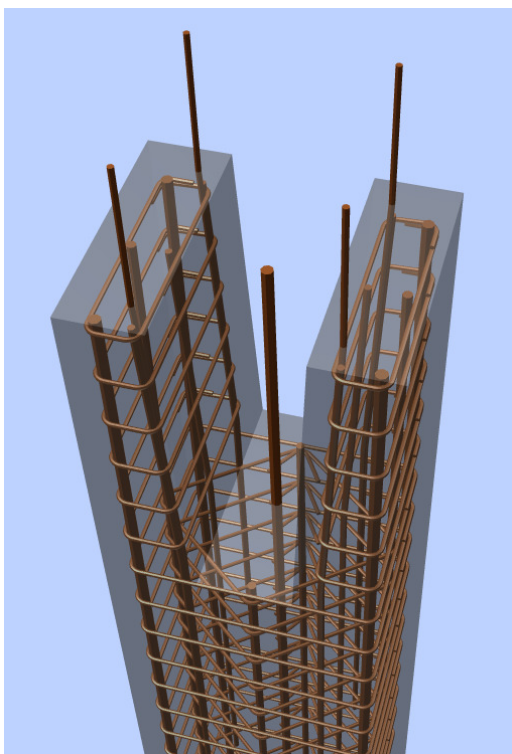
5.3 Prikaz rezultatov modeliranja

V poglavju so prikazani rezultati modeliranja elementa. Podrobno smo obravnavali vse montažne elemente (steber, T-nosilec, greda) in na podlagi izračunov določili prereze, količino armature elementov ter prikazali izvedbo stikov. Rezultati so prikazani v grafični obliki in prikazujejo razporeditev armature znotraj obravnavanega elementa. To nam prikazujejo slike: 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140 in 141. Natančen prikaz izvedbe stikov, pa nam prikazujejo slike: 142, 143, 144 in 145. Poleg 3D prikaza elementov, lahko izdelamo še 2D armaturne načrte ter izpise količin armature za posamezen element.

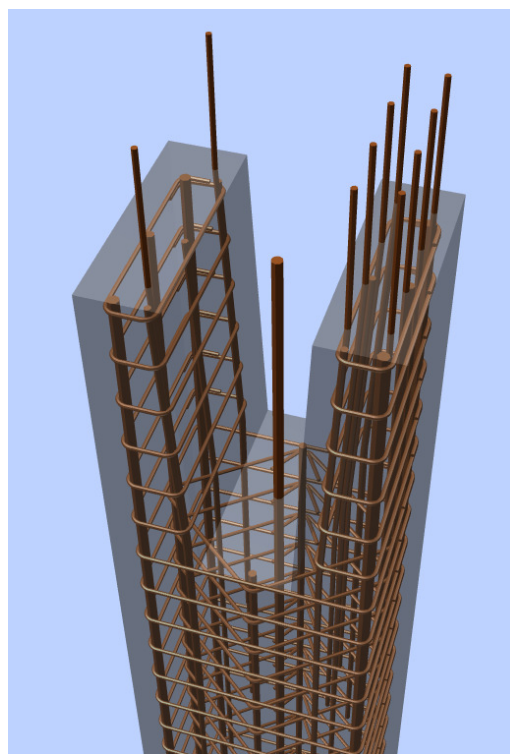
3D prikaz konstrukcijskih elementov



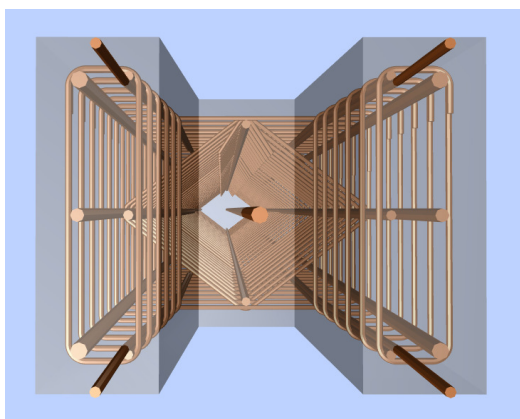
Slika 133: 3D armatura stebrov



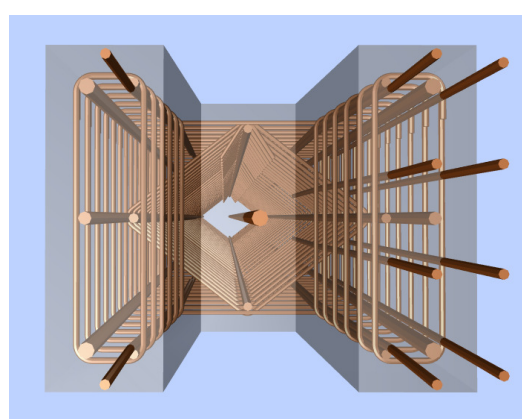
Slika 134: 3D armatura sredinskih stebrov 1



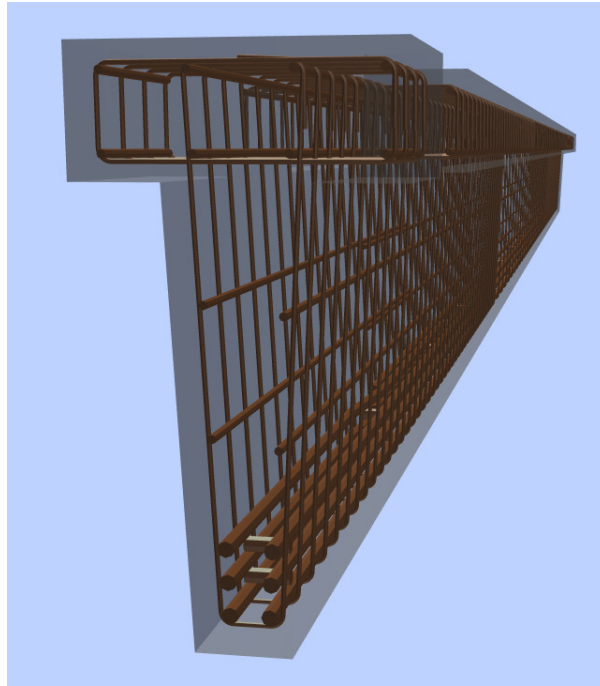
Slika 135: 3D armatura krajnih stebrov 1



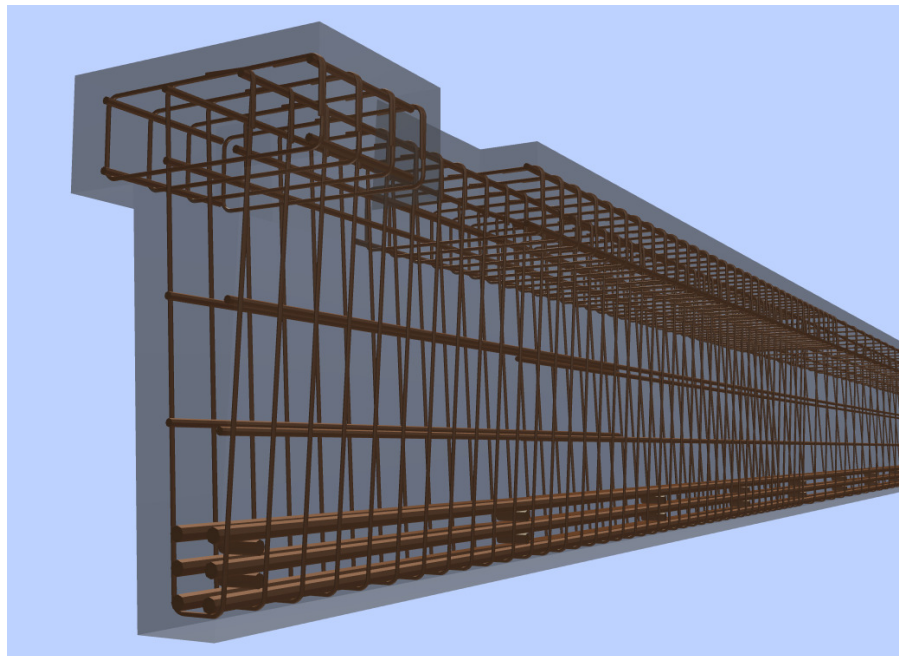
Slika 136: 3D armatura sredinskih stebrov 2



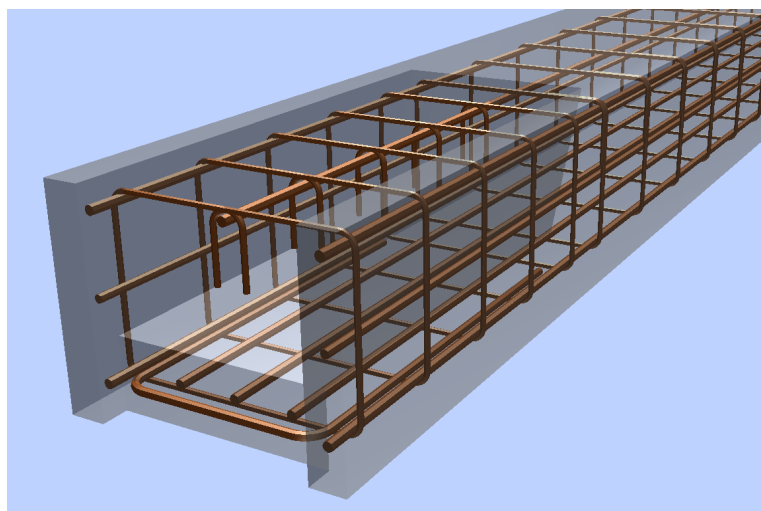
Slika 137: 3D armatura krajnih stebrov 2



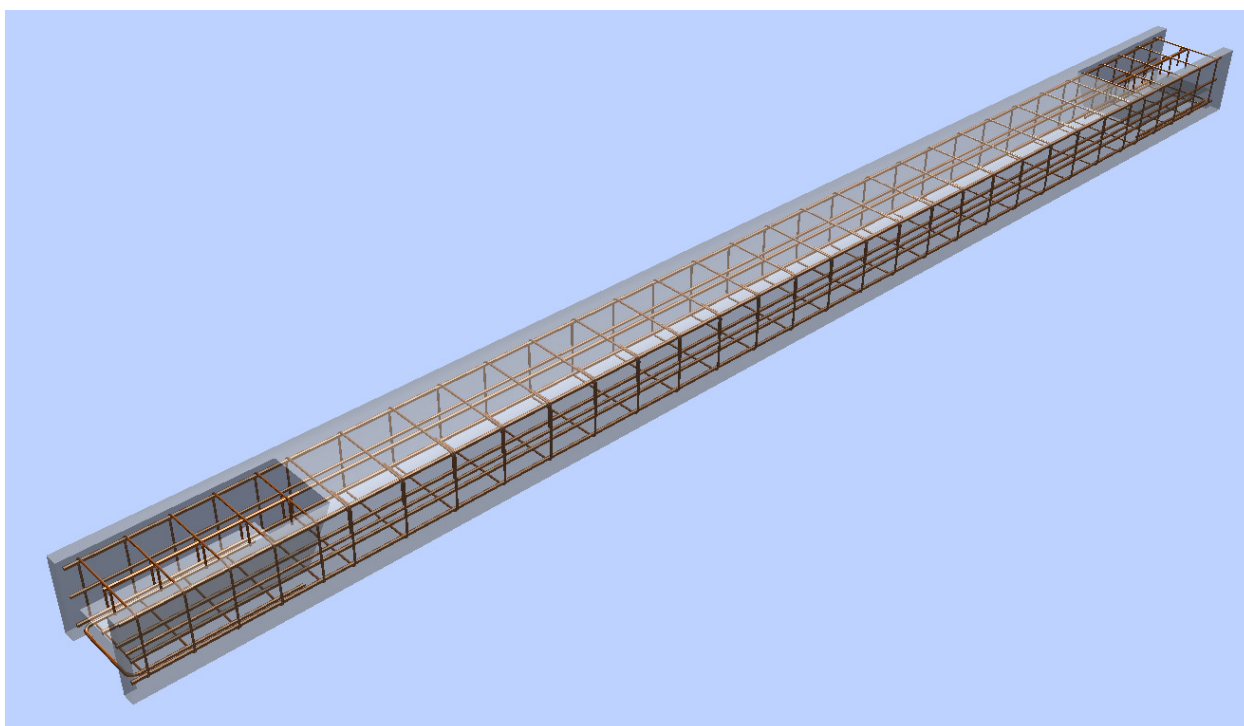
Slika 138: 3D armatura T-nosilcev 1



Slika 139: 3D armatura T-nosilcev 2

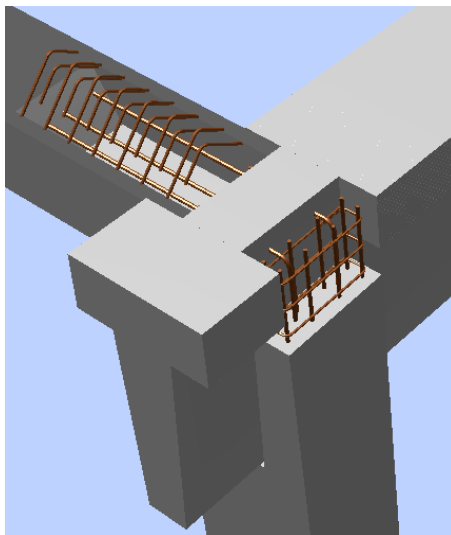


Slika 140: 3D armatura grede 1

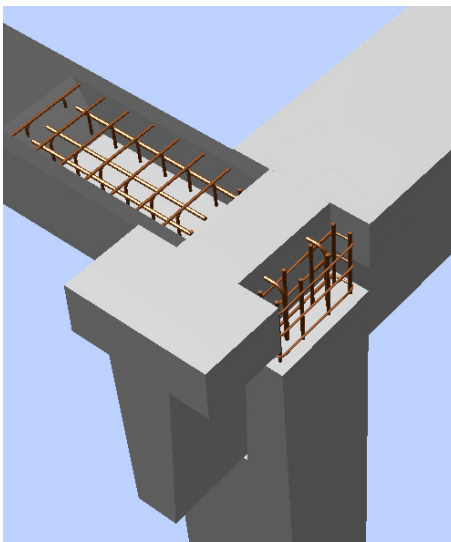


Slika 141: 3D armatura grede 2

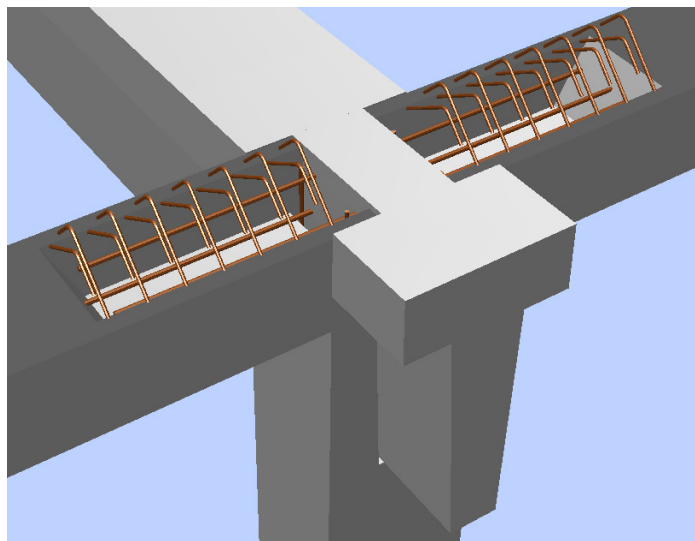
3D prikaz izvedbe stika montažnih konstrukcijskih elementov



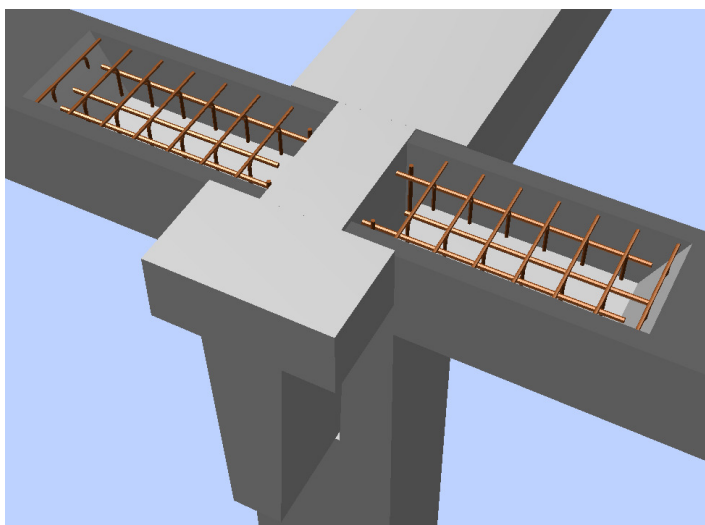
Slika 142: 3D prikaz krajnega stika – stremena so odprta



Slika 143: 3D prikaz krajnega stika – stremena se po končani položitvi konstrukcijske armature zaprejo in zalijejo z betonom



Slika 144: 3D prikaz stika na sredini – odprta stremena



Slika 145: 3D prikaz stika na sredini – stremena se po končani položitvi konstrukcijske armature zaprejo in zalijejo z betonom

5.4 Uporaba rezultatov modeliranja

Uporaba rezultatov modeliranja nam omogoča detajlni prikaz modeliranja posameznega elementa, podprtega s informacijskim modelom. Tako imamo širok nabor informacij za posamezen element. Rezultati so lahko podani grafično ali v obliki preglednic. Več in bolj natančno o uporabi rezultatov modeliranja pa v nadaljevanju.

5.4.1 Armaturni izvlečki za delavniške načrte


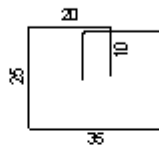
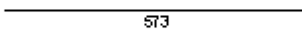
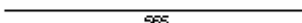
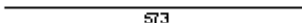

Izpis potrebne armature elementov je še zadnji korak modeliranja konstrukcije s podporo informacijskega modela stavbe. Izražen je v obliki tabele in nam pove koliko armature je v določenemu obravnavanemu elementu. Ti rezultati predstavljajo naš informacijski model stavbe. Omogoča nam izpise izvlečkov, ki jih lahko brez težav izpišemo. Potrebno je samo označiti obravnavan element, lahko tudi več elementov in informacijski model bo zajel ter izpisav vse željene količine znotraj elementa, ki smo jih označili.

Izpis rezultatov je zelo praktičen, saj je podan v preglednicah, znotraj katerih so podane pozicije armaturnih palic, število kosov, premer posamezne palice izražen v milimetrih. Zelo praktičen je prikaz kotirane oblike krivljenja posamezne armaturne palice, ki pa ni v merilu. Poleg vsega naštetega lahko na podlagi izpisa dobimo še dolžino armaturnih palic ter njihovo težo.

Izpis rezultatov potrebne armature lahko med seboj tudi seštevamo. Tako lahko seštevamo dolžine palic in njihovo težo. Palice lahko razdelimo po skupinah, tako da vemo ali gre za rebrasto ali gladko armaturo. Možna je tudi določitev in izpis materiala za vsako palico posebej. Izpise lahko delamo za posamezne gradbene elemente oziroma za celotno konstrukcijo, kakor nam je ljubše. Možen je tudi prikaz posamezne palice in izpis le-te.

Zelo pomemben del armaturnega modeliranja je izris armaturnih načrtov. Dobro, kvalitetno in pregledno narejeni armaturni načrti veliko pripomorejo k hitrejši in lažji gradnji. Na slikah 146,

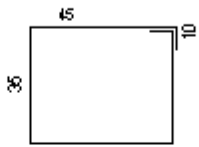
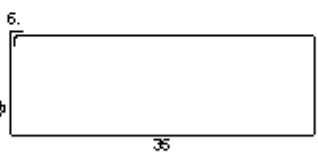
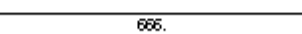

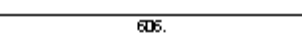
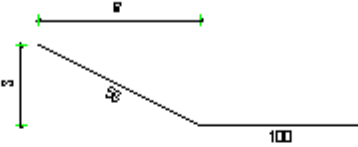
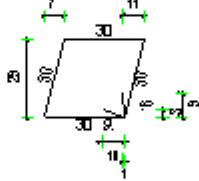
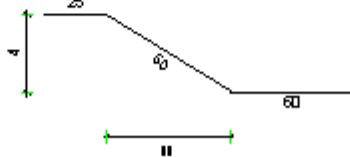
147, 148, 149, 150 in 151 so prikazani izpisi armaturnih količin. Poleg izpisov armaturnih količin smo priložili tudi izrisane armaturne načrte za vsak posamezen montažni element posebej. Načrti so priloženi v obliki prilog na koncu diplomske naloge, medtem ko so izpisi potrebne armature priloženi na naslednjih straneh.

Poz.	Kosov	Fi [mm]	Posam. dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
1	21	8	1.41		29.61	11.70
2	10	8	1.45		14.50	5.73
3	5	14	5.73		28.65	34.67
4	3	14	5.65		16.95	20.51
5	2	10	5.73		11.46	7.07
6	2	14	1.49		2.98	3.61

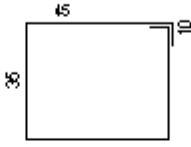
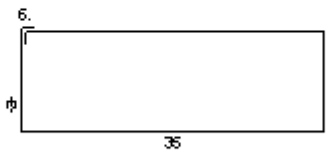
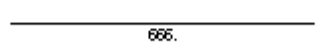
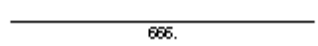
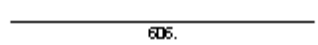
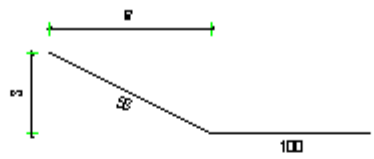
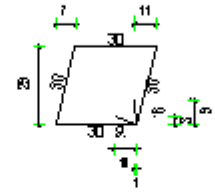

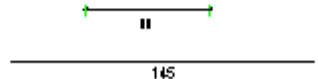
Skupna teža [kg] :

83.29

Slika 146: Izpis potrebne armature grede

Poz.	Kosov	Fi [mm]	Posam . dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
1	182	8	1.81		329.42	130.12
2	48	8	-X-		48.96	19.34
3	10	20	6.66		66.60	164.50
4	4	16	6.66		26.64	42.09
5	4	16	6.06		24.24	38.30
6	24	12	1.58		37.92	33.67
7	186	8	1.37		254.82	100.65
8	20	10	1.45		29.00	17.89
Skupna teža [kg] :						546.56

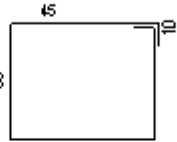
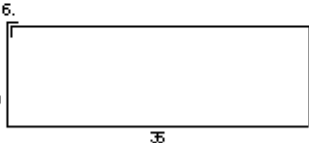
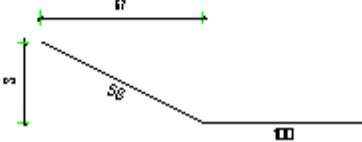
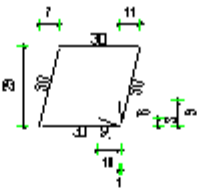
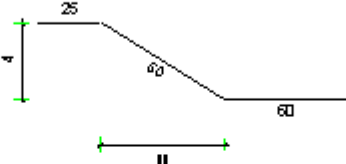
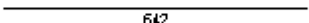


Slika 147: Izpis potrebne armature prednjega stebra na sredini

Poz.	Kosov	Fi [mm]	Posam. dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
1	182	8	1.81		329.42	130.12
2	48	8	-X-		48.96	19.34
3	10	20	6.66		66.60	164.50
4	4	16	6.66		26.64	42.09
5	4	16	6.06		24.24	38.30
6	24	12	1.58		37.92	33.67
7	186	8	1.37		254.82	100.65
8	20	10	1.45		29.00	17.89
9	8	10	1.45		11.60	7.16

Skupna teža [kg] :

553.72

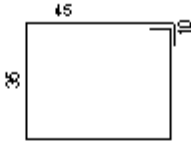
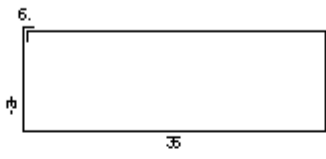
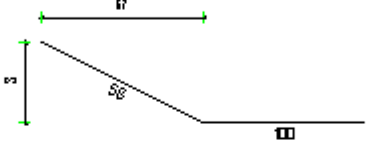
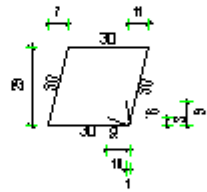
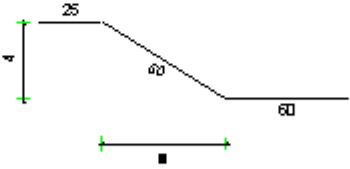
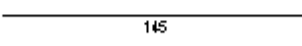
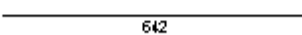
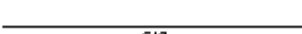
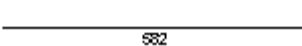
Slika 148: Izpis potrebne armature prednjega krajnega stebra

Poz.	Kosov	Fi [mm]	Posam. dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
1	182	8	1.81		329.42	130.12
2	48	8	-X-		48.96	19.34
6	24	12	1.58		37.92	33.67
7	186	8	1.37		254.82	100.65
8	20	10	1.45		29.00	17.89
10	10	20	6.42		64.20	158.57
11	4	16	6.42		25.68	40.57
12	4	16	5.82		23.28	36.78

Skupna teža [kg] :

537.59

Slika 149: Izpis potrebne armature zadnjega stebra na sredini

Poz.	Kosov	Fi [mm]	Posam. dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
1	182	8	1.81		329.42	130.12
2	48	8	-X-		48.96	19.34
6	24	12	1.58		37.92	33.67
7	186	8	1.37		254.82	100.65
8	20	10	1.45		29.00	17.89
9	8	10	1.45		11.60	7.16
10	10	20	6.42		64.20	158.57
11	4	16	6.42		25.68	40.57
12	4	16	5.82		23.28	36.78

Skupna teža [kg] :

544.75

Slika 150: Izpis potrebne armature zadnjega krajnega stebra

Poz.	Kosov	Fi	Posam. dolžina [m]	Kotirana obl. kriv. (ni v merilu)	Skup. dolžina [m]	Teža [kg]
		[mm]				
1	102	8	2.20		224.40	88.64
2	94	8	1.41		132.54	52.35
3	3	25	11.95		35.85	138.02
4	6	25	2.50		15.00	57.75
5	3	25	11.98		35.94	138.37
6	28	25	0.10		2.80	10.78
7	4	14	11.95		47.80	57.84
8	4	14	2.10		8.40	10.16
9	4	14	11.56		46.24	55.95
10	4	14	0.48		1.92	2.32
11	4	14	0.31		1.24	1.50
12	4	14	11.98		47.92	57.98
13	4	14	1.98		7.92	9.58

Skupna teža [kg]:

681.24

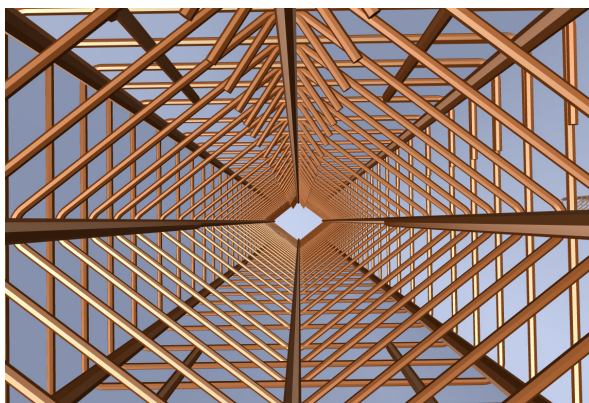
Slika 151: Izpis potrebne armature T-nosilca

5.4.2 Detajli armaturnih elementov v 3D

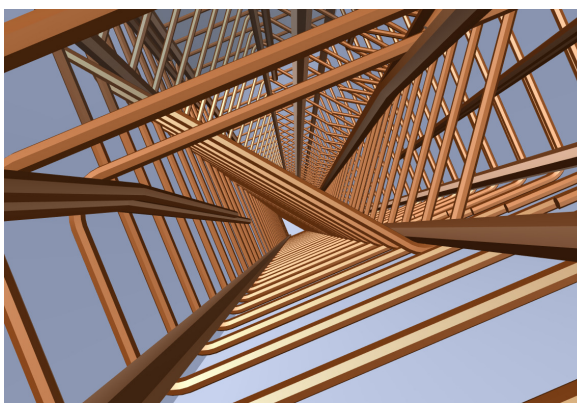
Navajeni smo izdelave poljubnih pogledov in prerezov predvsem iz načrtov stavb in ostalih konstrukcijskih objektov. Ponavadi so ti pogledi oziroma prerezi prikazani v 2D, redkeje pa v 3D. Tekom naloge smo prikazali celoten nabor izdelave in prikaza modela stavbe od 2D do 3D in obratno, podprtega s informacijskim modelom stavbe.

V tem poglavju smo prikazali možnosti poljubnega pogleda tudi znotraj obravnavanega gradbenega elementa. Tako lahko s pomočjo poljubnega 3D pogleda preverimo, če je naša izrisana armatura v 2D načrtu res dejansko položena po prerezu tako, kot smo si želeli. 3D prikaz položitve armature nam služi bolj kot kontrola rezultatov ter za lažjo vizualno predstavitev poteka položene armature. Dobra lastnost tega je, da se ena palica ne more dvakrat pojaviti na istem mestu, kot se je to že dogajalo pri 2D armaturnih načrtih, prikazanih iz različnih pogledov.

Na priloženih slikah je prikazan 3D prikaz položitve armature znotraj obravnavanega stebra. Tako vidimo, da lahko izdelujemo poljubne 3D prikaze in spremljamo ter nadzorujemo ustreznost položitve armature po prerezu.



Slika 152: Simetričen 3D pogled stebra



Slika 153: Poljuben 3D pogled stebra

6 ZAKLJUČEK

Modeliranje konstrukcij je zelo široko področje. Pa naj bo to modeliranje konstrukcijskih sistemov, izdelavo ustreznega statičnega modela konstrukcije, izdelavo načrtov ali prikaz 3D modela stavbe.

V nalogi smo v okviru informacijskega modela stavbe velik del pozornosti namenili 3D modeliranju, prikazu postopne gradnje, projektiranju, izdelavi načrtov ter opisu količin za posamezen gradbeni element.

Pri pripravi informacijskega modela stavbe smo se osredotočili predvsem na prvi dve fazi gradnje: na fazo pred in med gradnjo.

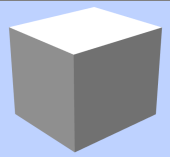
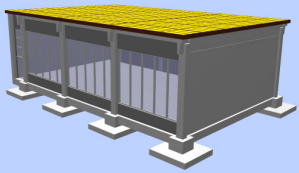
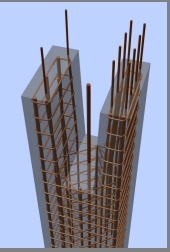
Tako smo v fazi pred gradnjo pozornost posvetili predvsem izdelavi načrtov, prerezov, prikazu umestitve objekta v prostor ter 3D modeliranju. V fazi med gradnjo pa smo obravnavali prikaz postopnosti gradnje s pomočjo 3D modela stavbe. Res je, da je bil prikaz poteka gradnje omejen predvsem na vizualni prikaz poteka montaže in smo tako zanemarili druge procese, ki se odvijajo tekom gradnje, kar pa tudi ni bil namen te naloge.

Cilj izdelave ter priprava informacijskega modela stavbe podprtega s 3D modeliranjem je bil prikaz izdelave objekta od najbolj primitivnega modela kocke in vse do končne finalne obdelave na posamezen gradbeni element natančno.

Izhajali smo iz modela kocke in že s tem modelom dokaj dobro ponazorili situacijo objekta v prostoru. Za izdelavo bolj detajlnega oziroma natančnega prikaza smo predstavili velik nabor funkcij, ukazov ter možnosti, kako izdelati realen prostorski model stavbe.

V preglednici 16 imamo prikazan povzetek uporabe informacijskega modela za osnovna geometrijska telesa, prikaz modela konstrukcije ter natančen prikaz posameznega konstrukcijskega elementa. Vidimo, da je nabor števila elementov odvisen od zahtevnosti in natančnosti modela, temu primerna je tudi uporabnost modela.

Preglednica 16: Prikaz uporabnosti in števila elementov posameznega modela

Pozicije elementov	Prikaz modela	Število elementov	Uporabnost
1		1	Modeliranje situacije Prikaz orientacije Prikaz vpliva na obstoječe objekte in okolico
2		56	Avtomatska izdelava tlorisov in narisov Kalkulacije Analiza uporabnosti prostorov Izdelava izvlečkov količin za popise Prikaz in animacija faznosti gradnje
3		486	Izpis armature Izdelava armaturnih načrtov Modeliranje posameznega elementa Določitev kvalitete materiala Natančen prikaz posameznega elementa

Da bi lahko prikazali končni model posameznega gradbenega elementa, je bilo potrebno še prej izvesti statičen izračun konstrukcije, v katerem smo zajeli vplive potresa ter ostalih obtežb, ki delujejo na njo. Po končanem izračunu in dimenzioniranju konstrukcijskih elementov sledi izris armature ter izpis dobljenih količin.

Naj omenimo še, da obravnavana hala ne more biti osnova za vse podobne konstrukcijske sisteme, saj je v okviru računskega modela kar nekaj poenostavitev. Bistveno je to, da smo za halo privzeli enako redukcijo potresnih sil, kot za monolitne okvire. Upravičenost te izbire bi bilo

potrebno dokazati, kar pa presega obseg diplomske naloge. Podobno bi morali dokazati (najbolje eksperimentalno) tudi obnašanje stikov. Predpostavili smo, da se stiki obnašajo kot členek, kar ni čisto res. Prav tako je hala računana na zelo majhne projektne pospeške tal, ki so lahko na drugi lokaciji večji. Tako v obravnavanem primeru za stebre zadostuje že minimalna vzdolžna armatura, ki je predpisana po EC8.

Po končanih izračunih smo tako dobili nabor vseh želenih informacij, kar je bil sploh pogoj da lahko izvedemo prikaz posameznih detajlov. Projektiranje armiranobetonske hale je bilo tekom naloge cel čas podprto s informacijskim modelom stavbe, kar se lahko vidi iz vseh priloženih slik, ki vsak trenutek nedvoumno opisujejo konstrukcijo, posamezne gradbene elemente ter prikazujejo potek gradnje.

Za zaključek naj dodamo še, da je prihodnost gradbeništva v novih tehnologijah, ki podpirajo in nadgrajujejo stare že preizkušene sisteme oziroma metode. Ena izmed teh novih metod je prav gotovo izdelava informacijskega modela stavbe. To področje je zelo široko in z njim lahko pokrijemo velik del gradnje. V okviru diplomske naloge smo se osredotočili predvsem na projektiranje, ki je podprto z izdelavo 3D modela stavbe ter prikazuje možnosti, ki nam jih tak model omogoča.

130 Mirkac, T. 2010. Projektiranje armiranobetonske hale s podporo informacijskega modela stavbe. Dipl.nal.-Uni.Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstruktivska smer.

VIRI

Beg, D. in Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, Inženirska zbornica Slovenije: str. Poglavje 1.) 1-110, Poglavje 2.) 1-173, Poglavje 8.) 1-217.

Neufert, E. 2008. Projektiranje v stavbarstvu, Tehniška založba Slovenije: str. 52-68

Karta potresne nevarnosti Slovenije – projektni pospešek tal. 2009. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje

Nemetschek, Allplan 2009, ORIA. Allplan literatura

<http://bim.allplan.si/literatura/2005/Seminar> ALLPLAN Osnove. pdf

<http://bim.allplan.si/literatura/2005/Seminar> ALLPLAN Arhitektura. pdf

http://bim.allplan.si/literatura/2008/Tutorial_Engineering_Allplan_2008. pdf

Standardi:

SIST EN 1990:2004. Evrokod – Osnove projektiranja konstrukcij. September 2004.

SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije. Del 1-1: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb. September 2004.

SIST EN 1991-1-1:2004/A101. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije. Del 1-1: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb – Nacionalni dodatek. Januar 2005.

SIST EN 1992-1-1:2005. Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij. Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe. Maj 2005.

SIST EN 1992-1-1:2005/A101. Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij. Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek. Marec 2006.

SIST EN 1998-1:2005. Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih stavb. Del 1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe. Maj 2005.

SIST EN 1998-1:2005/oA101. Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih stavb. Del 1: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek. Junij 2005.

PRILOGA A: KONSTRUKCIJSKI NAČRTI

Risba A1: Armaturni načrt stebrov (M 1:50)

Risba A2: Armaturni načrt T-nosilca (M 1:50)

Risba A3: Armaturni načrt grede (M 1:50)

PRILOGA B: PRILOŽENA GRADIVA NA ZGOŠČENKI

Na zgoščenci so priložene naslednje datoteke:

»Diploma_Tadej_Mirkac.pdf«, diploma v elektronski obliki