

# Statički proračun obiteljske kuće

---

**Barišić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:815746>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-24**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

Ivan Barišić

**Split, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

## **Statički proračun obiteljske kuće**

**Završni rad**

**Split, 2023.**



## Statički proračun obiteljske kuće

### *Sažetak:*

Ovaj projekt obuhvaća prikaz statičkog proračuna male obiteljske kuće. Kuća je izgrađena koristeći zidane konstrukcije s armirano betonskom međukatnom pločom, dok je krov konstruiran pomoću fert gredica. Projekta uključuje tehnički opis konstrukcije, kako opće tako i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata, te građevinske nacрте i armaturne planove.

### *Ključne riječi:*

Obiteljska kuća, statički proračun.

## Static calculation of family house

### *Abstract:*

This project encompasses presentation of the static calculation of a small family house. The building is constructed using masonry structures with a reinforced concrete intermediate floor slab, while the roof structure is created using precast joists. The project include a technical description of the structure, both general and specific technical requirements, a plan for quality control and assurance, calculations of load-bearing structural elements, as well as construction drawings and reinforcement plans.

### *Keywords:*

Family house, static calculation.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: **IVAN BARIŠIĆ**  
MATIČNI BROJ (JMBAG): **0083223506 (1907)**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **BETONSKE KONSTRUKCIJE 1**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: **Glavni projekt obiteljske kuće**

Opis zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt manje obiteljske kuće.

Projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračune
- građevinske nacрте

U Splitu, kolovoz 2023.

Voditelj Završnog rada: Dr. sc. Nikola Grgić

## SADRŽAJ:

### OPĆI DIO PROJEKTA

• Naslovne stranice.....	1-2
• Sažetak.....	3
• Zadatak.....	4
• Sadržaj.....	5

### TEHNIČKI DIO PROJEKTA

1. TEHNIČKI OPIS .....	7
1.1 Opis i konstrukcijski sustav građevine.....	7
1.2 Geotehnički izvještaj.....	7
2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI.....	8
2.1 Beton.....	8
2.2 Elementi za zidanje.....	9
3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE KONSTRUKCIJE.....	9
3.1 Općenito.....	9
3.2 Betonski, armiranobetonski i tesarski radovi.....	9
3.3 Zidarski radovi.....	13
3.4 Ostali radovi i materijali.....	14
4. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE.....	14
4.1 Oplate i skele.....	14
4.2 Transport i ugradnja betona.....	16
4.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama.....	16
4.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	17
4.5 Izvođenje zidanih zidova (ziđa).....	17
5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA.....	18
6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA.....	20
7. SPISAK ZAKONA I PRAVILNIKA KORIŠTEIH PRI IZRADI PROJEKTA.....	21
8. TLOCRTI KUĆE.....	23
9. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	25
9.1 Pozicija 100.....	25
9.2 Pozicija 200.....	26
9.3 Opterećenje vjetrom.....	27
9.4 Opterećenje snijegom.....	28
10. KONTROLA NAPREZANJA U TLU ISPOD TEMELJA.....	29
10.1 Reakcije.....	29
10.2 Kontrola stabilnosti temelja.....	30
11. PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE.....	32
11.1 Prikaz modela i rezultata.....	32
11.2 Dimenzioniranje na moment savijanja.....	33
11.3 Skica armature ploče- donja zona.....	34

11.4	Skica armature ploče- gornja zona.....	35
11.5	Iskaz armature.....	36
11.6	Kontrola progiba i pukotina.....	37
12.	PRORAČUN GREDE U MEĐUKATNOJ KONSTRUKCIJI.....	40
12.1	Analiza opterećenja.....	40
12.2	Prikaz dijagrama unutarnjih sila.....	41
12.3	Dimenzioniranje na moment savijanja.....	42
12.4	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	43
12.5	Kontrola progiba i pukotina.....	45
13.	HORIZONTALNI I VERTIKALNI SERKLAŽI.....	48
13.1	Detalji vertikalnih serklaža.....	49
13.2	Detalji horizontalnih serklaža poz 100.....	50
13.3	Detalji horizontalnih serklaža poz 200.....	51
14.	PRORAČUN KROVA.....	52
14.1	Analiza opterećenja.....	52
14.2	Fert gredice.....	53
14.2.1	Proračun gredica.....	53
14.2.2	Prikaz modela i iskaz gredica.....	55
14.2.3	Detalji izvedbe fert stropa.....	56
14.3	Krovna greda.....	57
14.3.1	Proračun grede ispod sljemena.....	57
14.3.2	Prikaz dijagrama unutarnjih sila.....	58
14.3.3	Dimenzioniranje na moment savijanja.....	59
14.3.4	Dimenzioniranje na poprečnu silu.....	60
14.3.5	Kontrola progiba i pukotina.....	62
15.	GLOBALNA KONTROLA ZIDANIH ZIDOVA.....	66
16.	ZAKLJUČAK.....	68
17.	LITERATURA.....	69

# 1 TEHNIČKI OPIS

## 1.1 Opis i konstrukcijski sustav građevine

Predmetna građevina je stambene namjene, a sastoji se od prizemlja i kata. Glavni nosivi konstrukcijski sustav građevine je omeđena zidana konstrukcija, izrađena od opekarskih blokova, koja je omeđena vertikalnim i horizontalnim serklažima. Stropna međukatna konstrukcija prizemlja izrađena je kao puna AB ploča, lijevana na licu mjesta debljine  $d=16$  cm. Stubišta su izvedena od čelične konstrukcije i drvenih gazišta s ogradom od kovanog željeza (u ovom projektu nema proračuna nosivosti stubišta). Krovna konstrukcija je izrađena od polumontažnog sustava (fert strop) koji se sastoji od gredica i ispuna od šupljih opeka te je preko lijevana armirano betonska ploča debljine 4 cm.

Vertikalna nosiva konstrukcija građevine su unutarnji i vanjski (sa vanjske strane termički izolirani), zidovi debljine 25 cm, ojačani vertikalnim serklažima. Temeljenje je predviđeno na trakastim armirano-betonskim temeljima ispod nosivih zidova širine 55 cm.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno.

Građevina se nalazi u području za koje se, uz povratni period od 475 godina, očekuje potres sa ubrzanjem tla  $a_g = 0.2g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom omeđenih zidanih zidova, sukladno EC-6 i EC-8.

Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37. Predviđena armatura je B 500. Skidanje podupora za ploče može se izvršiti nakon što beton postigne min. 80% čvrstoće. Za temelje se može upotrijebiti beton niže klase (C 25/30).

Svi računalni proračuni su izvršeni programskim paketom: "Scia Engineer". Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja.

U nastavku projekta biti će prikazani presjek i tlocrti građevine sa nosivim elementima.

## 1.2 Geotehnički izvještaj

Teren na predmetnoj lokaciji je izrazito krševit s djelomičnim oblikovanjem. Teren izgrađuju naslage gornje krede (matična stijena – K21,2) koja je uglavnom pokrivena slojem gline crvenice, s učešćem ulomaka manjih blokova i stijenskog kršja vapnenca (Q).

Naslage gornje krede sastavljene su od vapnenaca svjetlo sive do bijele boje, uglavnom slojeviti, mjestimično gromadasti. Do dubine od oko 1.00 m vapnenici su jako do ekstremno okršeni i razlomljeni, mjestimično zdrobljeni uz pukotine koje su nerijetko ispunjene crvenicom i kršljem. Ispod te dubine matična stijena je manje razlomljena i okršena.

U hidrogeološkom smislu, razlomljene i okršene naslage vapnenaca imaju pukotinsku i moguću kavernožnu poroznost, te se oborinske vode relativno brzo procjeđuju u podzemlje. Do dubine bušenja nije registrirana podzemna voda.

Budući da se matična stijena nalazi na oko 0.30 m od površine terena temeljenje građevine izvest će se na njoj.



Nakon iskopa potrebno je temeljnu plohu ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala, kao i eventualnu glinovitu ispunu iz pukotina. Po obavljenom čišćenju temeljne plohe potrebno je neravnine i udubine (škrape) popuniti i izravnati podložnim betonom C 16/20 (MB-20) do projektirane kote temeljenja.

Ukoliko se naiđe na kavernu (pukotinu), veće udubine i relativno manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje gline crvenice, sanaciju izvesti tako da se glina očisti do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektiranje kote temeljenja "plombira" – zapuni podbetonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0.50 MPa.

## 2 KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

### 2.1 Beton

Za izgradnju građevine koristit će se beton zadanog sastava ili projektiranog sastava, razreda tlačne čvrstoće normalnog betona C 30/37, a sve prema "Tehničkim propisima za betonske konstrukcije" ("TPBK" N.N. 139/09, 14/10, 125/10). Sustav potvrđivanja sukladnosti betona je 2+. Tehnički uvjeti za projektirana svojstva svježeg betona dani su u tablici.

NAMJENA		Temelji	Podna ploča	Ploče, Serklaži i Tlačna ploča FERT stropa
<b>TRAŽENA SVOJSTVA SVJEŽEG BETONA</b>				
Razred čvrstoće normalnog betona		C 25/30	C 30/37	C 30/37
Klasa izloženosti		XC2	XC1	XC2
Minimalna količina cementa	(kg/m <sup>3</sup> )	280	340	340
Maksimalni vodocementni faktor	(v/c)	0.6	0.47	0.43
Uz dodatak superplastifikatora		DA	DA	DA
Razred slijeganja (slump)		S4	S3 ili S4	S3 ili S4
Maksimalno zrno agregata	(mm)	32	32	32
Minimalni zaštitni sloj	(mm)	25	35	25
Razred sadržaja klorida		Cl 0,20	Cl 0,10	Cl 0,10
Minimalno vrijeme obradivosti	(min)	90	90	90
Maksimalna temperatura svježeg betona	(+ °C)	5 - 30	5 - 30	5 - 30

Za izradu konstruktivnog betona smiju se koristiti samo CEM I ili CEM II/A-S. Zbog opasnosti od korozije armature ne smiju se upotrebljavati betoni koji sadrže cimente tipa CEM II/C, CEM IV i CEM V, prema normi HRN EN 197-1.

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se pri proizvodnji dodaju moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema priložima C, D, E i F Tehničkih propisa za betonske konstrukcije (TPBK).

Za izvedbu konstruktivnih dijelova građevine smiju se upotrijebiti samo oni sastavi betona za koje je dokazano da ispunjavaju gore navedene tehničke uvjete.

## 2.2 Elementi za zidanje

### a) Blokovi za zidanje

Za zidanje su predviđeni opekarski blokovi d=25 cm (nosivi zidovi) te blokovi d=10 cm (pregradni zidovi). Ovi blokovi moraju biti u skladu s normom EN 771-1, i biti 1. razreda (ovisno o kontroli proizvodnje) – tamo gdje je proizvođač sporazuman isporučivati zidne elemente određene tlačne čvrstoće a ima program kontrole kvalitete s rezultatima koji pokazuju da srednja tlačna čvrstoća pošiljke uzorkovana i ispitana prema odgovarajućoj normi ima vjerojatnost podbačaja određene tlačne čvrstoće manju od 5%. Razred izvedbe može biti A ili B. Prema udjelu šupljina blokovi mogu biti grupe 2a ili 2b.

### b) Mort za zidanje

Za zidanje je predviđen produžni mort čvrstoće M5, opće namjene. Mort mora biti u skladu s normom EN 998-2.

## 3 PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE KONSTRUKCIJE

### 3.1 Općenito

Izvoditelj je odgovoran za kvaliteta izvođenja radova i za uredno poslovanje.

Izvoditelj ne smije odstupati od projekta bez pismenog odobrenja nadzornog inženjera. Investitora, a uz prethodnu suglasnost projektanta. Sve izmjene se moraju unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik.

Kvaliteta korištenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda, kao i kvaliteta izvedenih radova mora odgovarati prethodno navedenim uvjetima propisanim važećim propisima, standardima, uvjetima iz tehničke dokumentacije, te uvjetima iz Ugovora.

Ukoliko izvoditelj ugrađuje materijal koji nije standardiziran, za isti je dužan pribaviti odgovarajuće dokaze o kakvoći i priložiti ih u pismenoj formi.

Pri izvođenju građevine, izvoditelj se dužan pridržavati navedenih propisa kao i svih ostalih Pravilnika, Tehničkih normativa, posebnih uvjeta za izradu, ugradnju i obradu pojedinih elemenata građevine, kao i standarda propisanih za izvođenje radova na građevini (temeljenje, betonski radovi, skele i oplata, armatura, čelik za armiranje, kontrola kvalitete betona i čelika, zidanje zidova, završni radovi), kako bi osigurao da izvedena građevina odgovara projektu, te svim propisima i standardima RH.

### 3.2 Betonski, armiranobetonski i tesarski radovi

#### (i) Beton

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta.

Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona (kojeg je dužan izraditi Izvođač), a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 139/09, 14/10, 125/10), te svim pratećim normativima.

karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije.

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrsnulog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora.

Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

(ii) Betonski čelik

Betonski čelici trebaju udovoljavati zahtjevima važećih propisa.

Za čelik za armiranje primjenjuju se norme nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999), nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999), nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999), nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999), nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999), nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodataka A norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B500 u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

(iii) Prekidi betoniranja

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

(iv) Oplata

Za izvedbu svih betonskih i armiranobetonskih elemenata potrebno je pravovremeno izraditi, postaviti i učvrstiti odgovarajuću drvenu, metalnu ili sličnu oplatu. Oplata mora odgovarati mjerama građevinskih nacrtā, detalja i planova oplata. Podupiranjem i razupiranjem oplata mora se osigurati njena stabilnost i nedeformabilnost pod teretom ugrađene mješavine. Unutarnje površine moraju biti ravne i glatke, bilo da su vertikalne, horizontalne ili kose. Postavljena oplata mora se lako i jednostavno rastaviti, bez udaranja i upotrebe pomoćnih alata i sredstava čime bi se "mlada" konstrukcija izložila štetnim vibracijama. Ako se nakon skidanja oplata ustanovi da izvedena konstrukcija dimenzijama i oblikom ne odgovara projektu Izvođač je obavezan istu srušiti i ponovo izvesti prema projektu. Prije ugradnje svježe mješavine betona u oplatu istu, ako je drvena, potrebno je dobro navlažiti, a ako je metalna mora se premazati odgovarajućim premazom. Izvođač ne može započeti betoniranje dok Nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri.

(v) Primijenjeni standardi

Standardi za beton – osnovni

HRN EN 206-1:2002 Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)

HRN EN 206-1/A1:2004 Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)

nHRN EN 206-1/A2 Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/prA2:2004)

Standardi za beton – ostali

HRN EN 12350-1 Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje

HRN EN 12350-2 Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem

HRN EN 12350-3 Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje

HRN EN 12350-4 Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti

HRN EN 12350-5 Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem

HRN EN 12350-6 Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća

HRN EN 12350-7 Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode

HRN EN 12390-1 Ispitivanje očvrstnalog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe

HRN EN 12390-2 Ispitivanje očvrstnalog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće

HRN EN 12390-3 Ispitivanje očvrstnalog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka

HRN EN 12390-6 Ispitivanje očvrstnalog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka

HRN EN 12390-7 Ispitivanje očvrstnalog betona – 7. dio: Gustoća očvrstnalog betona

HRN EN 12390-8 Ispitivanje očvrtnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom  
prCEN/TS 12390-9 Ispitivanje očvrtnulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem  
ISO 2859-1 Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim  
nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine  
ISO 3951 Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti  
HRN U.M1.057 Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton  
HRN U.M1.016 Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza  
HRN EN 480-11 Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio:  
Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrtnulom betonu  
HRN EN12504-1 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i  
ispitivanje tlačne čvrstoće  
HRN EN 12504-2 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje  
veličine odskoka  
HRN EN 12504-3 Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja  
HRN EN 12504-4 Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka  
prEN 13791:2003 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim  
elementima

#### Standardi za čelik za armiranje – osnovni

nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1.dio: Opći zahtjevi  
(prEN 10080-1:1999)  
nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti  
isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)  
nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti  
isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)  
nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti  
isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)  
nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti  
isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)  
nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti  
isporuke zavarenih rešetki za grede (prEN 10080-6:1999)

#### Standardi za čelik za armiranje – ostali

HRN EN 10020 Definicije i razredba vrsta čelika  
HRN EN 10025 Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti  
isporuke  
HRN EN 10027-1 Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli  
HRN EN 10027-2 Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav  
EN 10079 Definicije čeličnih proizvoda  
HRN EN 10204 Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)  
prEN ISO 17660 Zavarivanje čelika za armiranje  
HRN EN 287-1 Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici  
HRN EN 719 Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti  
HRN EN 729-3 Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio:  
Standardni zahtjevi za kakvoću  
HRN EN ISO 4063 Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi  
HRN EN ISO 377 Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za  
mehanička ispitivanja  
HRN EN 10002-1 Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj  
temperaturi)

HRN EN ISO 15630-1 Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio:  
Armaturne šipke i žice  
HRN EN ISO 15630-2 Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio:  
Zavarene mreže

### Ostali standardi

ENV 1992-1-1 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade  
ENV 1992-1-2 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo.

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta.

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima. Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

### 3.3 Zidarski radovi

Zidni element proizveden prema tehničkoj specifikaciji za kojeg je sukladnost potvrđena na način određen prema Tehničkom propisu za zidane konstrukcije (NN. 01/07) i izdana isprava o sukladnosti, smije se ugraditi u zide ako ispunjava zahtjeve iz projekta. Prije ugradnje predgotovljenog zidnog elementa provode se odgovarajuće nadzorne radnje određene Prilogom »J« Tehničkog propisa za zidane konstrukcije (NN. 01/07).

Proizvođač i distributer zidnih elemenata, te izvođač radova, dužni su poduzeti odgovarajuće mjere u cilju održavanja svojstava zidnih elemenata tijekom rukovanja, prijevoza, pretovara i skladištenja i ugradnje prema tehničkim uputama proizvođača.

#### Norme za zidne elemente

HRN EN 771-1:2005 Specifikacije za zidne elemente – 1. dio: Opečni zidni elementi (EN 771-1:2003+A1:2005)

HRN EN 771-2:2005 Specifikacije za zidne elemente – 2. dio: Vapnenosilikatni zidni elementi (EN 771-2:2003+A1:2005)

HRN EN 771-3:2005 Specifikacije za zidne elemente – 3. dio: Betonski zidni elementi (gusti i lagani agregat) (EN 771-3:2003+A1:2005)

HRN EN 771-4:2004 Specifikacije za zidne elemente – 4. dio: Zidni elementi od porastoga betona (EN 771-4:2003)

HRN EN 771-4/A1:2005 Specifikacije za zidne elemente – 4. dio: Zidni elementi od porastoga betona (EN 771-4:2003/A1:2005)

HRN EN 771-5:2005 Specifikacije za zidne elemente – 5. dio: Zidni elementi od umjetnoga kamena (EN 771-5:2003+A1:2005)

HRN EN 771-6:2006 Specifikacije za zidne elemente – 6. dio: Zidni elementi od prirodnoga kamena (EN 771-6:2005)

HRN EN 771-6:2006 Gipsani blokovi – Definicije, zahtjevi i ispitne metode (EN 12859:2001)

Kontrola morta za zidanje, prije ugradnje u zidanu konstrukciju i naknadno ispitivanje u slučaju sumnje provode se na gradilištu prema normama navedenim u točki C.6.1. Tehničkog propisa za zidane konstrukcije (NN. 01/07) i normama na koje taj propis upućuje.

#### Norme za mort

HRN EN 998-2:2003 Specifikacije morta za ziđe – 2. dio: Mort za ziđe (EN 998-2:2003)

HRN CEN/TR 15225:2006 Smjernice za tvorničku kontrolu proizvodnje za označavanje oznakom CE (potvrđivanje sukladnosti 2+) za projektirane mortove (CEN/TR 15225:2005)

HRN EN 13501-1:2002 Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru – 1. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar (EN 13501-1:2002)

### 3.4 Ostali radovi i materijali

Svi ostali materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost Projektanta i Investitora.

## 4 POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE

### 4.1 Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće.

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja.

Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno.

Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

Nadvišenja oplata dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja.

Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka.

Ukoliko se za učvršćenje oplata rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplata ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet.

Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran.

Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplata mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe.

Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature.

Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prijanjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće.

Oplata se mora skidati prema određenom redosljedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata.

Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena trščanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica.

Skele moraju biti izrađene prema pravilima struke i propisima Pravilnika o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama u građevinarstvu.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.



## 4.2 Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera.

Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu.

Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama).

Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona.

U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja.

Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton.

Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama.

Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj.

Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona.

Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem.

Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom ukliješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

## 4.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja. Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere:

- krupne frakcije agregata hladiti raspršivanjem vode po površini deponije, što se ne preporuča s frakcijama do 8 mm, zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona,
- deponije pijeska zaštititi nadstrešnicama,
- silose za cement, rezervoare, miješalicu, cijevi itd. zaštititi od sunca bojenjem u bijelo.

Ukoliko ovi postupci hlađenja nisu dostatni, daljnje sniženje temperature može se postići hlađenjem vode u posebnim postrojenjima (coolerima).

Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro).

Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti.

Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redoslijed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim.

U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja.

Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena.

Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem.

Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom.

Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.

#### **4.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama**

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje.

Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona.

Pri ugradnji svježi beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C.

Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C.

Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata.

Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza.

Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

#### **4.5 Izvođenje zidanih zidova (ziđa)**

Zidni elementi na gradilištu moraju biti složeni po vrstama i razredima i osigurani od djelovanja atmosferilija (kiše, snijega, leda). Zidni elementi ne smiju se postavljati na stropne konstrukcije ako imaju ukupnu masu kojom bi se izazvale trajne deformacije na konstrukciji.

Mort mora biti transportiran do gradilišta i skladišten na način da je zaštićen od utjecaja vlage i drugih štetnih utjecaja na specificirana tehnička svojstva. Mort mora biti složen po vrstama i razredima.

Mort i veziva ne smiju se, bez prethodnih kontrolnih ispitivanja, ugrađivati odnosno primjenjivati nakon provedena 3 mjeseca na gradilištu. Mort se mora miješati strojno i ne smije se ugrađivati ukoliko je započeo proces stvrdnjavanja.

Prije zidanja ziđa mora se provesti sljedeće:

- pregled svake otpremnice i oznaka na zidnim elementima, mortu i drugim građevnim proizvodima, koji se koriste,
- vizualnu kontrolu zidnih elemenata, vreća morta i ambalaže ostalih građevnih proizvoda da se utvrde moguća oštećenja,
- utvrđivanje razreda kontrole proizvodnje zidnih elemenata (I ili II).

Kontrolu provodi izvođač.

Kontrolu razreda izvedbe ziđa (A, B, C) provodi nadzorni inženjer i utvrđuje da postoji osposobljenost izvođača za provedbu projektom propisanog razreda izvedbe.

Pri izvedbi ziđa zidane konstrukcije zidni elementi povezuju se mortom uz potpuno ispunjavanje horizontalnih i vertikalnih sljubnica.

Pri zidanju ziđa zidni elementi zida trebaju se preklapati za pola duljine zidnog elementa, mjereno u smjeru zida, a iznimno za 0,4 visine zidnog elementa, ali ne manje od 4,5 cm.

Horizontalni serklaži u razini stropne konstrukcije betoniraju se zajedno s izvedbom stropne konstrukcije.

Vertikalni serklaži pojedine etaže betoniraju se nakon izvedbe ziđa te etaže pri čemu se mora osigurati veza zid – serklaž, bilo načinom gradnje (istacima zidnih elemenata svakog drugog reda za najmanje 0,4 visine zidnog elementa, ali ne manje od 4,5 cm), ili mehaničkim spojnim sredstvima u skladu s projektom zidane konstrukcije.

Temperatura svježeg morta ne smije biti niža od +5°C, niti viša od +35°C.

Kada je srednja dnevna temperatura zraka manja od +50°C ili viša od +35°C, zidanje ziđa treba izvoditi pod posebnim uvjetima.

Dokazivanje uporabljivosti ziđa i potvrđivanje sukladnosti provodi se, ovisno o razredu izvedbe ziđa, sukladno odredbama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije (01/07).

Ako se naknadno dokaže da nisu ostvarene sve pretpostavke iz projekta u svezi s razredom kontrole proizvodnje zidnih elemenata i razredom izvedbe ziđa potrebno je provesti ispitivanje ziđain situ od strane ovlaštene pravne osobe.

## **5 NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA**

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propis iz tog područja je: Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike: Pravilnik o vrstama otpada, Pravilnik o postupanju s otpadom...

Prema navedenom zakonu građevni otpad spada u inertni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstavati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade.

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko-fizikalna obrada,
- biološka obrada,
- termička obrada,
- kondicioniranje otpada i
- odlaganje otpada.

Kemijsko-fizikalna obrada otpada je obrada kemijsko-fizikalnim metodama s ciljem mijenjanja njegovih kemijskofizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: neutralizacija, taloženje, ekstrakcija, redukcija, oksidacija, dezinfekcija, centrifugiranje, filtracija, sedimentacija, rezervna osmoza.

Biološka obrada je obrada biološkim metodama s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: aerobna i anaerobna razgradnja.

Termička obrada je obrada termičkim postupkom. Provodi se s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: spaljivanje, piroliza, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, taljenje, zataljivanje u staklo.

Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, oprашivanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari koje sadrži otpad.

S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom.

Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

- drvo,
- plastiku,
- asfalt koji sadrži katran, i
- katran i proizvodi koji sadrže katran.

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

- građevinski materijali na bazi azbesta,
- asfalt koji sadrži katran,
- asfalt (bez katrana),
- katran i proizvodi koji sadrže katran,
- izolacijski materijal koji sadrži azbest,
- miješani građevni otpad i otpad od rušenja.

Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: ostaci betona i armature, građevinski materijali na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, mjed, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## 6 UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA

Predmetna građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja.

Ipak, relativna blizina agresivne sredine (mora) zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevina. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete.

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama Priloga J.3. Održavanje betonskih konstrukcija, Tehničkog propisa za betonske konstrukcije (N.N. 139/09, 14/10, 125/10) i normama na koje upućuje Prilog J.3., te odgovarajućom primjenom odredaba ostalih priloga Tehničkog propisa za betonske konstrukcije (N.N. 139/09, 14/10, 125/10).

Redoviti pregled predmetne građevine, od strane kvalificiranih osoba, a u svrhu održavanja konstrukcije za predmetnu građevinu treba provoditi najmanje svakih 5 godina (zgrade javne namjene). Izvanredne preglede građevine provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, požar, eksplozija i slično) ili prema zahtjevu inspekcije.

Osim ovih pregleda preporučuje se da korisnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom.

Način obavljanja pregleda uključuje:

- vizualni pregled, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,
- utvrđivanje stanja drvenih konstrukcija (trulež, ugroženost kukcima i sl.)
- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije. Ovu i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine.

Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba (zanatlija) na licu mjesta, a kod većih zahvata vlasnik (ili korisnici) građevine dužni su postupiti prema potrebnim zahtjevima i mjerama iz dokumentacije o stanju konstrukcije te izvesti neophodne radove održavanja, obnove i izmjene uređaja i dijelova te radove popravka, ojačanja i rekonstrukcije.

Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama.

Norme za ispitivanje i održavanje građevina :

HRN ENV 13269 Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju

HRN EN 13306 Nazivlje u održavanju

HRN ENV 13670-1:2002 Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)

HRN U.M1.047:1987 Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma

HRN EN 4866:1999 Mehaničke vibracije i udari – Vibracije građevina – Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine (ISO 4866:1990+Dopuna 1:1994+Dopuna 2:1996)

prEN 13791:2003 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima  
HRN ISO 15686-1:2002 Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)  
HRN ISO 15686-2:2002 Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)  
HRN ISO 15686-3:2004 Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)  
HRN 12504-1:2000 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)  
HRN 12504-2:2001 Svojstva betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)  
nHRN EN 12504-3 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)  
HRN EN 12504-4:2004 Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog impulsa (EN 12504-4:2004)  
HRN EN 12390-1:2001 Ispitivanje očvrsloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)  
HRN EN 12390-3:2002 Ispitivanje očvrsloga betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća ispitnih uzoraka (EN 12390-3:2001)

Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilna izvedba te pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## **7 SPISAK ZAKONA I PRAVILNIKA KORIŠTENIH PRI IZRADI PROJEKTA**

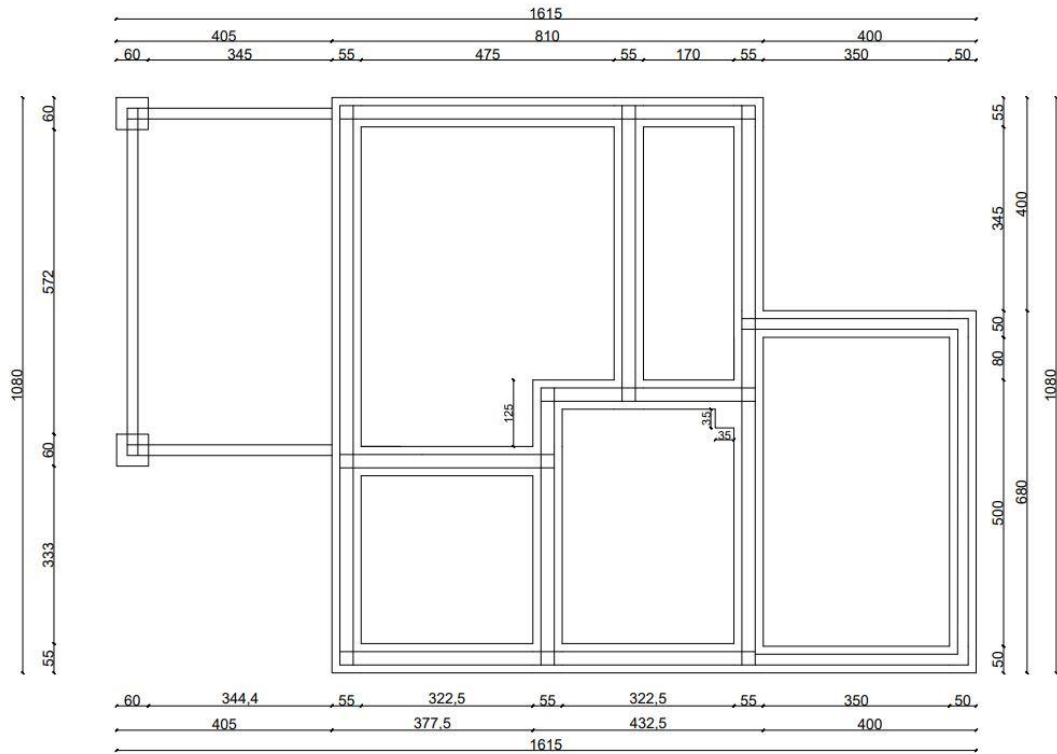
Ovaj projekt je izrađen u skladu sa slijedećim zakonima i propisima:

- Zakon o gradnji (NN 153/13, )
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN17/17)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14)
  
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, 78/15)
- Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)
- Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13)
- Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13)
- Zakon o komunalnom gospodarstvu (NN 36/95, 70/97, 128/99, 57/00, 129/00, 59/01, 26/03, 82/04, 110/04, 178/04, 38/09, 79/09, 153/09, 49/11, 84/11, 90/11, 144/12, 94/13, 153/13, 147/14, 36/15)
- Zakon o normizaciji (NN 80/13) – Zakon o mjeriteljstvu (NN 74/14)
  
- Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu (NN 59/96, 114/03)
- Pravilnik o vrstama otpada (NN 27/96)
- Pravilnik o katastru emisija u okoliš (NN 36/96)
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)

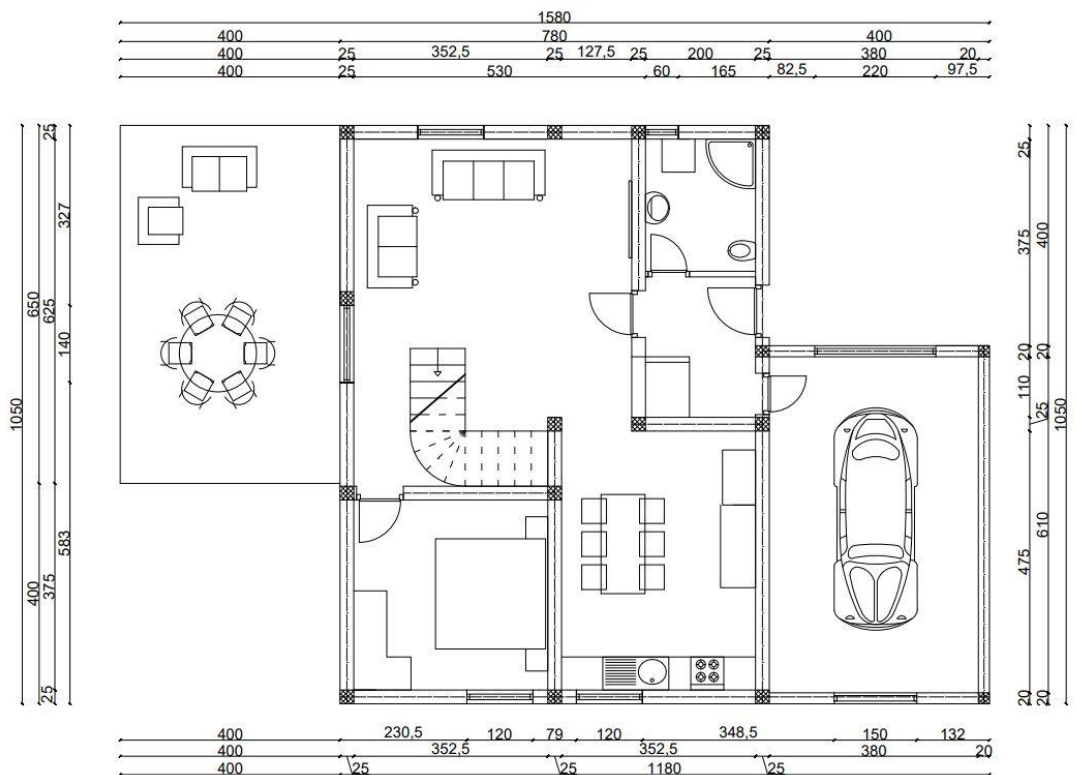
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 37/90)
- Pravilnik o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore (NN 6/84, 42/05, 113/06)

# 8. TLOCRTI KUĆE

## TLOCRT TEMELJA

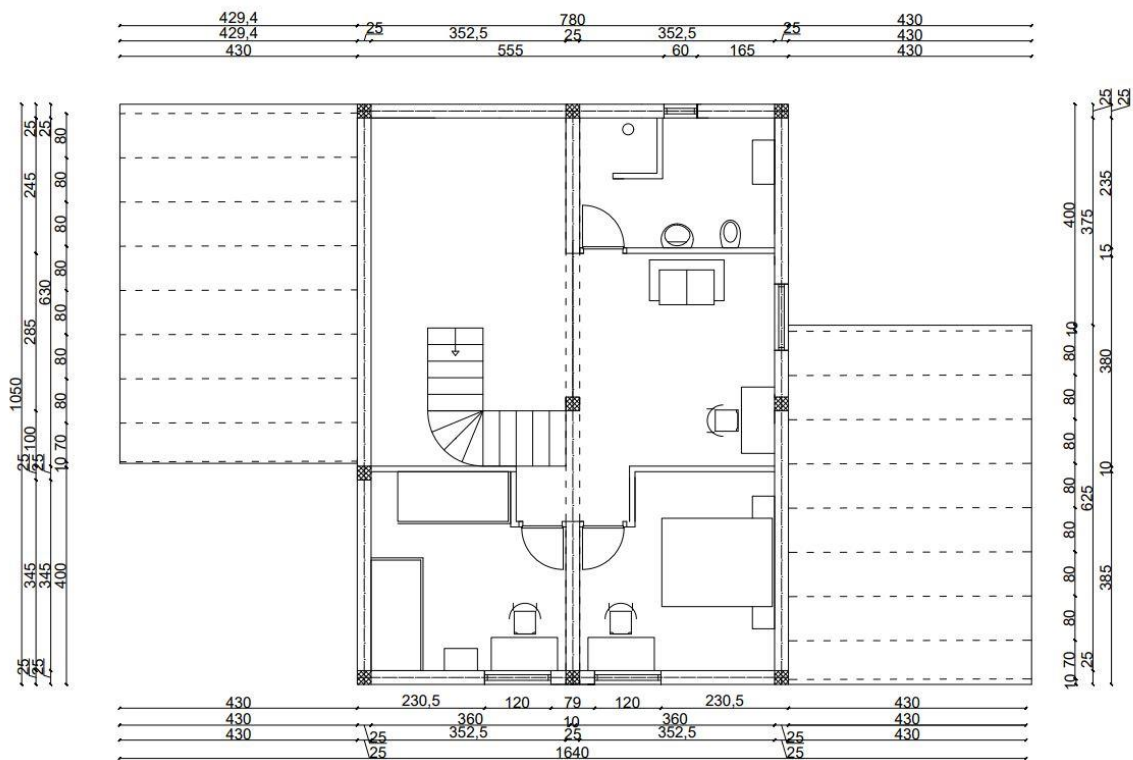


## TLOCRT PRIZEMLJA





TLOCRT PRVOG KATA

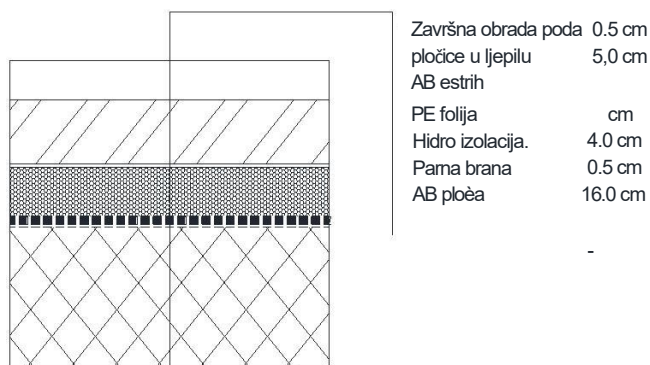


## 9 ANALIZA OPTEREĆENJA

### 9.1 Pozicije 100 – Etaže

#### a) stalno opterećenje

debljina ploče:  $d_{pl} = L_{kračići} / 35 = 475 / 35 = 13.57$  cm  
 odabrano  $d_{pl} = 16$  cm



#### Opterećenje na ploči

	d(m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	d x γ
Pregrade			1.00
Završna obrada poda - pločice	0,005	23.54	0.12
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Toplinska izolacija	0.04	5.0	0.20
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10
AB ploča	0.16	25.0	4.0

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{100} = 6.67$  kN/m<sup>2</sup>

#### Opterećenje na terasi

	d(m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	d x γ
Završna obrada poda	0.005	23.54	0.12
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10
AB ploča	0.16	25.0	4.0

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{100} = 5.47$  kN/m<sup>2</sup>

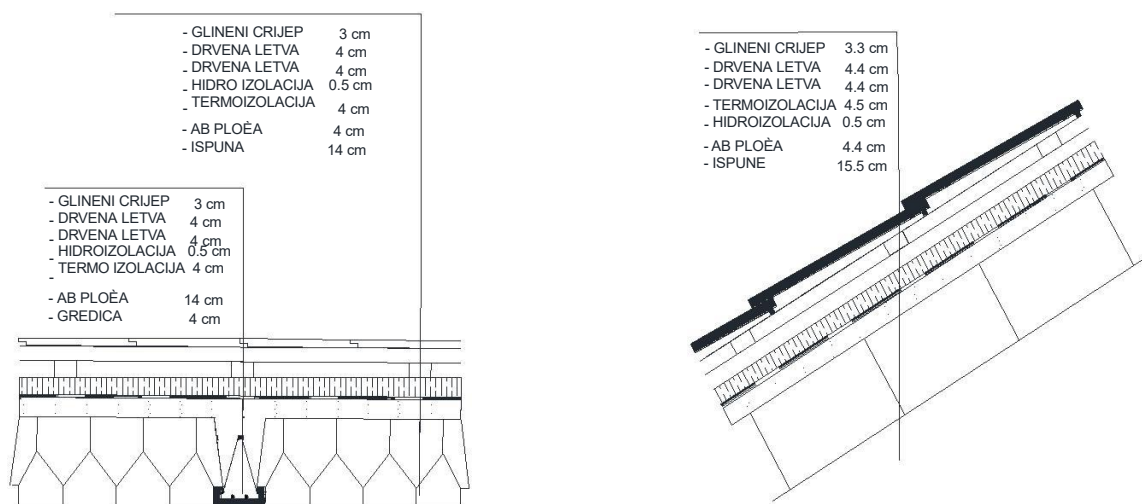
#### b) pokretno opterećenje

Pokretno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

$q_{100} = 2.0$  kN/m<sup>2</sup>

## 9.2 Pozicije 200 - Krov

### a) stalno opterećenje



	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d x $\gamma$
Glineni crijep + drvene letve			0.6
Termoizolacija	0.045	5.0	0.23
Hidroizolacija	0,0055	20,0	0,11
FERT ploča (strop)	0.1986	15.6	3.1

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{200} = 4.04 \text{ kN/m}^2$

### b) pokretno opterećenje

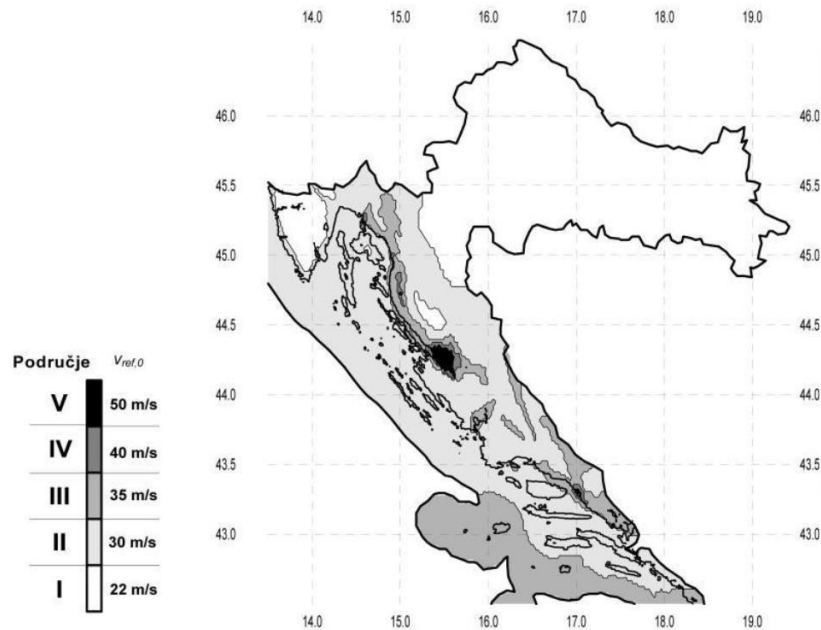
Za pokretno opterećenje uzima se opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za kose krovove, u područjima gdje je snijeg rijedak prikazano je kasnije. Za pokretno opterećenje kosih krovova može uzeti zamjenjujuća vrijednost:

$q_{200} = s + w = 1.00 \text{ kN/m}^2$

### 9.3 Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom određeno je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i Europskoj normi EN 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećenje vjetrom, te Nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj .

Građevina je na poziciji gdje je uglavnom zaštićena od djelovanja vjetra. Prema navedenim normama, predmetna lokacija je smještena u III područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra:



$$v_{b,0} = 35.0 \text{ m/s}$$

$$C_{dir} = 1.0$$

$$C_{tem} = 1.0$$

$$C_{alt} = 1.0 + 0.0001 \cdot a_s \quad ; \quad a_s = 0 \text{ m n.m.} \quad ; \quad C_{alt} = 1.0$$

$$v_{ref} = C_{dir} \cdot C_{tem} \cdot C_{alt} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 35.0 = 35.0 \text{ m/s}$$

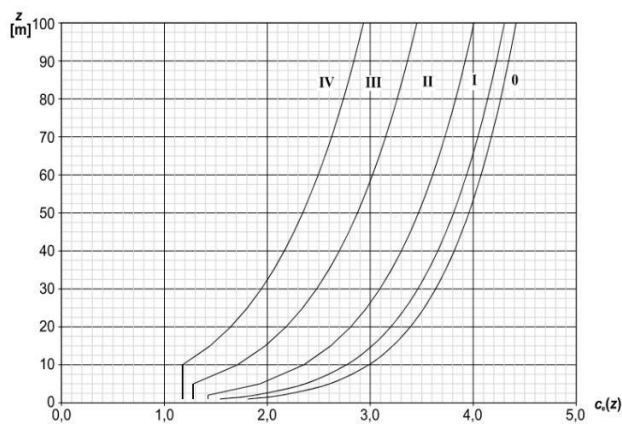
Koeficijent položaja  $c_e(z)$  za ktg. terena III i prosječnu visinu do 10 m iznad terena:

$$c_e(z) \approx 1.2$$

Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3 \approx 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$q_p(z) = 1.2 \cdot (1.25/2) \cdot 35.0^2 = 918.75 \text{ N/m}^2 = 0.92 \text{ kN/m}^2$$



## 9.4 Opterećenje Snijegom

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	



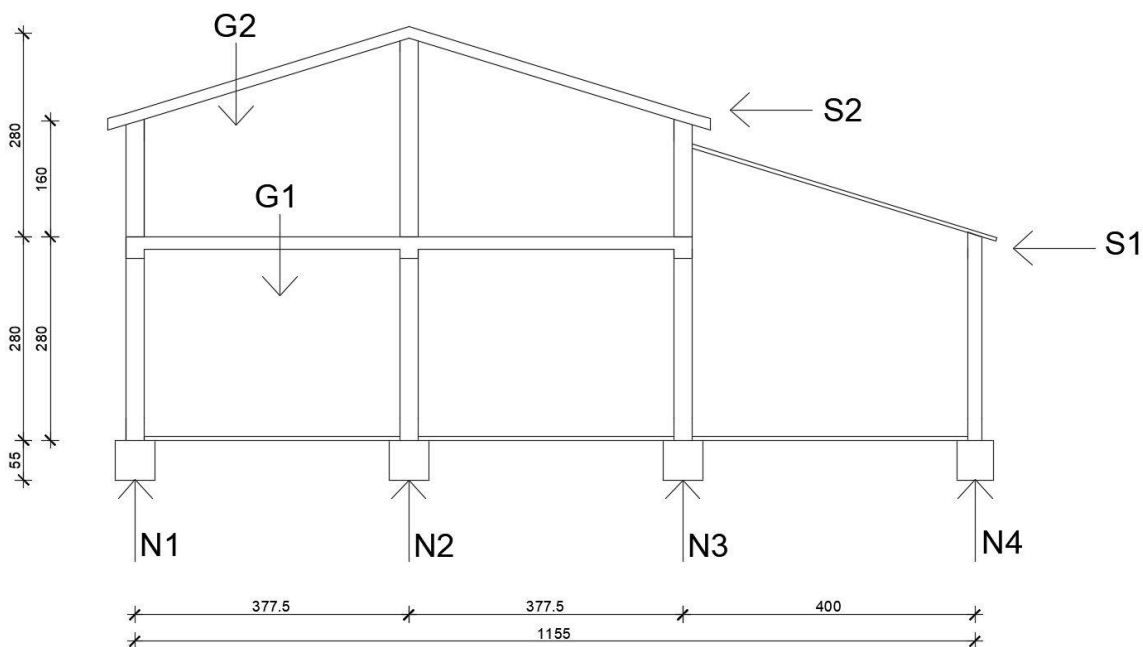
Predmetni objekti se nalazi u Splitu. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području republike Hrvatske (K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, B. Andrić, I. Džeba, D. Dujmović - Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom, Građevinar, 6, 59, 2001.), te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično

opterećenje snijegom je  $s_k = 0,14$  kN/m<sup>2</sup> (Zona III).

Opterećenje snijegom se razmatra u kombinaciji s vjetrom, kako je to ranije prikazano.

## 10 KONTROLA NAPREZANJA U TLU ISPOD TEMELJA

### 10.1 Reakcije



Građevina se nalazi u području za koje se, uz povratni period od 475 godina, očekuje potres sa ubrzanjem tla  $a_g = 0.2g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom omeđenih zidanih zidova, sukladno EC-6 i EC-8. Ispod temelja građevine nalazi se stjenovito tlo pa slijedi da je temeljno tlo klase A :

$$\alpha = a_g / g = 0.2$$

Sila težine etaža objekta:

$$w = d_z \times 20 = 0.25 \times 20 = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$G1 = w \cdot n \cdot h1 + b \cdot g + b \cdot q = 5 \cdot 4 \cdot 2.80 + 7.80 \cdot 6.67 + 7.80 \cdot 2.0 = 123.63 \text{ kN}$$

$$G2 = w \cdot n \cdot h2 + b \cdot g_k + b \cdot q_k = 5 \cdot 4 \cdot 2.20 + 7.80 \cdot 4.04 + 7.80 \cdot 1.0 = 83.31 \text{ kN}$$

$$G_{uk} = G1 + G2 = 123.63 + 83.31 = 206.94 \text{ kN}$$

$$S = \frac{a_g}{g} \cdot G_{uk} = 0.2 \cdot 206.94 = 41.39 \text{ kN}$$

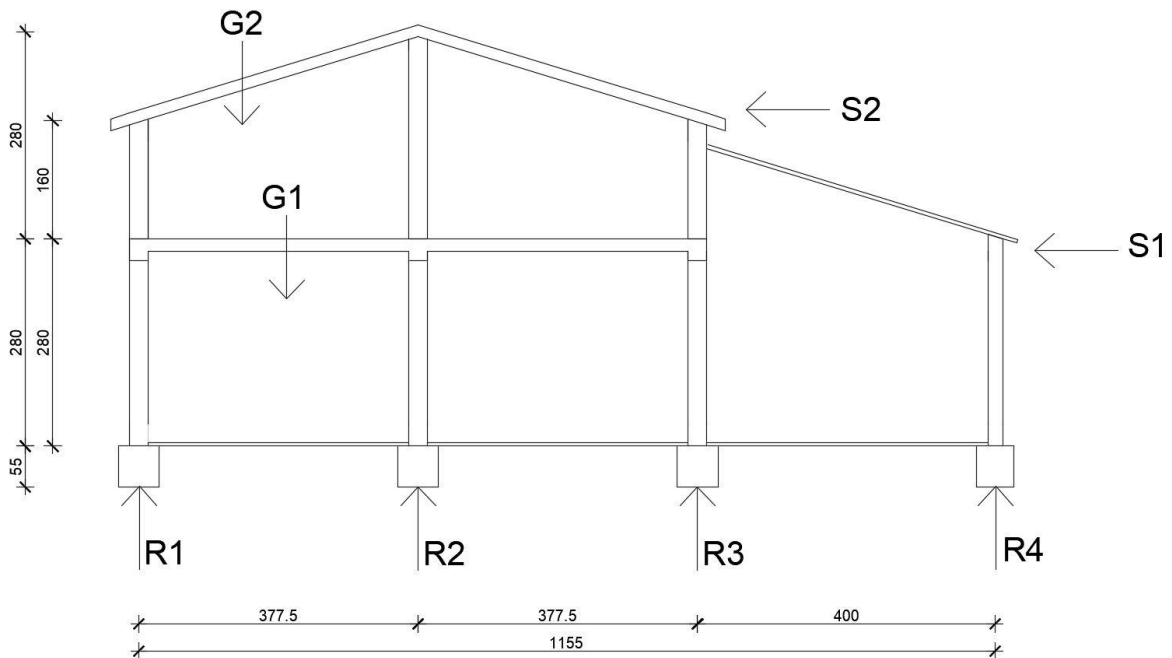
$$S1 = \frac{G1 \cdot h1}{G1 \cdot h1 + G2 \cdot h2} \cdot S = \frac{123.63 \cdot 2.80}{123.63 \cdot 2.80 + 83.31 \cdot 4.4} \cdot 41.39 = 20.1 \text{ kN}$$

$$S2 = \frac{G2 \cdot h2}{G1 \cdot h1 + G2 \cdot h2} \cdot S = \frac{83.31 \cdot 4.4}{123.63 \cdot 2.80 + 83.31 \cdot 4.4} \cdot 41.39 = 21.29 \text{ kN}$$

$$M = S_1 \cdot h_1 + S_2 \cdot h_2 = 20.1 \cdot 2.80 + 21.29 \cdot 4.4 = 149.96 \text{ kNm}$$

$$N_1 = -N_4 = M/b = 149.96/11.55 = 12.3 \text{ kN}$$

## 10.2 Kontrola stabilnosti temelja



Ukupno opterećenje :  $g=6.67 \text{ kN/m}^2$

$$q=2.0 \text{ kN/m}^2$$

$$S = 1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q = 1.35 \cdot 6.67 + 1.5 \cdot 2 = 12.00 \text{ kN/m}^2$$

$$w = d_z \times 20 = 0.25 \times 20 = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$R_1 = w \cdot h_{z1} + \dot{s}z \cdot S \cdot 2 = 5 \cdot 4.40 + 1.88 \cdot 12.0 \cdot 2.0 = 67.12 \text{ kN}$$

$$R_2 = w \cdot h_{z2} + \dot{s}z \cdot S \cdot 2 = 5 \cdot 5.60 + 3.775 \cdot 12.0 \cdot 2.0 = 118.6 \text{ kN}$$

$$R_3 = w \cdot h_{z3} + \dot{s}z \cdot S \cdot 2 = 5 \cdot 4.40 + 3.88 \cdot 12.0 \cdot 2.0 = 115.12 \text{ kN}$$

$$R_4 = w \cdot h_{z4} + \dot{s}z \cdot S \cdot 2 = 5 \cdot 2.80 + 2.00 \cdot 12.00 \cdot 2.0 = 62.00 \text{ kN}$$

$$\sigma_{dop} = 0.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{118600}{550 \cdot 1000} = 0.215 < \sigma_{dop} = 0.5 \text{ MPa}$$

$\sigma < \sigma_{dop}$  ----> Pretpostavljeni temelj zadovoljava

$$F = R_4 \pm N_{\nu 1} = 62.00 \pm 12.3$$

$$F_1 = 74.3 \text{ kN}$$

$$F_2 = 49.7 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{74300}{550 \cdot 1000} = 0.135 < \sigma_{dop} = 0.5 \text{ MPa}$$

$\sigma < \sigma_{dop}$  ----> Pretpostavljeni temelj zadovoljava



# 11. PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

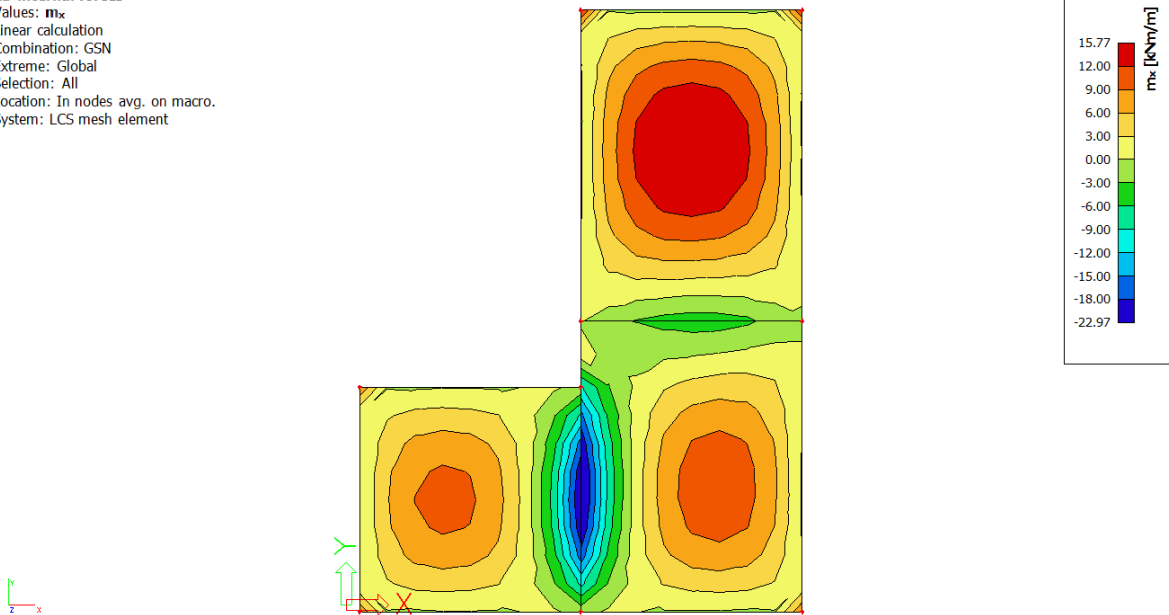
## 11.1 Prikaz modela i rezultata

Mjerodavna kombinacija : GSN

$$1.35*(g + g') + 1.5*q$$

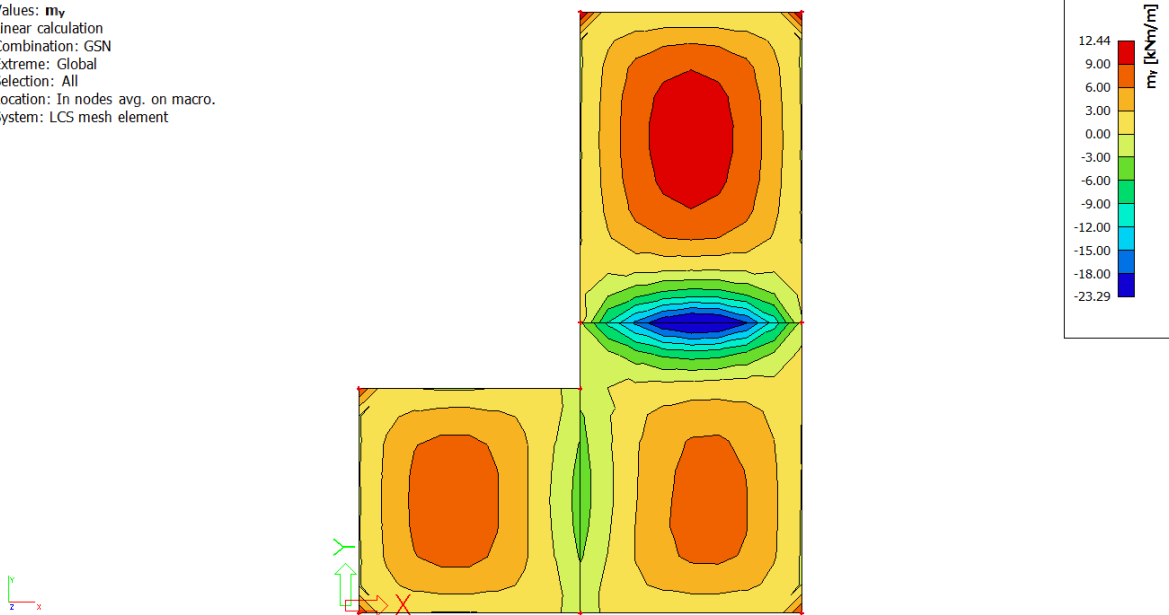
### Momenti dijagram Mx

**2D internal forces**  
Values:  $m_x$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



### Momenti dijagram My

**2D internal forces**  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element

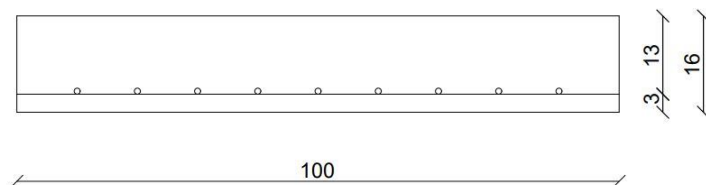


## 1 1 . 2 Dimenzioniranje na moment savijanja

### Dimenzioniranje na maksimalni moment u polju

Beton C 30/37 ;  $f_{ck}=30,0$  MPa

Armatura B 500B ;  $f_{yk}=500$  MPa



$$M_{Ed} = 15.77 \text{ kNm}$$

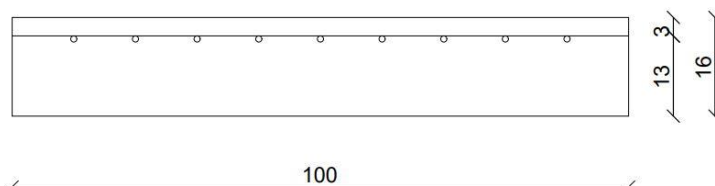
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1577}{100 \cdot 13^2 \cdot 2.0} = 0.046$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.2 \text{ ‰} \quad \xi = 0.107 \quad \zeta = 0.962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1537}{0.962 \cdot 13 \cdot 43.5} = 2.82 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Odabrano: **Q-283 (2.83 cm<sup>2</sup>/m')**

### Dimenzioniranje na maksimalni moment na ležaju



$$M_{Ed} = 23.29 \text{ kNm}$$

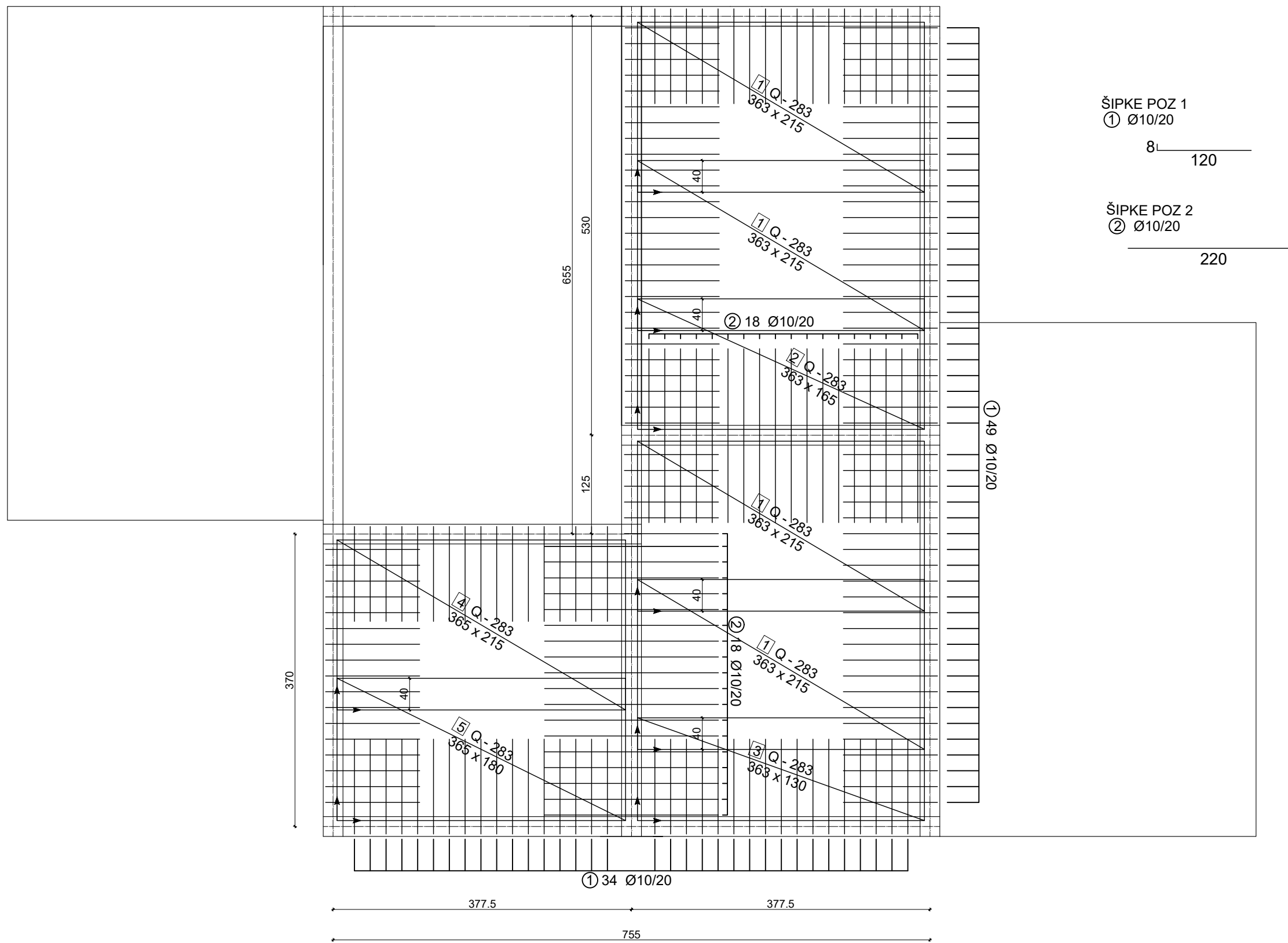
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2329}{100 \cdot 13^2 \cdot 2.0} = 0.068$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.5 \text{ ‰} \quad \xi = 0.130 \quad \zeta = 0.953$$

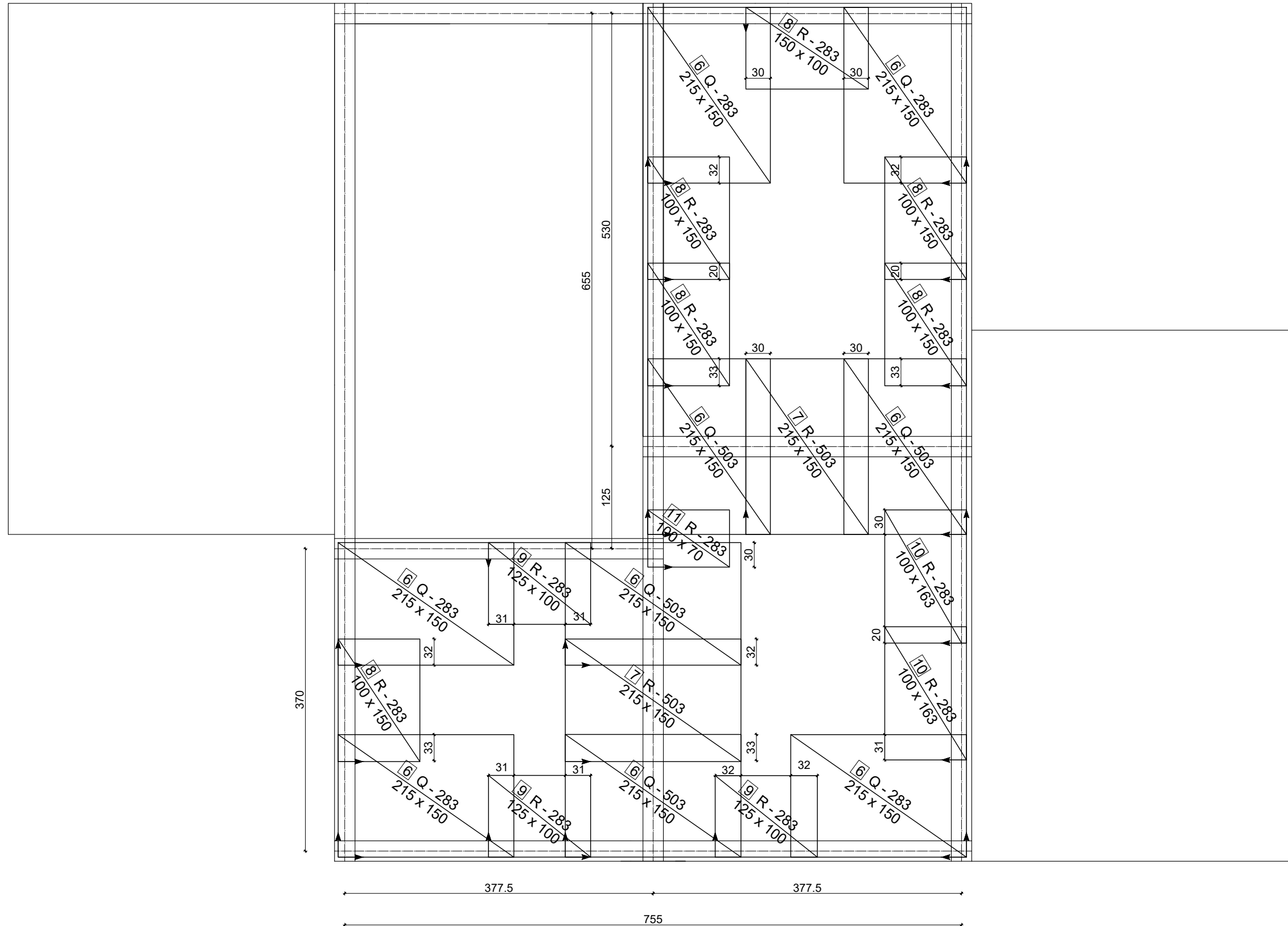
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2297}{0.953 \cdot 13 \cdot 43.5} = 4.26 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Odabrano: **R-503 (5.03 cm<sup>2</sup>/m')**












# 11.3 Skica armature ploče - donja zona



# 11.4 Skica armature ploče - gornja zona



## 11.5 ISKAZ ARMATURE

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283		363x215	4	4,48	139,85
2	Q-283		363x165	1	4,48	26,83
3	Q-283		363x130	1	4,48	21,14
4	Q-283		365x215	1	4,48	35,16
5	Q-283		365x180	1	4,48	29,43
6	Q- 503		150x215	7	8.03	181,27
7	R-503		150x215	2	4,89	31,54
8	R-283		150x100	6	2,77	24,93
9	R-283		125x100	3	2,77	10,39
10	R-283		100x163	2	2,77	20,17
11	R-283		100x70	1	2,77	1,93
UKUPNO: 522,64 kg						

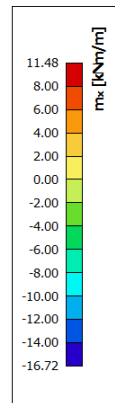
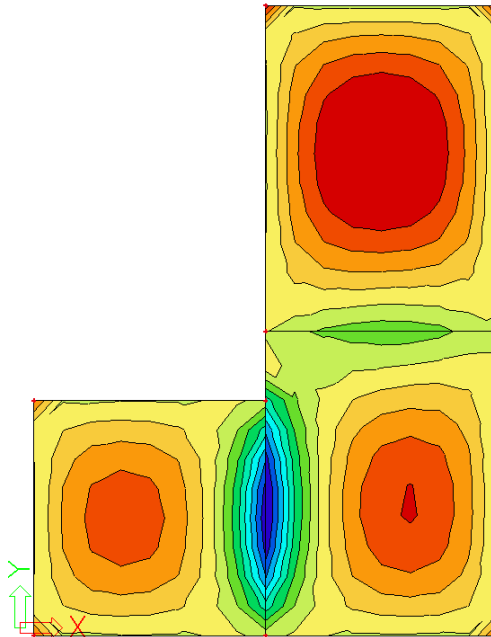
ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	8 L 120	10	0,617	166	128	131,1
2	220	10	0,617	36	220	48,87
UKUPNO: 179,97 kg						

## 11.6. KONTROLA PROGIBA I PUKOTINA

Odgovarajuća kombinacija GSU:  $1.0*(g+g') + 1.0*q$

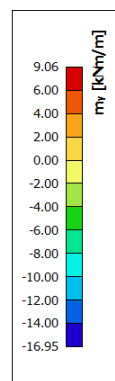
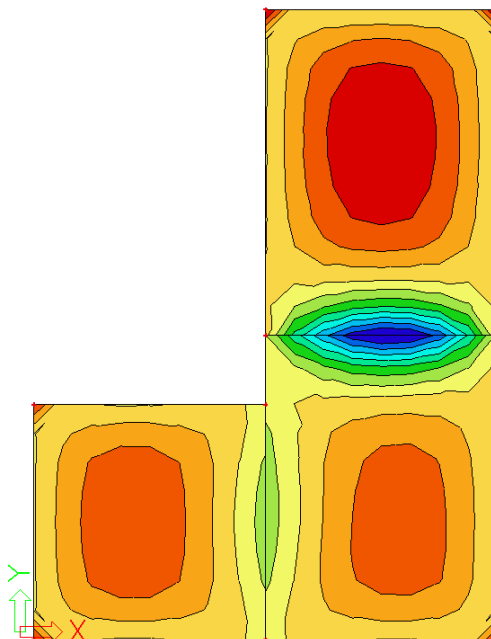
Momentni dijagram Mx:

**2D internal forces**  
Values:  $m_x$   
Linear calculation  
Combination: GSU  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



Momentni dijagram My:

**2D internal forces**  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: GSU  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



## Proračun:

$$M_{Ed} = 11.48 \text{ kNm/m'}$$

Prognozna širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$  određuje se prema

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.1 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 13}{6.1 \cdot 2.83}} \right) = 1.94 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1148}{\left( 13 - \frac{1.94}{3} \right) \cdot 2.83} = 32.83 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 328.3 \text{ MPa}$$

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2$$

$$E_{cm} = 32.80 \text{ GPa} = 32800.0 \text{ MPa} - \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.00 \text{ GPa} = 200000.0 \text{ MPa} - \text{modul elastičnosti armature}$$

$$k_t = 0.4 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32.8} = 6.1 - \text{Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot 7.5} = 0.004$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{328.3 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.004} (1 + 6.1 \cdot 0.004)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{328.3}{200000.00}$$
$$\frac{31.22}{200000.00} \leq \frac{196.98}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{196.98}{200000.00} = 0.00078$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \quad [\text{mm}]$$

$$\phi = 6 \text{ mm}$$

$$c = 30 \text{ mm} - \text{Zaštitni sloj uzdužne armature}$$

$$k_1 = 0.8 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0.5 - \text{Savijanje}$$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.004} = 357.0 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 357 \cdot 0.00078 = 0.278 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm} - \text{Pukotine zadovoljavaju!}$$

Progibi ploča dobiveni su koristeći jednostavan numerički model. Koriste se rezultati kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja  $q = (1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q)$ .

**2D displacement**

Values:  $u_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



$$f_{el} = 0.14 \text{ cm}$$

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l_g}{300} = \frac{353}{300} = 1,2 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = f_{el} = 0.14 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r$

$\varphi(\infty)$  - konačni koeficijent puzanja; odabrano  $\varphi(\infty) = 2.0$

$$K_r = 0.85 - (0.45 \cdot (A_{s2}/A_{s1})) = 0.85 - (0.45 \cdot (0.0/2.83)) = 0.85$$

$$f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r = 2 \cdot 0.14 \cdot 0.85 = 0.238$$

$$f_u = f_k + f_d = 0.14 + 0.238 = 0.378 \text{ cm} < f_{p,dop}$$

Ovakav proračun progiba je na strani sigurnosti.

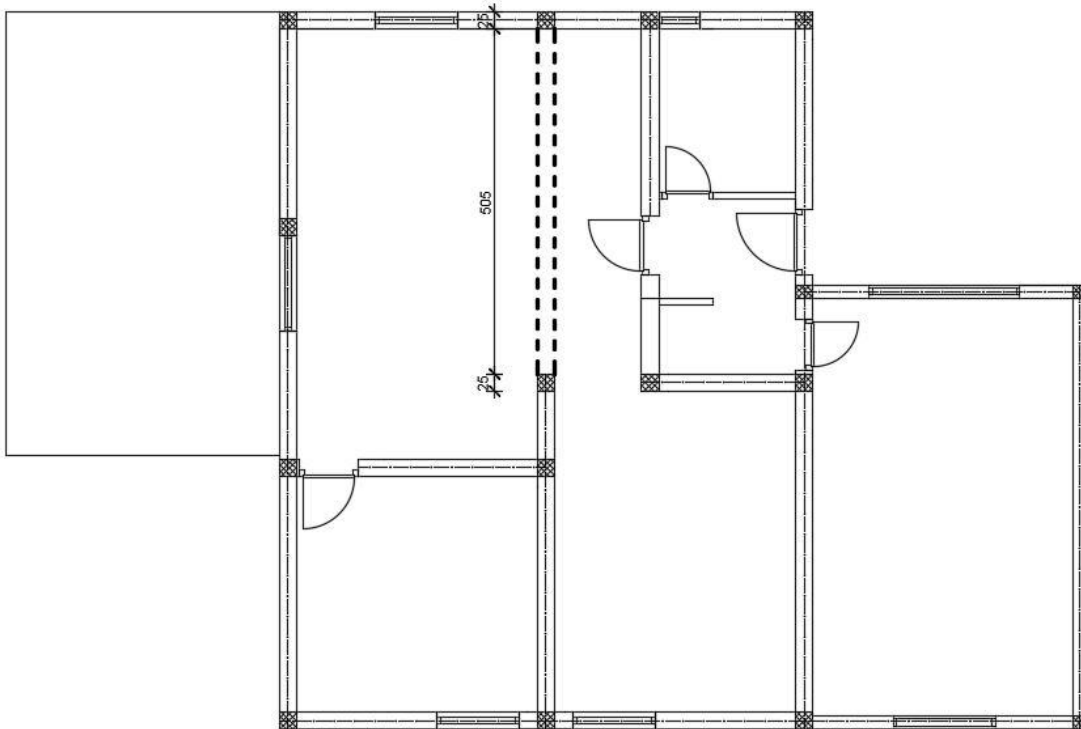
Na ostalim dilatacijama je opterećenje na ploči znatno manje pa je i ukupni progib manji.



## 12 PRORAČUN GREDE U MEĐUKATNOJ KONSTRUKCIJI

Pokretno opterećenje se uzima prema pravilniku : HRN EN 1991-2-1.

POZICIJA 100



### 12.1 Analiza opterećenja:

	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d x $\gamma$
Pregrade			1,00
Završna obrada poda - pločice	0,005	23,54,	0,12
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,04	5,0	0,20
Hidroizolacija	0,005	20,0	0,10
AB ploča	0,16	25,0	4,0

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{100} = 6,67 \text{ kN/m}^2$

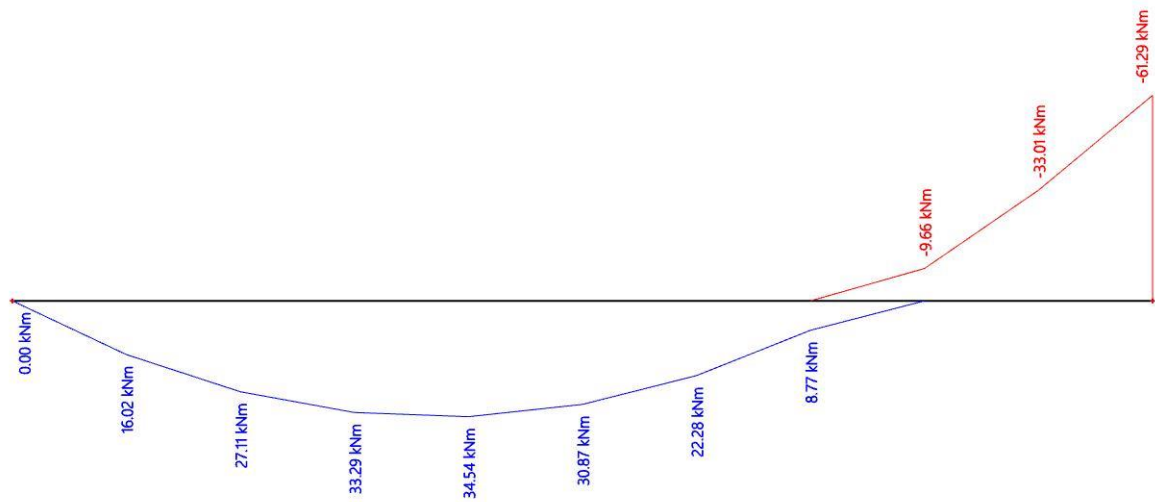
Ukupno pokretno opterećenje:  $q_{100} = 2,0 \text{ kN/m}^2$

## 12.2 Prikaz dijagrama unutarnjih sila

Kombinacija opterećenja :  $1.35 \cdot g_{n,uk} + 1.5 \cdot q_{pl,uk}$

Dijagram momenta savijanja:

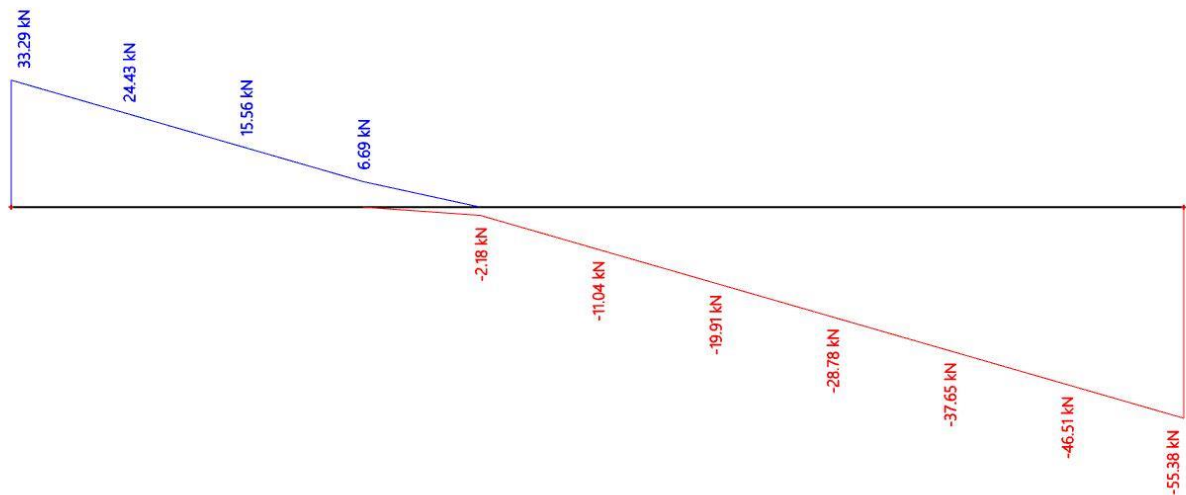
**1D internal forces**  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Section  
Selection: All



## Dijagram poprečnih sila:

### 1D internal forces

Values: Vz  
Linear calculation  
Combination: GSN  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Section  
Selection: All



## 12.3 Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$\text{Beton C 30/37 ; } f_{ck}=30,0 \text{ MPa; } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B 500B ; } f_{yk}=500 \text{ MPa; } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}$$

### U polju:

$$M_{Ed} = 34.54 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3454}{30 \cdot 37^2 \cdot 2} = 0,042$$

$$\text{Očitano: } \xi_{s1} = 10.0 \% \quad \xi_{c2} = 1.1 \% \quad \cdot \xi = 0.099 \quad \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3454}{0.965 \cdot 37 \cdot 43.5} = 2.22 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura 2.22 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura: 2Ø12 (A<sub>s1</sub>=2.26 cm<sup>2</sup>)

### U ležaju:

$$M_{Ed} = 61.29 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6129}{30 \cdot 37^2 \cdot 2} = 0.075$$

$$\text{Očitano: } \xi_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \xi_{c2} = 1.6 \text{ ‰} \quad \cdot \xi = 0.138 \quad \zeta = 0.950$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6129}{0.950 \cdot 37 \cdot 43.5} = 4.01 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura  $4.01 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura:  $4\phi 12$  ( $A_{s2} = 4.52 \text{ cm}^2$ )

Za pravokutni presjek, uobičajeni beton C 30/37 i armaturu B 500:

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 37 = 1.67 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} > A_{s,min}$$

$$A_{s2} > A_{s,min}$$

### 12.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

$$C_{Rdc} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1.74 \leq 2,0 \rightarrow k = 1.74$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0 \quad (N_{Ed} = 0)$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{6.78}{30 \cdot 37} = 0.0061 \leq 0.02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 2.26(2\phi 12) + 4.52(4\phi 12) = 6.78 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \cdot 1.74 \cdot (100 \cdot 0.0061 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 0] \cdot 300 \cdot 370 = 61075.98 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 61.076 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.74^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.44 \cdot 300 \cdot 370 = 48840 \text{ N} = 48.840 \text{ kN}$$

$$61.076 \text{ kN} > 48.840 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

Maksimalna poprečna sila

(poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left(1.0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1.0 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 300 \cdot 370 \cdot 20 = 586080 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 586080 \text{ kN} > V_{Ed} = 55.38 \text{ kN}$$

Maksimalni razmak spona ( $s_{w,max}$ ):

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{55.38}{586.080} \approx 0,094 \rightarrow V_{Ed} = 0.094 \cdot V_{Rd,max} < 0.3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0.75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(27.75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 27.75 \text{ cm}$$

Površina minimalne armature:

reznost spona:  $m=2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 27.75 \cdot 30}{2} = 0.45 \text{ cm}^2$$

$$\text{odabrane spone: } \Phi 8/25 \text{ cm} \text{ (} A_{sw} = 0.5 \text{ cm}^2\text{)}$$

Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/20$  cm:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg}\theta$$

$$z \approx 0.9 \cdot d \text{ (krak unutrašnjih sila)}$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (kut nagiba tlačnih dijagonala)}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,5}{25} \cdot (0.9 \cdot 37) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1 = 57.91 \text{ kN} > V_{Ed,0} = 55.38 \text{ kN}$$

(dovoljna je nosivost minimalne poprečne armature)

## odabrane spone: $\Phi 8/25$ cm

### 12.5 Kontrola progiba i pukotina

Mjerodavna kombinacija:

$$\text{GSU} \Rightarrow q = (1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q)$$

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

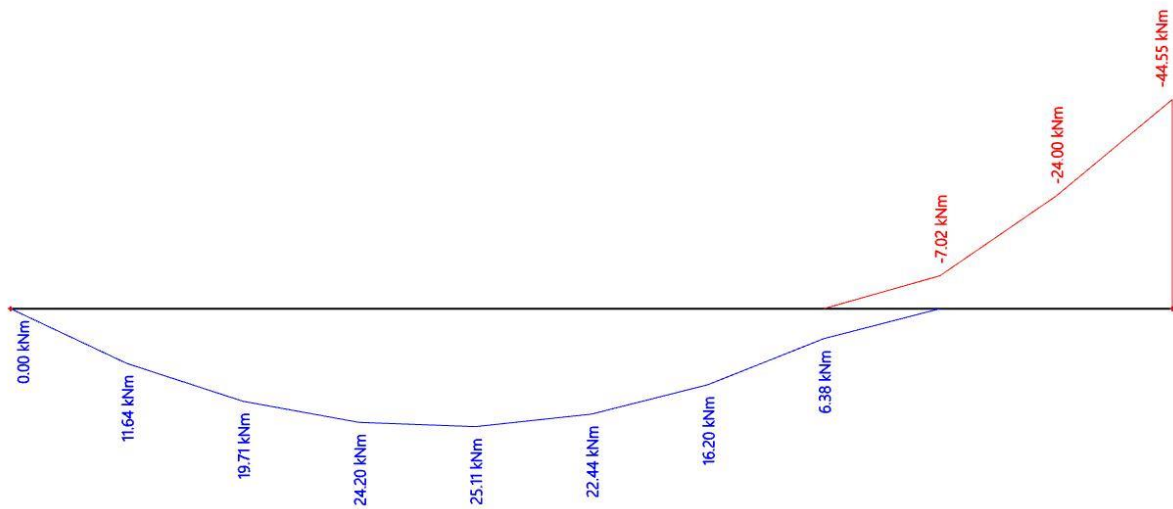
Linear calculation

Combination: GSU

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Section

Selection: All



Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  određuje se prema izrazu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Položaj neutralne osi:

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.1 \cdot 2.26}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 37}{6.1 \cdot 2.26}} \right) = 5.39 \text{ cm}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{2511}{\left(37 - \frac{5.39}{3}\right) \cdot 2.26} = 31.56 \text{ kN/cm}^2 = 315.6 \text{ MPa}$$

$k_t=0,4$  – za dugotrajno opterećenje

$E_s=200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$E_{cm}=32,8 \text{ GPa} = 32\,800 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32.8} = 6.1 \text{ – omjer modula elastičnosti}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.26}{30 \cdot 3 \cdot 2.5} = 0.01 \text{ – koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom}$$

$$A_{c,eff} = 2.5 \cdot b_w \cdot d_1$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{315.6 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.01} \cdot (1 + 6.1 \cdot 0.01)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{315.6}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000963 \geq 0.000945$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.000963$$

Najveći razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$\Phi=12 \text{ mm}$  – promjer najdeblje šipke

$c=30 \text{ mm}$  – zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1=0.8$  – rebrasta armatura

$k_2=0.5$  – savijanje

$k_3=3.4$

$k_4=0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{12}{0.01} = 306 \text{ mm}$$

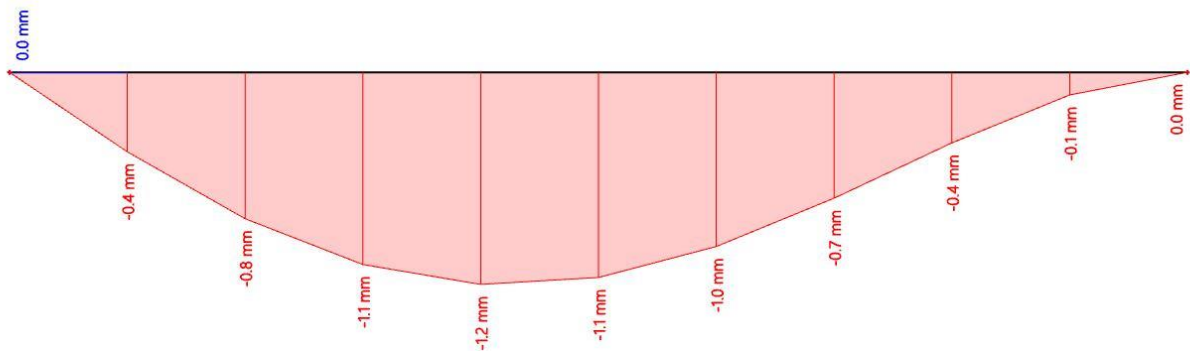
Proračunska (karakteristična) širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 306 \cdot 0.000963 = \mathbf{0.29 \text{ mm}} < w_g = \mathbf{.30 \text{ mm}}$$

Progibi

Dijagram pomaka:

**1D deformations**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Section  
Selection: All



$$f_{el} = 0.12 \text{ cm}$$

Grafična vrijednost progiba u polju :  $f_{fop} = l/350 = 510/350 = 1.46 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = f_{el} = 0.12 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r$

$\varphi(\infty)$  - konačni koeficijent puzanja; odabrano  $\varphi(\infty) = 2.0$

$$K_r = 0.85 - (0.45 \cdot (A_{s2}/A_{s1})) = 0.85 - (0.45 \cdot (4.52/2.26)) = 0.05$$

$$f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r = 2 \cdot 0.12 \cdot 0.05 = 0.012$$

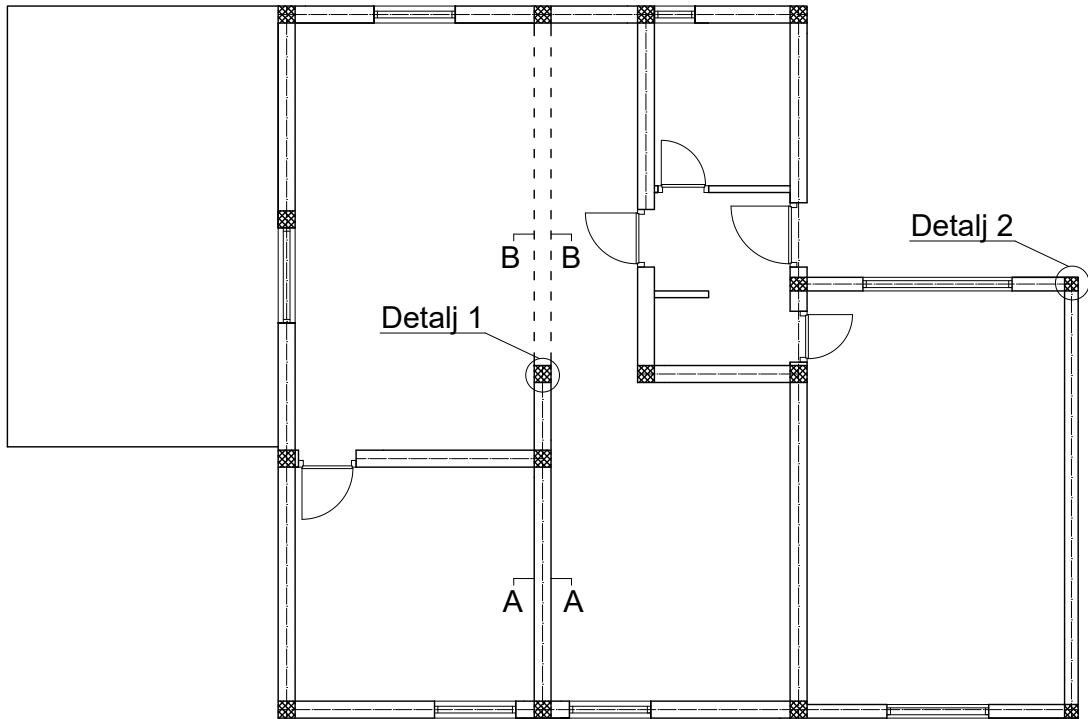
$$f_u = f_k + f_d = 0.12 + 0.012 = 0.132 \text{ cm} < f_{p,dop}$$

**Progib zadovoljava.**

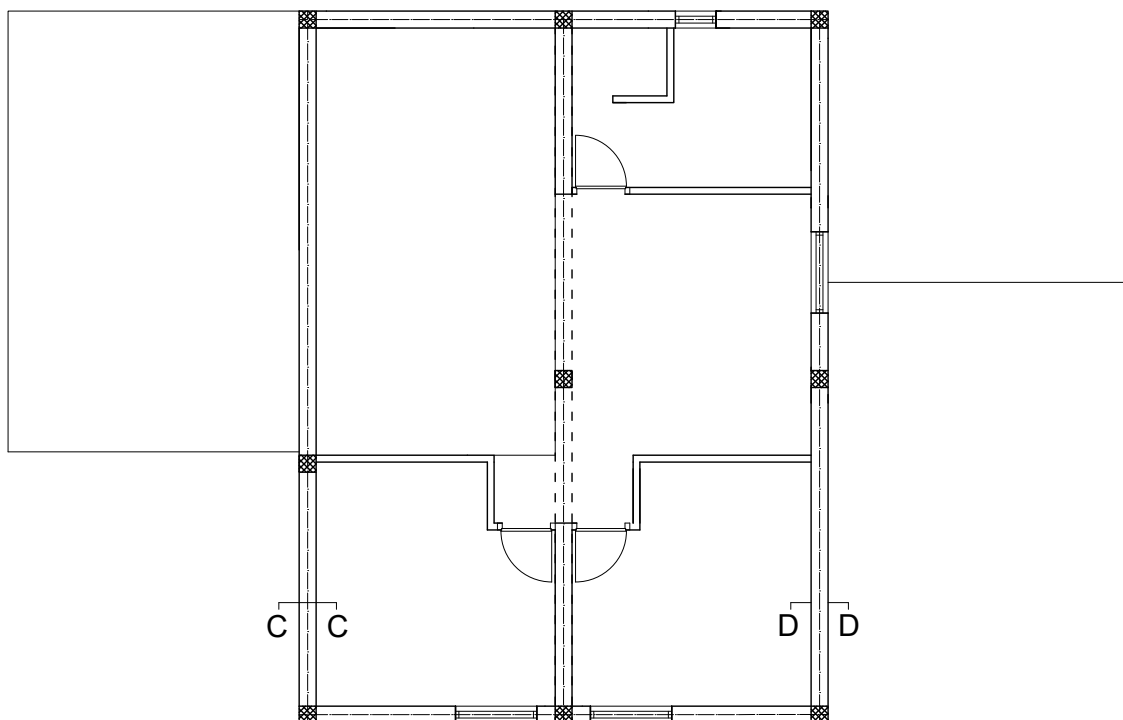


### 13. VERTIKALNI I HORIZONTALNI SERKLAŽI

POZICIJA 100

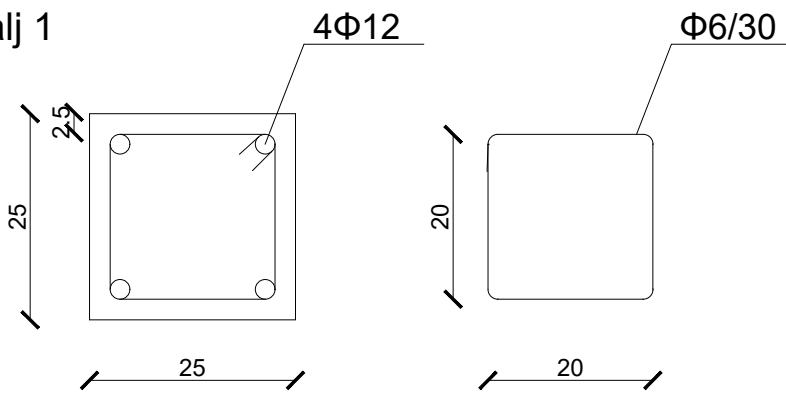


POZICIJA 200

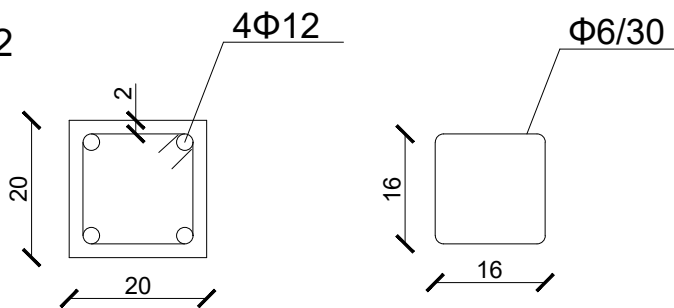


### 13.1 Detalji vertikalnih serklaža

Detalj 1

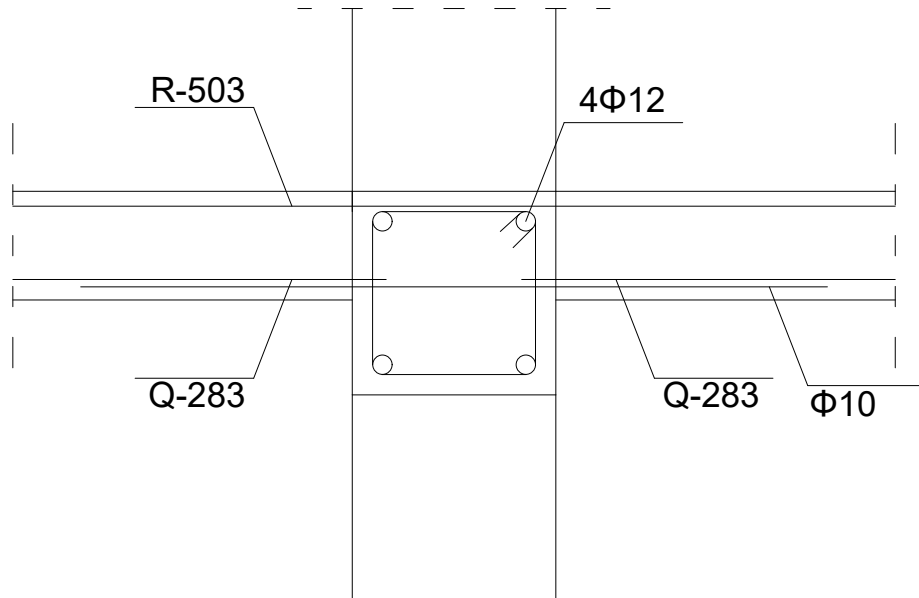


Detalj 2

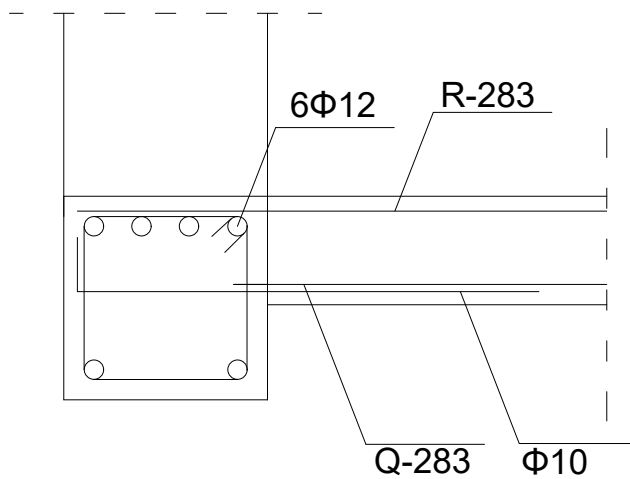


## 13.2 Detalji horizontalnih serklaža poz 100

PRESJEK: A-A

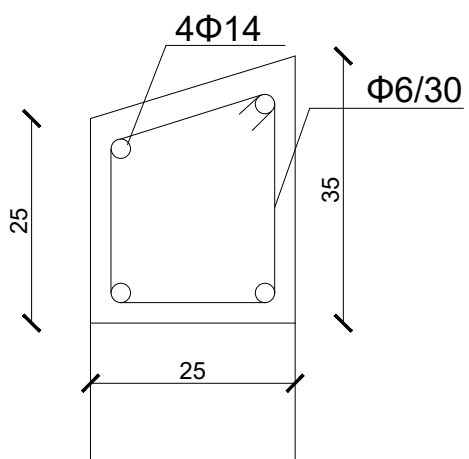


PRESJEK: B-B

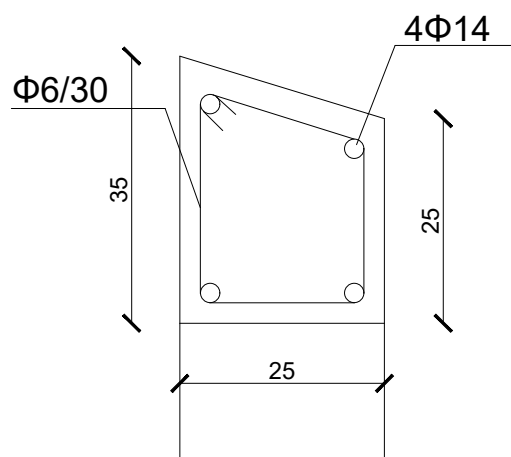


### 13.3 Detalji horizontalnih serklaža poz 200

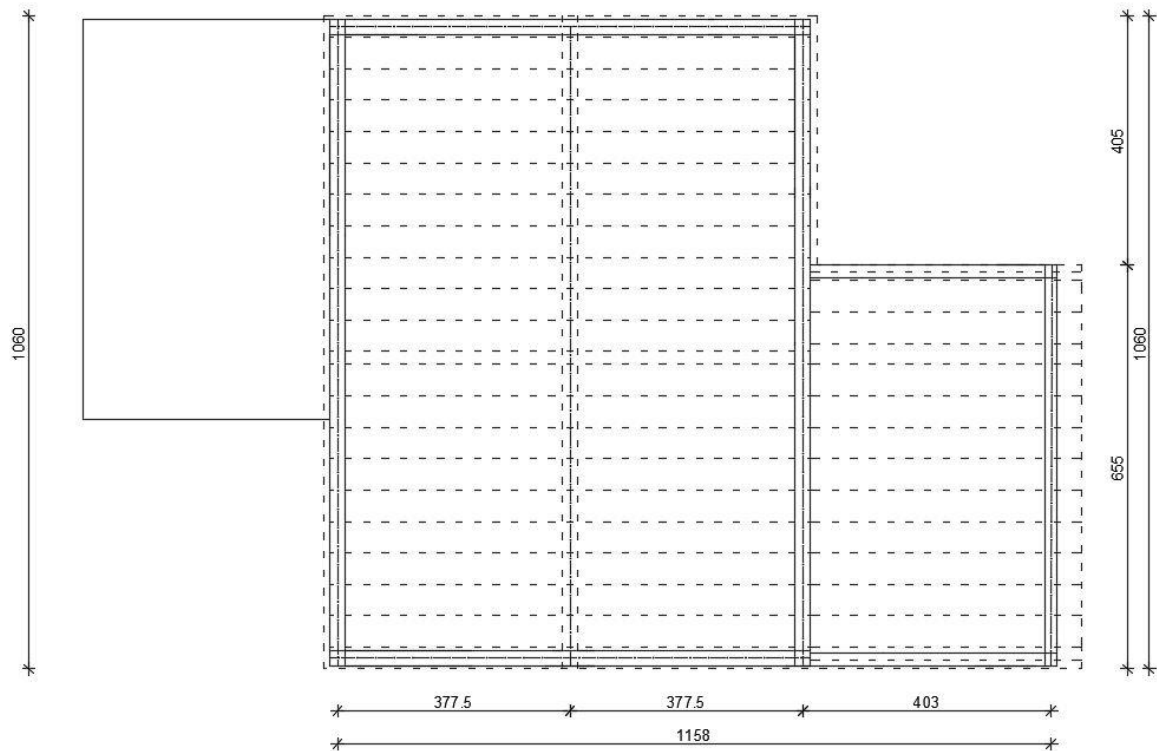
#### PRESJEK C-C



#### PRESJEK D-D



## 14 PRORAČUN KROVA



	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d x $\gamma$
Glineni crijep + drvene letve			0.6
Termoizolacija	0.045	5.0	0.23
Hidroizolacija	0.0055	20,0	0,11
FERT ploča (strop)	0.1986	15.6	3.1

- GLINENI CRIJEP 3.3 cm
- DRVENA LETVA 4.4 cm
- DRVENA LETVA 4.4 cm
- TERMOIZOLACIJA 4.5 cm
- HIDROIZOLACIJA 0.5 cm
- AB PLOČA 4.4 cm
- ISPUNE 15.5 cm



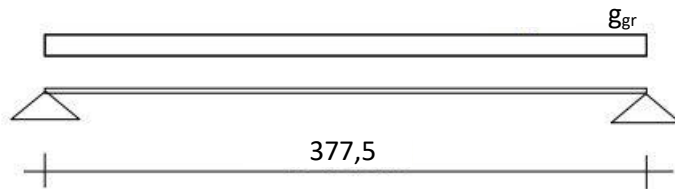
Ukupno stalno opterećenje:  $g_{200} = 4.04 \text{ kN/m}^2$

Pokretno opterećenje:  $q_{200} = 1.00 \text{ kN/m}^2$

### 14.2.1 Proračun gredica

$$g_{gr} = 1.35 \cdot 4.04 \cdot 0.51 + 1.5 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ (kN/m')}$$

$$g_{gr} = 3.55 \text{ kN/m'}$$



$$M_{Ed} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{8} = \frac{3.55 \cdot 3.775^2}{8} = 6.32 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{632}{51 \cdot 16^2 \cdot 2} = 0.024$$

Očitano:  $\xi_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\xi_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$   $\cdot \xi = 0.074$   $\zeta = 0.974$

$$As1 = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{632}{0.974 \cdot 16 \cdot 43.5} = 0.93$$

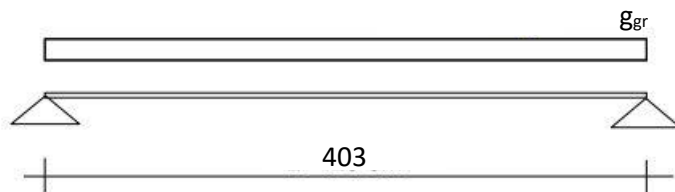
Minimalna potrebna armatura  $0,93 \text{ cm}^2$

Armatura gredice:  $2\emptyset 7$  ( $As=0.77 \text{ cm}^2$ )

$1\emptyset 10$  ( $As=0.79 \text{ cm}^2$ )

Ukupna armatura po gredici:  $As = 2\emptyset 7 + 1\emptyset 8$  ( $1.56 \text{ cm}^2$ )

Odabrana fert gredica tipa : G3



$$M_{Ed} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{8} = \frac{3.55 \cdot 4.03^2}{8} = 7.2 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{720}{51 \cdot 16^2 \cdot 2} = 0,027$$

Očitano:  $\xi_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\xi_{c2} = 0.9 \text{ ‰}$   $\cdot \xi = 0.083$   $\zeta = 0.971$

$$As1 = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{720}{0.971 \cdot 16 \cdot 43.5} = 1.06$$

Minimalna potrebna armatura 1,06cm<sup>2</sup>

Armatura gredice: 2Ø7 (As=0.77 cm<sup>2</sup>)

1Ø12 (As=1.9 cm<sup>2</sup>)

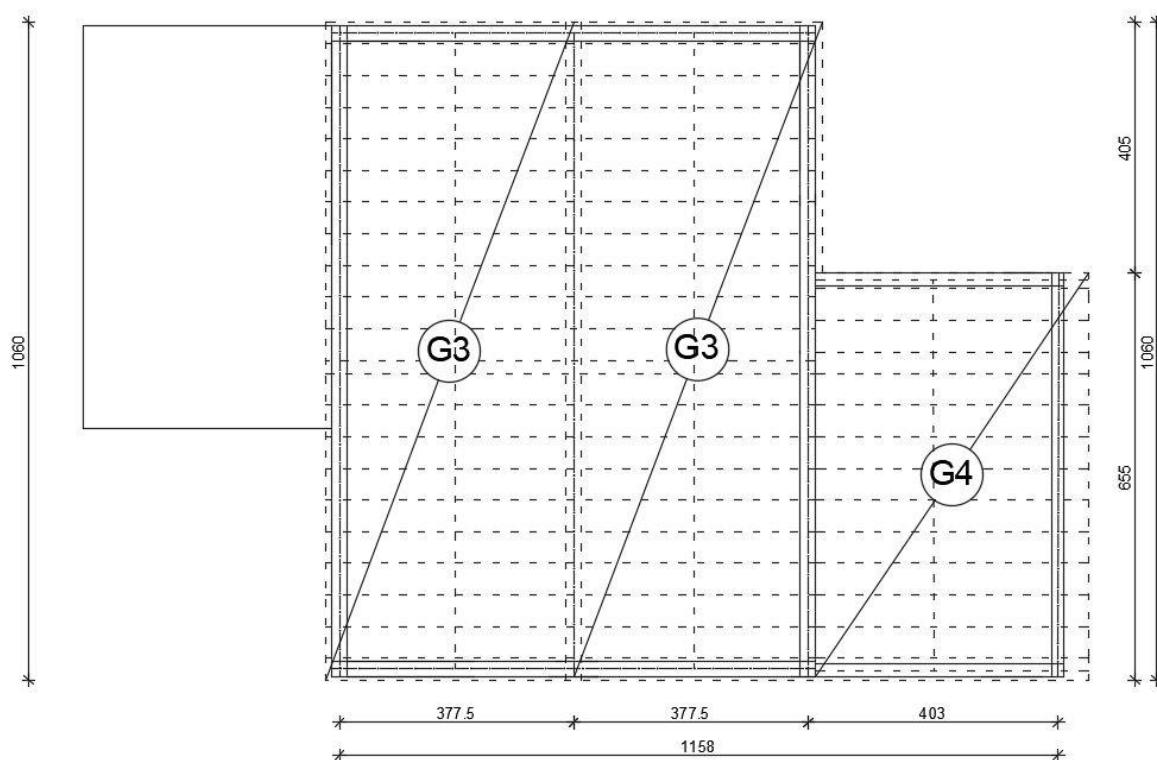
Ukupna armatura po gredici: As= 2Ø7 + 1Ø12 (1.56 cm<sup>2</sup>)

Odabrana fert gredica tipa G4

Visina stropa d (cm)	Vrsta stropa	Tip FERT gredice	Svijetli otvor L <sub>0</sub> (cm)	Duljina gredice L=L <sub>0</sub> +30 cm	Armatura čeličnog nosača Č 500/560	Dopunska armatura nosača RA 400/500	Ukupna armatura (svedeno na RA 400/500) (cm <sup>2</sup> /m')	ε <sub>a</sub> /ε <sub>b</sub> (‰/‰)	Granični moment nosivosti presjeka M <sub>u</sub> (kNm/m')	Radni moment nosivosti presjeka M <sub>n</sub> (kNm/m')
14+4=18 cm	S1	G1	do 280	do 310	2φ7	/	1.92	0,8/10	11.59	7.02
		G2	300,320 340,360	330,350 370,390	2φ7	φ8	2.97	1,0/10	17.82	10.8
		G3	380	410	2φ7	φ10	3.49	1,1/10	20.88	12.65
		G4	400,420	430,450	2φ7	φ12	4.18	1,2/10	24.93	15.11
		G5	440	470	2φ7	2φ10	4.49	1,3/10	26.70	16.18
		G6	460	490	2φ7	φ8, φ10	5.06	1,4/10	29.99	18.18
		G7	480,500	510,530	2φ7	φ10, φ12	5.75	1,5/10	33.97	20.59
		G8	520	550	2φ7	2φ12	6.44	1,6/10	37.93	22.99
		G9	540,560	570,590	2φ7	φ12, φ14	7.26	1,7/10	42.63	25.84
		G10	580,600	610,630	2φ7	2φ14	8.08	1,9/10	47.14	28.57
	S2	Nosivost stropa S2 u odnosu na S1 veća je za oko 60%								
16+4=20 cm	Nosivost stropa visine d = 20 cm, u odnosu na d = 18 cm, veća je za oko 10%									

Tip stropa	Tip gredice	q... (kN/m <sup>2</sup> ) - ukupno eksploatacijsko opterećenje (s vlastitom masom stopa) koje konstrukcija može nositi																				
		L <sub>0</sub> ... svijetli raspon između zidova (greda)																				
		2.0	2.0	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
S1	G1	11.60	9.75	8.31	7.16	5.84	5.48	4.86	4.33	3.89												
	G2		15.00	12.78	11.02	9.60	8.44	7.47	6.67	5.98	5.40	4.90	4.46	4.08								
	G3						9.88	8.75	7.81	7.01	6.33	5.74	5.23	4.78	4.39							
	G4						10.46	9.33	8.37	7.56	6.85	6.22	5.69	5.22	4.81	4.45						
	G5								8.96	8.09	7.34	6.69	6.12	5.62	5.18	4.79	4.44					
	G6									9.09	8.24	7.51	6.87	6.31	5.82	5.38	4.99	4.64				
	G7										9.34	8.51	7.78	7.15	6.59	6.09	5.65	5.25	4.90	4.58		
	G8												8.69	7.98	7.36	6.80	6.31	5.86	5.47	5.11	4.78	
	G9													8.97	8.27	7.64	7.09	6.59	6.15	5.74	5.38	
	G10															8.45	7.84	7.29	6.79	6.35	5.95	
S2	Nosivost konstrukcije S2 je za oko 60% veća od S1 (na istom rasponu)																					
Vlastita težina stropa S1 (gredice, blokovi, beton) iznosi oko 2.8 kN/m <sup>2</sup> , a strop S2 oko 3.2 kN/m <sup>2</sup>																						
*Nosivost konstrukcije visine 16+4 = 20 cm približno je za oko 10% veća od one s visinom 14+4 = 18 cm																						

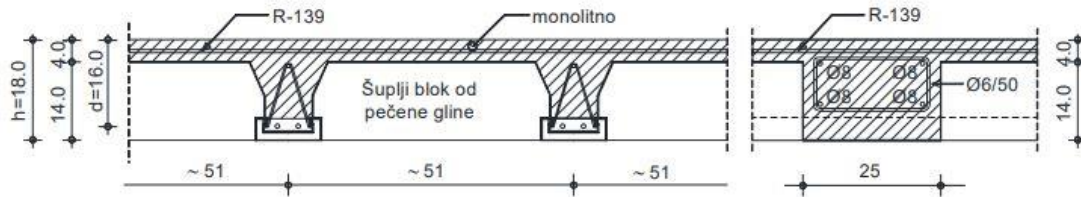
### 14.2.2 Prikaz modela i iskaz gredica



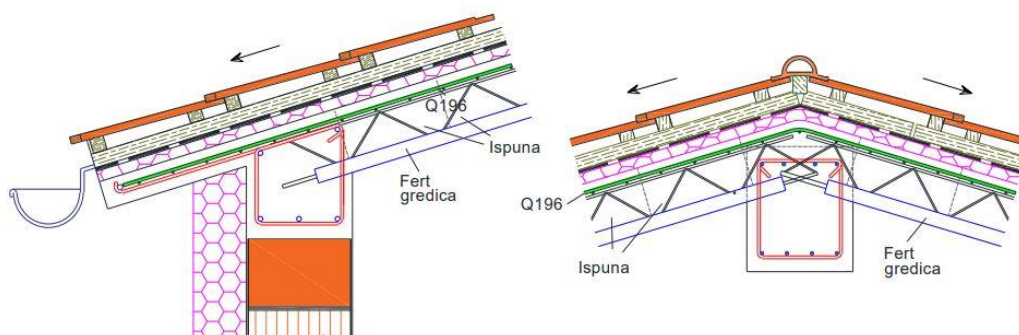
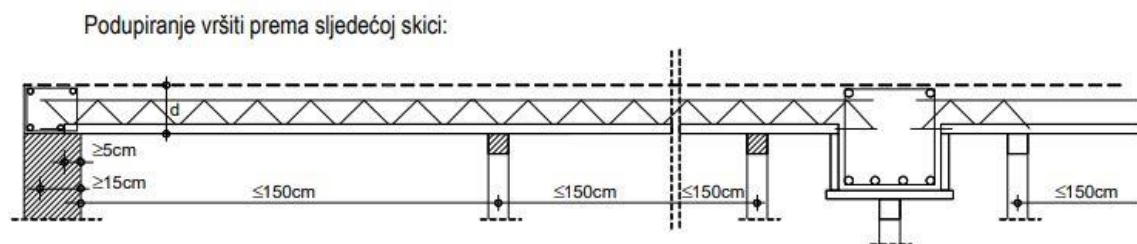
TIP	SVIJETLI OTVOR	DULJINA GREDICE (cm)	ARMATURA ČELIČNOG NOSAČA	DOPUNSKA ARMATURA NOSAČA	UKUPNA ARMATURA	BROJ KOMADA
G3	~3.8	410	0.77 cm <sup>2</sup>	0.79 cm <sup>2</sup>	1.56 cm <sup>2</sup>	42
G3	~4.0	430	0.77 cm <sup>2</sup>	1.13 cm <sup>2</sup>	1.9 cm <sup>2</sup>	13



S obzirom da u nam rasponi veći od 3 m, a manji od 6 m postavljamo po jedno rebro za ukrutu u sredini svakog raspona. Rebro za ukrutu armira se s armaturom  $2\varnothing 8$  u gornjoj i donjoj zoni (vilice  $\varnothing 6/30$  cm)



### 14.2.3 Detalji izvedbe fert stropa

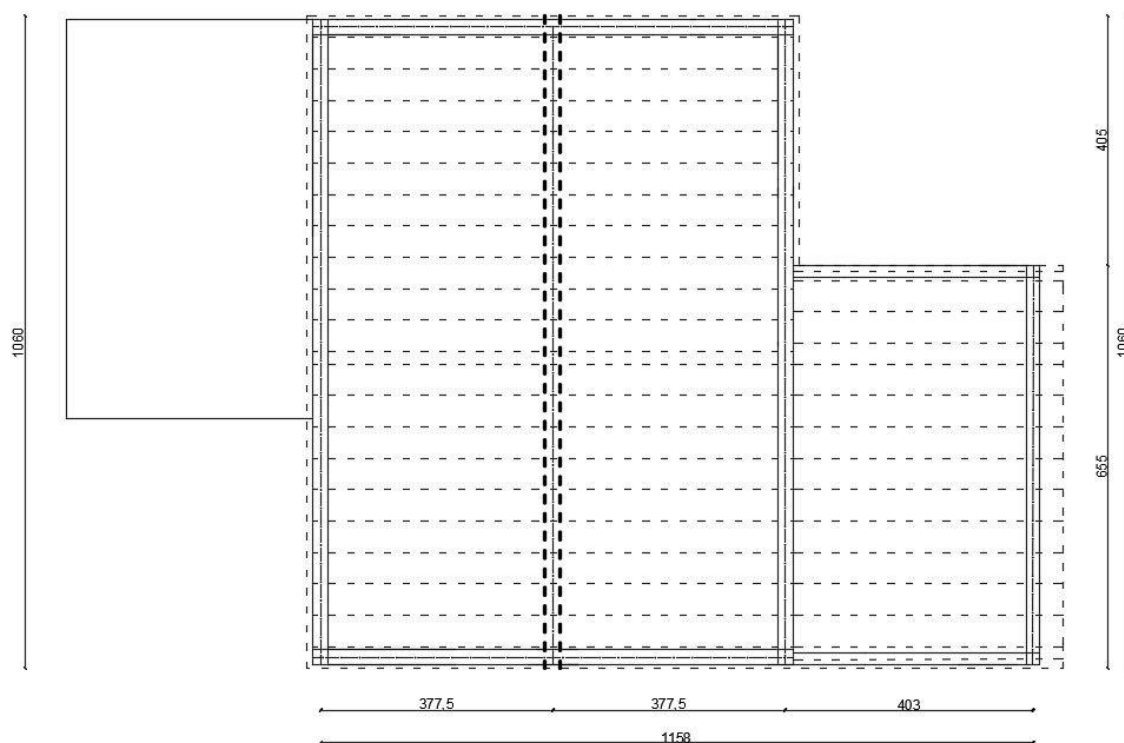


Kod raspona do 5.0 m u sredini se gredici obično daje nadvišenje  $L/300$

$$f_{pot1} = \frac{l}{300} = \frac{380}{300} = 1.27 \text{ cm}$$

$$f_{pot2} = \frac{l}{300} = \frac{400}{300} = 1.33 \text{ cm}$$

### 14.3.1 Proračun grede ispod sljemena



#### Stalno opterećenje:

Stalno opterećenje od grede:  $g_{gr,200} = b_{gr} \cdot h_{gr} \cdot \gamma_{ab} = 0.25 \cdot 0.40 \cdot 25.0 = 2.5 \text{ kN/m}$

Stalno opterećenje od ploče:  $g_{pl,200} = g_{200} \cdot L = 4.04 \cdot 3.775 = 15.25 \text{ kN/m}$

Ukupno opterećenje nosača:  $g_{n,uk} = g_{gr,200} + g_{pl,200} = 2.5 + 15.25 = 17.75 \text{ kN/m}$

### Korisno opterećenje:

Opterećenje od ploče:  $q_{pl,200} = q \cdot L_1 = 1.0 \cdot 3.775 = 3.775 \text{ kN/m}$

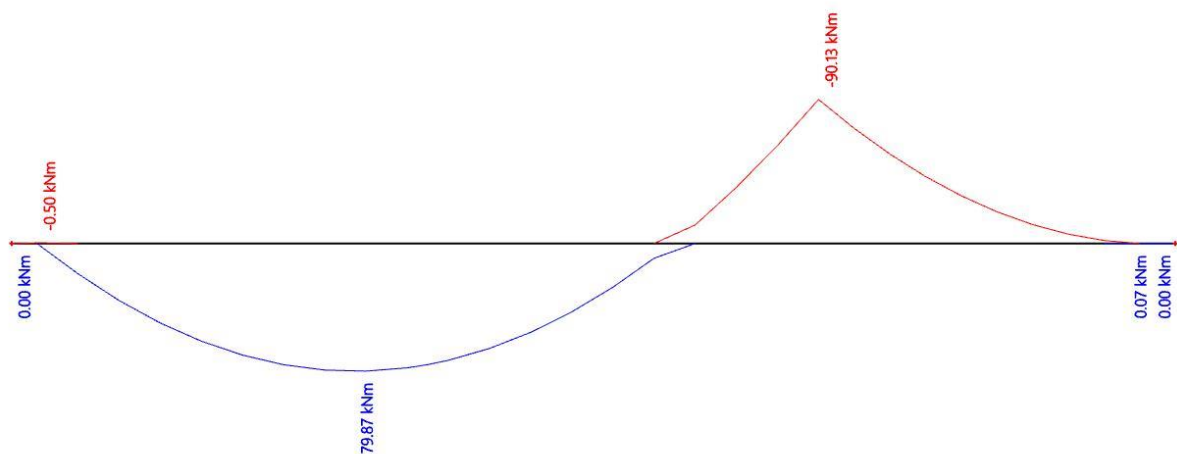
Ukupno opterećenje nosača  $q_{pl,uk} = q_{pl,200} = 3.775 \text{ kN/m}$

Kombinacija opterećenja :  $1.35 \cdot g_{n,uk} + 1.5 \cdot q_{pl,uk}$

### 14.3.2 Prikaz dijagrama unutarnjih sila:

Dijagram momenta savijanja:

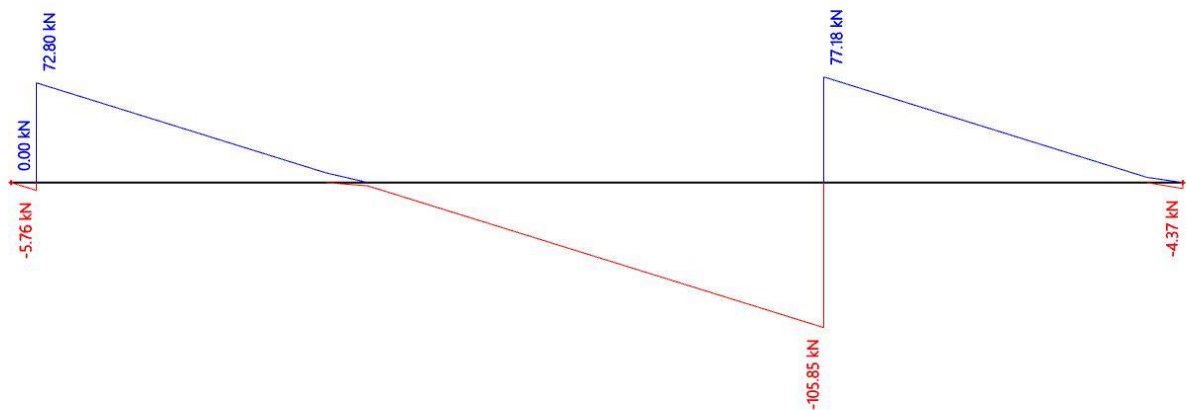
1D internal forces  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: gsn  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Local  
Selection: All



## Dijagram poprečnih sila:

### 1D internal forces

Values:  $V_z$   
Linear calculation  
Combination: gsn  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Local  
Selection: All



### 14.3.3 Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$\text{Beton C 30/37 ; } f_{ck}=30,0 \text{ MPa; } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura B 500B ; } f_{yk}=500 \text{ MPa; } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}$$

#### U polju:

$$M_{Ed} = 79.87 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7987}{25 \cdot 37^2 \cdot 2} = 0.12$$

$$\text{Očitano: } \xi_{s1} = 10.0 \text{ ‰ } \quad \xi_{c2} = 2.2 \text{ ‰ } \quad \cdot \xi = 0.180 \quad \zeta = 0.931$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7987}{0.931 \cdot 37 \cdot 43.5} = 5.33 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura  $5.33 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura:  $4\emptyset 14$  ( $A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2$ )

### U ležaju:

$$M_{Ed} = 90.13 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9013}{25 \cdot 37^2 \cdot 2} = 0.13$$

$$\text{Očitano: } \xi_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \xi_{c2} = 2.5 \text{ ‰} \quad \cdot \xi = 0.200 \quad \zeta = 0.922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{9013}{0.922 \cdot 37 \cdot 43.5} = 6.07 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura  $6.07 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura:  $4\Phi 14$  ( $A_{s2} = 6.16 \text{ cm}^2$ )

Za pravokutni presjek, uobičajeni beton C 30/37 i armaturu B 500:

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 37 = 1.38 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} > A_{s,min}$$

$$A_{s2} > A_{s,min}$$

### 14.3.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu:

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

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 0.74 \leq 2.0 \rightarrow k = 0.74$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0 \quad (N_{Ed} = 0)$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{12.32}{25 \cdot 37} = 0.013 \leq 0.02 \rightarrow \textit{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 6.16 (4\Phi 14) + 6.16 (4\Phi 14) = 12.32 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 0.74 \cdot (100 \cdot 0.013 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 250 \cdot 370 = 27855.41 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 27.855 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 0.74^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.12$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.12 \cdot 250 \cdot 370 = 11100 \text{ N} = 11.1 \text{ kN}$$

$$27.855 \text{ kN} > 11.1 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

Maksimalna poprečna sila

(poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot \left(1.0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1.0 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 370 \cdot 20 = 488400 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 488.4 \text{ kN} > V_{Ed} = 105.85 \text{ kN}$$

Maksimalni razmak spona ( $s_{w,max}$ ):

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{105.85}{488.4} \approx 0.216 \rightarrow V_{Ed} = 0.216 \cdot V_{Rd,max} < 0.3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0.75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(27.75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 27.75 \text{ cm}$$

Površina minimalne armature:

reznost spona:  $m=2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 27.75 \cdot 25}{2} = 0.413 \text{ cm}^2$$

$$\text{odabrane spone: } \Phi 8/25 \text{ cm } (A_{sw} = 0.5 \text{ cm}^2)$$

Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/25$  cm:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg}\theta$$

$$z \approx 0.9 \cdot d \text{ (krak unutrašnjih sila)}$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (kut nagiba tlačnih dijagonala)}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.5}{25} \cdot (0.9 \cdot 37) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1 = 57.91 \text{ kN} > V_{Ed,0} = 105.85 \text{ kN}$$

(nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_{w,pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.50 \cdot 43.48 \cdot (0.9 \cdot 37)}{105.85} = 13.67 \text{ cm}$$

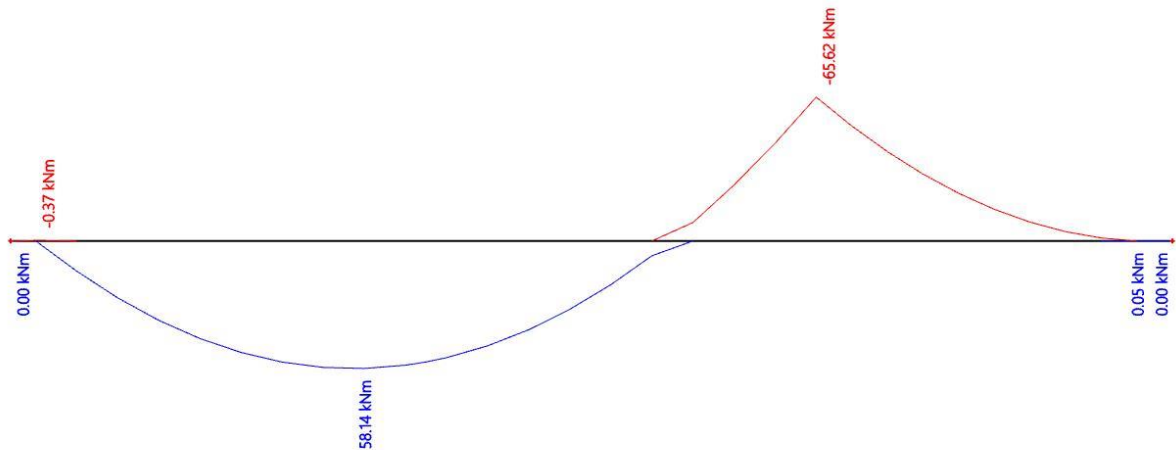
**odabrane spone:  $\Phi 8/12 \text{ cm}$**

### 14.3.5 Kontrola progiba i pukotina

Mjerodavna kombinacija:

$$\text{GSU} \Rightarrow q = (1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q)$$

**1D internal forces**  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: gsu  
Coordinate system: Member  
Extreme 1D: Local  
Selection: All



Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  određuje se prema izrazu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Položaj neutralne osi:

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.1 \cdot 6.16}{25} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 37}{6.1 \cdot 6.16}} \right) = 9.15 \text{ cm}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{5814}{\left(37 - \frac{9.15}{3}\right) \cdot 6.16} = 27.8 \text{ kN/cm}^2 = 278 \text{ MPa}$$

$k_t=0.4$  - za dugotrajno opterećenje

$E_s=200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$E_{cm}=32.8 \text{ GPa} = 32\,800 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32.8} = 6.1 - \text{omjer modula elastičnosti}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6.16}{25 \cdot 3 \cdot 2.5} = 0.033 - \text{koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom}$$

$$A_{c,eff} = 2.5 \cdot b_w \cdot d_1$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{278 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.033} \cdot (1 + 6.1 \cdot 0.033)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{278}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00118 \geq 0.000834$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00118$$

Najveći razmak pukotina:



$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}} [mm]$$

$\Phi=14$  mm – promjer najdeblje šipke

$c=30$  mm – zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1=0.8$  – rebrasta armatura

$k_2=0.5$  – savijanje

$k_3=3.4$

$k_4=0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{14}{0.033} = 174.12 \text{ mm}$$

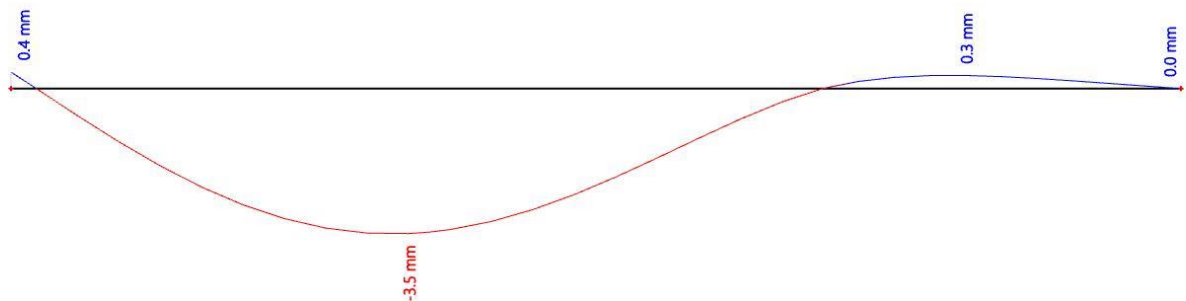
Proračunska (karakteristična) širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 174.12 \cdot 0.00118 = \mathbf{0.205 \text{ mm}} < w_g = \mathbf{0.30 \text{ mm}}$$

### Progibi

Dijagram pomaka:

**1D deformations**  
 Values:  $u_z$   
 Linear calculation  
 Combination: gsu  
 Coordinate system: Global  
 Extreme 1D: Local  
 Selection: All



$$f_{el} = 0.35 \text{ cm}$$

$$\text{Granična vrijednost progiba u polju : } f_{fop} = l/350 = 510/350 = 1.46 \text{ cm}$$

$$\text{Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela): } f_k = f_{el} = 0.35 \text{ cm}$$

$$\text{Ukupni progib: } f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r$$

$$\varphi(\infty) - \text{konačni koeficijent puzanja; odabrano } \varphi(\infty) = 2.0$$

$$K_r = 0.85 - (0.45 \cdot (A_{s2}/A_{s1})) = 0.85 - (0.45 \cdot (6.16/6.16)) = 0.4$$

$$f_d = \varphi(\infty) \cdot f_k \cdot K_r = 2 \cdot 0.35 \cdot 0.4 = 0.28$$

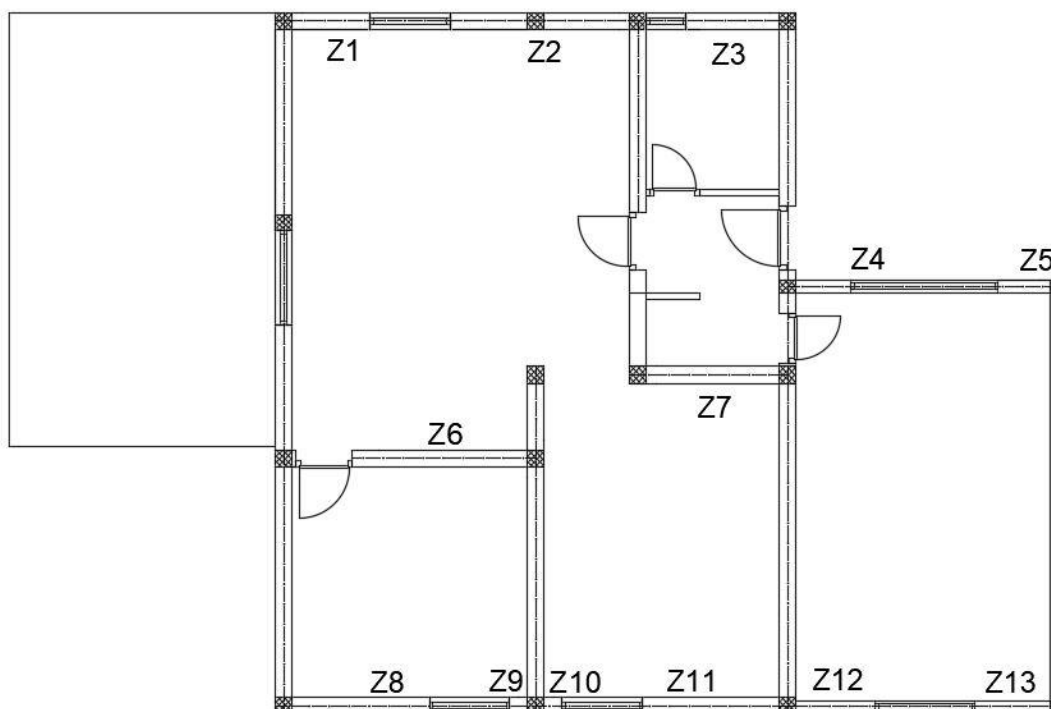
$$f_u = f_k + f_d = 0.35 + 0.28 = 0.63 \text{ cm} < f_{p,dop}$$

**Progib zadovoljava.**

## 15 GLOBALNA KONTROLA ZIDANIH ZIDOVA

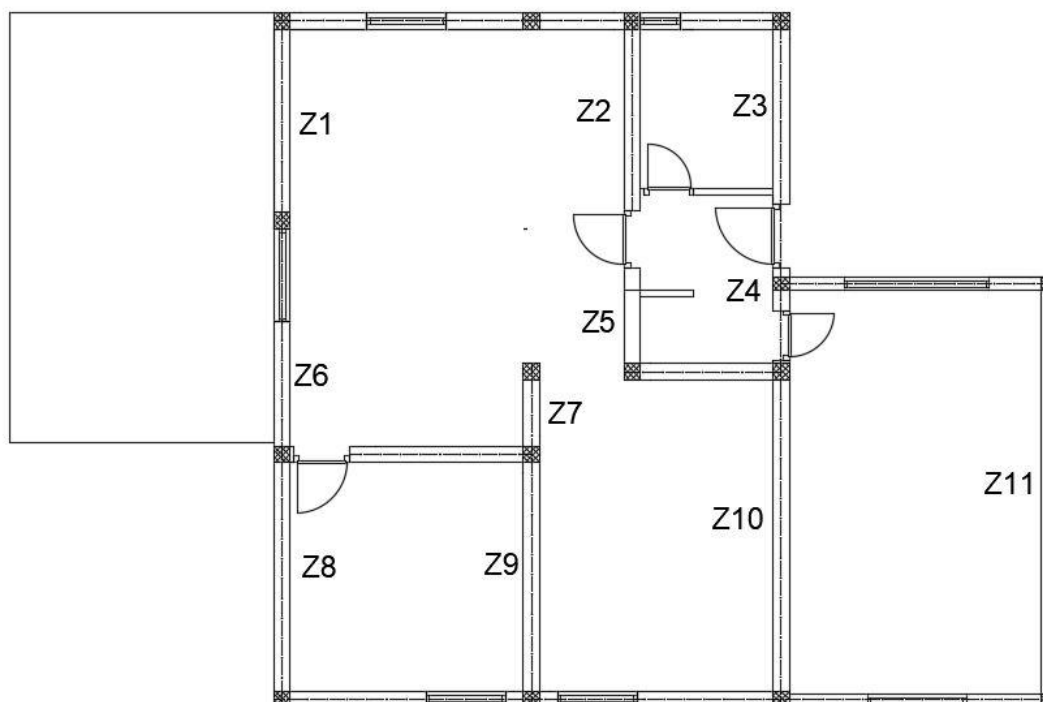
Za  $a_g=0,2$  i omeđeno žiđe ( s horizontalnim i vertikalnim serklažima) te za dvije etaže minimalni postotak ploštine poprečnih presjeka nosivih zidova u svakom smjeru je 2% bruto tlocrtnne površine kata. U tablicama su izračunati postotci zidova u oba smjera te su podijeljeni s bruto površinom kuće.

U x smjeru:



ZID	DEBLJINA (m)	DULJINA (m)	VISINA (m)	L/h	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )
Z1	0.30	1.4	2.8	0.5	0.42
Z2	0.30	2.8	2.8	1	0.84
Z3	0.30	2.25	2.8	0.804	0.675
Z4	0.20	0.85	2.8	0.304	0.17
Z5	0.20	1	2.8	0.357	0.2
Z6	0.30	2.75	2.8	0.982	0.825
Z7	0.30	2.25	2.8	0.804	0.675
Z8	0.30	2.18	2.8	0.779	0.654
Z9	0.30	0.27	2.8	0.096	0.081
Z10	0.30	0.27	2.8	0.096	0.081
Z11	0.30	2.05	2.8	0.732	0.615
Z12	0.20	1.18	2.8	0.421	0.236
Z13	0.20	1.12	2.8	0.400	0.224
BRUTO POVRŠINA: 107.9 m <sup>2</sup>				POVRŠINA:	5.696
				POSTOTAK :	5.60%

U y smjeru:



ZID	DEBLJINA (m)	DULJINA (m)	VISINA (m)	L/h	POVRŠINA (m2)
Z1	0.30	3.02	2.8	1.0785714	0.906
Z2	0.30	2.75	2.8	0.9821429	0.825
Z3	0.30	2.65	2.8	0.946	0.795
Z4	0.20	0.65	2.8	0.232	0.13
Z5	0.20	1.7	2.8	0.607	0.34
Z6	0.30	1.88	2.8	0.671	0.564
Z7	0.30	1.25	2.8	0.446	0.375
Z8	0.30	3.45	2.8	1.232	1.035
Z9	0.30	3.45	2.8	1.232	1.035
Z10	0.30	4.7	2.8	1.679	1.41
Z11	0.30	6.1	2.8	2.179	1.83
BRUTO POVRŠINA: 107.9 m2				POVRŠINA:	9.245
				POSTOTAK :	8.50%

Postotak površina nosivih zidova u oba smjera zadovoljava minimalni postotak (2%)

## 16. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog projekta, detaljno je obrađen proračun stabilnosti obiteljske kuće stambene namjene s prizemljem i katom. Glavni nosivi konstrukcijski sustav kuće čini omeđena zidana konstrukcija, izgrađena od opekarskih blokova, koji je ojačan vertikalnim i horizontalnim serklažima. Međukatna konstrukcija izvedena je kao puna AB ploča dok je krovna konstrukcija izvedena polumontažnim sustavom (fert strop) s armirano betonskom pločom.

Nosiva vertikalna konstrukcija kuće uključuje unutarnje i vanjske zidove debljine 25 cm, ojačane vertikalnim serklažima. Temeljenje se oslanja na trakaste armirano-betonske temelje ispod nosivih zidova širine 55 cm.

S obzirom na seizmički rizik u području, konstrukcija je dizajnirana da izdrži potres s ubrzanjem tla od 0.2g, prema normama EC-6 i EC-8.

U svim betonskim radovima koristi se beton C 30/37 i armatura B 500 osim u temeljima koji su izrađeni s betonom niže klase (C 25/30).

Svi računalni proračuni izvedeni su pomoću programa "Scia Engineer", a svi detalji i tehnički podaci relevantni za projekt su pažljivo razmotreni i implementirani u projektne planove.

Ovaj projekt osigurava stabilnost i sigurnost obiteljske kuće u uvjetima potresa i ostalih opterećenja koji se mogu pojaviti tijekom vijeka trajanja kuće. Statički proračun i konstrukcijski detalji osiguravaju visoku razinu izdržljivosti i sigurnosti za buduće stanare.

## **17. LITERATURA**

- (1) *Alen Harapin, Jure Radnić, Nikola Grgić, Marija Smilović Zulim, Marina Sunara, Ante Buzov, Ivan Banović – OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA*
- (2) *Skripte iz kolegija „Betonske konstrukcije 1“ i „Betonske konstrukcije 2“ (FGAG Split)*
- (3) *Programski zadatak iz kolegija „Betonske konstrukcije 2“*
- (4) *Opterećenja u zgradarstvu (prikaz propisa)*
- (5) *Spisak zakona i pravilnika korištenih pri izradi projekta- poglavlje 7 (str.21)*

### **Korišteni programi**

- (1) *AutoCad 2023*
- (2) *SCIA Engineer 22.0*
- (3) *Microsoft Word*
- (4) *Microsoft Excel*

