

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Trošt, U., 2013. Dimenzioniranje medetažne AB plošče osnovne šole v Ajdovščini. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Bratina, S.): 30 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Trošt, U., 2013. Dimenzioniranje medetažne AB plošče osnovne šole v Ajdovščini. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bratina, S.): 30 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**PRVOSTOPENJSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
GK^o " - V@uf \ (UN)**

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 60/B-GR

Graduation thesis No.: 60/B-GR

Mentor:

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 25. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Izjave

Podpisani Uroš Trošt izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Dimenzioniranje medetažne armiranobetonske plošče osnovne šole v Ajdovščini«.

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

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

Ljubljana, 17. 9. 2013

Uroš Trošt

Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček

Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
UDK:	624.012.45(043.2)
Avtor:	Uroš Trošt
Mentor:	doc. dr. Sebastjan Bratina
Naslov:	Dimenzioniranje medetažne armiranobetonske plošče osnovne šole v Ajdovščini
Obseg in oprema:	30 str., 35 sl., 19 pregl.
Ključne besede:	dimenzioniranje, plošča, armatura

Izvleček:

V diplomski nalogi je predstavljena analiza in dimenzioniranje armiranobetonske medetažne plošče osnovne šole Ajdovščina. Plošča je podprta s samostojnimi stenami brez in z odprtini ter z nosilci. Plošča je tlorisnih dimenzij 68,92 x 18,90 m in debeline 22 cm, grajena na klasičen način in ni prednapeta. Izdelana je iz betona trdnostnega razreda C35/45, vgrajena armatura pa je trdnostnega razreda S500. Plošča je obtežena s stalno in koristno obtežbo. Računski model plošče je izdelan v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) s pomočjo štirivozliščnih končnih elementov tipa »Shell«. Glede na prvotno arhitekturno zasnovo so bile v računskem modelu izvedene določene poenostavitve. Stenasti nosilci nad ploščo, na katere se je plošča opirala, so bili nadomeščeni z nosilci pod ploščo. Analiza je pokazala, da omenjena modifikacija bistveno ne vpliva na obremenitve v plošči. Obremenitve v nosilcih pod ploščo so bile določene tudi s poenostavljenim računskim modelom linijskega nosilca ter z upoštevanjem obtežbe po strešnem pravilu. Potrebna količina armature v plošči ter v nosilcih pod ploščo je bila izračunana s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) in je primerljiva s količinami, izračunanimi s pomočjo tabel za dimenzioniranje.

Bibliographic – documentalistic information and abstract

Document type:	Graduation Thesis – University studies
UDC:	624.012.45(043.2)
Author:	Uroš Trošt
Supervisor:	Assist. Prof. Sebastjan Bratina, Ph. D.
Title:	Dimensioning of interstorey reinforced concrete plate of Primary school in Ajdovščina
Contents:	30 p., 35 fig., 19 tab.
Key words:	dimensioning, plate, armature

Abstract

The Graduation Thesis presents the analysis and design of the reinforced concrete plate supported by walls with holes, without them and by beams of the Elementary school Ajdovščina. The dimension of the plate is 68.92 x 18.9 m, and it is 22 cm thick. It is built in the classical way without prestressed elements. It is made from concrete strength class C35/45 and reinforcement strength class S500. The plate load is the permanent construction weight and the useful load for school areas. Dimensioning is made by the SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) computer program with help fourintersection final elements, type »Shell«. In the computational model was according to the original architectural design, made some simplification. The wall beams in second floor substituted with smaller beams under the plate. The analysis showed that the modification does not essentially affect on pressures in the plate. The load in the beam under the plate was calculated with simplified computational model line beam, and taking into account the loads at the roof rule. The required amount of reinforcement in the plate and in the beam under the plate was calculated by using program SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) and it is comparable with the amount calculated by using the table for dimension.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Sebastjanu Bratini za vso pomoč in namenjen čas pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se staršem, sestram in puncu Tini, ki so mi bili med časom študija vedno v pomoč in podporo.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
1 UVOD	1
2 OSNOVNI PODATKI O STROPNI KONSTRUKCIJI	2
2.1 Opis in tloris konstrukcije	2
2.2 Materiali	3
3 OBTEŽBA NA STROPNI KONSTRUKCIJI	4
3.1 Stalna obtežba	4
3.1.1 Učilnice, hodnik, kabineti in sanitarije	4
3.1.2 Stopnišče	5
3.1.3 Predelne opečne stene	6
3.1.4 Obtežba nosilnih opečnih sten	7
3.1.5 Strešna konstrukcija	8
3.2 Koristna obtežba	9
3.3 Obtežba snega na strehi	9
4 RAČUNSKI MODEL MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE	10
4.1 Opis računskega modela plošče	10
4.1.1 Poenostavljen računski model za neodvisno analizo ojačilnega nosilca pod ploščo	11
4.2 Obtežba računskega modela plošče	12
4.2.1 Stalna obtežba	12
4.2.2 Koristna obtežba	13
5 DIMENZIONIRANJE NOSILNIH ELEMENTOV	15
5.1 Dimenzioniranje stropne plošče	15
5.1.1 Projektne obremenitve v stropni plošči	15
5.1.2 Dimenzioniranje armature v plošči	20
5.1.2.1 Račun armature v plošči s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.)	20
5.1.2.2 Račun armature v plošči s pomočjo tabel	22
5.1.2.3 Primerjava rezultatov	23
5.2 Dimenzioniranje nosilcev pod ploščo	24
5.2.1 Dimenzioniranje nosilca kot del medetažne konstrukcije	25
5.2.1.1 Projektna obremenitev	25
5.2.1.2 Račun vzdolžne armature	26
5.2.2 Dimenzioniranje nosilca na poenostavljen način neodvisno od analize medetažne konstrukcije	27
5.2.2.1 Obtežba in obremenitev nosilca	27
5.2.2.2 Račun vzdolžne armature	28
5.2.3 Vpliv izbranega računskega modela nosilca na potrebno količino vzdolžne armature	28
6 ZAKLJUČEK	29
VIRI	30

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mehanske karakteristike betona C35/45	3
Preglednica 2: Mehanske karakteristike jekla za armiranje S500	3
Preglednica 3: Stalna obtežba stropne konstrukcije v učilnicah, hodnikih, kabinetih in prostoru za sanitarije	4
Preglednica 4: Stalna obtežba stropne konstrukcije na območju stopnišča	5
Preglednica 5: Lastna teža predelnih sten	6
Preglednica 6: Lastna teža nosilnih opečnih sten	7
Preglednica 7: Stalna obtežba strešne konstrukcije	8
Preglednica 8: Nadomestna linijska obtežba na medetažni plošči zaradi teže nosilnih sten v 2. nadstropju, teže strehe ter obtežbe snega na strehi	13
Preglednica 9: Kombinacije stalnih in spremenljivih vplivov	16
Preglednica 10: Izračun vzdolžne armature a_{sx} v poziciji 216 s pomočjo tabel	23
Preglednica 11: Izračun vzdolžne armature a_{sy} v poziciji 216 s pomočjo tabel	23
Preglednica 12: Potrebne količine armature a_{sx} v poziciji 216 glede na postopek računa	24
Preglednica 13: Potrebne količine armature a_{sy} v poziciji 216 glede na postopek računa	24
Preglednica 14: Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem 12 v sredini razpona	25
Preglednica 15: Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem 12 ob podpori	25
Preglednica 16: Projektne obremenitve v težišču sestavljenega prereza	26
Preglednica 17: Račun vzdolžne armature v nosilcu kot delu medetažne konstrukcije po metodi končnih elementov	27
Preglednica 18: Potrebna vzdolžna armatura v nosilcu	28
Preglednica 19: Potrebna količina armature v nosilcu glede na izbran računski model	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Tloris 1. nadstropja	2
Slika 2: Tloris 2. nadstropja	2
Slika 3: Prečni prerez stropne konstrukcije v učilnicah, hodnikih, kabinetih in prostoru za sanitarije	5
Slika 4: Prečni prerez stropne konstrukcije na območju stopnišča	6
Slika 5: Prečni prerez predelne stene	6
Slika 6: Prečni prerez nosilne opečne stene	7
Slika 7: Prečni prerez strešne konstrukcije	8
Slika 8: Nosilci pod ploščo	11
Slika 9: Mreža končnih elementov za obravnavano medetažno konstrukcijo	11
Slika 10: Prečni prerez nosilca z upoštevanjem sodelujoče širine	12
Slika 11: Računski model nosilca: levo polno vpeti nosilec, desno delno vpeti nosilec	12
Slika 12: Vplivna območja strešne plošče na nosilne opečne stene v 2. nadstropju	13
Slika 13: Koristna obtežba razporejena po celotni površini plošče	14
Slika 14: Prvi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe na površini plošče	14
Slika 15: Drugi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe na površini plošče	14
Slika 16: Projektni upogibni moment m_{xx} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev	16
Slika 17: Projektni upogibni moment m_{xx} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev	17
Slika 18: Projektni upogibni moment m_{yy} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev	17
Slika 19: Projektni upogibni moment m_{yy} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev	17
Slika 20: Projektna osna sila n_{xx} v plošči (kN/m) – maksimalne ovojnice obremenitev	18
Slika 21: Projektna osna sila n_{xx} v plošči (kN/m) – minimalne ovojnice obremenitev	18
Slika 22: Projektna osna sila n_{yy} v plošči (kN/m) – maksimalne ovojnice obremenitev	18
Slika 23: Projektna osna sila n_{yy} v plošči (kN/m) – minimalne ovojnice obremenitev	19
Slika 24: Projektni torzijski moment m_{xy} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev	19
Slika 25: Projektni torzijski moment m_{xy} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev	19
Slika 26: Potrebna količina spodnje armature v smeri osi x (m^2/m)	20
Slika 27: Potrebna količina spodnje armature v smeri osi y (m^2/m)	20
Slika 28: Razdelitev površine plošče na 18 pozicij	21
Slika 29: Izvleček potrebne količine spodnje armature po pozicijah (cm^2/m)	21
Slika 30: Potrebna količina zgornje armature v smeri osi x (m^2/m)	21
Slika 31: Potrebna količina zgornje armature v smeri osi y (m^2/m)	22
Slika 32: Izvleček potrebne količine zgornje armature po pozicijah (cm^2/m)	22
Slika 33: Projektna osna sila $N_{Ed,n}$ v nosilcu 12 pod ploščo	25
Slika 34: Projektni upogibni moment $M_{Ed,n}$ v nosilcu 12 pod ploščo	25
Slika 35: Projektna obremenitev sestavljenega prereza	26

1 UVOD

V diplomski nalogi predstavimo analizo in dimenzioniranje medetažne armiranobetonske plošče, ki je del objekta novogradnje osnovne šole Ajdovščina. Objekt naj bi bil zgrajen do leta 2015 in bo sestavljen iz dveh delov: enoetažnega dela v obliki črke U in osrednje stavbe s tremi etažami. Obravnavana plošča se nahaja med prvo in drugo etažo osrednje stavbe. Plošča je grajena klasično in ni prednapeta, podprta je z armiranobetonskimi stenami ter z nosilci pod ploščo. Obtežena je z lastno in stalno ter koristno obtežbo.

Analizo plošče izvedemo s pomočjo računskega modela, ki ga izdelamo v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.). Pri konstruiranju modela plošče se opremo na arhitekturno zasnovo obravnavane medetažne konstrukcije. Pri tem podpiranje plošče na nekaterih mestih nekoliko prilagodimo. V izvorni različici je plošča ponekod obešena na spodnji rob armiranobetonskih stenastih nosilcev, ki se nahajajo v drugem nadstropju. V računskem modelu ploščo na teh mestih podpremo z nosilci pod ploščo, namesto nosilnih armiranobetonskih sten pa v modelu upoštevamo balast opečnih sten. Osne in upogibne obremenitve v nosilcu pod ploščo, ki jih izračunamo s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.), primerjamo z obremenitvami, ki jih določimo na poenostavljenem računskem modelu linijskega nosilca, pri čemer obtežbo na nosilec določimo s strešnim pravilom. Potrebno količino vzdolžne armature v plošči ter v nosilcih pod ploščo izračunamo s pomočjo programa SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) in jo primerjamo s količinami, ki jih dobimo v primeru dimenzioniranja s tabelami.

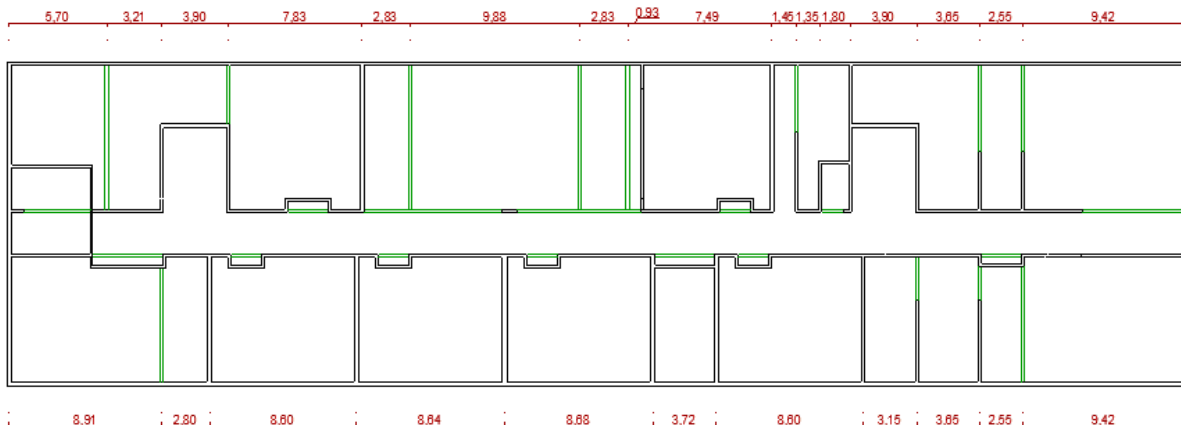
Diplomska naloga ima poleg uvoda in zaključka še štiri poglavja. V drugem poglavju predstavimo osnovne podatke o konstrukciji, v tretjem poglavju opišemo obtežbo obravnavane stropne konstrukcije, v četrtem poglavju predstavimo računski model plošče in nosilca pod ploščo ter v petem poglavju dimenzioniramo vzdolžno armaturo v plošči in nosilcu ter primerjamo rezultate analize glede na izbran računski model oziroma postopek dimenzioniranja. Na koncu podamo zaključke.

2 OSNOVNI PODATKI O STROPNI KONSTRUKCIJI

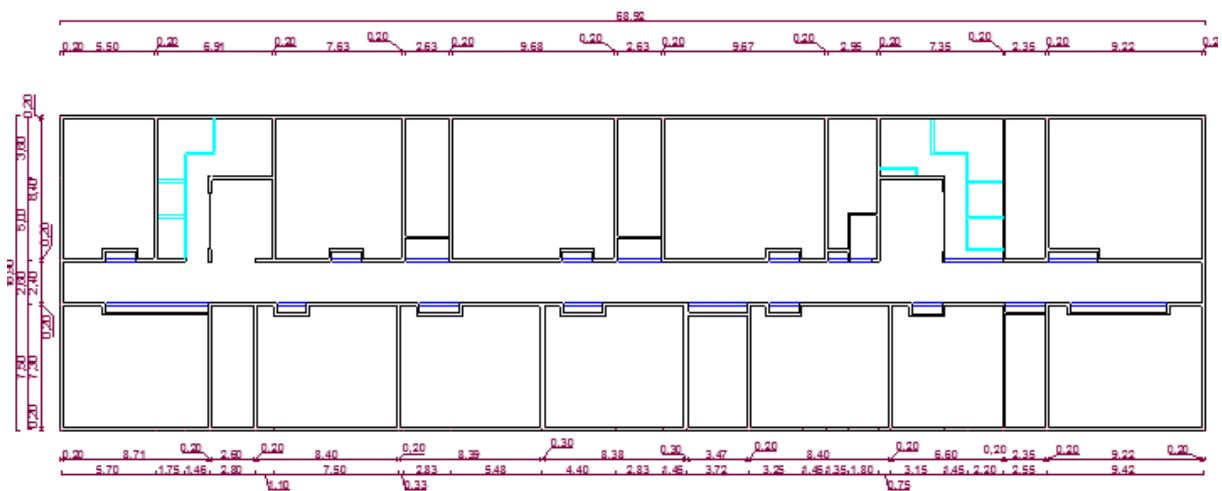
2.1 Opis in tloris konstrukcije

Obravnavana stropna plošča se nahaja med prvim in drugim nadstropjem trietažne stavbe. Plošča meri v dolžino 68,92 m, široka pa je 18,90 m. Skupna tlorisna površina znaša 1300 m². V tej etaži je predvidenih dvanajst učilnic, sedem kabinetov, dvojne stopnice in dva sklopa sanitarij.

Plošča je armiranobetonска, debeline 22 cm, narejena iz betona trdnostnega razreda C35/45. Podpirajo jo armiranobetonсke stene širine 20 cm in nosilci. Največji razpon je v prečni smeri in znaša 8,60 m. Na sliki 1 in 2 prikazujemo tloris pod (1. nadstropje) in nad (2. nadstropje) obravnavano stropno konstrukcijo.



Slika 1: Tloris 1. nadstropja



Slika 2: Tloris 2. nadstropja

2.2 Materiali

V analizi uporabimo mehanske lastnosti betona trdnostnega razreda C35/45 in jekla za armiranje S500. V preglednici 1 in 2 prikazujemo mehanske karakteristike izbranih materialov.

Preglednica 1: Mehanske karakteristike betona C35/45

Beton C35/45	
Karakteristična tlačna trdnost betona f_{ck}	3,5 kN/cm ²
Projektna tlačna trdnost betona f_{cd}	2,67 kN/cm ²
Povprečna natezna trdnost f_{ctm}	0,32 kN/cm ²
Elastični modul E_{cm}	3400 kN/cm ²
Poissonov količnik ν	0,2
Specifična gostota γ	25 kN/cm ³

Preglednica 2: Mehanske karakteristike jekla za armiranje S500

Jeklo za armiranje S500	
Karakteristična meja elastičnosti f_{yk}	50 kN/cm ²
Projektna natezna trdnost f_{yd}	43,48 kN/cm ²
Projektna vrednost modula elastičnosti E_s	20000 kN/cm ²
Gostota jekla ρ_s	7850 kN/cm ³

3 OBTEŽBA NA STROPNI KONSTRUKCIJI

Stropna konstrukcija je obremenjena s stalno in spremenljivo obtežbo, ki delujeta pravokotno na ravnino plošče. Lastno težo konstrukcije in nekonstrukcijskih delov upoštevamo kot stalno obtežbo, koristno obtežbo na medetažnih stropovih, ter obtežbo snega na strehi pa kot spremenljivo obtežbo. Ostalih spremenljivih vplivov in potresnih vplivov pri analizi stropne konstrukcije ne upoštevamo. Pomembni so predvsem pri analizi vertikalnih nosilnih elementov.

3.1 Stalna obtežba

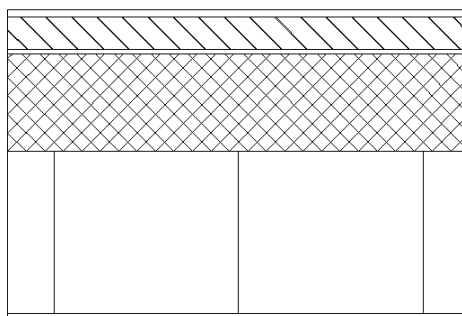
Med stalne vplive uvrščamo lastno težo stropne konstrukcije skupaj s težo nekonstrukcijskih elementov na plošči.

3.1.1 Učilnice, hodnik, kabineti in sanitarije

V projektni dokumentaciji je kot zaključni sloj tal v učilnicah in na hodnikih predviden linolej, v sanitarijah pa je predvidena uporaba keramike. Pri računu stalne obtežbe stropne konstrukcije upoštevamo tudi nosilno konstrukcijo mavčno-kartonskih plošč in težo instalacije v zračnem prostoru pod ploščo. Račun stalne obtežbe obravnavane stropne konstrukcije prikazujemo v preglednici 3.

Preglednica 3: Stalna obtežba stropne konstrukcije v učilnicah, hodnikih, kabinetih in prostoru za sanitarije

Material	Debelina [cm]	Prostorninska teža [kN/m ³]	Lastna teža [kN/m ²]
Talna obloga	1	20	0,2
Cementni estrih	7	24	1,68
Akustična folija	1	0,6	0,006
Armiranobetonska plošča	22	25	5,5
Zračni prostor za instalacije	35	2	0,7
Spuščen strop	2	18	0,36
		$g_1 =$	8,446



Slika 3: Prečni prerez stropne konstrukcije v učilnicah, hodnikih, kabinetih in prostoru za sanitarije

3.1.2 Stopnišče

Račun stalne obtežbe plošče v območju stopnic prikazujemo v preglednici 4.

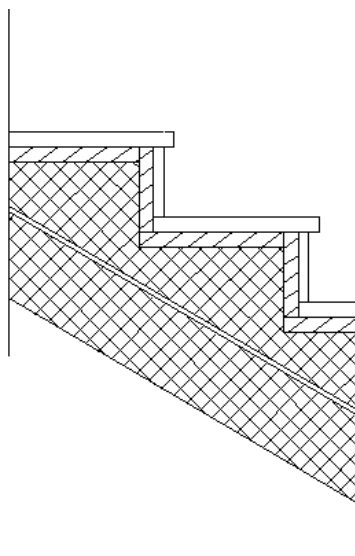
Preglednica 4: Stalna obtežba stropne konstrukcije na območju stopnišča

Material	Debelina [cm]	Širina [cm]	Prostorninska teža [kN/m ³]	Lastna teža [kN/m ²]
Kamen	3	46	28	1,33
Cementni estrih	3	100	24	0,72
Armiranobetonska stopnica	17	29	25	2,13
Akustična folija	1	100	10	0,10
Armiranobetonska plošča	22	100	25	6,29
			$g_2 =$	10,56

Vpliv stalne obtežbe stopniščne rame upoštevamo kot linijsko obtežbo na prostem robu plošče ob stopniščnem jedru, in sicer:

$$g_{st} = g_2 \cdot l_{st} / 2 = 10,56 \cdot 1,75 = 18,5 \text{ kN/m}$$

Pri tem je l_{st} razpetina stopniščne rame.



Slika 4: Prečni prerez stropne konstrukcije na območju stopnišča

3.1.3 Predelne opečne stene

Stene, ki niso armiranobetonske, bodo zgrajene iz opeke debeline 12 cm in na obeh straneh ometane z grobim in finim ometom. Račun lastne teže takšne stene prikazujemo v preglednici 5.

Preglednica 5: Lastna teža predelnih sten

Material	Debelina [cm]	Prostorninska teža [kN/m ³]	Lastna teža [kN/m ²]
Grobi in fini omet	1,5	18	0,27
Opeka	12	18	2,16
Grobi in fini omet	1,5	18	0,27
$g_3 =$			2,7



Slika 5: Prečni prerez predelne stene

Vpliv lastne teže predelne stene na stropno konstrukcijo izrazimo kot linijsko obtežbo na tekoči meter stene. Obtežba plošče tako znaša:

$$g_{ps} = g_3 \cdot v_{ps} = 2,7 \cdot 3 = 8,1 \text{ kN/m}$$

Pri tem je v_{ps} višina predelne stene.

3.1.4 Obtežba nosilnih opečnih sten

V drugem nadstropju modeliramo namesto armiranobetonskih sten nosilne opečne stene širine 30 cm ometane z grobim in finim ometom na obeh straneh. Račun lastne teže prikazujemo v preglednici 6, prečni prerez pa na sliki 6.

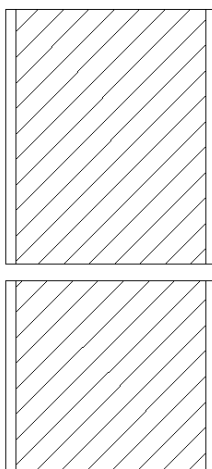
Preglednica 6: Lastna teža nosilnih opečnih sten

Material	Debelina [cm]	Prostorninska teža [kN/m ³]	Lastna teža [kN/m ²]
Grobi in fini omet	1,5	18	0,27
Opeka	30	18	5,4
Grobi in fini omet	1,5	18	0,27
		$g_4 =$	5,94

Stalni vpliv teže nosilne opečne stene v drugem nadstropju na stropno konstrukcijo upoštevamo kot linijsko obtežbo na tekoči meter. Obtežba pod nosilno steno tako znaša

$$g_{ns} = g_4 \cdot v_{ns} = 5,94 \cdot 3,5 = 20,79 \text{ kN/m}$$

Pri tem je v_{ns} višina nosilne stene.



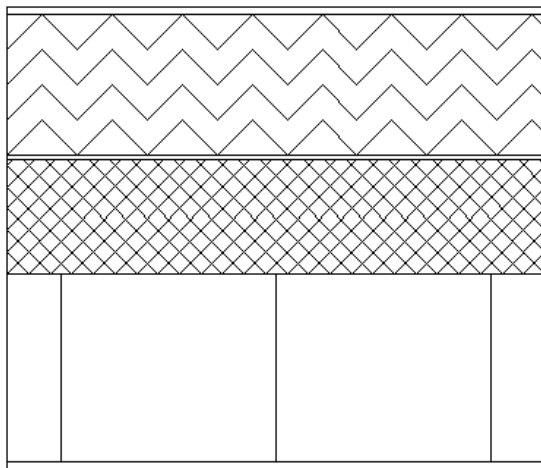
Slika 6: Prečni prerez nosilne opečne stene

3.1.5 Strešna konstrukcija

Strešna plošča obravnavane stavbe je podprta tudi z nosilnimi opečnimi stenami v 2. nadstropju, ki so debeline 30 cm. Te stene ne segajo do temeljnih tal, pač pa le do obravnavane stropne konstrukcije nad 1. nadstropjem. To pomeni, da se del obtežbe s strešne plošče prenaša tudi na obravnavano stropno konstrukcijo. Račun teže strešne konstrukcije, ki je ravna in nepohodna prikazujemo v preglednici 7.

Preglednica 7: Stalna obtežba strešne konstrukcije

Material	Debelina [cm]	Prostorninska teža [kN/m ³]	Lastna teža [kN/m ²]
Hidroizolacija	1	20	0,2
Termično obdelan filc	1	24	0,24
Toplotna izolacija EPS	26	0,6	0,156
Parna zapora	0,5	25	0,125
Armiranobetonska plošča v naklonu 2 %	20	25	5
Zračni prostor za instalacije	35	2	0,7
Spuščen strop	2	18	0,36
$g_s =$			6,781



Slika 7: Prečni prerez strešne konstrukcije

3.2 Koristna obtežba

Koristna obtežba stropov izvira iz namena uporabe stavbe. Za obravnavano stropno konstrukcijo je koristna obtežba glede na namembnost površine sledeča:

- šolski prostori $q = 4 \text{ kN/m}^2$,
- hodniki $q = 5 \text{ kN/m}^2$ ter
- stopnišče $q_{st} = 3 \text{ kN/m}^2$.

Koristno obtežbo, ki deluje na stopnišču, v analizi upoštevamo kot linijsko obtežbo na prostem robu plošče, in sicer:

$$q_{st} = g_s \cdot l_{st} / 2 = 3 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ kN/m}$$

Pri tem je l_{st} razpetina stopniščne rame.

3.3 Obtežba snega na strehi

Obtežba snega na strešni konstrukciji je $q_{sneg} = 0,24 \text{ kN/m}^2$. Del te obtežbe se preko nosilnih opečnih sten v 2. nadstropju prenaša tudi na obravnavano stropno konstrukcijo nad 1. nadstropjem.

4 RAČUNSKI MODEL MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

4.1 Opis računskega modela plošče

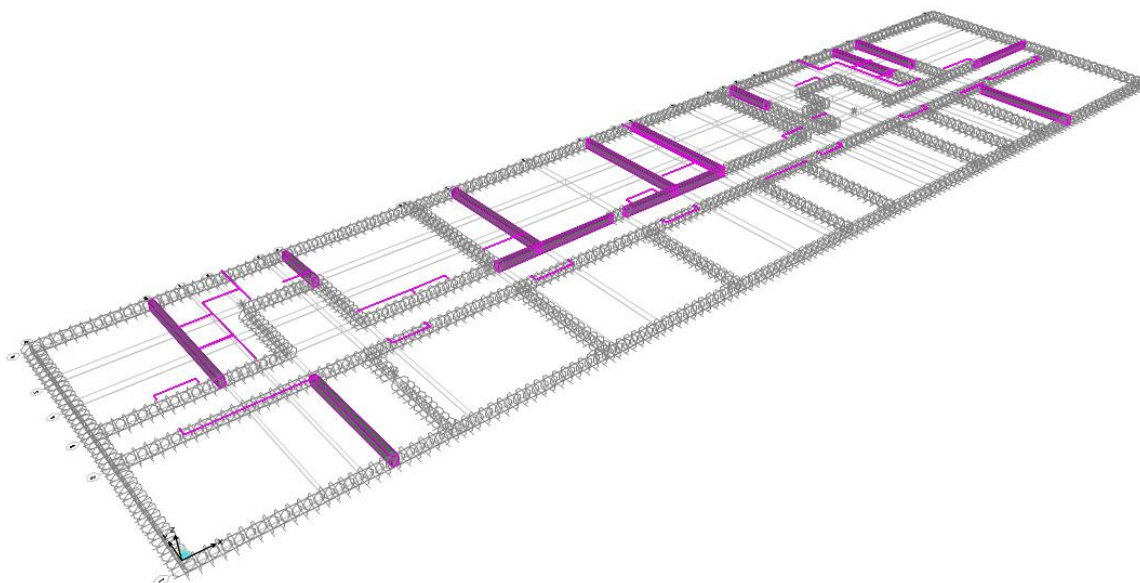
Ravninski računski model za analizo obravnavane plošče izdelamo v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.). Program SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) je v splošnem namenjen za statično in dinamično analizo tako ravninskih kot tudi prostorskih računskih modelov. Program računa po metodi končnih elementov. Za analizo plošče uporabimo štiri-vozlíščne končne elemente tipa »Shell«, ki ima poleg upogibne tudi osno togost. Dimenzijo stranice končnega elementa omejimo na 0,5 m. Na mestih, kjer je plošča podprta s stenami v 1. nadstropju, izberemo vrtljivo nepomično podporo. Enak tip podpore uporabimo tudi tam kjer je plošča podprta s prekladami, ki so relativno visoke in zato je njihova upogibna togost velika.

Skladno z arhitekturnimi podlogami so vsi vertikalni nosilni elementi iz armiranega betona. V 2. nadstropju se nahaja 12 armiranobetonskih sten, ki pa ne segajo do tal. Glede na razmerje med razpetino in višino prereza bi jih morali obravnavati kot stenaste nosilce. To pomeni, da bi bila obravnavana medetažna plošča v 2. nadstropju na mestih, kjer potekajo stenasti nosilci, ustrezno (nepomično) podprta, saj je plošča s stenastimi nosilci toga povezana in sicer tako, da se nanje obeša. V predstavljeni analizi pa računski model plošče nekoliko korigiramo. Ploščo na teh mestih ne podpremo s stenastimi nosilci, pač pa z armiranobetonskimi nosilci pod ploščo, armiranobetonske stenaste nosilce pa nadomestimo z opečnimi stenami, ki prenašajo le vertikalno obtežbo s strešne konstrukcije. Izberemo nosilce širine 30 cm in višine 50 cm pod ploščo. Toliko namreč znaša predvidena višina spuščene stropa. Nosilce pod ploščo modeliramo z linijskimi končnimi elementi ter jih toga povežemo s ploščo. Pri modeliranju toge povezave nosilca s ploščo imamo na voljo dva načina.

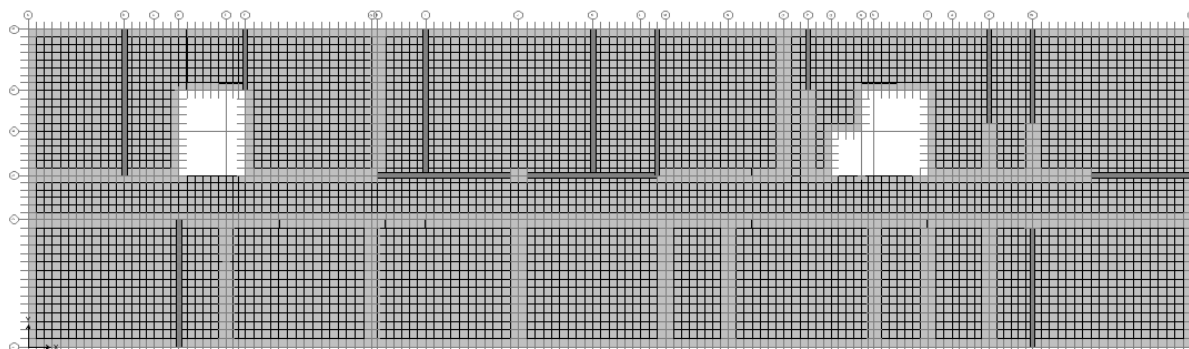
Pri prvem načinu linijski element, s katerim modeliramo nosilec pod ploščo, z ukazom *»edit lines/divide frames/break at intersection with selected joints, frames, area edges, and solid edges«* razdelimo na končne elemente, ki sovpadajo z mrežo končnih elementov plošče, to pomeni, da vozlišča linijskih elementov sovpadajo z vozlišči ploskovnih elementov, vendar na različnih višinskih kotah. Nato posamezno vozlišče linijskega elementa z ukazom *»joint/constrains«* toga povežemo s pripadajočim vozliščem ploskovnih elementov.

Pri drugem načinu pa referenčno os linijskega nosilca z ukazom *»frame/insertion point«* prestavimo na zgornji rob nosilca (*»top center«*), nato pa nosilec prestavimo v navpični smeri za polovico debeline plošče. Tako so vsa vozlišča linijskih elementov brez kakršnihkoli dodatnih ukrepov že povezana s pripadajočimi vozlišči ploskovnih elementov. Drugi način je preprostejši, predvsem pa veliko hitrejši.

Na sliki 8 prikazujemo lego nosilcev pod ploščo, na sliki 9 pa mrežo končnih elementov za obravnavano medetažno konstrukcijo.



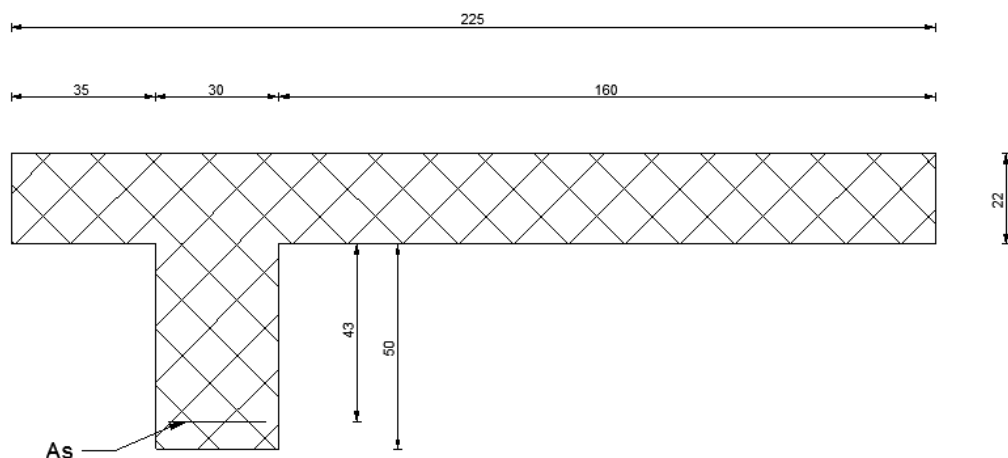
Slika 8: Nosilci pod ploščo



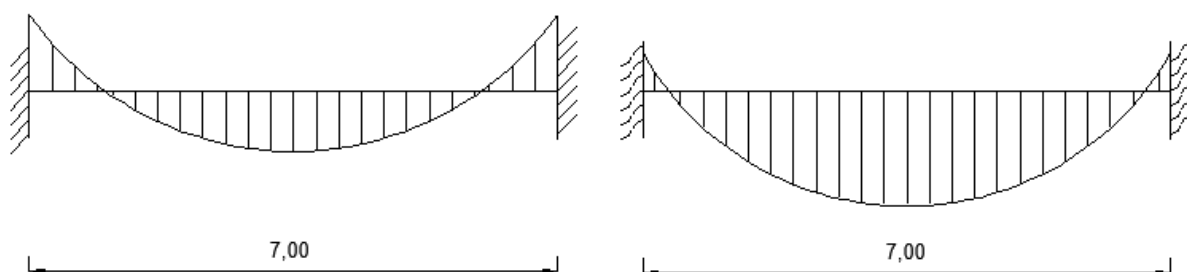
Slika 9: Mreža končnih elementov za obravnavano medetažno konstrukcijo

4.1.1 Poenostavljen računski model za neodvisno analizo ojačilnega nosilca pod ploščo

Nosilec, ki je togo povezan s ploščo, lahko analiziramo tudi na poenostavljen način, neodvisno od analize celotne medetažne konstrukcije. V tem primeru nosilec modeliramo z linijskim elementom, pri čemer upoštevamo tudi sodelujočo širino plošče $b_{\text{eff}} = 2,25$ m. Prečni prerez takšnega nosilca prikazujemo na sliki 10. Nosilec na obeh straneh ustrezno podpremo. Za račun potrebne vzdolžne armature ob podpori upoštevamo polno vpetje nosilca v steno, za račun armature v polju nosilca pa delno vpetost kot prikazujemo na sliki 11. Obtežbo nosilca določimo v skladu s strešnim pravilom. Dobljene rezultate primerjamo z rezultati analize, kjer so nosilci pod ploščo obravnavani kot del medetažne konstrukcije.



Slika 10: Prečni prerez nosilca z upoštevanjem sodelujoče širine



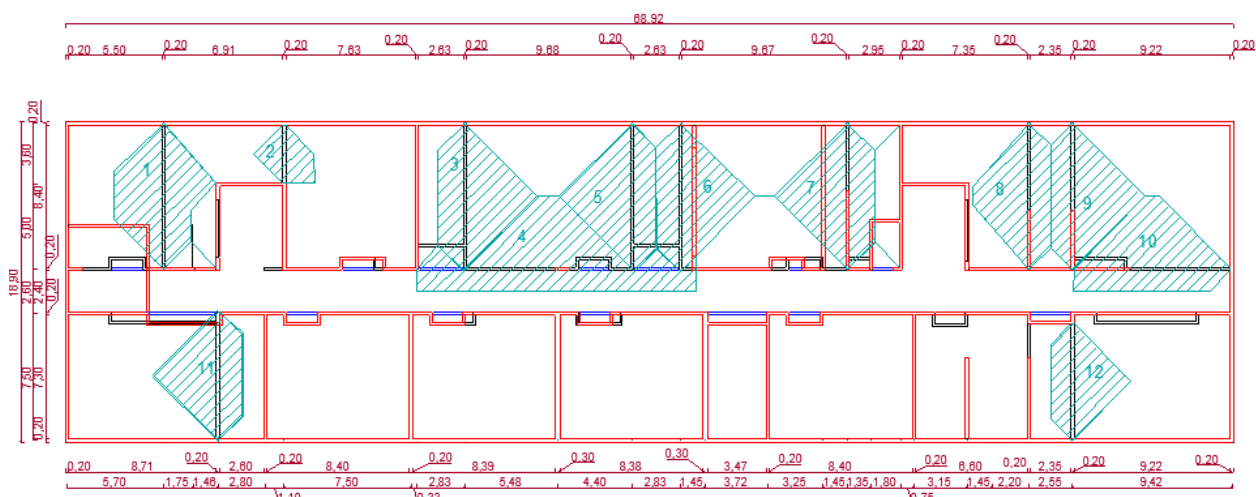
Slika 11: Računski model nosilca: levo polno vpeti nosilec, desno delno vpeti nosilec

4.2 Obtežba računskega modela plošče

4.2.1 Stalna obtežba

Lastno težo konstrukcije program SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) izračuna sam in sicer na podlagi podanih geometrijskih lastnosti konstrukcije (debelina plošče, višina in širina nosilca) in specifične prostorninske teže materiala. Pod stalno obtežbo uvrščamo tudi težo nekonstrukcijskih elementov plošče. Obtežba le-teh se po površini plošče spreminja. Težo opečnih predelnih sten tudi upoštevamo kot stalno obtežbo na plošči, in sicer kot enakomerno linijsko obtežbo. Na prostem robu plošče dodatno upoštevamo stalno težo stopniščne rame.

Med stalne vplive obravnavane medetažne konstrukcije nad 1. nadstropjem uvrstimo tudi težo nosilnih opečnih sten v 2. nadstropju ter del teže strešne konstrukcije, ki preko omenjenih sten učinkuje na obravnavano ploščo. Kot smo že predhodno omenili, so pod temi stenami v plošči izvedeni ojačilni nosilci višine 50 cm. Prispevna območja strešne plošče določimo za vsako steno posebej s pomočjo strešnega pravila. Območja prikazujemo na sliki 12.



Slika 12: Vplivna območja strešne plošče na nosilne opečne stene v 2. nadstropju

Vpliv teže posamezne stene v 2. nadstropju skupaj s težo strešne plošče znotraj vplivnega območja nad analizirano steno upoštevamo na obravnavani medetažni konstrukciji nad 1. nadstropjem kot enakomerno linijsko obtežbo. Podobno določimo tudi vpliv obtežbe snega s strešne plošče. Vrednosti nadomestnih linijskih obtežb na plošči prikazujemo v preglednici 8.

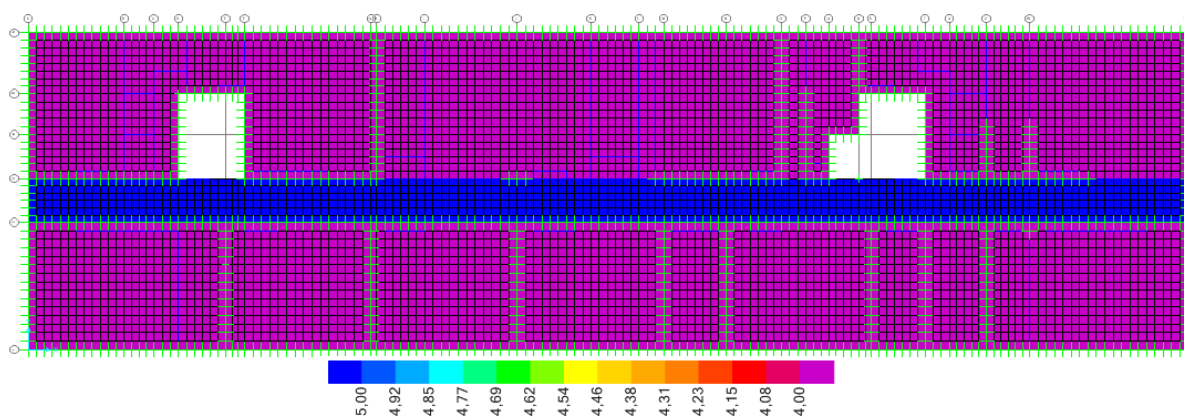
Preglednica 8: Nadomestna linijska obtežba na medetažni plošči zaradi teže nosilnih sten v 2. nadstropju, teže strehe ter obtežbe snega na strehi

Št. Nosilca	Vplivna površina [m ²]	Dolžina nosilne opečne stene [m]	Teža strehe nad opečno steno [kN/m]	Lastna teža opečne stene [kN/m]	Obtežba snega s strehe [kN/m]
1	30,2	8,6	23,7	20,79	0,86
2	7,9	3,6	14,8	20,79	0,54
3	29,8	8,6	23,4	20,79	0,85
4	48,4	16,4	20,0	20,79	0,72
5	29,0	8,6	22,8	20,79	0,82
6	29,7	8,6	23,3	20,79	0,84
7	29,7	8,6	23,3	20,79	0,84
8	25,3	8,6	19,9	20,79	0,72
9	27,8	8,6	21,9	20,79	0,79
10	32,8	9,4	23,6	20,79	0,85
11	23,6	7,5	21,3	20,79	0,77
12	19,3	7,0	18,6	20,79	0,68

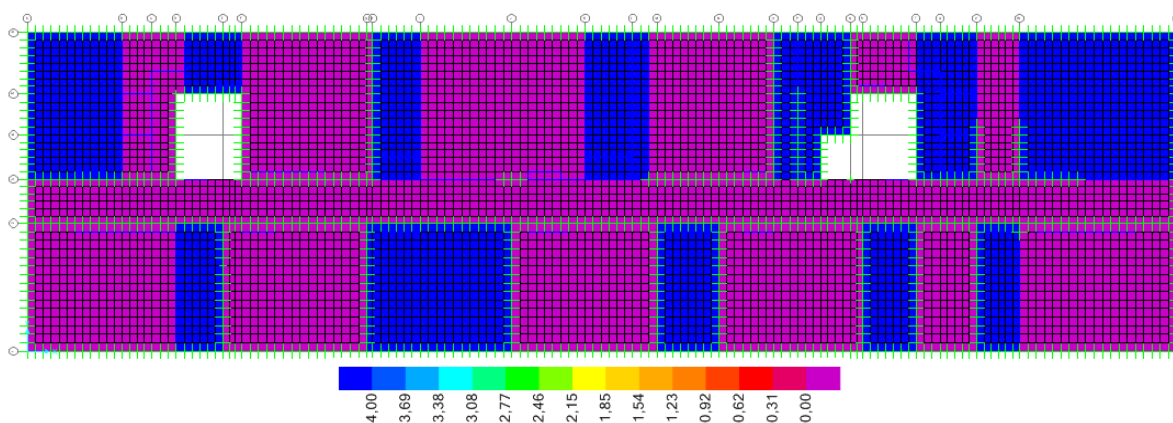
4.2.2 Koristna obtežba

Pri projektiranju medetažne konstrukcije moramo skladno s standardom SIST EN 1991-1-1:2004 koristno obtežbo upoštevati kot premični vpliv, ki je razporejen na najneugodnejših delih vplivne

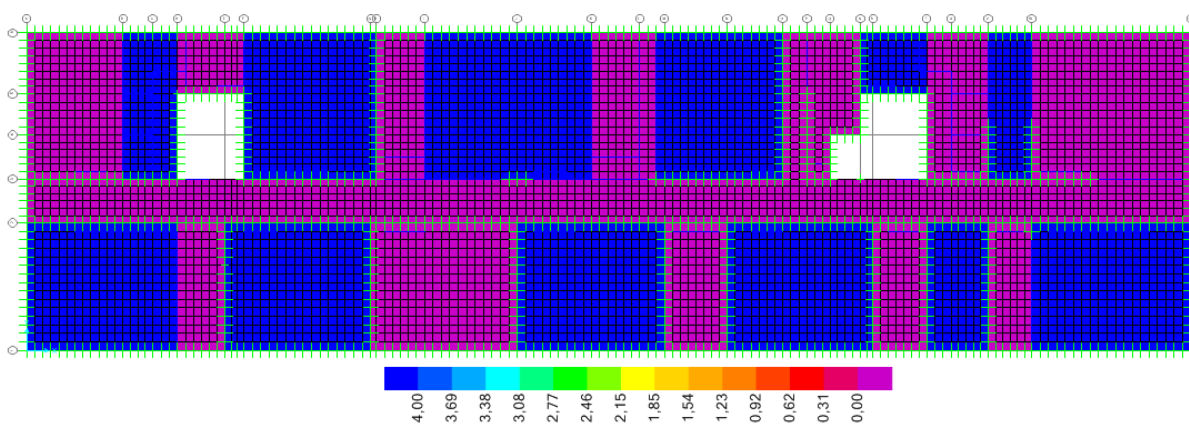
površine glede na obravnavani učinek vpliva. V ta namen tvorimo tri različne razporeditve koristne obtežbe po površini plošče. Prikazujemo jih na slikah 13, 14 in 15.



Slika 13: Koristna obtežba razporejena po celotni površini plošče



Slika 14: Prvi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe na površini plošče



Slika 15: Drugi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe na površini plošče

5 DIMENZIONIRANJE NOSILNIH ELEMENTOV

Nosilne elemente obravnavane medetažne konstrukcije dimenzioniramo v skladu s standardom SIST EN 1992-1-1:2004. Dimenzioniramo po metodi mejnih stanj. Pri dokazovanju varnosti konstrukcije proti porušitvi uporabljamo mejna stanja nosilnosti.

Nosilni element konstrukcije mora zadoščati vsem zahtevam glede s standardom določene varnosti, uporabnosti in trajnosti ter požarne odpornosti. Z ustreznimi računskimi postopki preverjamo varnost konstrukcije proti porušitvi ali dimenzioniramo konstrukcijo. Potrebna varnost bo zagotovljena, če bo vektor mejne projektne nosilnosti $\{R_d\}$ v vseh prečnih prerezih elementov konstrukcije večji ali enak pripadajočemu vektorju mejne projektne obremenitve $\{E_d\}$, za vse možne kombinacije vplivov. Pri dimenzioniranju pa izhajamo iz zahteve, da je vektor mejne nosilnosti kar enak vektorju mejne odpornosti. Formalno zapišemo kot:

$$\{E_d\} = \{R_d\} \quad (5.1)$$

Osnovno kombinacijo vplivov za mejna stanja nosilnosti zapišemo z izrazom:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{Q,i} \quad (5.2)$$

Pri tem je $G_{k,j}$ karakteristična vrednost j -tega stalnega vpliva, $Q_{k,1}$ je karakteristična vrednost prevladujočega spremenljivega vpliva in $Q_{k,i}$ pa karakteristična vrednost i -tega spremenljivega vpliva ($i > 1$). $\gamma_{G,j}$ je varnostni faktor za stalne vplive, $\gamma_{Q,i}$ je varnostni faktor za koristne vplive in $\Psi_{0,i}$ je kombinacijski faktor za posamezno koristno obtežbo. Pri analizi obravnavane medetažne konstrukcije imamo poleg stalne obtežbe še dva spremenljiva vpliva, in sicer koristno obtežbo na plošči ter obtežbo snega na strehi.

Najprej dimenzioniramo vzdolžno armaturo v stropni plošči, nato pa še vzdolžno armaturo v nosilcih pod ploščo, ki so togo povezani s ploščo. Obremenitev v elementih odčitamo na računskem modelu medetažne konstrukcije v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.).

5.1 Dimenzioniranje stropne plošče

5.1.1 Projektne obremenitve v stropni plošči

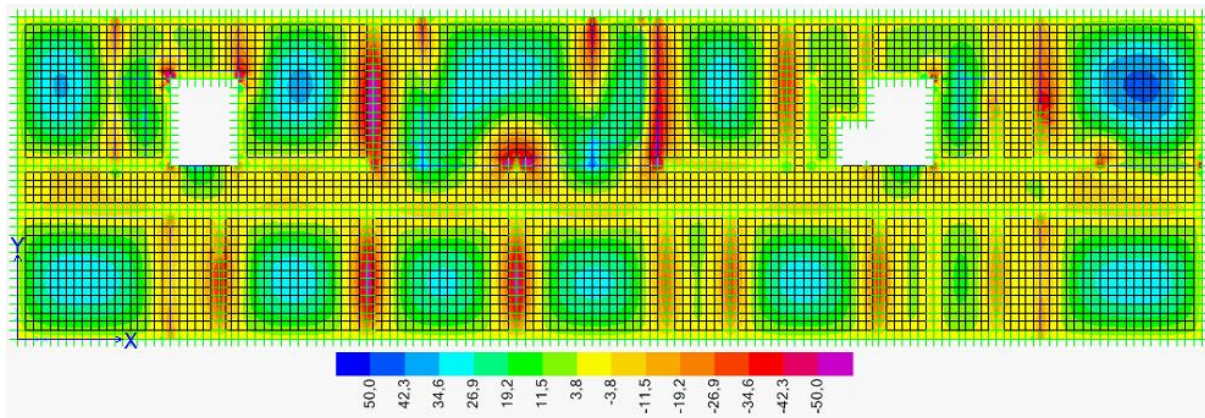
Skladno z enačbo 5.2 tvorimo več kombinacij stalnih in spremenljivih vplivov. Kombinacije navajamo v preglednici 9.

Preglednica 9: Kombinacije stalnih in spremenljivih vplivov

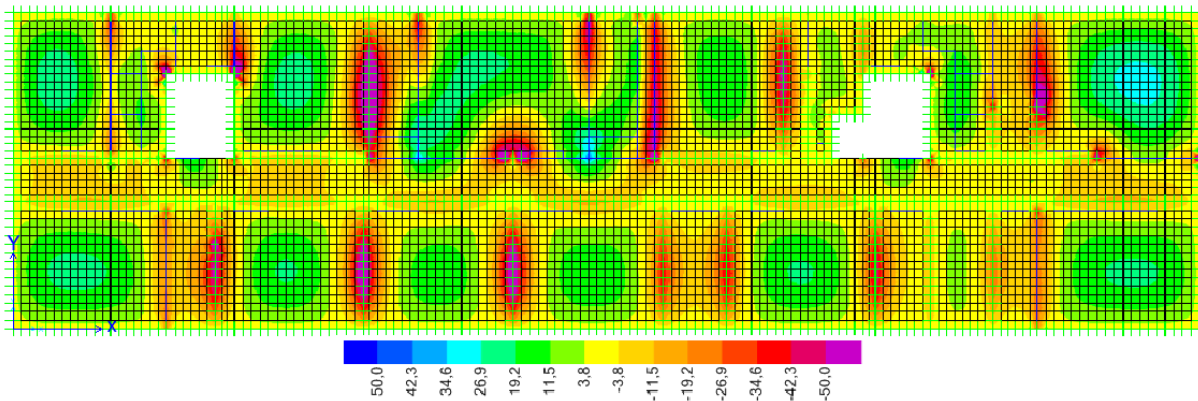
Obtežna kombinacija	K1	K2	K3
Stalna obtežba $G_{k,1}$	1,35	1,35	1,35
Koristna obtežba povsod $Q_{k,1}$	1,5	0	0
Prvi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe $Q_{k,2}$	0	1,5	0
Drugi primer šahovske razporeditve koristne obtežbe $Q_{k,3}$	0	0	1,5
Obtežba snega $Q_{k,4}$	1,5	1,5	1,5

V nadaljevanju tvorimo ovojnico projektnih obremenitev. Na slikah 16, 18, 20 in 22 prikazujemo maksimalne ovojnice projektnih upogibnih in torzijskih momentov (m_{xx} , m_{yy} , m_{xy}) ter osnih sil v plošči (n_{xx} , n_{yy}). Maksimalne ovojnice so pomembne pri količinah s pozitivnim predznakom, kot je na primer pozitivni moment v polju.

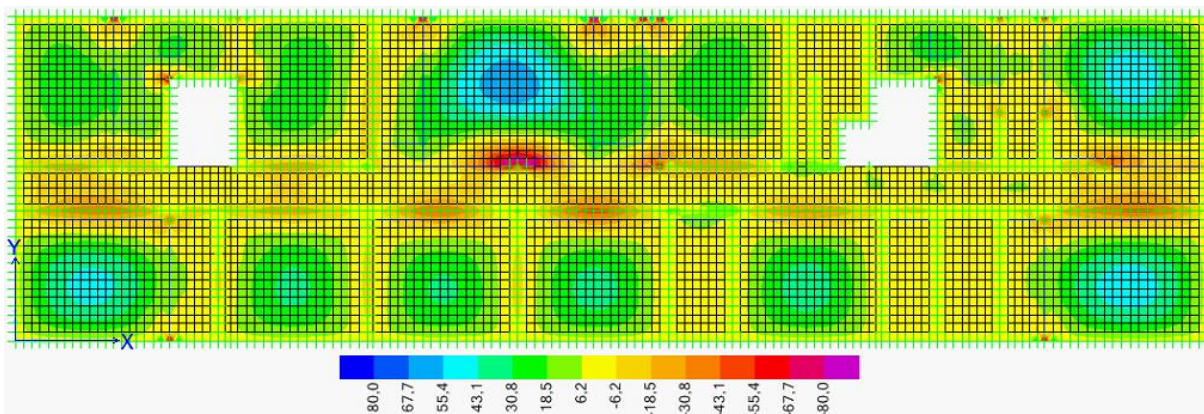
Na slikah 17, 19, 21 in 23 pa prikazujemo minimalne ovojnice projektnih upogibnih in torzijskih momentov (m_{xx} , m_{yy} , m_{xy}) ter osnih sil v plošči (n_{xx} , n_{yy}). Minimalne ovojnice potrebujemo za interpretacijo količin z negativnimi predznaki, predvsem pri negativnih momentih ob podporah.



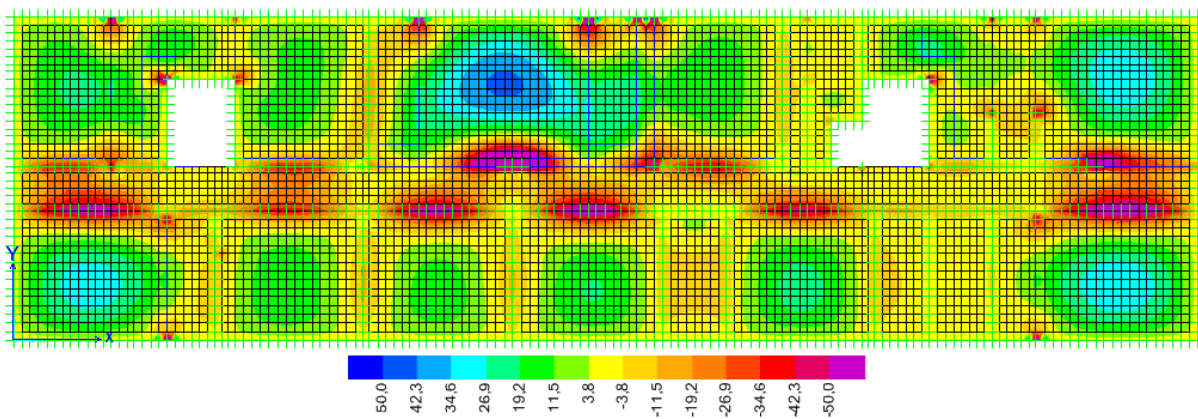
Slika 16: Projektni upogibni moment m_{xx} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev



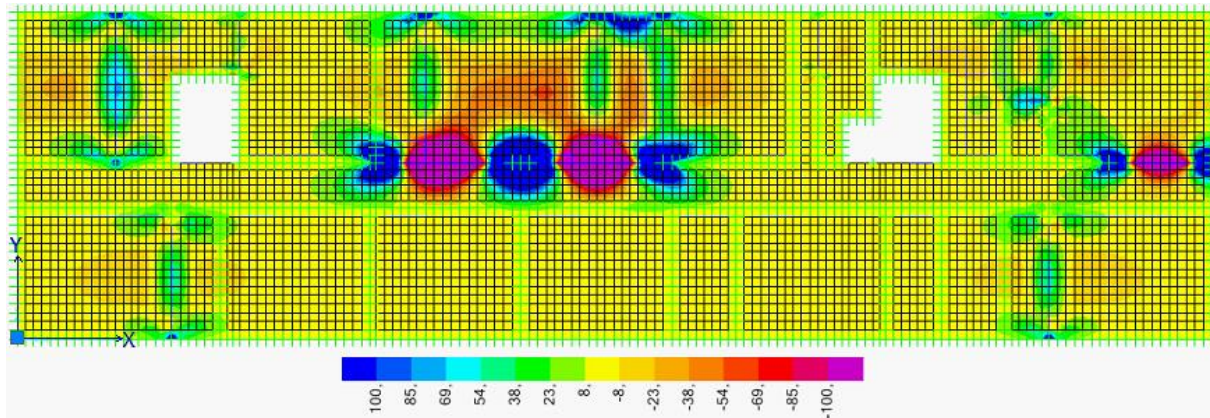
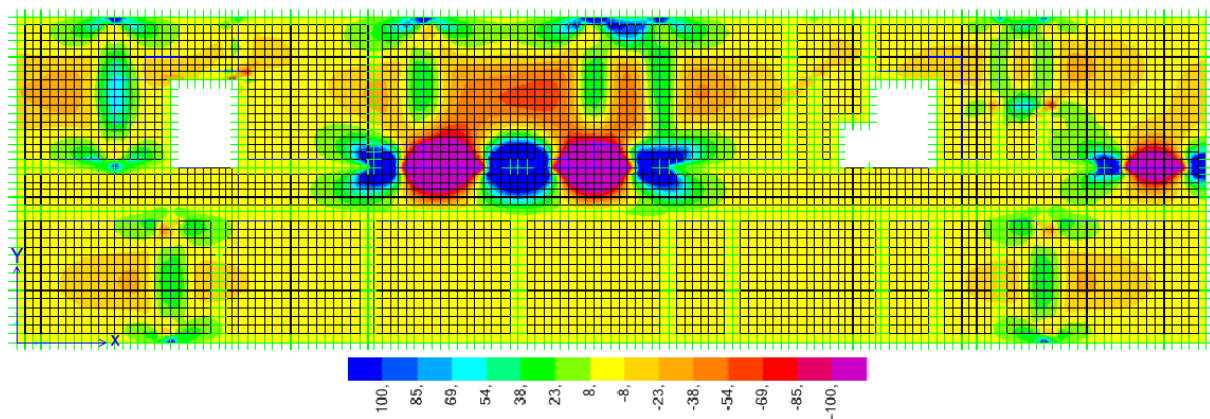
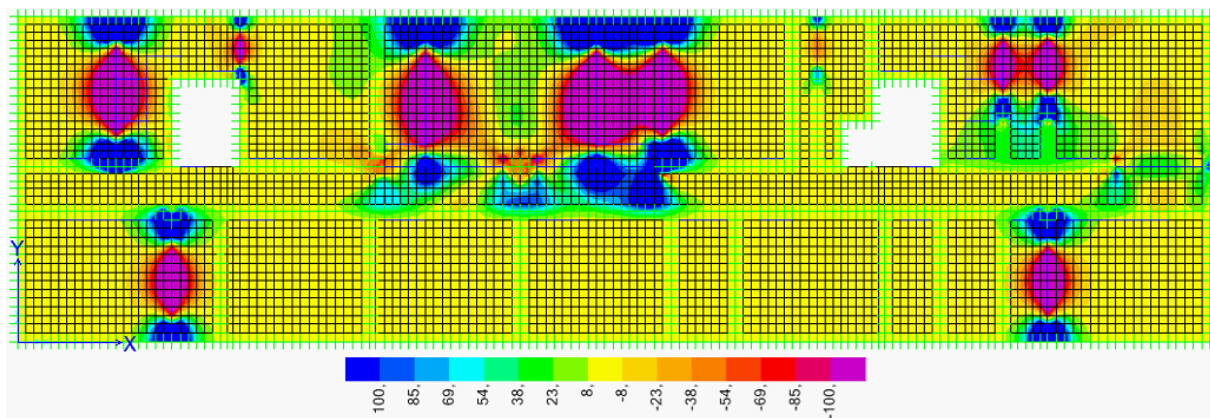
Slika 17: Projektni upogibni moment m_{xx} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev

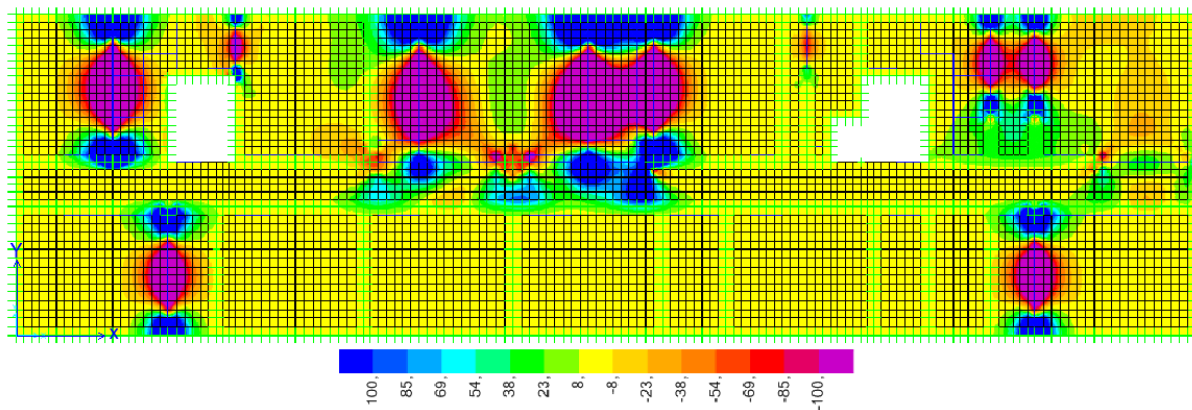


Slika 18: Projektni upogibni moment m_{yy} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev

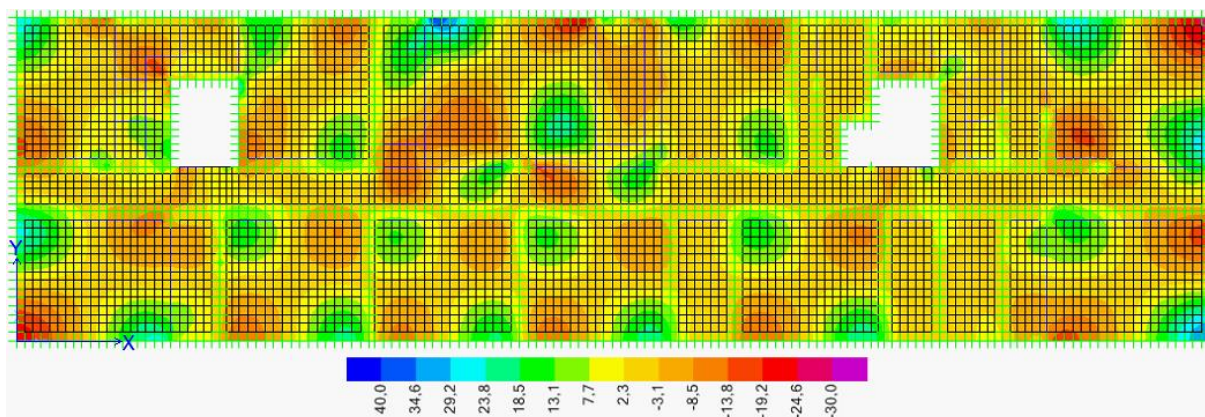


Slika 19: Projektni upogibni moment m_{yy} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev

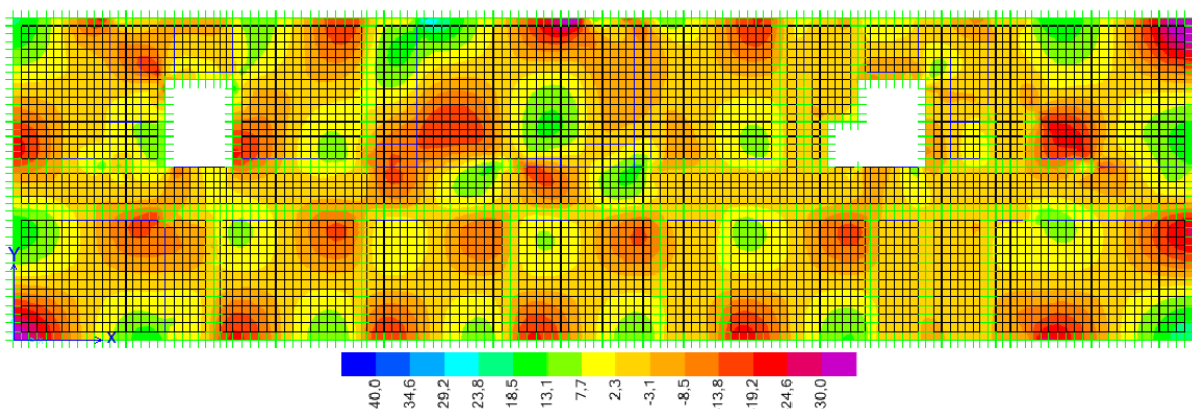
Slika 20: Projektna osna sila n_{xx} v plošči (kN/m) – maksimalne ovojnice obremenitevSlika 21: Projektna osna sila n_{xx} v plošči (kN/m) – minimalne ovojnice obremenitevSlika 22: Projektna osna sila n_{yy} v plošči (kN/m) – maksimalne ovojnice obremenitev



Slika 23: Projektna osna sila n_{yy} v plošči (kN/m) – minimalne ovojnice obremenitev



Slika 24: Projektni torzijski moment m_{xy} v plošči (kNm/m) – maksimalne ovojnice obremenitev



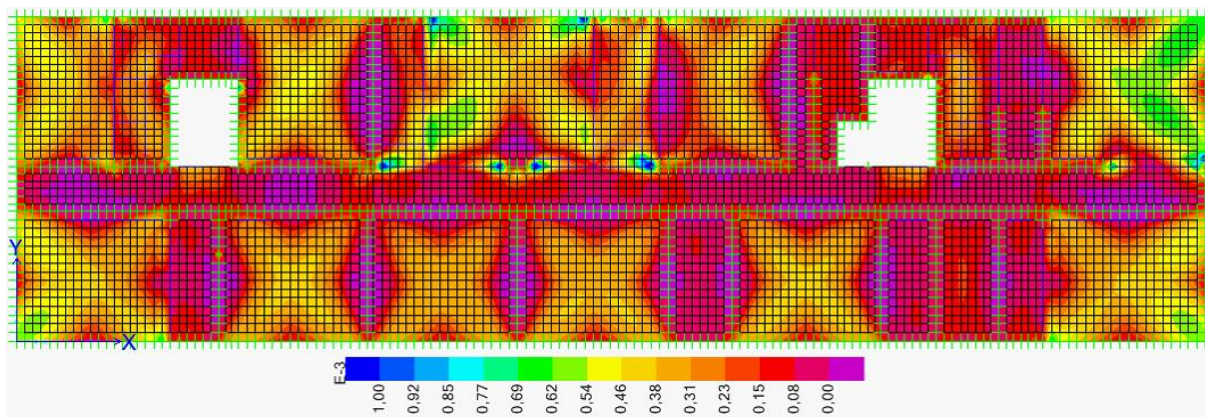
Slika 25: Projektni torzijski moment m_{xy} v plošči (kNm/m) – minimalne ovojnice obremenitev

Na podlagi rezultatov analize ugotovimo, da dobimo pozitivne upogibne momente v poljih plošče, negativne momente pa v območju podpor ter nad nosilci. Največje osne sile v plošči se pojavijo nad nosilci in so večinoma tlačne. Torzijski momenti so največji v vogalih posameznih polj.

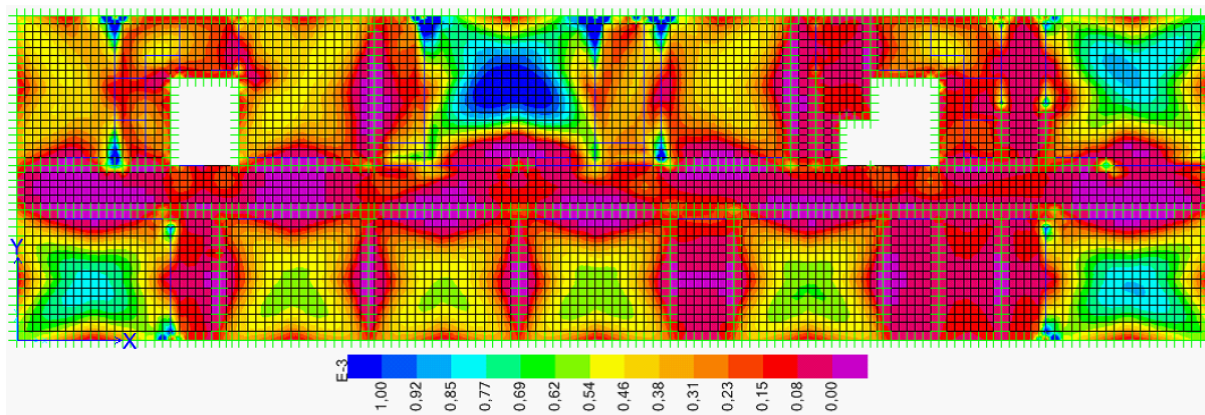
5.1.2 Dimenzioniranje armature v plošči

5.1.2.1 Račun armature v plošči s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.)

Spodnjo armaturo v plošči dimenzioniramo neposredno s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.). V smeri koordinatne osi x upoštevamo statično višino plošče $d = 18$ cm, v smeri osi y pa $d = 17$ cm. Najprej pokažemo potrebno količino spodnje armature v smeri osi x oziroma v smeri osi y (glej sliki 26 in 27)



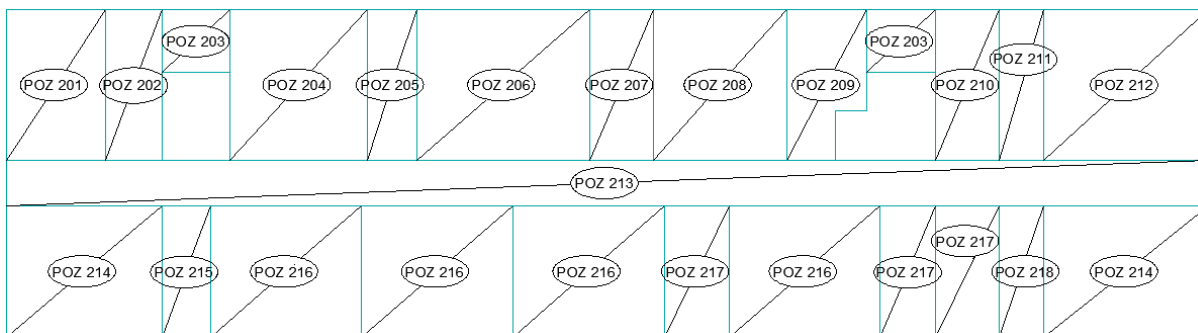
Slika 26: Potrebna količina spodnje armature v smeri osi x (m^2/m)



Slika 27: Potrebna količina spodnje armature v smeri osi y (m^2/m)

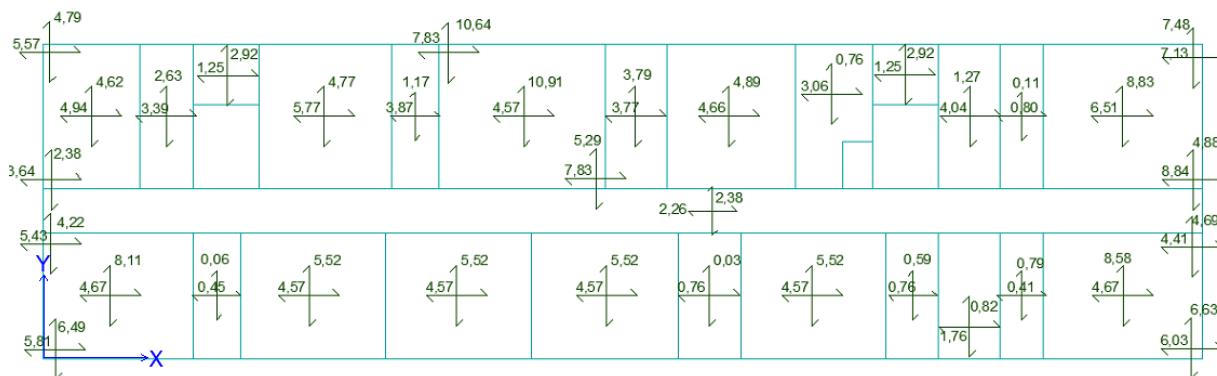
Kot je razvidno iz slik 26 in 27 je spodnja armatura potrebna v poljih plošče zaradi pozitivnih upogibnih momentov ter v vogalih polj zaradi torzijskega momenta.

Zaradi lažje predstavitve rezultatov dimenzioniranja površino plošče razdelimo na 18 pozicij, kot prikazujemo na sliki 28.



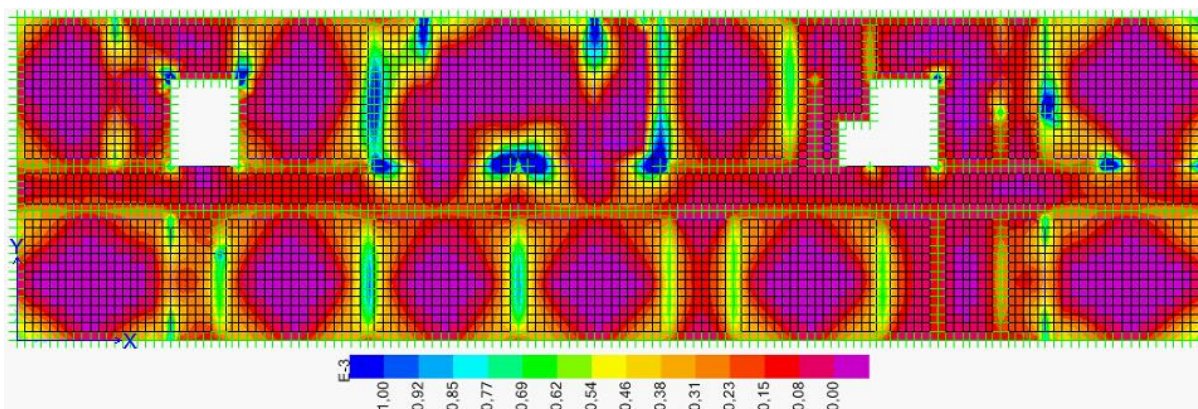
Slika 28: Razdelitev površine plošče na 18 pozicij

Na sliki 29 prikazujemo še izvleček potrebne količine spodnje armature v dveh pravokotnih smereh po pozicijah.

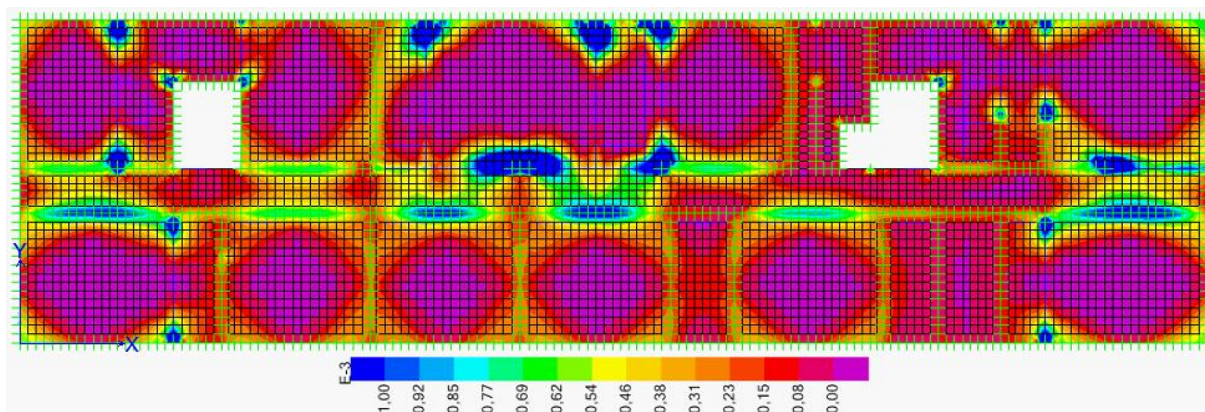


Slika 29: Izvleček potrebne količine spodnje armature po pozicijah (cm^2/m)

Na sliki 30 in 31 prikazujemo še potrebno količino zgornje armature v smeri osi x in y .

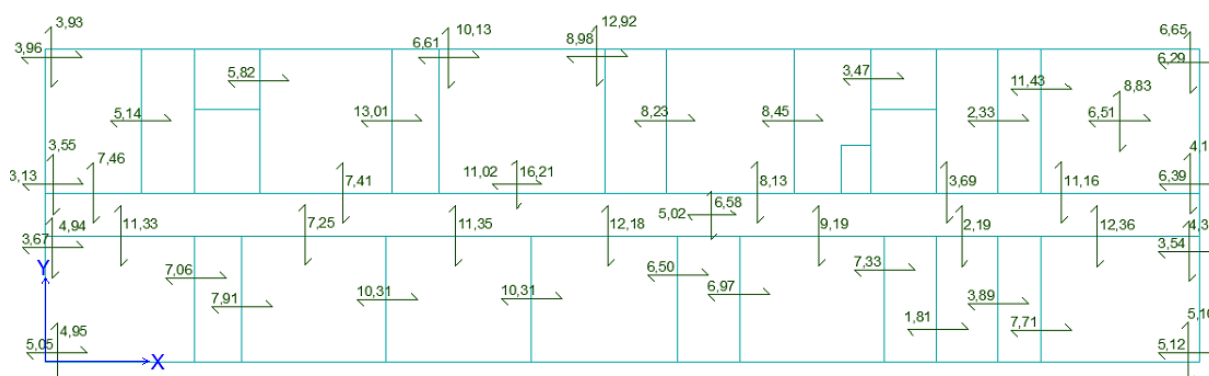


Slika 30: Potrebna količina zgornje armature v smeri osi x (m^2/m)

Slika 31: Potrebna količina zgornje armature v smeri osi y (m^2/m)

Zgornjo armaturo potrebujemo nad podporami in nosilci, kjer so v plošči veliki negativni upogibni momenti.

Na sliki 32 prikazujemo izvleček potrebne količine zgornje armature v smeri osi x in y .

Slika 32: Izvleček potrebne količine zgornje armature po pozicijah (cm^2/m)

5.1.2.2 Račun armature v plošči s pomočjo tabel

Potrebno količino armature v plošči, ki jo dobimo z analizo plošče v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) preverimo s pomočjo tabel za dimenzioniranje armiranobetonskih prečnih prereзов na osno-upogibno obremenitev [1]. Osredotočimo se le na območje medetažne konstrukcije, označene s pozicijo 216. Iz programa SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) za omenjeno pozicijo odčitamo obremenitve v polju in ob podporah. Pri računu armature v smeri koordinatne osi x upoštevamo le upogibni moment m_{xx} ($m_{xy} \approx 0$), pri armaturi v smeri osi y pa le upogibni moment m_{yy} ($m_{xy} \approx 0$). Upoštevamo širino prečnega prereza 1 m. Koefficient statične višine prereza k_d izračunamo s pomočjo enačbe:

$$k_d = \frac{M_{Ed}}{\alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \quad (5.3)$$

V tabeli za dimenzioniranje pravokotnega prečnega prereza na osno-upogibno obremenitev [1] glede na izračunano vrednost koeficienta k_d odčitamo pripadajoče mejne deformacije v natezni armaturi oziroma tlačnem betonskem robu $\varepsilon_s/\varepsilon_1$ ter koeficient armature k_s . Potrebno količino vzdolžne armature nato izračunamo po enačbi:

$$A_s = k_s \frac{M_{Ed}}{d \cdot f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \quad (5.4)$$

V preglednicah 10 in 11 podrobneje prikazujemo postopek izračuna armature v polju in ob podporah pozicije 216. Ločeno računamo armaturo v smeri osi x in y (a_{sx} in a_{sy}).

Preglednica 10: Izračun vzdolžne armature a_{sx} v poziciji 216 s pomočjo tabel

Legat armature	m_{Ed} [kNm/m]	k_d	$\varepsilon_s/\varepsilon_1$ [‰]	k_s	a_{sx} [cm ² /m]
V polju	31,79	0,037	45/-3,5	1,031	4,19
Ob podpori desno	71,78	0,083	22,5/-3,5	1,085	9,95

Preglednica 11: Izračun vzdolžne armature a_{sy} v poziciji 216 s pomočjo tabel

Legat armature	m_{Ed} [kNm/m]	k_d	$\varepsilon_s/\varepsilon_1$ [‰]	k_s	a_{sy} [cm ² /m]
V polju	33,79	0,044	45/-3,5	1,031	4,71
Ob podpori zgoraj	46,18	0,060	30/-3,5	1,035	6,47

Pri tem znaša minimalna količina armature (glej SIST EN 1992-1-1:2004, člen 9.2.1.1(1))

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,32}{50} \cdot 100 \cdot 18 = 3,00 \text{ cm}^2 \quad (5.5)$$

5.1.2.3 Primerjava rezultatov

Med seboj primerjamo količine potrebne armature v plošči, ki jih izračunamo s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.), oziroma s pomočjo tabel za dimenzioniranje armiranobetonskih prečnih prereзов. Osredotočimo se le na del plošče z oznako pozicije 216. Rezultate za potrebno armaturo v smeri osi x prikazujemo v preglednici 12, za smer y pa v preglednici 13.

Preglednica 12: Potrebne količine armature a_{sx} v poziciji 216 glede na postopek računa

	Program SAP2000	Tabele za dimenzioniranje
Lega armature	a_{sx} [cm ² /m]	a_{sx} [cm ² /m]
V polju	4,57	4,19
Ob podpori desno	10,31	9,95

Preglednica 13: Potrebne količine armature a_{sy} v poziciji 216 glede na postopek računa

	Program SAP2000	Tabele za dimenzioniranje
Lega armature	a_{sy} [cm ² /m]	a_{sy} [cm ² /m]
V polju	5,52	4,71
Ob podpori zgoraj	7,25	6,47

Pri primerjavi količine spodnje in zgornje armature v smeri osi x ugotovimo, da se rezultati bistveno ne razlikujejo. Podobno ugotovimo tudi pri armaturi v y smeri, kjer pa je odstopanje vseeno nekoliko večje. Odstopanje je posledica natančnejšega računa armature s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.), ki upošteva vse izračunane notranje količine, ki so merodajne za armaturo v določeni točki, medtem ko smo za račun armature po tabelah iskali samo največje upogibne momente v polju ali nad podporo in predpostavili, da so v teh točkah torzijski momenti in notranje osne sile enake nič. Ugotovimo tudi, da so rezultati, dobljeni s programom, vedno nekoliko večji kot rezultati računa po tabelah za dimenzioniranje. Tako lahko za obravnavano ploščo zaključimo, da so rezultati iz programa na varni strani.

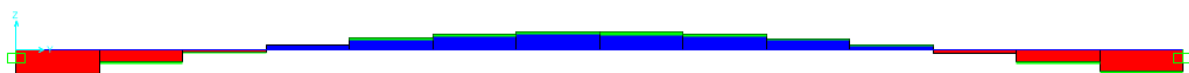
5.2 Dimenzioniranje nosilcev pod ploščo

Nosilce pod ploščo analiziramo na dva načina. Pri prvem postopku so nosilci sestavni del medetažne konstrukcije. Nosilce modeliramo z linijskimi končnimi elementi ter jih togo povežemo s ploščo. Pri drugem postopku pa nosilce pod ploščo modeliramo neodvisno od analize medetažne konstrukcije.

5.2.1 Dimenzioniranje nosilca kot del medetažne konstrukcije

5.2.1.1 Projektna obremenitev

Projektne obremenitve v nosilcu odčitamo iz računskega modela medetažne konstrukcije v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.). Na slikah 33 in 34 prikazujemo projektne obremenitve v nosilcu, označenem s številko 12 (glej sliko 12).



Slika 33: Projektna osna sila $N_{Ed,n}$ v nosilcu 12 pod ploščo



Slika 34: Projektni upogibni moment $M_{Ed,n}$ v nosilcu 12 pod ploščo

Obremenitve nosilca 12 v polju so: $M_{Ed,p,n} = 53,82$ kNm in osna sila $N_{Ed,p,n} = 507,77$ kN, ob podpori pa: $M_{Ed,rob,n} = -166,58$ kNm in osna sila $N_{Ed,rob,n} = -845,45$ kN.

Ker sta nosilec in plošča med seboj togo povezana, moramo pri dimenzioniranju vzdolžne armature v nosilcu upoštevati tudi obremenitve v območju sodelujoče širine plošče nad obravnavanim nosilcem. Za obravnavan nosilec 12 znaša sodelujoča širina plošče $b_{eff} = 2,25$ m.

Preglednica 14: Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem 12 v sredini razpona

Koordinata x [m]	58,8	59,3	59,8	60,3	60,8	61,05
m_{yy} [kNm/m]	8,39	13,29	13,57	21,44	27,24	32,99
n_y [kN/m]	-115,08	-190,21	-124,4	-69,12	-36,75	-27,75

Preglednica 15: Projektne obremenitve v plošči nad nosilcem 12 ob podpori

Koordinata x [m]	58,8	59,3	59,8	60,3	60,8	61,05
m_{yy} [kNm/m]	30,76	-101,92	31,19	-6,95	2,11	1,28
n_y [kN/m]	267,22	839,54	286,2	111,72	53,34	16,98

Rezultirajočo obremenitev v plošči dobimo z integracijo upogibnih momentov in osnih sil v plošči na območju sodelujoče širine nad nosilcem.

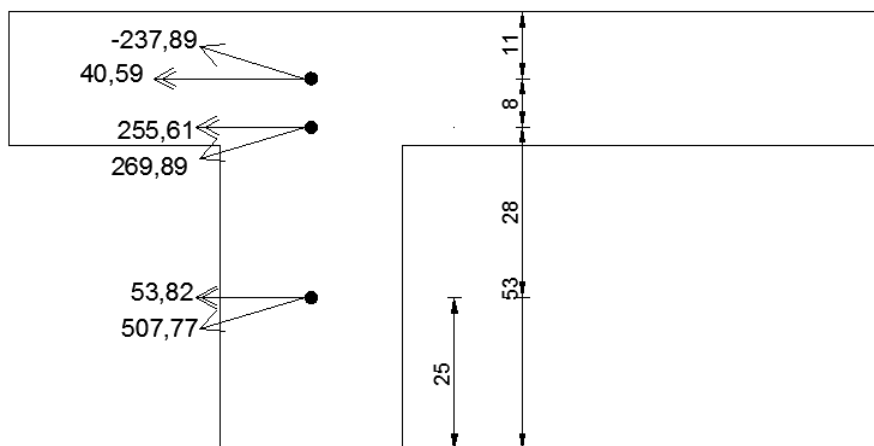
V polju so obremenitve v plošči: $M_{Ed,p,p} = 40,59$ kNm in osna sila $N_{Ed,p,p} = -237,89$ kN, ob podpori pa: $M_{Ed,rob} = -30,20$ kNm in osna sila $N_{Ed,rob} = 707,66$ kN.

Pri prevzemu projektnih obremenitev skupaj sodelujeta nosilec in plošča nad nosilcem. Projektno obremenitev iz nosilca oziroma plošče prestavimo v skupno težišče sestavljenega prečnega prereza.

Račun prikazujemo v preglednici 16, shematsko pa še na sliki 35.

Preglednica 16: Projektne obremenitve v težišču sestavljenega prereza

Prečni prerez	$M_{Ed,p}$ [kNm]	$N_{Ed,p}$ [kN]	$M_{Ed,n}$ [kNm]	$N_{Ed,n}$ [kN]	z_p [m]	z_n [m]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]
V polju	40,59	-237,89	53,82	507,77	0,08	0,28	255,61	269,89
Ob podpori	-30,20	707,66	-166,58	-845,45	0,08	0,28	-490,12	-137,79



Slika 35: Projektne obremenitve sestavljenega prereza

5.2.1.2 Račun vzdolžne armature

Vzdolžno armaturo sestavljenega prereza izračunamo s pomočjo tabel za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokotnih prečnih prerezov pri osno-upogibni obremenitvi. Račun prikazujemo v preglednici 17.

Preglednica 17: Račun vzdolžne armature v nosilcu kot delu medetažne konstrukcije po metodi končnih elementov

Prečni prerez	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Eds} [kNm]	k_d	k_s	$A_{s,n}$ [cm ²]
V polju	255,61	269,89	131,47	0,005	1,031	11,00
Ob podpori	-490,12	-137,79	553,50	0,164	1,121	18,79

5.2.2 Dimenzioniranje nosilca na poenostavljen način neodvisno od analize medetažne konstrukcije

5.2.2.1 Obtežba in obremenitev nosilca

Pri računu notranjih sil upoštevamo lastno težo nosilca in težo medetažne plošče na sodelujoči širini, koristno obtežbo plošče na sodelujoči širini, težo nosilne opečne stene nad nosilcem ter težo strešne plošče in obtežbo snega znotraj vplivnega območja.

$$g = 8,446 \cdot 2,25 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 25 = 22,75 \text{ kN/m}$$

$$q_p = 4 \cdot 2,25 = 9 \text{ kN/m}$$

$$g_s = 18,9 + 20,79 = 39,7 \text{ kN/m}$$

$$q_s = 0,68 \text{ kN/m}$$

Pri tem podatke za q_p in g_s dobimo iz preglednice 8 za nosilec številka 12.

Projektna obtežba nosilca 12 je:

$$q_{Ed} = (22,75 + 39,7) \cdot 1,35 + 9 \cdot 1,5 + 0,68 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 98,42 \text{ kN/m}$$

Pri računu projektnih obremenitev v nosilcu ob podporah upoštevamo polno vpetje nosilca v stene, obremenitve v polju pa izračunamo ob upoštevanju delne (50 %) vpetosti v stene (glej sliko 11). Prečni prerez nosilca smo prikazali že na sliki 10.

Projektna vrednost upogibnega momenta ob podpori je:

$$M_{Ed,rob} = \frac{1}{12} \cdot q_{Ed} \cdot l^2 = \frac{1}{12} \cdot 98,42 \cdot 7^2 = 401,88 \text{ kNm},$$

v polju pa:

$$M_{\text{Ed,p}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot q_{\text{Ed}} \cdot l^2 + \frac{1}{24} \cdot q_{\text{Ed}} \cdot l^2 \right),$$

$$M_{\text{Ed,p}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot 98,42 \cdot 7^2 + \frac{1}{24} \cdot 98,42 \cdot 7^2 \right) = 401,88 \text{ kNm}.$$

5.2.2.2 Račun vzdolžne armature

Vzdolžno armaturo v polju in ob podpori nosilca izračunamo s pomočjo tabel za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokotnih prečnih prerezov na osno-upogibno dimenzioniranje [1]. Rezultate računa prikazujemo v preglednici 18.

Preglednica 18: Potrebna vzdolžna armatura v nosilcu

Prečni prerez	M_{Eds} [kNm]	k_d	k_s	$A_{s,n}$ [cm ²]
V polju	401,88	0,016	1,031	14,66
Ob podpori	401,88	0,119	1,066	15,16

5.2.3 Vpliv izbranega računskega modela nosilca na potrebno količino vzdolžne armature

Rezultate izračunane armature v nosilcu primerjamo v polju, kjer bo armatura vgrajena spodaj, in na robu, kjer se armatura vgradi na vrh nosilca. Primerjavo potrebne količine armature v nosilcu po postopku, ko je nosilec del medetažne konstrukcije in med poenostavljenim postopkom, neodvisnim od analize medetažne konstrukcije, prikazujemo v preglednici 19.

Preglednica 19: Potrebna količina armature v nosilcu glede na izbran računski model

	Nosilec kot del medetažne konstrukcije $A_{s,n}$ [cm ²]	Nosilec analiziran ločeno $A_{s,n}$ [cm ²]
V polju	11,00	14,66
Ob podpori	18,79	15,16

Količina izračunane potrebne armature je po obeh računskih postopkih primerljiva. Po poenostavljenem postopku dobimo nekoliko več armature v polju, ob robu pa nekoliko manj, kjer so rezultati odvisni od predpostavljene vpetosti nosilca.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo analizirali in dimenzionirali armiranobetonsko medetažno ploščo med prvim in drugim nadstropjem v stavbi predvidene osnovne šole v Ajdovščini, ki bi morala biti zgrajena do leta 2015. Medetažne nosilne konstrukcije objekta so izvedene kot armiranobetonske polne plošče, debeline 22 cm. Vertikalno nosilno konstrukcijo predstavljajo armiranobetonske stene, stebri in nosilci. V predstavljeni analizi smo računski model za medetažno ploščo glede na prvotno arhitekturno zasnovo nekoliko poenostavili. Stenaste nosilce v drugem nadstropju, na katere se plošča opira, smo nadomestili z nosilci pod ploščo in jih togo povezali s ploščo. Nosilci so v celoti skriti v spušen strop, tako da ne vplivajo na videz prostorov pod ploščo. Težave bi lahko predstavljala le razna inštalacijska oprema, ki bi potekala pod ploščo in bi zahtevala preboje teh nosilcev. V analizi smo ugotovili, da omenjena sprememba pri načinu podpiranja plošče bistveno ne vpliva na obremenitve v plošči.

Potrebno količino vzdolžne armature v plošči smo izračunali s programom SAP2000 (Computers and Structures, Inc.). Dodatno pa smo potrebno količino armature za eno pozicijo plošče določili tudi s pomočjo tabel za dimenzioniranje armiranobetonskih prečnih prerezov na osno-upogibno obremenitev [1]. S primerjavo rezultatov smo ugotovili, da ni bistvenega odstopanja.

Osne in upogibne obremenitve v nosilcu pod ploščo, ki smo jih izračunali v okviru računskega modela plošče v programu SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) smo primerjali z obremenitvami, ki smo jih določili na poenostavljenem računskem modelu linijskega nosilca. Primerjali smo tudi potrebne količine vzdolžne armature v nosilcu. Ugotovili smo, da so ne glede na različna računška modela nosilca potrebne količine vzdolžne armature primerljive.

Program SAP2000 (Computers and Structures, Inc.) omogoča analizo najrazličnejših gradbenih konstrukcij, potrebno je le izdelati primeren računski model. Obravnavana medetažna konstrukcija spada med razmeroma enostavne konstrukcije, saj predstavlja le del nosilne konstrukcije objekta. Analiza in preverjanje nosilne konstrukcije celotnega objekta bi zahtevala veliko več dela in vloženega truda, predvsem pri izdelavi računskega modela ter pri interpretaciji dobljenih rezultatov.

VIRI

Beg, D. (ur.), Pogačnik, A. (ur.). 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po standardih Evrokod. Ljubljana, Inženirska Zbornica Slovenije: 1077 str.

[1] Rogač, R., Saje, F., Lozej, M. 1989. Priročnik za projektiranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 361 str.

Atelje za projektiranje in inženiring. 2011. Projektna dokumentacija. Osnovna šola Danilo Lokar. Ajdovščina, Arhikon d.o.o.: 21 str.

SIST EN 1991-1-1: 2004 – Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije.

SIST EN 1992-1-1: 2004 – Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij.

Študijsko gradivo Katedre za masivne in lesene konstrukcij. 2013.

<http://www.fgg.uni-lj.si/kmlk/KMLK-studijsko%20gradivo.htm>

(Pridobljeno 24. 6. 2013.)

Computers and Structures, Inc. SAP.

<https://wiki.csiamerica.com/display/sap2000/Home>

(Pridobljeno 11. 8. 2013.)