

**Prof. dr. Ante Mihanović**  
**Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu**

**SUSTAV KONSTRUKCIJA**

**B I J E L I     S T R O P**

**PRIRUČNIK ZA:**  
**PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE**

**Split, travanj 2010.**

## SADRŽAJ:

<b>1. PROSLOV</b>	3
<b>2. DEKLARACIJA PROIZVODA</b>	4
2.1 TEMELJNI PODACI O BIJELOM STROPU	4
2.2 NOSIVOST GREDICA BIJELOG STROPA	6
2.3 MINIMALNA TEHNIČKA SVOJSTVA MATERIJALA	7
2.4 OSNOVNE UPUTE ZA IZVOĐENJE	7
<b>3. PROJEKTIRANJE BIJELOG STROPA</b>	8
3.1 DIJELOVI BIJELOG STROPA	8
3.1.1 Gredica	8
3.1.2 Stropni blok	8
3.1.3 Ležajnica	9
3.1.4 Poprečni i uzdužni presjeci	9
3.1.5 Posebne vrste bijelog stropa	10
3.2 GEOMETRIJSKE RELACIJE I POLOŽAJNI NACRTI	11
3.2.1 Ravne pločaste konstrukcije	12
3.2.2 Kose krovne konstrukcije	13
3.2.3 Stubišta	14
3.3 DETALJI PRIMIJENE BIJELOG STROPA	15
3.3.1 Glavni vijenac	15
3.3.2 Sporedni vijenac	15
3.3.3 Poprečno rebro	16
3.3.4 Spoj gredica iz dva smjera	17
3.3.5 Kontinuitet nad osloncima	17
3.3.6 Nosači u ploči	18
3.3.7 Nosači ispod ploče	18
3.3.8 Oslon na čelične konstrukcije	19
3.3.9 Detalji stubišta	20
3.3.10 Detalji krovnih konstrukcija	21
3.3.11 Posebni detalji pri rekonstrukcijama i dogradnjama	28
3.3.12 Produljenje i nastavljanje kratkih gredica	30
3.4 MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST	31
3.4.1 Samostalne gredice i stropni blokovi	31
3.4.2 Bijeli strop nakon montiranja	36
3.4.3 Bijeli strop izložen uspravnom opterećenju	36
3.4.4 Bijeli strop izložen horizontalnom opterećenju	46
3.4.5 Bijeli strop u ovisnosti od potresnih zona	46
3.4.6 Deformabilnost konstrukcije bijeli strop	46
3.4.7 Tehnički propisi i norme	51
<b>4. IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE BIJELI STROP</b>	52
4.1 PRIJEVOZ I PODIZANJE GREDICA I STROPNIH BLOKOVA	52
4.2 PODUPIRANJE I NADVIŠENJE	52
4.3 POSTAVLJANJE BIJELOG STROPA	54
<b>5. UKLANJANJE BIJELOG STROPA</b>	56
<b>6. LITERATURA</b>	57

## 1. PROSLOV

Priručnik koji imate pred sobom ima zadaću na racionalan način upoznati vas sa sustavom konstrukcija pojednostavljeno nazvanih **bijeli strop** (patentno prijavljen pod nazivom *samonosivi lakobetonski zidani strop*), s ciljem brzog pristupa projektiranju i izvođenju. Ostvarenje postavljene zadaće pred autora je postavilo brojne dileme, jer se razine objašnjenja, koje su dane u priručniku, kreću od zanatskih informacija do visokostručnih. Stoga se čitatelj umoljava da uvaži ovu činjenicu prilikom uporabe ovog priručnika.

U prva dva poglavlja priručnika dana je opća informacija o osnovnoj konstrukciji bijeli strop, s temeljnim tehničkim podacima po kojima se konstrukcija prepoznaje i kontrolira, po kojima se mora proizvoditi i ugrađivati, što je inače obveza prema trenutno važećim tehničkim normama.

Unatoč činjenici što je bijeli strop u nekim inačicama postao tipska konstrukcija, projektant je obvezatan cjelinu konstrukcije obraditi i prikazati u svom projektu. Tim prije što je moguće toliko inačica primijene da sigurna gradnja nije moguća bez inženjerskog vođenja, naročito u fazi projektiranja. Dakle, konačnu i punu odgovornost za konstrukciju preuzimaju projektant i revident bez obzira na postojanje patenta i činjenice da se radi o visoko predgotovljenoj konstrukciji.

U trećem poglavlju, dani su bitni podaci potrebni projektantima za projektiranje konstrukcija iz sustava bijeli strop, kako onih koje pripadaju, uvjetno rečeno, tipskom dijelu tako i dijelu onih koje se ne može nazvati tipskim. Već nakon upoznavanja tipskog dijela iskusni korisnik vrlo će brzo primijetiti da je po načelu bijelog stropa moguće riješiti vrlo veliki broj konstrukcija i konstruktivnih detalja koji se javljaju u izgradnji kuća, zgrada, hala, gospodarskih i sličnih gradnji. U izboru konstrukcija i detalja dani su najučestaliji slučajevi. Započinje se s osnovnim geometrijskim podacima i dispozicijskim nacrtima na ravnim međukatnim konstrukcijama. Nastavlja se s kosim krovnim konstrukcijama te na kraju prikazuje cijeli niz detalja vezan uz međukatne i krovne konstrukcije i njihove detalje. Na kraju je dan prikaz osnovnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti.

U četvrtom poglavlju prikazana su osnovna pravila za izvođenje tipske konstrukcije bijelog stropa. Pridržavanje je neophodno kako bi se uspješno dovršila gradnja. Unatoč dobrom projektu, kvalitetnim predgotovljenim elementima bez pravilne ugradnje i dobro izvedenih detalja nema uspješnog završetka. Pri tome osobitu važnost imaju poštivanja pravila nadvišenja i podupiranja.

Posebnu zahvalu za nesebičnu tehničku i stručnu pomoć pri izradi ovog priručnika izražavam gospodinu dr. Borisu Trogrliću dipl. ing. građ. Zahvalnost za mnoge praktične i stručne spoznaje dugujem gospodinu Vladimiru Mihanoviću uz kojeg sam iskušao i naučio mnoge detalje u razradi koncepcije ovog sustava konstrukcija. Na kraju veliku zahvalnost izražavam recenzentu prof. dr. Pavlu Maroviću za svesrdnu podršku i stručne savjete tijekom laboratorijskih ispitivanja prototipa, te posebice tijekom izrade ovog priručnika.

Autor

## 2. OPIS PROIZVODA

Deklaracija proizvoda predstavlja dokumentaciju koja se isporučuje uz pojedine predgotovljene proizvode i pomaže korisniku pribaviti prve najvažnije informacije o konstrukciji koju može sagraditi. Osobito je važno što sadrži osnovna uputstva za izvođenje. Sadržaj deklaracije proizvoda dan je u nastavku.

### 2.1 TEMELJNI PODACI O BIJELOM STROPU VISINE 15 cm

#### NAMJENA PROIZVODA

Služi za gradnju: (1) međukatnih konstrukcija, (2) ravnih i kosih krovnih ploča, (3) stubišta, (4) nadstrešnica i (5) gospodarskih gradnji.

#### DIMENZIJE BIJELOG STROPA

Bijeli strop se gradi od gredica, ležajnica, stropnog bloka, poprečnih rebara i tankoslojnog morta. Deklarirani bijeli strop se izvodi u debljini od 15 cm, a rasponi na koje se mogu postaviti sežu do 6.20 na stropu i do 7.00 m na kosim krovovima. Posebne vrste bijelog stropa proizvode se za raspone do 12.0 i više metara.

#### STROPNI BLOK

Stropni blok je izrađen od lakog porobetona marke YTONG zapreminske mase od 600-700 kg/m<sup>3</sup>. Glavne dimenzije stropnog bloka su 62.5/25/15 cm, a dimenzije kanala za nalijeganje su širina 20 mm, visina 30 mm.

#### NOSIVOST BIJELOG STROPA

U dovršenom stanju nosiva konstrukcija bijelog stropa funkcionira kao roštilj. Podaci o nosivosti gotovog stropa u tabeli T1, a podaci za proračunsku nosivost u tabeli T2.

#### MONOLITIZACIJA BIJELOG STROPA

Bijeli strop se gradi od gredica, ležajnica i stropnog bloka. Gredice su tako proizvedene da se *strop gradi bez ikakve oplata, bez ili s minimalnim podupiranjem*. Nakon postavljanja gredica, ležajnica ispune i armature poprečnih rebara, mikro betonom (nulta frakcija agregata plus cement) se popunjavaju uzdužna i poprečna rebra (približno 10 litara/m<sup>2</sup> stropa). Potom se cijela površina stropa zalije rijetkim tankoslojnim Ytong mortom (dobije se prilikom kupnje blok-ispune) kako bi se popunile sljubnice među blokovima.

Strop je djelomično nosiv istog trena po završetku monolitizacije (oko 0.5 kN/m<sup>2</sup> korisnog tereta), nakon 24 sata nosivost je 70% konačne, a cjelokupna nosivost se ostvaruje nakon 7 dana.

Ako se rabi podupiranje, u nedostatku samonosivih gredica, *podupire se samo u sredini raspona*. Potpore se mogu ukloniti 24 sata nakon monolitizacije stropa.

#### PRORAČUN BIJELOG STROPA

Bijeli strop je utemeljen na hrvatskom patentu P970336A od 19. lipnja 1997, izumitelja prof.dr. Ante Mihanovica. Tipiski projekt i proračun bijelog stropa izradio je Građevinski fakultet Sveučiliša u Splitu. Voditelj projekta bio je prof. dr. Ante Mihanović.

#### ISPITIVANJE GREDICA

Proizvodni pogon predgotovljenih betonskih elemenata koji se proizvode za potrebe određenog gradilišta u skladu s projektom betonske konstrukcije ili po posebnoj narudžbi investitora, odnosno izvođača radova se podrazumjeva pod gradilištem (Tehnički propis za betonske konstrukcije, čl. 12). Gredice kao predgotovljeni betonski elementi se svrstavaju u 4. kategoriju ispitivanja te se ispituju uzorci iz proizvodnje prema utvrđenom planu ispitivanja (2puta godišnje) od strane ovlaštene pravne osobe (Zakon o građevnim proizvodima, NN 86/08).

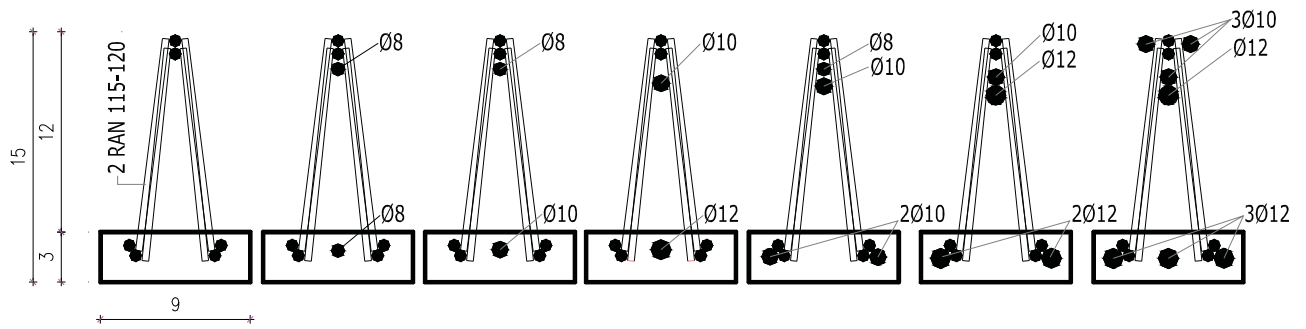
Ispitivanje se vrši pokusnim opterećenjem do sloma gredice. Ispituju se gredice svijetlog raspona 3,0 m.

#### ISPITIVANJE BIJELOG STROPA

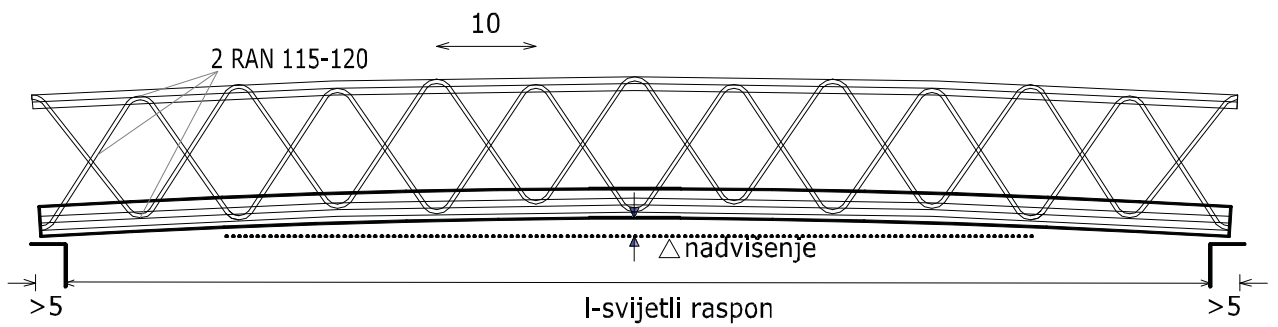
Ispitivanje svih faza slaganja te konačnog stanja stropa izvršio je Laboratorij za konstrukcije i materijale Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu, u periodu od 1.04 - 31.12.98. Ispitivanje je vršeno u laboratorijskim uvjetima te u prirodnim uvjetima na gotovim građevinama. Voditelj ispitivanja bio je prof. dr. Pavao Marović.

Strop kao cjelovita konstrukcija već je ispitan više puta: (1) kao prototip raspona 5.0 m, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu 1997.g. (M.1), (2) na građevinama u dva navrata, rasponi 5.5 i 6.0 m, Građevinski fakulteta Sveučilišta u Splitu, 1988 i 1999. g. (M.1-2), (3) na građevini, raspon 6.0 m, Tvrtka Prokion Split, 1999. g. (D.1).

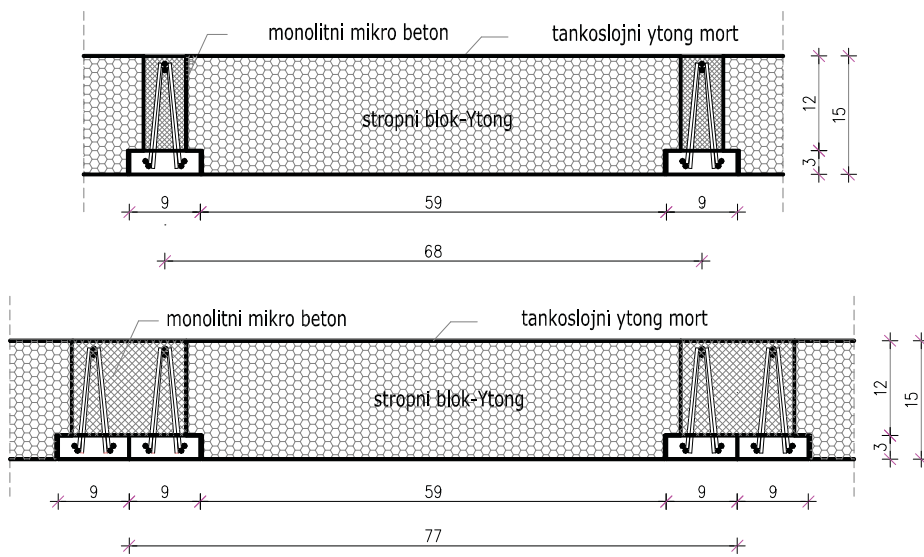
Rasponi i opterećenja koji bi se pojavili prvi put i bili izvan do sada ispitanih podliježu pokusnim ispitivanjima.



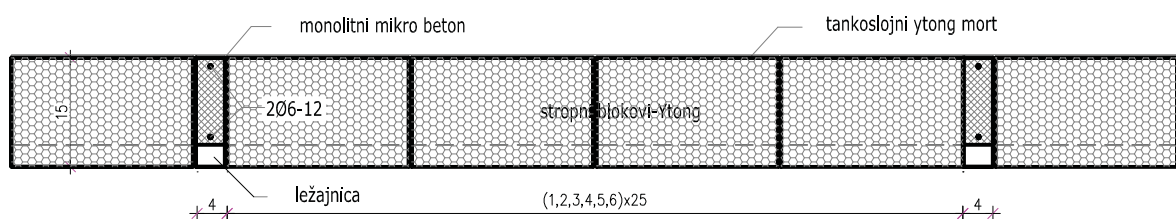
Crtež 2.1. Uobičajeni poprečni presjeci tipova gredica



Crtež 2.2. Shematski prikaz proizvodnog nadvišenja gredice



Crtež 2.3. Poprečni presjek stropa s pojedinačnim i udvojenim gredicama



Crtež 2.4. Slaganje bijelog stropa

## 2.2 NOSIVOST GREDICA BIJELOG STROPA

### 2.2.1 RADNA NOSIVOST GOTOVOG STROPA - UPORABNO OPTEREĆENJE

U tabeli T1 je prikazano ukupno uporabno opterećenje (nefaktorirano, bez vlastite težine  $1.2 \text{ kN/m}^2$ ) koje može nositi bijeli strop visine 15 cm, u koje spada: žbuka, slojevi poda, pregradni zidovi i korisno opterećenje ( $\text{kN/m}^2$ ).

Tabela T1:

Ukupno uporabno opterećenje-bez vlastite težine ( $\text{kN/m}^2$ ):									
DODATNA ARMATURA U GREDICI	SVIJETLI RASPON (m)								
	2,0	3,0	3,5	4,0	4,3	4,5	5,0	5,5	6,2
-	16,2	6,4	4,4	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Ø8 /Ø8		9,0	6,2	4,4	ne	ne	ne	ne	ne
Ø8 /Ø10			7,2	5,1	4,3	ne	ne	ne	ne
Ø10 /Ø12				6,0	5,0	4,3	ne	ne	ne
Ø8+Ø10 /2Ø10					6,2	5,5	4,3	ne	ne
Ø10+Ø12 /2Ø12						7,0	5,4	4,3	ne
3Ø10+Ø12 /3Ø12							7,7	6,1	4,3

Udvojene gredice imaju dvostruko veću nosivost.

### 2.2.2 SLOMNO - GRANIČNO OPTEREĆENJE GOTOVOG STROPA

U tabeli T2 je prikazano ukupno slomno (granično) opterećenje koje može nositi bijeli strop visine 15 cm, ( $q_u = \text{kN/m}^2$ ).

Tabela T2:

Ukupno računsko opterećenje $q_u$ ( $\text{kN/m}^2$ ):									
DODATNA ARMATURA U GREDICI	SVIJETLI RASPON (m)								
	3,0	3,5	4,0	4,3	4,5	5,0	5,5	6,2	
-	10,8	7,9							
Ø8 /Ø8	14,3	10,5	8,0						
Ø8 /Ø10	16,0	11,8	9,0	7,8					
Ø10 /Ø12	18,0	13,3	10,2	8,8	8,0				
Ø8+Ø10 /2Ø10		15,9	12,2	10,5	9,6	7,8			
Ø10+Ø12 /2Ø12			14,7	12,7	11,6	9,4	7,8		
3Ø10+Ø12 /3Ø12				16,9	15,4	12,5	10,3	8,1	

Udvojene gredice imaju dvostruko veću nosivost.

## 2.3 MINIMALNA TEHNIČKA SVOJSTVA UPORABLJENIH MATERIJALA

### **Gredice:**

Zavareni rešetkasti armarurni nosači RAN su proizvedeni iz čelika klase B500A. Dodatna armatura je također B500A. Beton donjeg pojasa gredice i **ležajnice**, liveni mikro beton (cement + nulta frakcija) je klase C20/25. Tolerancije postavljanja armature L/350, gdje je L - duljina na kojoj se mjeri tolerancija. Međusobna svjetla udaljenost šipki po visini u tlačnom pojasu mora biti manja od 1/2 promjera uporabljenih šipki. Kakvoća varova R nosača - dovoljna iz standardne tvorničke proizvodnje. Ne upotrebljavati R nosače jako zahrđalih varova. Nosači kod kojih stiskanjem puca više od jednog vara/30 varova nisu za uporabu. Puknute varove ponovo zavariti. Tolerancija dimenzija poprečnog presjeka donjeg pojasa +/- 2 mm.

Beton za monolitizaciju uzdužnih i poprečnih gredica, liveni mikro beton (cement + nulta frakcija) treba biti klase C20/25.

Sastavna gradiva od kojih se beton proizvodi ili 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.

### **Lakobetonski stropni blok:**

Stropni blok je izrađen od lakog porobetona trgovačke marke Ytong, proizveden u skladu s normom HRN EN 771-4:2004 i HRN EN 771-4/A1:2005. Spada u grupu proizvoda 4,00/0,50 N/mm<sup>2</sup>/t/m<sup>3</sup> i ima kvalitetu proizvoda I. razreda. Zapreminska masa mu je 500 kg/m<sup>3</sup>.

Kakvoća se dokazuje dokumentom dobavljača stropnih ispuna (Certifikat tvorničke kontrole proizvodnje br. 29-068/06).

Tolerancije glavnih dimenzija stropnog bloka +/- 3 mm, tolerancije zasjeka za nalijeganje +/- 2 mm.

## 2.4 OSNOVNE UPUTE ZA IZVOĐENJE

### **U fazi suhe montaže:**

Ako ima podupiranja izvesti ga po sredini raspona. Jedan metalni podupirač može nositi 12 m<sup>2</sup> stropa. Ne smije se gaziti na ležajnice. Ne smije se gaziti na gredice, već samo na stropni blok. Stropni blok ne opterećivati silom većom od 1.3 kN/komadu. Oprezno se odnositi prema opterećivanju blokovima čija je širina piljenjem smanjena. Blokove se smije udarati samo gumenim čekićem. Ne skakati niti trčati po blokovima. Oštećene blokove ne ugrađivati, već ih piljenjem rabiti za završetke. Ne opterećivati jednu gredicu s više od jednim čovjekom. Hodanje je preporučljivo rubom blokova. Vožnja laganih kolica moguća je samo preko dasaka.

### **U fazi svježe monolitizacije:**

Glavni cilj punjenja gredica i rebara je zaštita armature betonom. Prije popune gredice lica blokova treba natopiti vodom. Sloj morta može se izvoditi odmah nakon popune gredica, prethodno blokove natopiti vodom ili naknadno. Organizirati rad tako da se ne hoda po dijelu konstrukcije u kojoj je beton u fazi stvrdnjavanja. Ukloniti sva opterećenja s gredica koje su popunjene betonom. Za toplih dana strop treba njegovati polijevanjem vodom barem 24 sata. Pri niskim temperaturama (5°C i niže) ne izvoditi monolitizaciju niti postavljanje tankog sloja morta.

### **Gotov strop:**

Razna oslanjanja za rad na višim katovima ili krovu obaviti tako da na jedan blok djeluje sila do 5 kN.

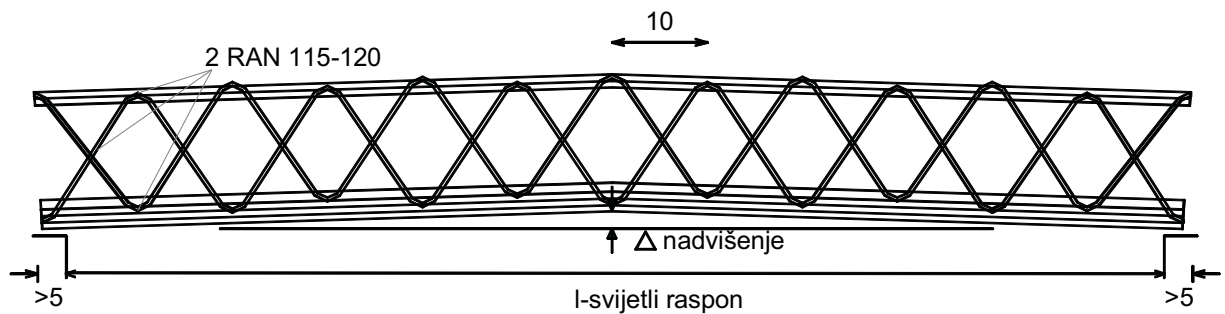
### 3. PROJEKTIRANJE BIJELOG STROPA

#### 3.1 DIJELOVI BIJELOG STROPA

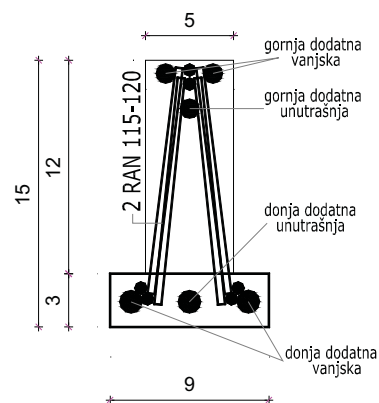
Bijeli strop se sastoji od slijedećih predgotovljenih dijelova: gredica, ležajnica i stropnih blokova te monolitnih dijelova poput, glavnog rebra, poprečnog rebra, mikrobetona i tankoslojnog morta. Uz to, u konstrukciju se ugrađuje niz posebnih dijelova na mjestima dodira stropa s vijencima, stupovima i ostalim nosačima.

##### 3.1.1 Gredica

Gredica je predgotovljeni dio iz kojeg u postupku dogotavljenja konstrukcije nastaje glavno rebro, obično udvojeno, trostruko ili niz nosača različite namijene kao što su nosači u ploči ili nosači ispod ploče. Gredicu je moguće oslanjati na pojasnicu, ali i na gornji čvor prvi ili zadnji.



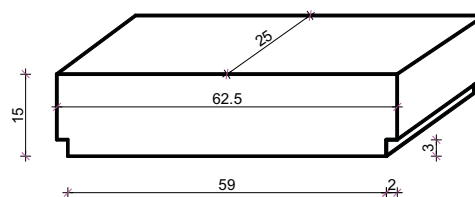
Crtež 3.1 Pogled na gredicu



Crtež 3.2 Presjek gredice bijelog stropa

##### 3.1.2 Stropni blok

Stropni blok je predgotovljeni lakobetonski dio, zapreminske mase oko  $650 \text{ kg/m}^3$ . Postavlja se između gredica te služi kao skela za hodanje, a nakon zalijevanja rebara i dogotavljenja sloja tankog morta služe kao konačna konstrukcija. Poprečnim i uzdužnim piljenjem dimenzije bloka se mogu prilagoditi i manjim rasponima. Kod uzdužnog piljenja potreban je oprez jer se smanjuje nosivost bloka.



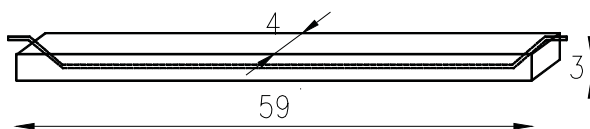
Crtež 3.3 Stropni blok



### 3.1.3 Ležajnica

Ležajnica je predgotovljeni dio koji služi kao oplata poprečnog rebra. Obično se postavlja nakon 4-6 blokova.

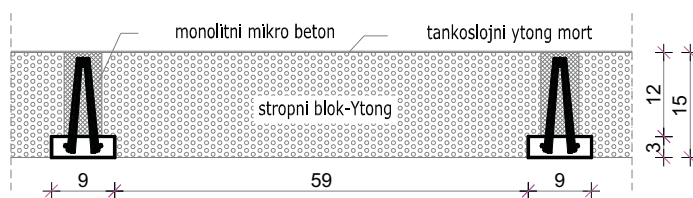
Pri normalnoj širini rebra se postavljaju jednostruko, a po potrebi se mogu postaviti dvostruko trostruko i višestruko. Armatura ležajnice je dovoljna za potrebe montiranja. Za funkciju poprečnog rebra dodaje se zasebna armatura.



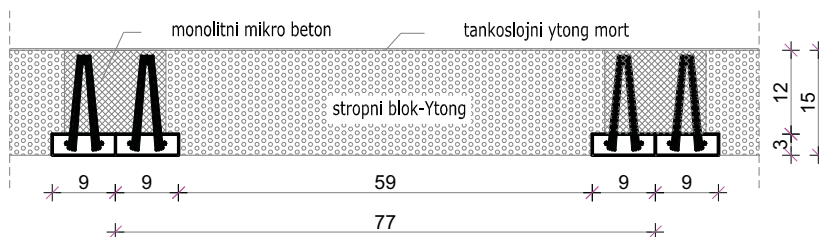
Crtež 3.4 Ležajnica

### 3.1.4 Poprečni i uzdužni presjeci

Presjek kroz gredicu i stropni blok

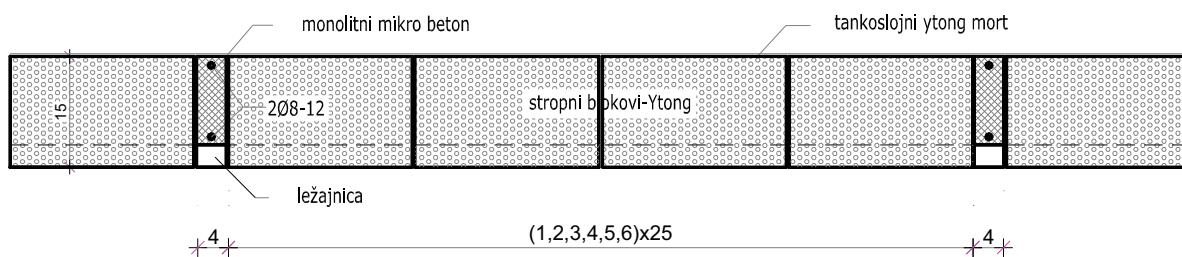


Presjek kroz udvojenju gredicu i stropni blok



Crtež 3.5 Bijeli strop standardne visine - poprečni presjek

Formiranje poprečnih rebara

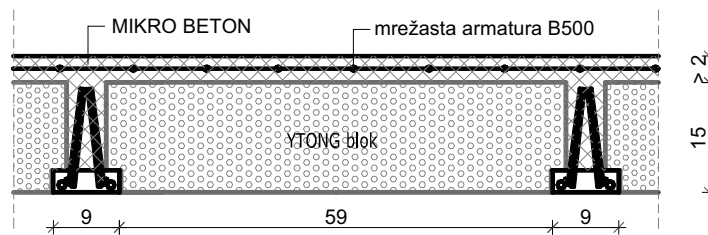


Crtež 3.6 Uzdužni presjek i poprečna rebra

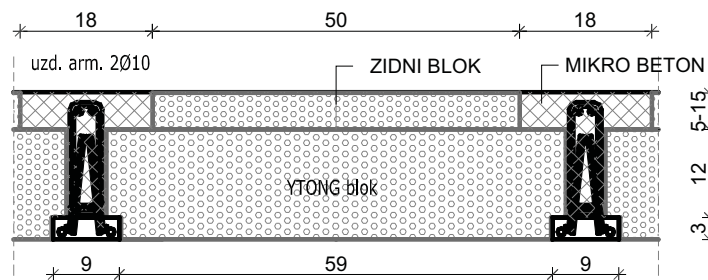
### 3.1.5 Posebne vrste bijelog stropa

Posebne su vrste bijelog stropa one kod kojih se pojavljuju neobično velika opterećenja, veliki rasponi ili jedno i drugo istodobno. Rješenje zadaće je ostvareno dodatnom pločom iz mikro betona ili povišenjem bijelog stropa uz dvoslojne stropne blokove. Kod izvedbe dodatne ploče u potresnim područjima potrebno je dovoljnom količinom armature osigurati duktilnost cjeline u poprečnom smjeru.

1.



2.



Crtež 3.7 Posebni bijeli stropovi većih: visina, raspona i nosivosti

### 3.2 GEOMETRIJSKE RELACIJE I POLOŽAJNI NACRTI

Puni osni razmak gredica bijelog stropa iznosi 68 cm, a nominalna debljina konstrukcije 15 cm. Blokovi bijelog stropa mogu se piljenjem skratiti i tako na krajevima prilagoditi uvjetima bilo koje geometrije. Pri uporabi skaraćenog stropnog bloka najmanja osna udaljenost gredica može biti 10 cm. Ispod ove granice polje se puni još jednom gredicom ili se naprosto ispod priveže daska kao oplata proširenog rebra.

Razmak i širina poprečnih rebara prilagođavaju se cijelom broju blokova te uvjetima nosivosti i potresnim zonama. Mogući osni razmaci poprečnog rebra debljine 4 cm su:  $(25+4=29)$ ,  $(50+4=54)$ ,  $(75+4)=79$ ,  $(100+4=104)$ ,  $(125+4=129)$ ,  $(150+4=154)$  cm. Dominirajući razmak je 129 cm. U visokim potresnim zonama,  $a_G \geq 0.30$ , razmak je 104 cm ili manji.

Poprečna rebra prema potrebi mogu biti i šira, 8, 12 i 16 cm. Slučaj je to kad se u njima želi formirati konkretan nosač s nosivosti većom od one za uobičajena rebra.

Moguće je spajanje gredica iz dva smjera pomoću U sidara u betonu ili pomoću zavarivanja ili jednog i drugog. Uopće, spajanja bijelog stropa s ostalim konstrukcijama ili međusobno zahvalno je raditi zavarivanjem slijedeći opća načela konstruiranja i zavarivanja čeličnih konstrukcija.

#### 3.2.1 Ravne pločaste konstrukcije

Projektiraju se tako da se grede postavljaju u smjeru najkraćih raspona. Uputno je započinjati s gredicom uz sam poprečni zid pri čemu je povoljnije ako se gredica djelomično, barem 2-3, cm osloni pojasnicom na zid. Premda je moguće izvoditi polja osnog razmaka manjeg od 68 cm, svako takvo polje neusporedivo je skuplje od onog gdje nema rezanja blokova.

Otvore u konstrukciji koji su širi od 68 cm treba opasivati jednostrukom ili dvostrukom gredicom po rubovima. U drugom smjeru najprikladnije je zaokrenuti grede te ponovo obujmiti otvor.

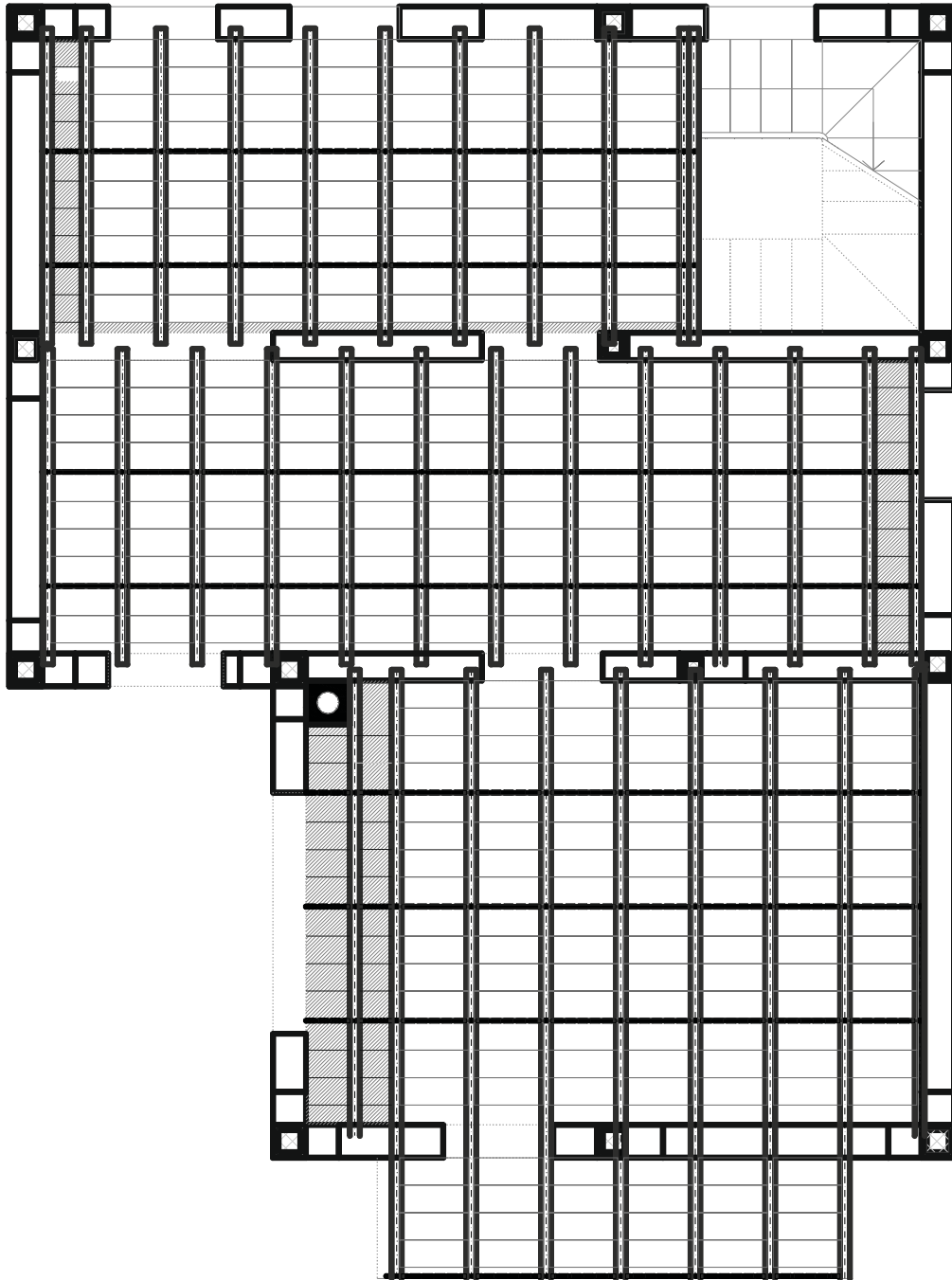
Nosači raspona manjih od 2.0 m, na koje bi se trebalo osloniti neke od gredica, mogu se formirati proširenim poprečnim rebrom. Ovi nosači mogu biti gredni, ali i konzolni. Podupiranje ovakvih mjesta mora trajati najmanje sedam dana.

Konzolni istaci najefikasnije se realiziraju kontinuiranim produljenjem unutrašnjih gredica (vidjeti crtež 3.8) Ako se smjer unutrašnjih gredica ne podudara sa smjerom konzole, tada se, dio gredica uz oslonac konzole izbaciti kako bi se grede konzole presedlale preko oslonca na unutrašnji raspon. Unutrašnji oslonac konzole tvori nosač formiran od udvojenih gredica.

Konzole je moguće izvesti jednostavnim upucavanjem, tako da od oslonca prema vani konzolu formira gredica sa dovoljnim sidrom u gornjem pojasu. Sidro se dovoljno duboko uvlači okomito na unutrašnje grede s tim da se baš na tom mjestu formira poprečno rebro dovoljne duljine. Rubovi konzola s čeonu strane uvijek se završavaju poprečnim rebrom. Bočne strane konzola, kao i sve rubove unutrašnjih otvora uz grede, završavaju se proširenom gredicom tako da se uz rubnu gredicu postavi daska.

Kada se pojavi raspon veći od 5.50 m, deformabilnost bijelog stropa ima limit kojeg se isključuje tako da se udvoji svaka treća ili svaka četvrta gredica. U tom slučaju udvojene grede formiraju povoljno deformabilne nosače koji pridržavaju ostale uz znatno roštiljno djelovanje poprečnih rebara i ostalih gredica.

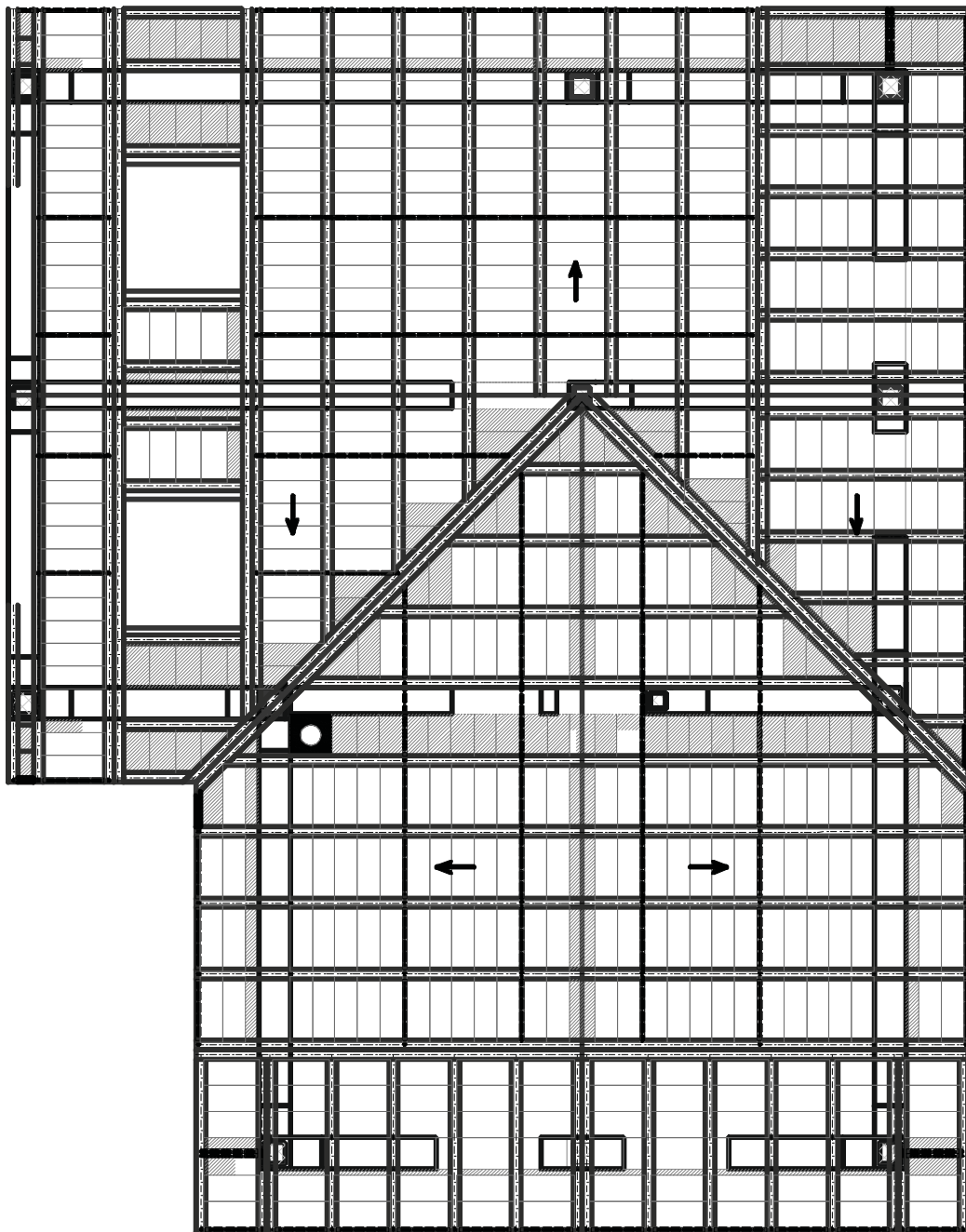
U nedostaku dovoljnog broja zidova, a s mogućnošću postavljanja AB stupova, racionalno je na stup osloniti nosače u bijelom stropu koji služe kao oslonci gredica. Ova mogućnost daje racionalno korištenje prostora i do dimenzija 9.0x9.0 m, ako je negdje oko sredine dopušteno postaviti AB stup.



Crtež 3.8 Međukatna ploča s otvorima i konzolama

### 3.2.2 Kose krovne konstrukcije

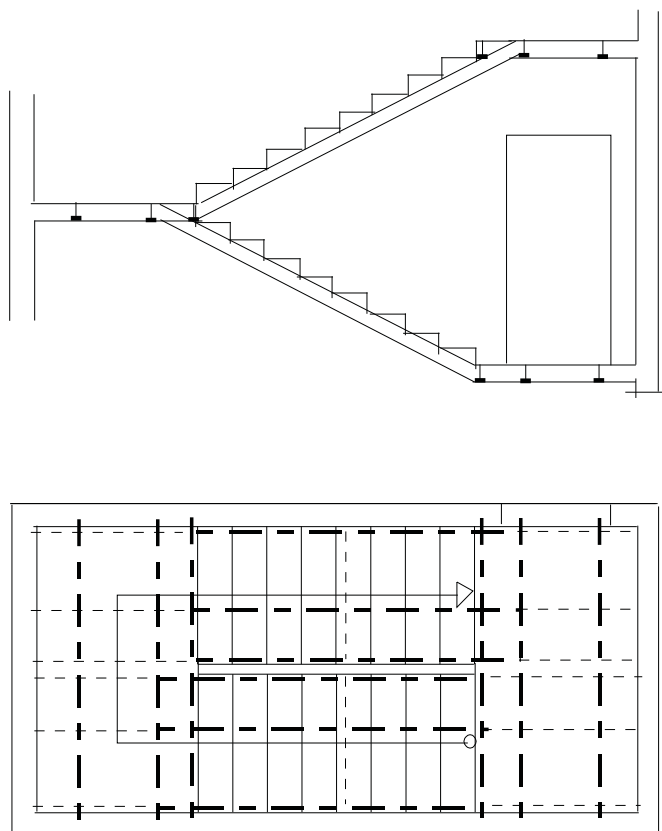
Slično ravnim konstrukcijama i kose se projektiraju tako da se gredice postavljaju u smjeru najkraćih raspona. Gredice mogu biti postavljene u smjeru nagiba krovne plohe, ali i okomito na nju odnosno pod bilo kojim kutom na plohi. Izuzetak predstavljaju krovovi izrazito velikih nagiba, preko 45 stupnjeva. Kako je pokazano u detaljima, u bijelom stropu se jednostavno oblikuju sljemena, grebeni, uvale, istaci streha, krovni otvori i svjetlarnici. Zbog manjih opterećenja, nosivost konstrukcije je lakše osigurati na kosim krovovima. Nosivi sustav krovova je međutim zbog mnogih zahtjeva složeniji i kompliciraniji i stoga skuplji za projektiranje, izradbu predgotovljenih dijelova, kao i za samo izvođenje na licu mjesta. Pri projektiranju kosih krovova valja imati na umu da bijeli strop omogućuje jednog dana njegovo uklanjanje i nadogradnju i ponovnu uporabu.



Crtež 3.9 Višestrešni krov

### 3.2.3. Stubišta

Konstrukcije stubišta u tehnici bijelog stropa slijede načela projektiranja kosih i ravnih ploča. U odmorišta stubišta postavljaju se gredice koje prihvaćaju kose ploče krakova stubišta. Nakon zaljevanja glavnih i poprečnih rebara, na kose ploče se postavljaju gazišta ispiljena iz lakobetonskih blokova. Gazišta se postavljaju u tankoslojni mort. Privremeno se učvršćuju s dva čavla. Rubove gazišta treba zatupiti kako bi se izbjeglo njihovo runjenje. Izrada pravokutnih stubišta je relativno jednostavna, mada složenija od izrade ravne ploče jer dimezije stubišta uvijek podrazumijevaju piljenje blokova postavljenih u konstrukciju. U načelu je moguća izrada i zavojitih stubišta. Tada je nužno zavarivanje gredica na središnji stup. Shema postavljanja gredica i ležajnica prikazana je na crtežu 3.20. U ovom primjeru dolazna i polazna stuba s odmorišta nalaze se u istoj ravnini. Ako se ne traži ista ravnina, konstrukcija stubišta se pojednostavnjuje.



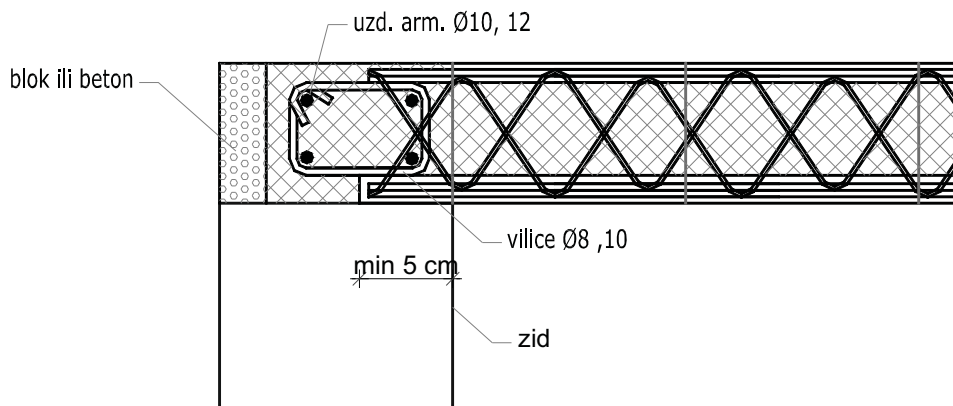
Crtež 3.10 Presjek i tlocrt konstrukcije dvokrakog stubišta

### 3.3 DETALJI PRIMIJENE BIJELOG STROPA

Prikazan je samo manji odnosno karakteristični dio detalja koji se pojavljuju uz konstrukciju bijelog stropa.

#### 3.3.1. Glavni vijenac

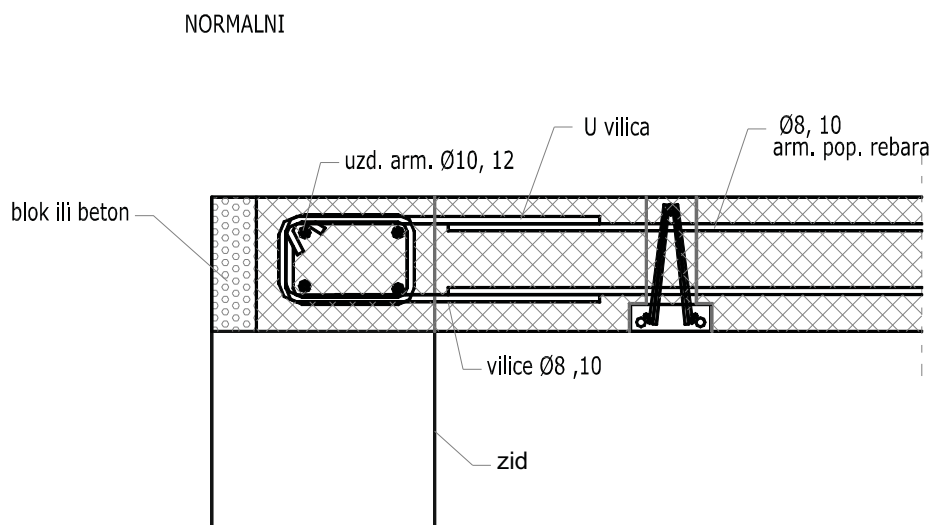
Glavnim vijencem nazvan je onaj koji ide okomito na smjer gredica odnosno glavnih rebara. Inačica mu je prikazana na crtežu 3.11. Naročito je važno da dio ili sve šipke vijenca prolaze iza čvorova RAN nosača čija je nosivost naravno sačuvana tijekom rezanja armature. Površine betona i armature u presjeku vijenca moraju biti odabrane tako da budu same za sebe duktilne.



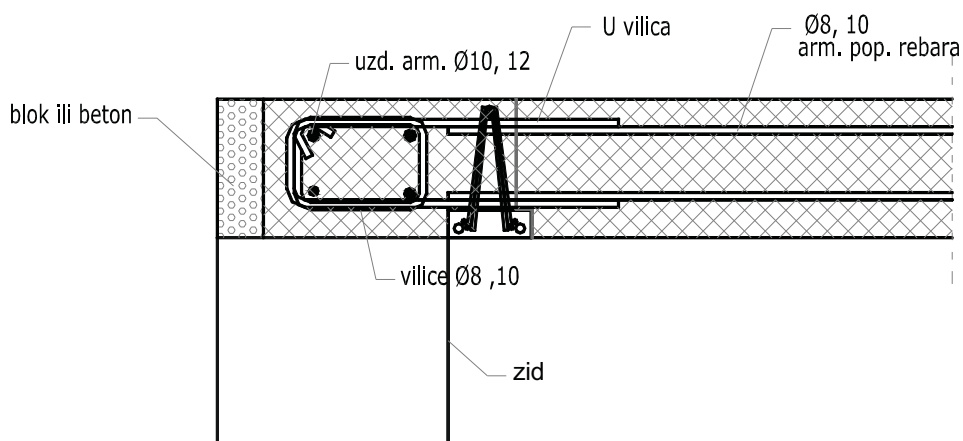
Crtež 3.11 Presjek kroz glavne vijence

#### 3.3.2. Sporedni vijenac

Sporednim vijencem, uvjetno rečeno, nazvan je onaj vijenac koji ide paraleleno s glavnim rebrima. Inačice su mu prikazane na crtežu 3.12. Naročito je važno da se armatura poprečnog rebra kvalitetno usidri u sporedni vijenac. I ovdje vrijedi prethodni naputak o odnosu betona i armature u presjeku vijenca. U pokusnim ispitivanjima na gravitacijsko opterećenje najlošije rezultate pokazuje udvostručeni vijenac.



## UDVOSTRUČENI

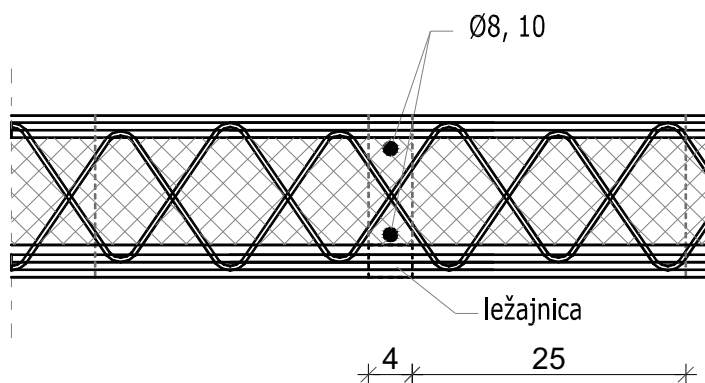


Crtež 3.12 Presjek kroz sporedne vijence

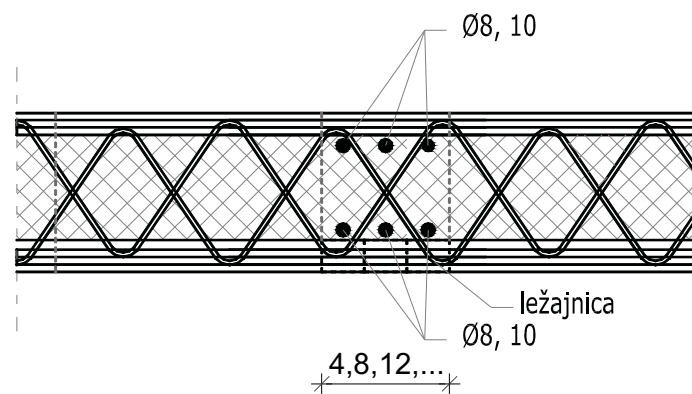
### 3.3.3. Poprečno rebro

Poprečno rebro je posebno važan konstruktivni element jer ; ujednačava progibe i nosivost glavnih rebara kada su nejednako opterećeni gravitacijskim opterećenjima, povezuje konstrukciju u horizontalnu cjelinu i prenosi uzdužne i posmične sile od opterećenja u ravni stropa, a uz to, po potrebi, proširenjem postaje racionalan nosač u poprečnom smjeru ploče. Stoga je bitno da razmak poprečnih rebara ne bude prevelik. Prethodno preporučeni razmaci pokazali su djelotvornost tijekom pokusnih opterećenja.

#### OBIČNO



#### PROŠIRENO

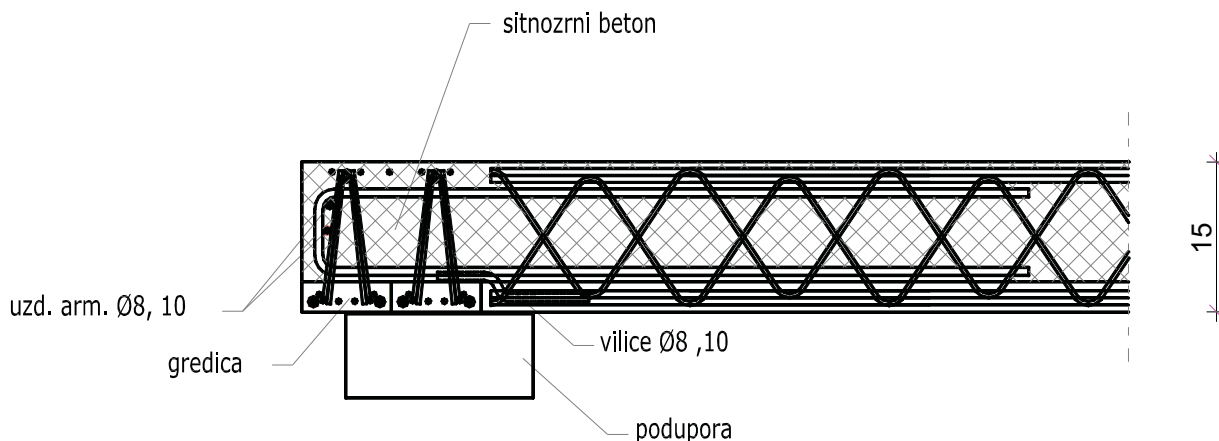


Crtež 3.13 Presjek kroz poprečna rebra



### 3.3.4. Spoj gredica iz dva smjera

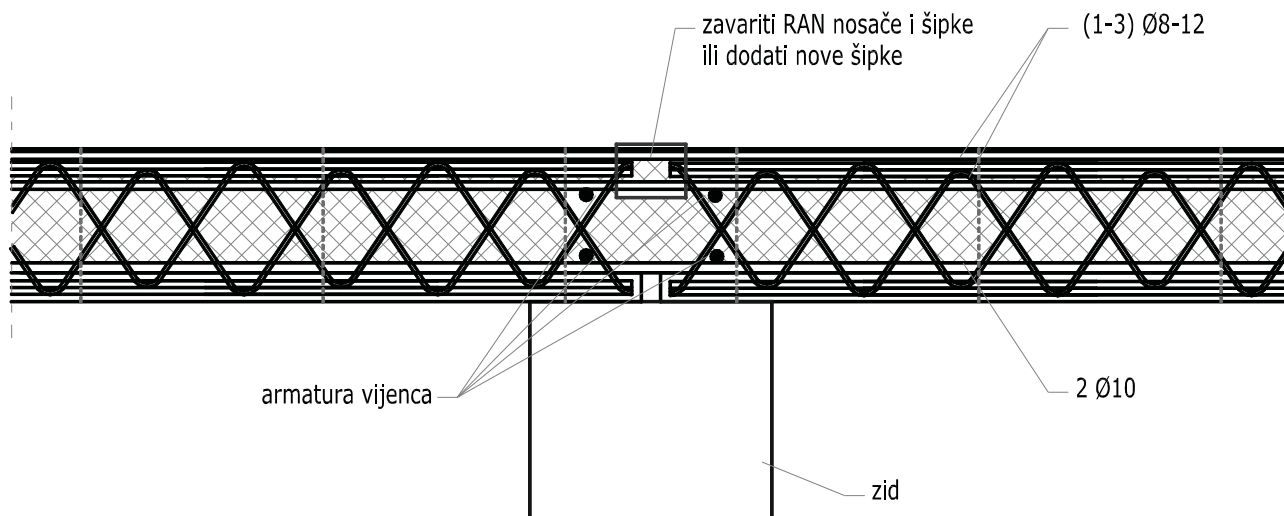
Detalj koji pokazuje gotovo nepregledne mogućnosti uporabe bijelog stropa upravo je ovaj koji omogućuje spoj gredica iz dva smjera. Pri tome odmah valja kazati da ti smjerovi mogu biti pod kutevima 20-160 stupnjeva. Kako je prikazano na crtežu 3.14, bitna sastavnica spoja je U sidro koje nakon otvrdnjavanja mikro betona konačno osigurava uzdužno i poprečno posmično povezivanje, ako je potpomognuto zavarivanjem utoliko bolje. Zub na kraju poprečne gredice ima samo funkciju osiguranja točne geometrije, ali ne i nosivosti tijekom gradnje ili kasnije. često je potrebno da je zbog velikog opterećenja glavno rebro dvostruko ili višestruko.



Crtež 3.14 Presjek spoja gredica iz dva smjera

### 3.3.5. Kontinuitet nad osloncima

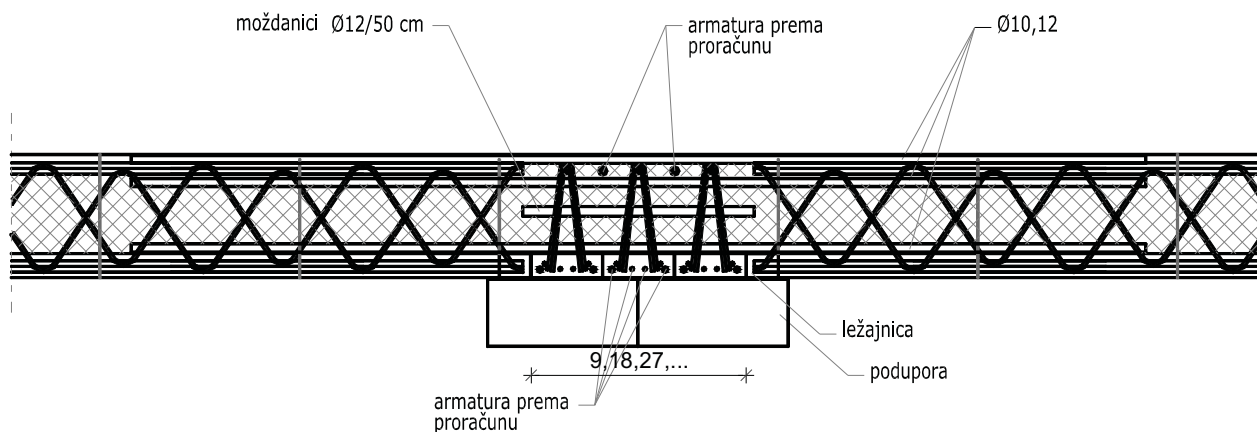
Ako gredice same po sebi nisu načinjene da kontinuirano prolaze preko oslonca, pomoću detalja na crtežu 3.15 moguće je postići puni kontinuitet. Premda za samu nosivost kontinuitet često i neće biti neophodan, uvijek je koristan za umanjjenje progiba i povećanje krutosti konstrukcije. Kada je potrebna veća širina vijenca, tada ga se pomoću ležajnica može proširiti. Ukoliko se primijeni zavarivanje nastavaka šipke, tada se kontinuitet može iskoristiti i pri samom montiranju.



Crtež 3.15 Potpuni kontinuitet na osloncu

### 3.3.6. Nosači u ploči

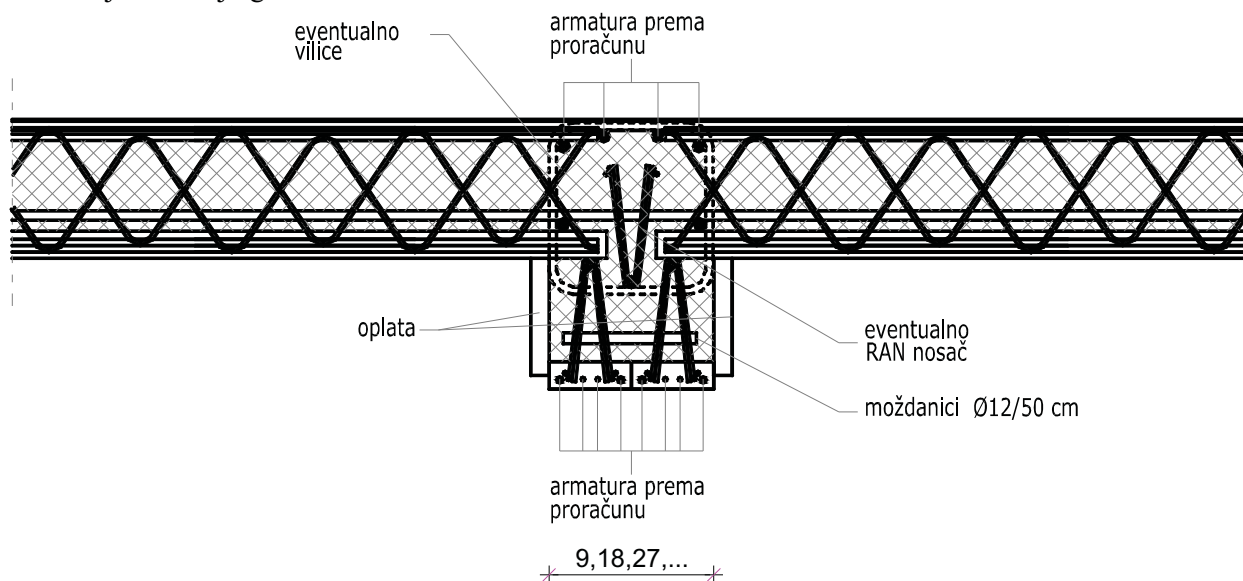
Nosačima u ploči nazivaju se konstruktivni elementi nastali po načelu spoja dvije ili više gredica. Bilo da se grede izvede kao predgotovljene, bilo da ih se praktički izvodi na licu mjesta, zajedno s cijelim nosačem. Svrha im je primiti grede iz drugog smjera i vrlo često smanjiti glavni raspon. U visini od 15 cm racionalni su do raspona od cca 6 m. O veličini raspona i opterećenja ovisi njihova širina. Kritičan podatak je mogućnost prijenosa poprečnih sila. Prijenos momenata i deformabilnost se lakše rješavaju. Prema potrebi izračuna ubačeni RAN nosači mogu biti postavljeni i obrnuto ili mješovito, pri čemu nije nužno dupliranje RAN nosača. Monolitna inačica je prikazana na crtežu 3.16.



Crtež 3.16 Presjek monolitnog nosača u ploči

### 3.3.7. Nosači ispod ploče

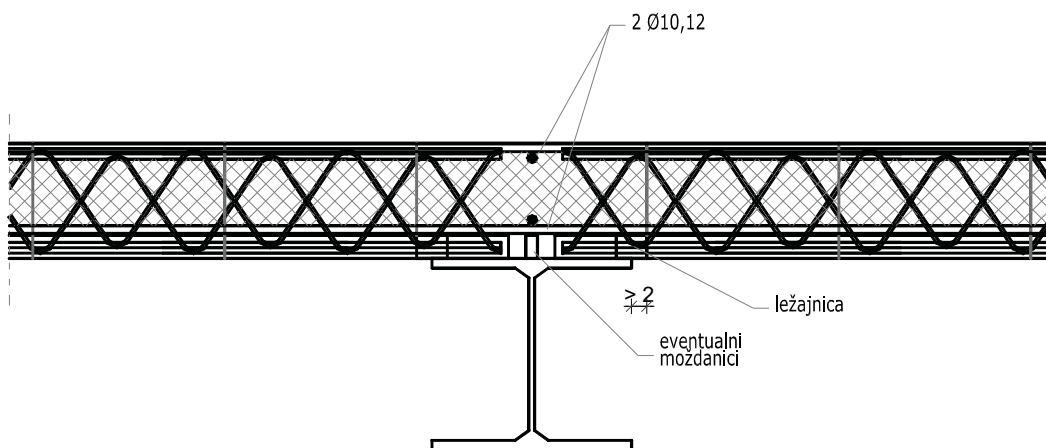
Kada visina nosača u ploči nije dovoljna, rabe se nosači ispod ploče. Temeljni dio čini jedna ili više predgotovljenih gredica kojima je sa strane postavljena oplata. Najmanja ukupna visina nosača je 15+14=29 cm, a najmanja širina 9 cm, vidjeti crtež 3.17. Povećanje visine je slobodno, dok se proširenje događa kao višekratnik širine grede. Prema potrebi, uvijek sukladno izračunu, povezivanje se vrši stremenima koja hvataju gornje čvorove RAN nosača. Ako je posmično naprezanje preveliko, prikladno je ubaciti jedan ili više obrnutih RAN nosača, pri čemu dno ubačenog RAN nosača mora biti barem 5 cm ispod vrha RAN nosača koji formiraju gredu.



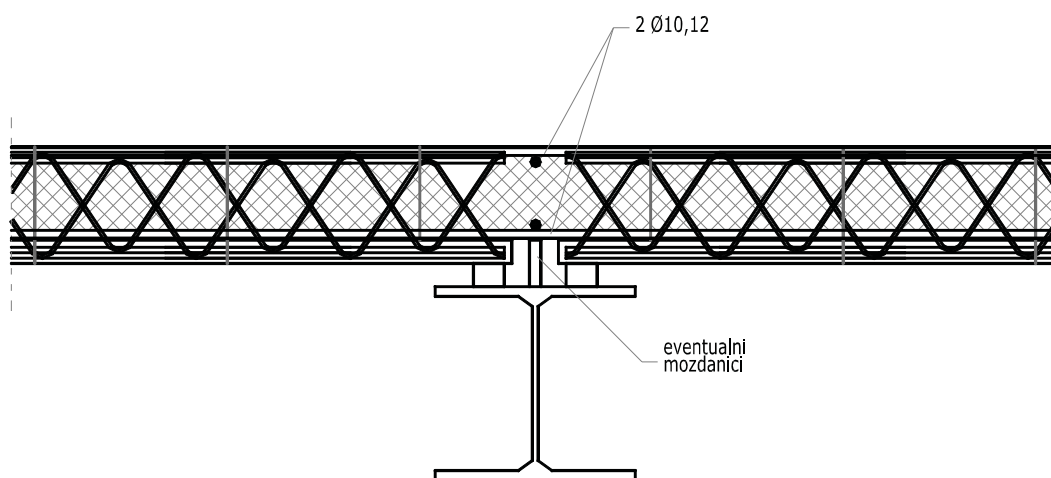
Crtež 3.17 Presjek nosača ispod ploče

### 3.3.8. Oslon na čelične konstrukcije.

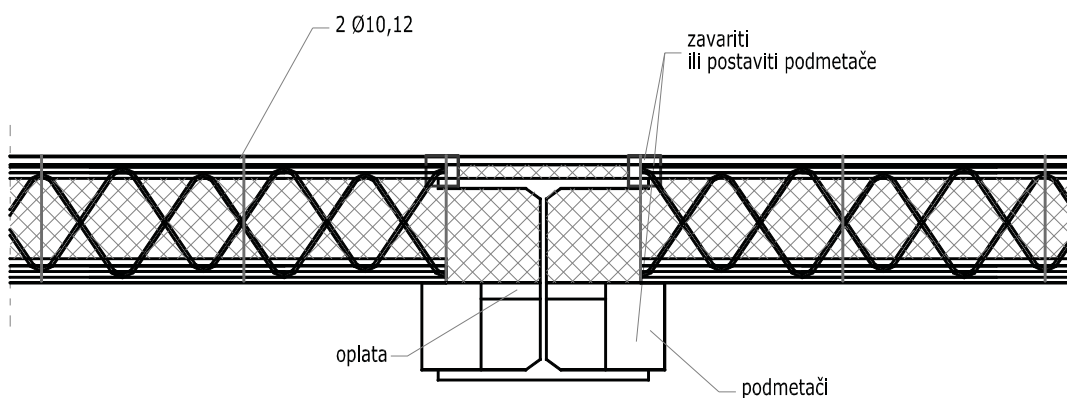
Posebno racionalno je slaganje bijelog stropa na čelične nosače. Mogućnost zavarivanja bilo gornjeg bilo donjeg pojasa gredica bijelog stropa za čelične nosače daje veliku širinu primijene. Kombiniranje bijelog stropa i metalnih konstrukcija uopće daje efikasnu konstrukciju zbog male zapreminske mase bijelog stropa. Uostalom i sam bijeli strop uvelike funkcioniра kao metalna konstrukcija. Neki od mogućih načina oslona na čelične konstrukcije prikazane su na crtežima 3.18-3.20. Osnovno načelo koje pri ovom spoju treba poštivati je da se lakobetonski blokovi dovoljno udalje od čeličnih profila, barem 2.0 cm, zbog mogućih agresivnih djelovanja u posebnim vlažnim uvjetima.



Crtež 3.18 Izravni oslon na čelične nosače



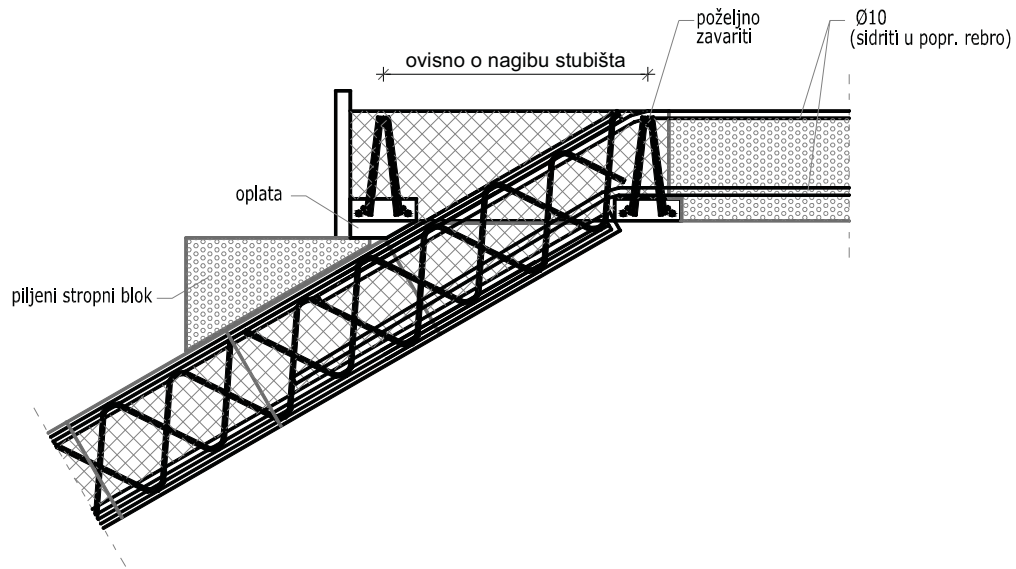
Crtež 3.19 Posredni oslon na čelične nosače



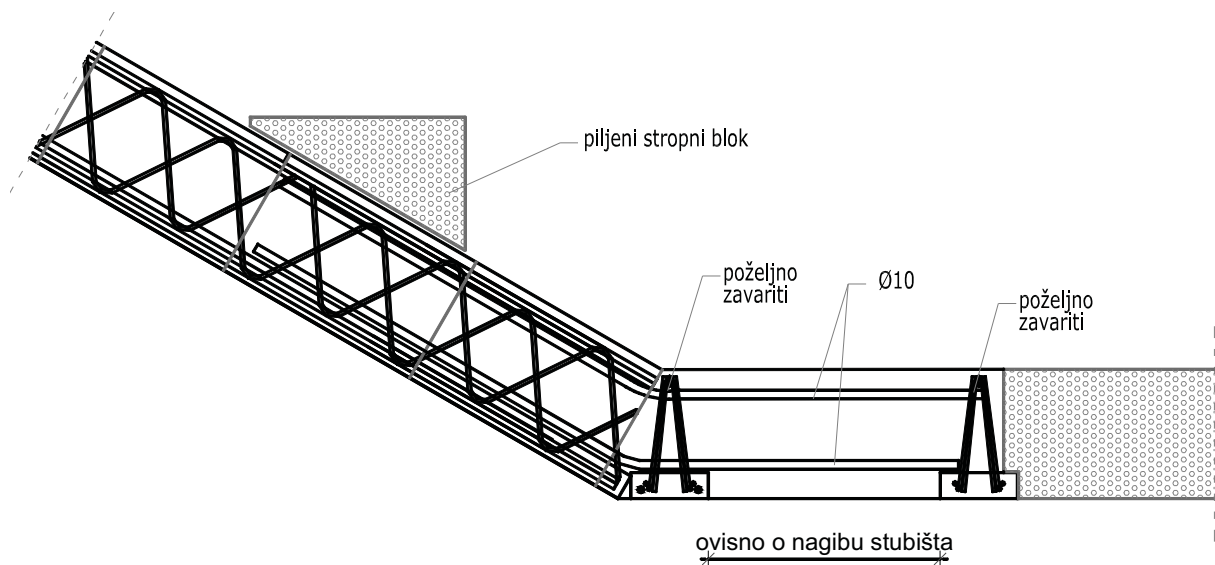
Crtež 3.20 Upušteni oslon na čelične nosač

### 3.3.9. Detalji stubišta

Glavni detalj u slaganju stubišta je mjesto oslona gredica krakova na gređice odmorišta ili međukata. U tu svrhu rabi se zasebna unutrašnja šipka gornjeg pojasa obično  $\phi 10$ . Ako se krak stubišta ne želi podupirati tada je šipka kontinuirana ili je samo uz rubni dio ali nosivo zavarena za gornji pojas. Šipka se produžuje na svaku stranu kao sidro. Na licu mjesta ju se savija za potreban kut. Pridržanje za poprečne gređice može biti i zavareno, što je naročito potrebno zbog održanja točne geometrije. Detalji gornjeg i donjeg spoja prikazani su na crtežima 3.21 i 3.22. Piljenje blokova na potrebne mjere predstavlja relativno dug postupak, stoga se može dio prostora ispuniti mikro betonom.



Crtež 3.21 Detalj gornjeg spoja kraka



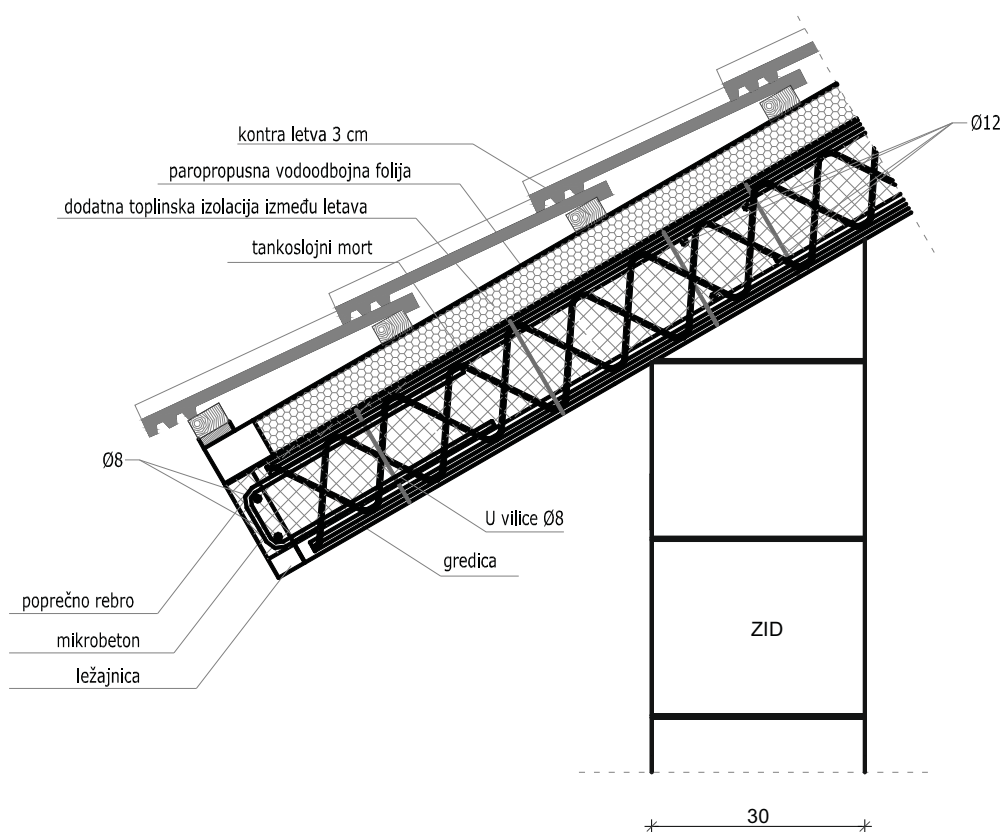
Crtež 3.22 Detalj donjeg spoja kraka

### 3.3.10. Detalji krovnih konstrukcija

Uz prethodno prikazane detalje, na krovnim konstrukcijama zbog specifične geometrije javlja se cijeli niz novih, od kojih su samo neki prikazani u nastavku.

#### Standarni krovni vijenac

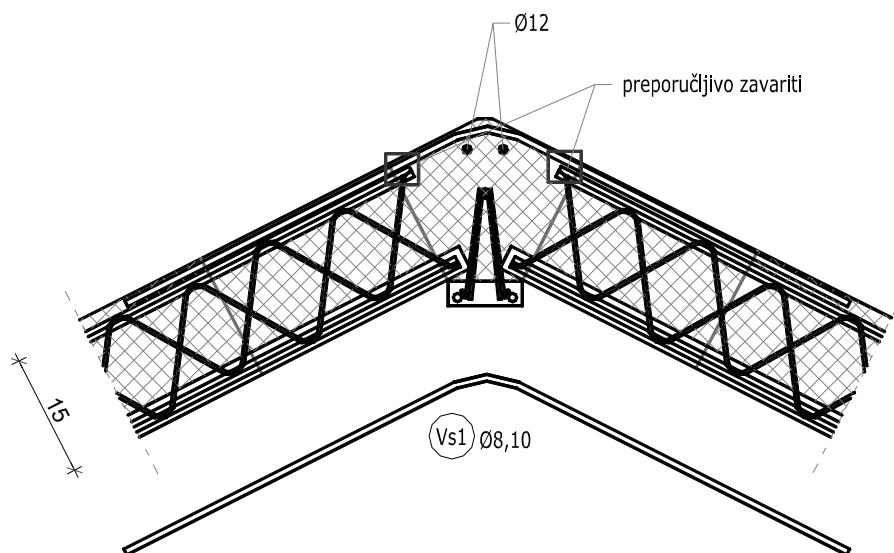
Standardni krovni vijenac nastaje kada se gredice krovne konstrukcije prebace preko gotovog zida. Pri tome se konstrukcija dovršava rubnicom ili poprečnim rebrom. AB zidni vijenac izvodi se unutar krovne konstrukcije bijelog stropa. Trokutni prostor između krovne konstrukcije i vrha ravnog zida popunja se mikro betonom ili ispiljenim umetkom od lakog betona. Pri projektiranju treba paziti da kod izvođenja preveliki nagib ne bi doveo do klizanja gredica i stropa u fazi montaže. U tom slučaju svaka gređica mora biti kvalitetno pridržana na sljemenu ili poduprta pored krovnog raspona.



Crtež 3.23 Standardni krovni vijenac

## Sljeme s vidljivom sljemenjačom

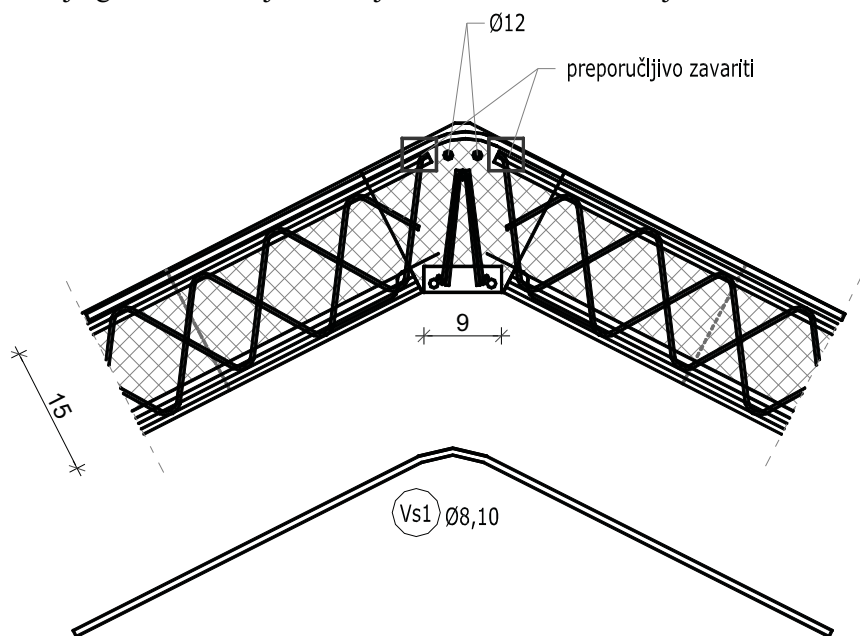
Sljeme krovne konstrukcije jednostavno je izvesti oslanjanjem gredica na sljemenjaču odnosno sljemenu gredu tako da se one slobodno postave svojom pojasnicom na pojasnicu sljemene grede. Naravno da prethodno sljemenjača mora biti sigurno oslonjena i po potrebi poduprta. Važno je pri izvođenju na mjestu oslona postaviti nešto morta kako bi se ublažila koncentracija naprezanja koja tu nastaje. Nakon toga se ubacuju dodatne šipke koje poprečno vezuju gredice. Gornje šipke moraju se dobro vezati za gornje pojaseve gredica, preporučljivo lagano zavariti, kako bi se gredice osigurale od klizanja. Na kraju se postavljaju uzdužne šipke AB sljemenog vijenca.



Crtež 3.24 Sljeme s vidljivom sljemenjačom

## Sljeme sa skrivenom sljemenjačom

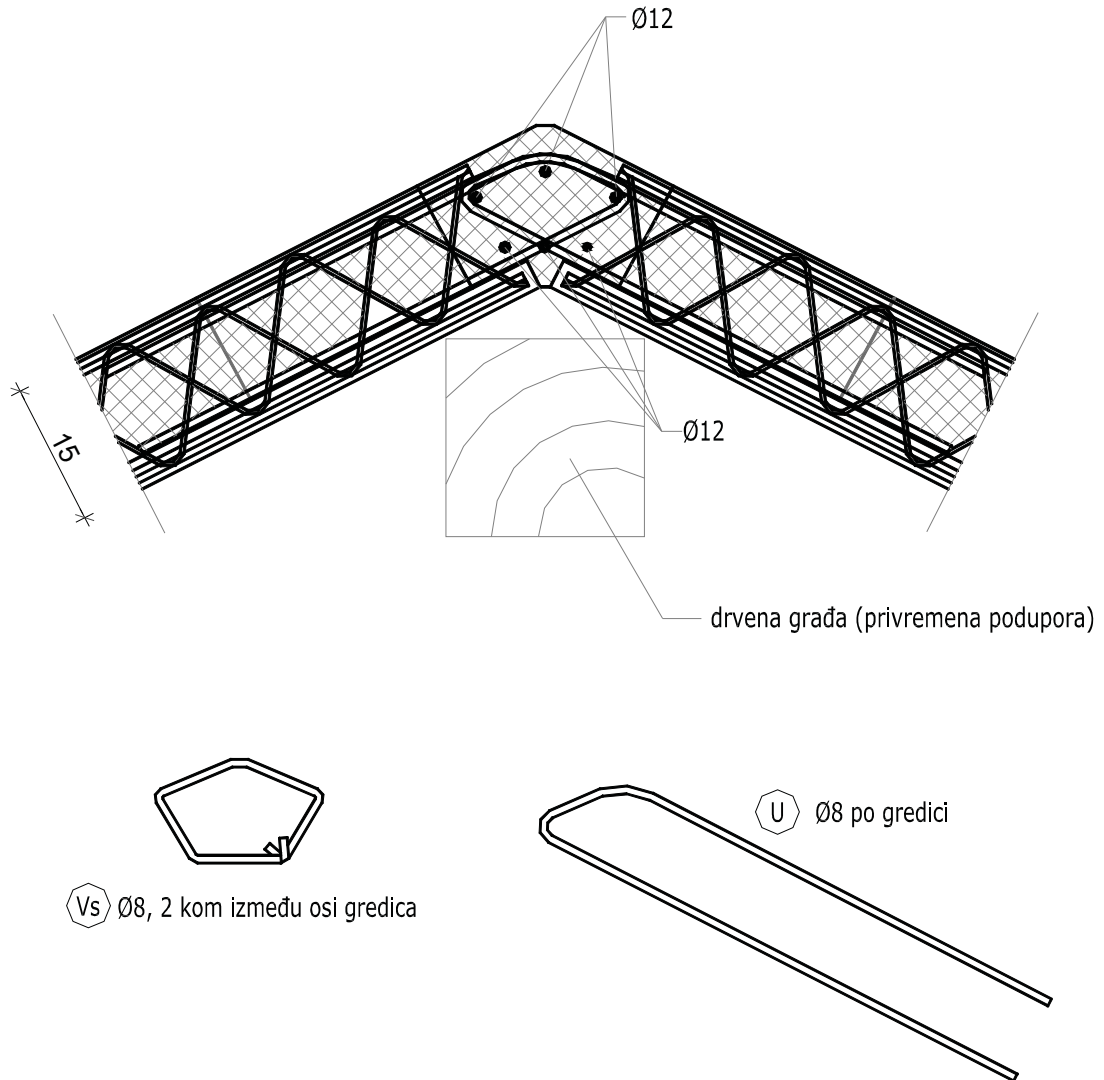
Skrivanje sljemenjače u odnosu na prethodno rješenje uvjetuje potrebu za izvedbom zuba i po mogućnosti nosa na kraju gredica. AB sljemeni vijenac sad ima nešto manju visinu.



Crtež 3.25 Sljeme sa skrivenom sljemenjačom

### Sljeme bez sljemenjače

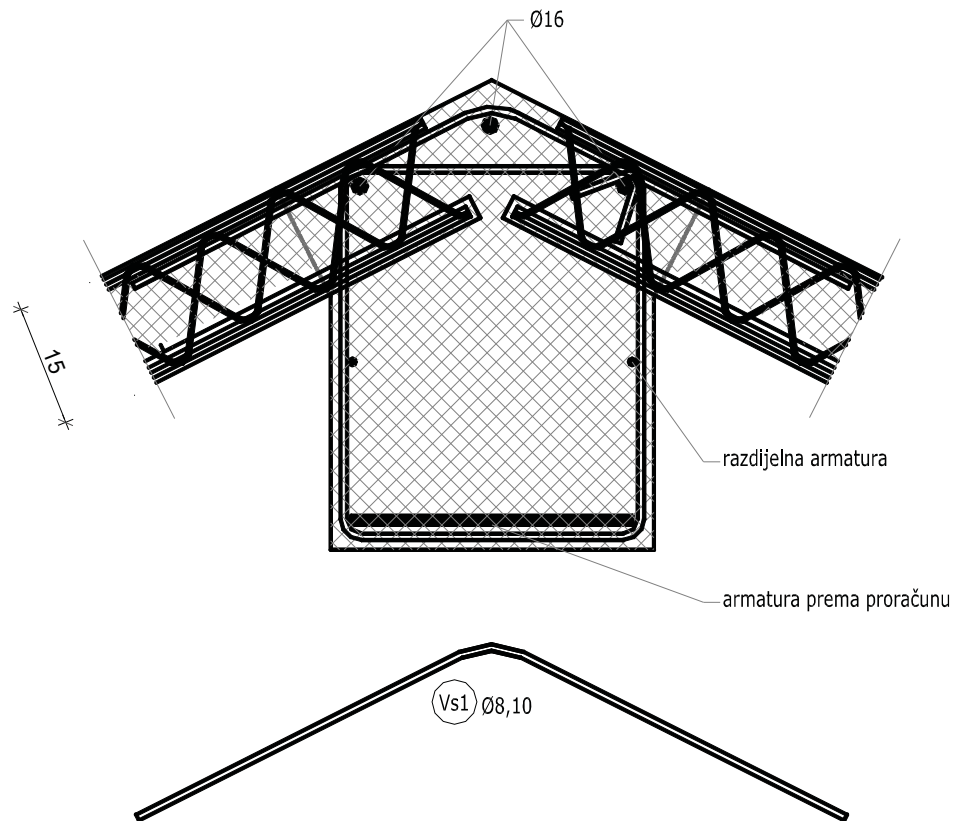
Sljeme bez sljemenjače izvodi se uz pomoć drvenog ili sličnog osnoca koji se postavi u sljemenu. Na njega se slože gredice jedna prema drugoj i međusobno povežu. S jednom ili dvije ležajnice formira se donja oplata za AB krovni vijenac. Ponekada drvena ili slična potpora može poslužiti kao oplata AB krovnog vijenca koji tada bude ravan s donje strane.



Crtež 3.26 Sljeme bez sljemenjače

### Sljeme sa sljemenim nosačem

U prilikama kada se gređice oslanjaju u sljemenu a sljeme ima veliki raspon, tada se potrebna nosivost može osigurati izvođenjem nosača ispod sljemena .  
Inačica nosača s klasičnim AB rješenjem prikazan je na crtežu 3.27.

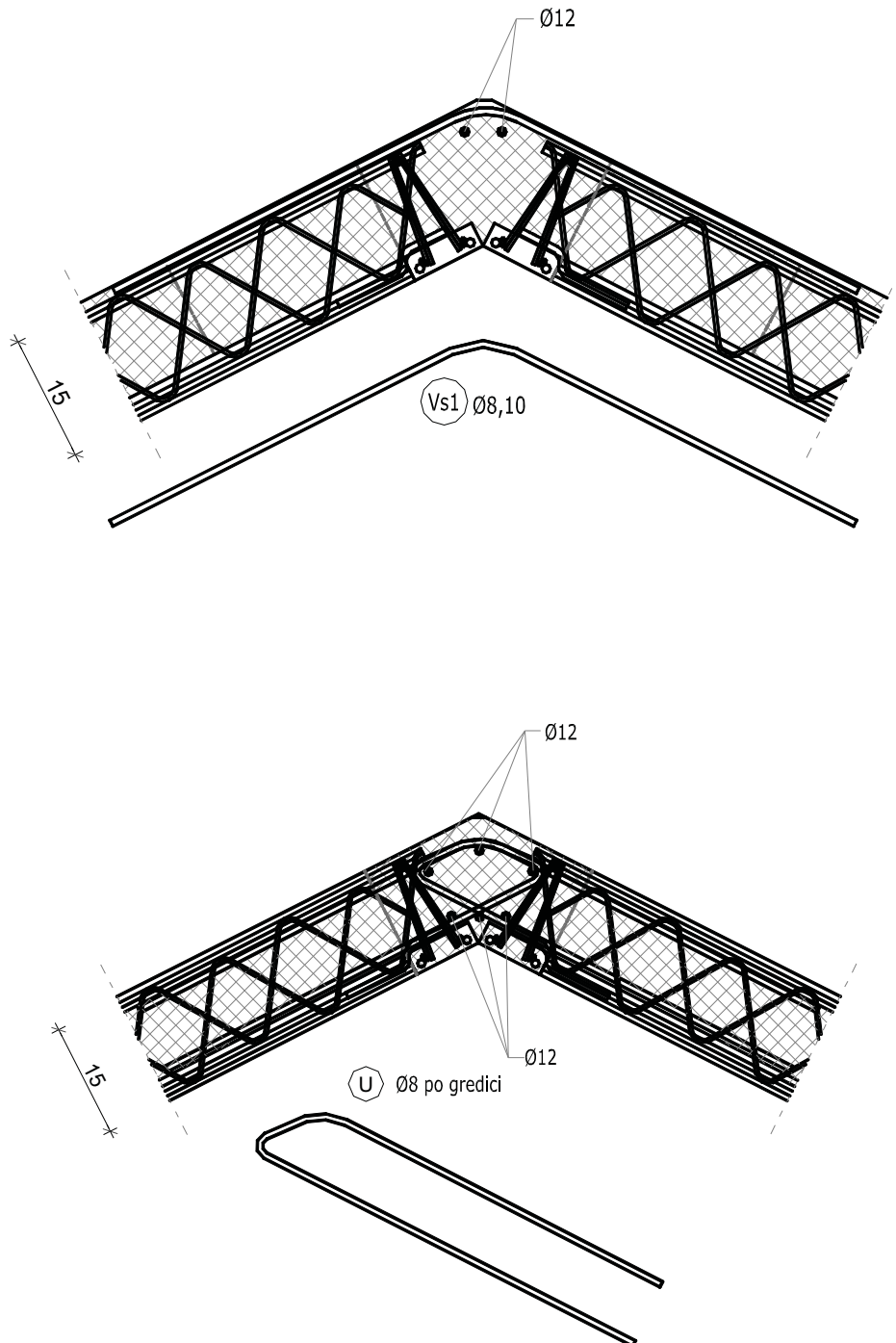


Crtež 3.27 Sljeme s klasičnim sljemenim nosačem

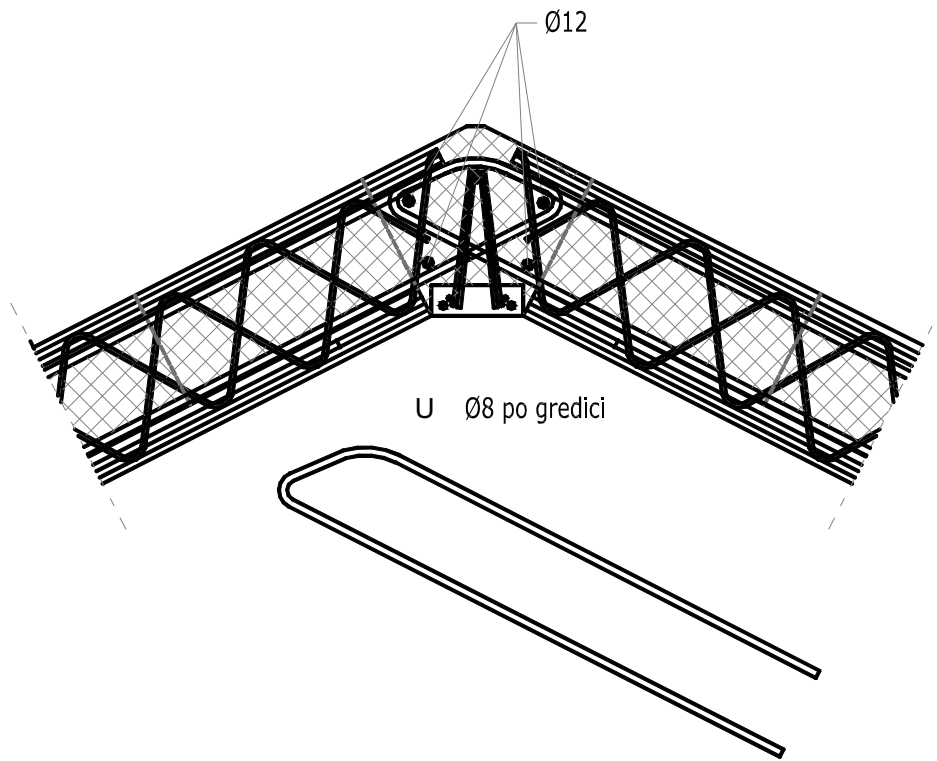


## Greben

Konstrukcija grebena u načelu se rješava kao i konstrukcija sljemena uz naputak da gredice iz dva smjera više nisu na istom pravcu. Ipak se kao mogućnost još javlja rješenje s dvije gredice u grebenu prema crtežu 3.28, svaka u svojoj ravni krovne plohe, što olakšava upilavanje i postavljanje stropnih blokova. Ako se pravci gredica iz dva smjera niti ne sjeku nad grebenom tada se povezivanje poprečnih gredica ostvaruje pomoću U sidra.



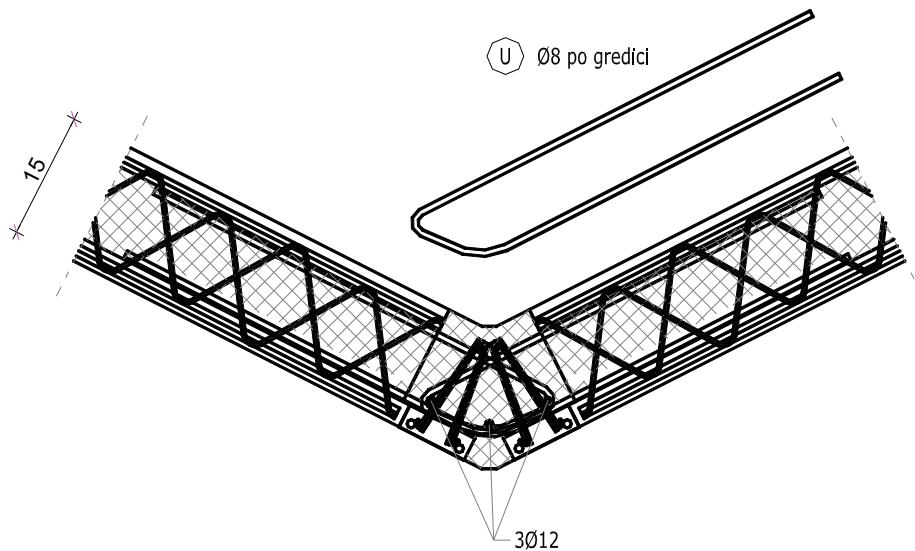
Crtež 3.28 Greben s dvije gredice



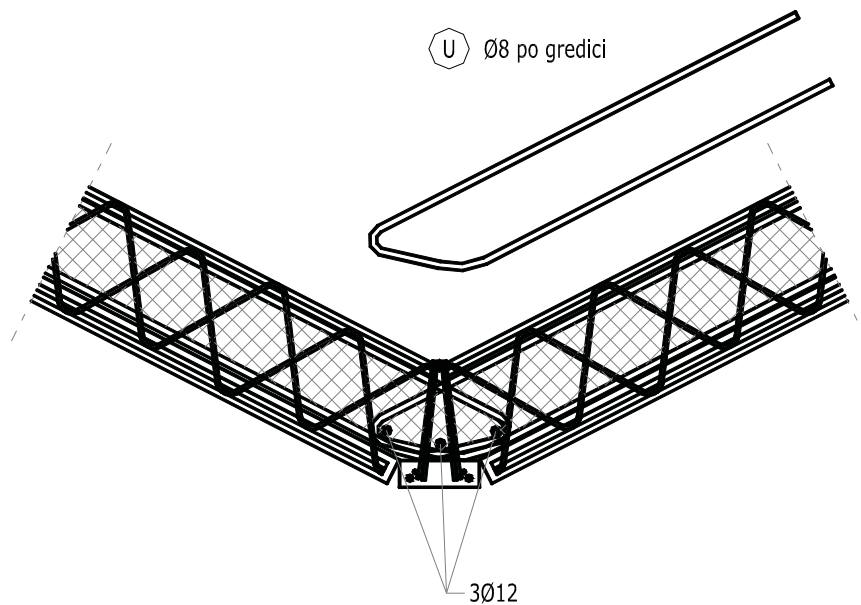
Crtež 3.29 Greben s jednom gredicom

## Uvala

Konstrukcija uvale u načelu se rješava kao i konstrukcija grebena. Rješenje uvale s dvije gredice prikazano je na crtežu 3.30, a rješenje s jednom gredicom na crtežu 3.31.



Crtež 3.30 Uvala s dvije gredice

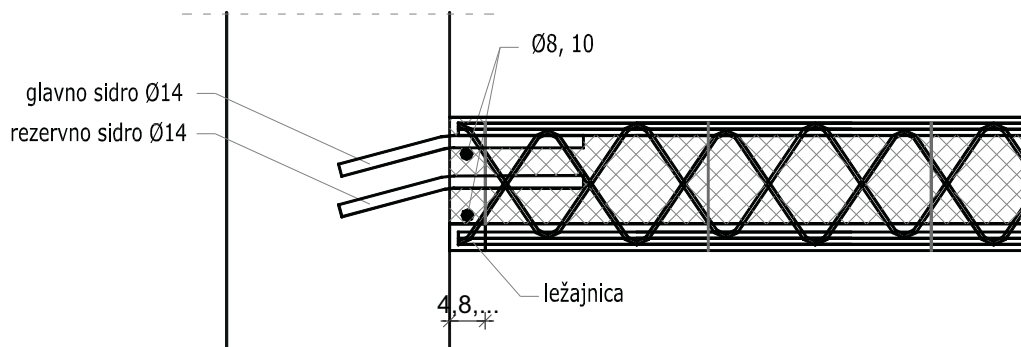


Crtež 3.31 Uvala s jednom gredicom

### 3.3.11 Posebni detalji pri rekonstrukcijama i dogradnjama

#### Oslanjanje upucavanjem

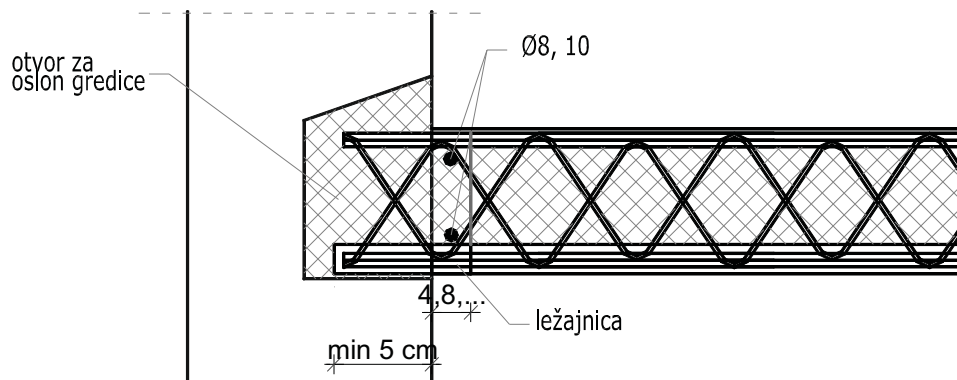
Čest projektni zahtjev je ubacivanje odnosno u pucavanje bijelog stropa između postojećih zidova. Kad su ti zidovi kvalitetni primjerice, AB, betonski ili kameni, tada se gredice mogu postaviti vješanjem o gornji čvor, vidjeti crtež 3.32, koji se oslanja na unaprijed pripremljeno sidro ugrađeno u zid. Zbog razloga sigurnosti uvijek se postavlja i rezervno sidro. Najsigurnije je gornji čvor grede zavariti za sidro i time kvalitetno osigurati potrebnu geometriju. Obvezatno je na takvoj konstrukciji uz sami zid formirati poprečno rebro normalno ili prošireno.



Crtež 3.32 Oslanjanje gredica na zidna sidra

#### Oslanjanje ukopavanjem oslonca

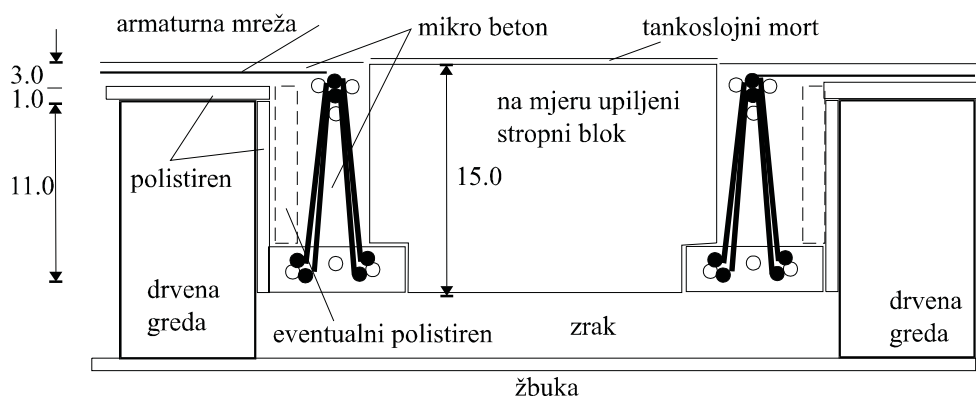
Umetanje konstrukcije među postojeće zidove uobičajeno se rješava ukopavanjem oslonca gredica. Kod toga je ovisno o konkretnim uvjetima često potrebno osigurati vezivanje zida za grede što se obavlja širenjem oslonca u obliku lastina repa. Ukopavanje mora biti tako izvedeno da se grede može unijeti, obično na jednom kraju rupa mora biti dublja. Nakon izrade ukopa, cementim mortom se priprema precizna ležišta gredica. Veličina oslonca može biti 5 cm ili više. Potom se uz sami zid formira vijenac prema crtežu 3.33, ako prethodno nije u samom zidu pripremljen kanal za vijenac.



Crtež 3.33 Oslanjanje ukopavanjem oslonca

## Izvođenje bijelog stropa kroz i povrh drvene konstrukcije

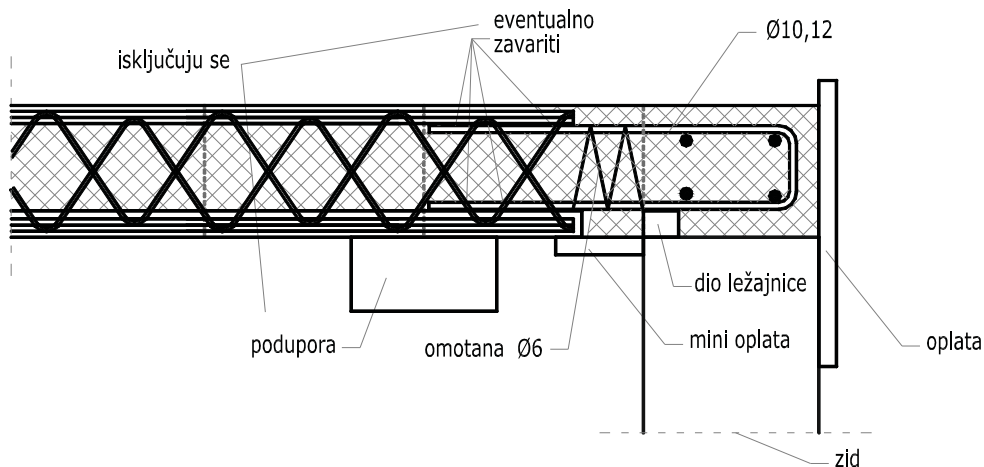
Kod rekonstrukcije postojećih gradnji uobičajen je zahtjev za postavljanje konstrukcije bijelog stropa iznad postojeće konstrukcije ili djelomičnim umetanjem u drvenu konstrukciju. Kod postavljanja iznad postojeće drvene konstrukcije, gredice bijelog stropa se mogu poduprijeti izrezanim komadima ytong bloka na drvenu konstrukciju za vrijeme dok se strop ne monolitizira. Nakon toga ova potpora se zdrobi i nestaje dodir s drvenom konstrukcijom. Ukoliko se bijeli strop mora postaviti u visini drvene konstrukcije, tada se primjenjuje rješenje prikazano na crtežu 3.34 ili njemu slično. Načelno uz svaku drvenu gredu dolaze po dvije gredice bijelog stropa od nje odvojene polistirenom kao oplatom za mikro beton ali i zvučnom izolacijom. Iznad drvene grede na polistiren se postavlja minimalna armaturna mreža i sloj betona debljine cca 3 cm. U ovom rješenju armatura poprečnih rebara natavlja se samo iznad drvenih greda. Privremeno pridržanje gredica obavlja se vješanjem o drvene grede preko podmetača od kodama ytong blokova.



Crtež 3.34 Umetanje bijog stropa u postojeću drvenu konstrukciju

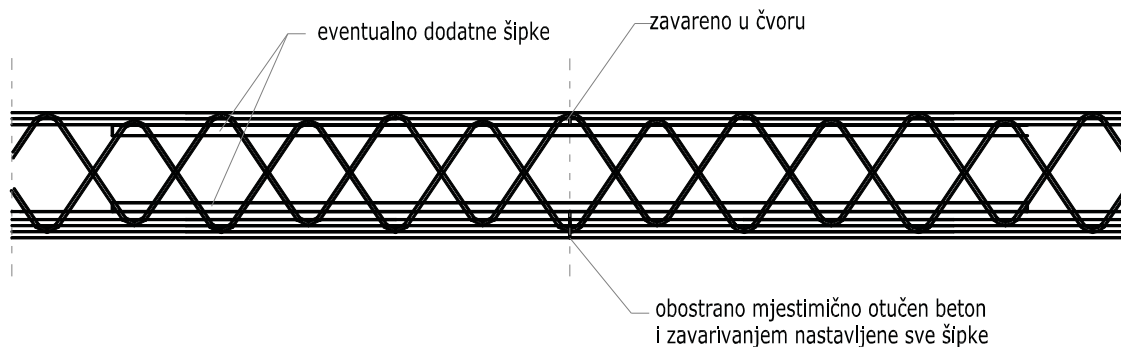
### 3.3.12 Produljenje i nastavljanje kratkih gredica

Vrlo se često pri gradnji javlja slučaj da je neka gredica prekratka. U tom slučaju gredicu se može produljiti. Produljenje se obavlja tako da se iz jedne šipke  $\phi 10$  ili  $12$  mm savije spona U oblika tako da se može ugurati u RAN nosač gredice. Spona se sa RAN nosačem može zavariti i po potrebi zavarivanjem formirati pravu rešetku. Sada se dodani dio U spone može osloniti na zid pomoću komada ležajnice. U ovom slučaju nije potrebno posebno podupiranje kraja gredice. Druga mogućnost se sastoji u tome da spona U oblika a niti stremena ne zavaruju već se slobodne postavu a gredica na svom kraju podupre. Sidrenje i povezivanje obaviti će sam mikro beton. Podupiranje gredice traje najmanje tjedan dana.



Crtež 3.35 Produljenje kratke gredice

Ponekada se iz nepredviđenih razloga iz dvije gredice sastavljanjem može napraviti jednu gredicu. Postupak se svodi na to da se krajevi koji se žele sastaviti očiste od betona u donjem pojasu i pripuste zavarivanju armaturnih šipki u donjem i gornjem pojasu. Po potrebi se može ugraditi dodatna armatura u gornjoj zoni te dodatna armatura u donjoj zoni, ali sada samo iznad betona pojasnice.



Crtež 3.36 Nastavljanje kratke gredice

### 3.4 MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST

Mehaničku otpornost bijelog stropa prati se prema fazama izgradnje. U prvoj fazi prate se samostalne gredice i samostalni blokovi izloženi uspravnom opterećenju.

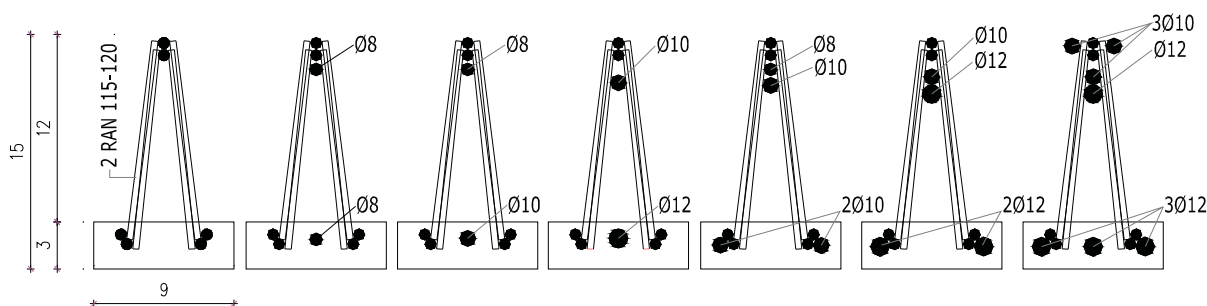
U drugoj fazi prati se cjelovita konstrukcija neposredno nakon otpuštanja podupora u kojoj još nije aktivirana puna nosivost, ali nisu nazočna ni puna radna opterećenja.

U trećoj posljednjoj fazi prati se konstrukcija u punoj nosivosti i opterećenjima i to uspravnim i onima u ravni konstrukcije, uvjetovana prije svega vjetrom i potresom.

#### 3.4.1 Samostalne gredice i stropni blokovi

##### (a) Samostalne gredice

Vrste gredica standardne visine koje se najčešće javljaju u praktičnom radu prikazane su njihovim poprečnim presjecima.

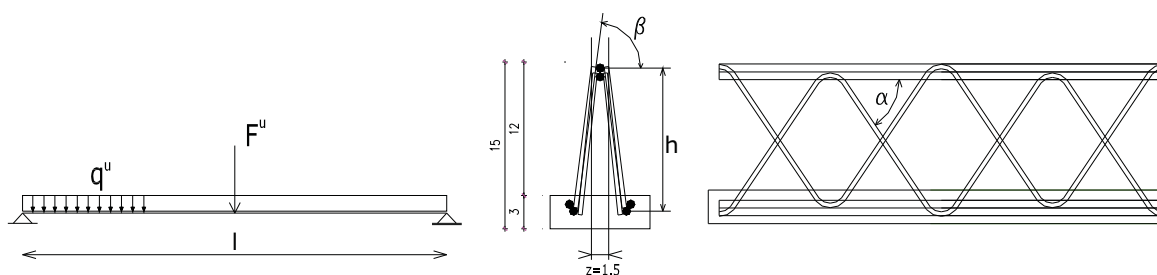


Crtež 3.37 Uobičajeni poprečni presjeci gredica

Nosivost samostalne gredice obično je uvjetovana nosivošću tlačnog pojasa u sredini grednog raspona te nosivosti dijagonalnih štapova na mjestima najvećih poprečnih sila.

Opći postupak dokaza nosivosti i stabilnosti dan je u nastavku.

Kao opterećenje na gredici se nalazi mrtvi teret dijelova bijelog stropa i živi teret čovjeka koji izvodi monolitizaciju. Mrtvi teret je jednoliko raspoređen, a živi teret se nalazi na proizvoljnom mjestu.



Crtež 3.38 Poprečni presjeci gredica

Računska nosivost presjeka (unutarnji reaktivni moment) i računaska poprečna sila imaju vrijednosti:

$$M_{sd} = \frac{q^u \times l^2}{8} + \frac{F^u \times l}{4} \quad V_{sd} = \frac{q^u \times l}{2} + F^u$$

### **Dokaz nosivosti i stabilnosti grede:**

#### **Stabilnost armaturnih šipki u sredini tlačnog pojasa:**

Za tlačne šipke stisnutih RAN nosača i gornje unutrašnje šipke duljina izvijanja jednaka je 10 cm odnosno udaljenosti između dva čvora. Ovaj rezultat je potvrđen na vrlo velikom broju mehaničkih i numeričkih pokusa. Izvijanje je moguće u bilo kojoj ravnini. Dvije ili više šipki između susjednih čvorova djeluju samostalno, s tim da otkazivanjem najtanje šipke nastupa otkazivanje ostalih šipki u snopu. Dokaz nosivosti se provodi prema  $\chi$  postupku.

Nosivost tlačnog elementa, prikazan na razini sila, iznosi:

$$N_{sd} \leq N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd}$$

gdje je:

$$N_{sd} = \frac{M_{sd}}{h \times 2} \quad \text{napadna tlačna sila u pojedinoj šipki}$$

$N_{b,Rd}$  – računaska otpornost tlačnog elementa na izvijanje

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{Mo}} \quad \text{– računaska tlačna otpornost poprečnog presjeka}$$

Duljina izvijanja:

$$l_i = 100 \text{ mm}$$

Vitkost elementa:

$$\lambda = \frac{l_i}{i}$$

$$\lambda_1 = 93.9 \times \varepsilon$$

$$\varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{0.5}$$

Svedena vitkost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

Faktor redukcije normalne sile označavamo sa  $\chi$ , a ovisi o svedenoj vitkosti i iščitava se iz Evropskih linija izvijanja. Za ovaj slučaj, uzima se linija izvijanja c.

#### **Stabilnost armaturnih šipki kosnika:**

Dokaz nosivosti se provodi također prema  $\chi$  postupku.

Nosivost tlačnog elementa, prikazan na razini sila, iznosi:

$$N_{sd} \leq N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd}$$

gdje je:

$$N_{sd} = \frac{V_{sd}}{4} \times \cos \alpha \quad \text{napadna tlačna sila u pojedinoj šipki}$$

$N_{b,Rd}$  – računaska otpornost tlačnog elementa na izvijanje

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{Mo}} \quad \text{– računaska tlačna otpornost poprečnog presjeka}$$

Duljina izvijanja:

$$l_i = 128 / \cos \alpha = 166 \text{ mm}$$



## Konkretan primjer gredice osnovnog tipa

Raspon  $l=3.0$  m, armatura, 2xRAN-120-7/7/4

### Analiza opterećenja

Vlastita težina:

• pojasnica gredice	$0.03 \times 0.09 \times 24$	$= 0.0648$ kN/m'
• tijelo gredice	$0.05 \times 0.12 \times 24$	$= 0.1440$ kN/m'
• armatura gredice	2RAN-120 /7/7/4	$= 0.0258$ kNm'
• udio poprečnog rebra	$0.04 \times 0.15 \times 25 \times 0.68 / 1.25$	$= 0.0816$ kN/m'
• stropni blok - Ytong $600 \text{ kg/m}^3$	$(0.625 \times 0.15 - 2 \times 0.02 \times 0.03) \times 6,0$	$= 0.555$ kN/m'
• tankoslojni mort - sadržan je u ispuni	g	$= 0.871$ kN/m' $= (1.28 \text{ kN/m}^2)$

Pokretno opterećenje:  $F=1.0$  kN na proizvoljnom mjestu

Računsko opterećenje:  $q_u = 0.871 \times 1.35 = 1.18$  kN/m'  
 $F_u = 1.00 \times 1.5 = 1.5$  kN

Računski moment savijanja:

$$M_{sd} = \frac{1.18 \times 3^2}{8} + \frac{1.5 \times 3}{4} = 2.5 \text{ kNm}$$

Računska poprečna sila:

$$V_{sd} = \frac{1.18 \times 3}{2} + 1.5 = 3.27 \text{ kN}$$

### Stabilnost armaturnih šipki u sredini tlačnog pojasa

$$N_{sd} = \frac{M_{sd}}{h \times 2} = \frac{2.5}{0.128 \times 2} = 9.76 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{38.5 \times 500}{1.1} / 1000 = 17.5 \text{ kN}$$

$$l_i = 100 \text{ mm}, i = 1.75 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{l_i}{i} = \frac{100}{1.75} = 57.1$$

$$\varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{0.5} = \left( \frac{235}{500} \right)^{0.5} = 0.68$$

$$\lambda_1 = 93.9 \times \varepsilon = 64.4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{57.1}{64.4} = 0.89 \Rightarrow \chi = 0.6060$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd} = 0.6060 \times 17.5 = 10.6 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 9.76 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 10.6 \text{ kN} \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

**Stabilnost armaturnih šipki kosnika:**

$$N_{sd} = \frac{\frac{V_{sd}}{2} \times \cos \alpha}{4} = \frac{1,635 \times \cos 39,7^\circ}{4} = 0,315 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{12,57 \times 500}{1,1} / 1000 = 5,7 \text{ kN}$$

$$l_i = 128 / \cos \alpha = 166 \text{ mm}; i = 1,414 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{l_i}{i} = \frac{166}{1,414} = 117,4$$

$$\varepsilon = \left( \frac{235}{f_y} \right)^{0,5} = \left( \frac{235}{500} \right)^{0,5} = 0,68$$

$$\lambda_1 = 93,9 \times \varepsilon = 64,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{117,4}{64,4} = 1,82 \Rightarrow \chi = 0,2775$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times N_{c,Rd} = 0,2775 \times 5,7 = 1,58 \text{ kN}$$

$N_{sd} = 0,315 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 1,58 \text{ kN} \Rightarrow \text{zadovoljava}$
---

## (b) Dokaz nosivosti stropnog bloka

Stropni blok u fazi suhe montaže mora zadovoljiti nosivost za sva opterećenja koja se mogu javiti. Očekujemo slijedeća opterećenja:

- vlastita težina bloka G
- opterećenje stopalom radnika koji montira strop a u rukama još drži teret iznosa od 0.20 kN.

Ukupno opterećenje čovjeka s teretom kojim rukuje iznosi  $1.0+0.2=1.2$  kN. Opterećenje ima dinamički karakter pa mu je dinamički koeficijent 1.9 (trenutno nanoseno opterećenje).

U fazi mokre montaže pojavljuje se još opterećenje slojem cementnog namaza  $g=0.10$  kN/m<sup>2</sup>.

Stropni blok ima dimenzije 62.5x25.0x15.0 cm sa zarezima za ležajeve 2.0x3.0 cm, masa mu je 14 kg.

### Analiza opterećenja:

- |                    |            |               |
|--------------------|------------|---------------|
| • vlastita težina  | 0.14/0.625 | =0.224 kN/m'  |
| • tankoslojni mort | 0.1x 0.25  | =0.025 kN/m'  |
|                    |            | g=0.249 kN/m' |
| • živi teret       |            | Fu=1.2 kN     |

Računsko opterećenje:  $q_u=0.249 \times 1.35 = 0.34$  kN/m'  
 $F_u=1.20 \times 1.9 = 2.28$  kN

Granični moment savijanja:

$$M_{\max}^u = \frac{0.34 \times 0.59^2}{8} + \frac{2.28 \times 0.59}{4} = 0.351 \text{ kNm}$$

Granična poprečna sila:

$$Q_{\max}^u = \frac{0.34 \times 0.59}{2} + 2.28 = 2.38 \text{ kN}$$

Potrebna vlačna i tlačna čvrstoća na savijanje:

$$f_z = \frac{0.000351 \times 6}{0.25 \times 0.15^2} = 0.374 \text{ MPa} < 0.40 \text{ MPa}$$

Potrebna posmična čvrstoća uz oslonac:

$$\tau = \frac{0.000238 \times 1.5}{0.25 \times 0.15} = 0.095 \text{ MPa} < 0.18 \text{ MPa}$$

Potrebna posmična čvrstoća nad osloncem – odrez:

$$\tau = \frac{0.000238}{0.25 \times 0.12} = 0.079 \text{ MPa} < 0.18 \text{ MPa}$$

### 3.4.2 Bijeli strop nakon montiranja

Dan nakon monolitizacije kada je cement završio glavninu vezivanja, a beton dobio skromnu čvrstoću, nosivost konstrukcije bitno se povećala. Takav beton dovoljan je da osigura tlačnu stabilnost svih šipki, kako pojasnih tako i šipki ispune. U ovom stanju u punoj nosivosti je čelični dio konstrukcije kojeg se može provjeriti. Kod gredice osnovnog tipa on je 55% konačne, a kod jače armiranih gredica nosivost je veća od 95%. Zbog relativno malog modula elastičnosti betona u ovoj fazi deformabilnost stropa je bitno veća nego nakon 28 dana. Nosivost stropnih blokova jednaka je onoj u suhom stanju montaže.

Poznavajući dobro proces opterećivanja gotovo je sigurno da se dostignuta nosivost neće iskoristiti. Vlastita težina je oko 30 % konačnog nefaktoriranog opterećenja odnosno oko 18 % konačnog faktoriranog. Stoga potpore bijelog stropa, ako je potrebno, mogu biti uklonjene.

Oprezan treba biti jedino kod podupiranja nove gornje međukatne konstrukcije ako se ona neposredno izvodi, na primjer slijedeći dan. Svi posebni spojevi, gredica međusobno, nosača u ploči i ispod ploče moraju biti tretirani kao i ostale AB konstrukcije dakle poduprte barem nekoliko dana više.

Nakon sedam dana nosivost se povećava na 86% kod gredice osnovnog tipa i 98% kod jače armiranih gredica. Nosivost stropnih blokova u ovoj fazi iznosi približno 75% konačne.

Punu nosivost i deformabilnost konstrukcija, kao i svaka armirano betonska, dostiže nakon 28 dana.

### 3.4.3 Bijeli strop izložen uspravnom opterećenju

Nosivost se zasniva na nosivosti armature i mikro betona. U nosivost bijelog stropa savijanjem i posmikom od gravitacijskih opterećenja ne uključuje se laki beton stropnih blokova niti tankoslojni mort.

Pri proračunu progibljivosti koji se redovito izrađuje za razinu radnog opterećenja potrebno je uključiti utjecaj lakog betona i tankoslojnog morta. Ovaj zahtjev podupiru rezultati mjerenja progiba tijekom nekoliko nezavisnih pokusnih ispitivanja. Primjerice, samo gornji sloj morta debljine 0.3 cm na osnov udaljenosti gredica od 68 cm daje površinu od  $68 \times 0.3 = 20.4 \text{ cm}^2$  što je više od površine tlačne zone betona u glavnom rebu koja iznosi  $5 \times 4 = 20 \text{ cm}^2$ . Debljina od 0.3 cm ostavaruje se i zbog penetriranja tankoslojnog morta u čelije lakobetonskog bloka. To najbolje potvrđuje količina morta koja se troši po  $\text{m}^2$  stropne površine.

Posljedica opterećenja na stropu bit će granični momenti  $M_u$  i granične napadne sile  $Q_u$ , tada dimezioniranje ima slijedeći tijek.

Računska nosivost presjeka po gredici

$$M_{sd} = \frac{q_u \times l^2}{8} \times 0.68$$

Računska poprečna sila po gredici

$$V_{sd} = \frac{q_u \times l}{2} \times 0.68$$

Ukupna potrebna vlačna armatura

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{d \times f_{yd}}$$

Potrebna dodatna vlačna armatura

$$A_{dod} = A_{s1} - A_{a1}$$

$A_{a1}$  - površina armature R nosača ( $4\emptyset 7 = 1.52 \text{ cm}^2$ )

Ukupna potrebna tlačna armatura

$$A_{s2} = \frac{\frac{M_{sd}}{d} - N_b}{f_{yd}}$$

Potrebna dodatna tlačna armatura

$$A_{dod} = A_{s2} - A_{a2}$$

$A_{a2}$  - površina armature R nosača ( $2\emptyset 7 = 0.76 \text{ cm}^2$ )

### Nosivost tlačne zone betonskog presjeka

Površina betonskog dijela: 5.5 x 5.0 cm

Računska čvrstoća betona:  $f_{cd} = 20/1.5 = 13.33$  MPa

$$N_b = 0.055 \times 0.05 \times 13.33 \times 1000 = 36.67 \text{ kN/gredici}$$

### Nosivost dijagonala i betonskog presjeka na poprečnu silu

Dijagonale 4Ø4, B500

Računska čvrstoća čelika:  $f_{yd} = 500/1.15 = 434$  MPa

Površina betonskog presjeka: 5.0 x 15.0 cm

Posmična čvrstoća betona:  $\tau_R = 0.25$  MPa

Računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd} = 4 \frac{0.4^2 \pi}{4} \times 0.707 \times 43.4 + 0.05 \times 0.15 \times 0.25 \times 1000 = 17.3 \text{ kN / gredici}$$

$$\boxed{V_{Rd} > V_{sd}}$$

### **Primjer dimenzioniranja gredica međukatne konstrukcije:**

#### Analiza opterećenja:

Stalno opterećenje:

• žbuka	=0.20 kN/m <sup>2</sup>
• vlastita težina	=1.30 kN/m <sup>2</sup>
• a/c estrih	=1.10 kN/m <sup>2</sup>
• slojevi poda	=0.50 kN/m <sup>2</sup>
• pregradni zidovi	=0.50 kN/m <sup>2</sup>
	<u>g = 3.60 kN/m<sup>2</sup></u>
	p = 2.00 kN/m <sup>2</sup>

Korisno opterećenje:

$$\text{Računsko opterećenje: } q_u = 1.35 \times 3.60 + 1.5 \times 2.00 = 7.86 \text{ kN/m}^2$$

Raspon  $l = 3.5$  m 2xRAN-120-7/7/4

$$M_{sd} = \frac{7.86 \times 3.5^2}{8} \times 0.68 = 8.18 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = \frac{7.86 \times 3.5}{2} \times 0.68 = 9.35 \text{ kN} < 17.3 \text{ kN} = V_{Rd} \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$$A_{s1} = \frac{8.18 \times 100}{12.5 \times 43.4} = 1.51 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s1} - A_{a1} = 1.51 - 1.52 = -0.01 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a1}$  - površina armature R nosača (4Ø7 = 1.52 cm<sup>2</sup>)

$$A_{s2} = \frac{\frac{8.18 \times 100}{12.5} - 36.67}{43.4} = 0.66 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s2} - A_{a2} = 0.66 - 0.76 = -0.10 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a2}$  - površina armature R nosača (2Ø7 = 0.76 cm<sup>2</sup>)

Kosnici uz uobičajeno opterećenje zadovoljavaju nosivost do raspona od 7.0 m. Stoga prijenos poprečnih sila nije na kritičnom putu dimenzioniranja bijelog stropa u konačnoj fazi uporabe.

**DIMENZIONIRANJE GREDECA MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE**

TIP GREĐICE	RAČUNSKI RASPON	STALNO OPTEREĆENJE	KORISNO OPTEREĆENJE	RAČUNSKO OPTEREĆENJE	RAČUNSKI MOMENT	RAČUNSKA POP. SILA	POTREBNA UKUPNA ARMATURA $A_s$ ( $cm^2$ ) U GREĐICI (B500)		DODATNA ARMATURA $A_{dod}$ ( $cm^2$ ) U GREĐICI (B500)		ODABRANA DODATNA ARMATURA U GREĐICI (B500)	
	L (m)	g ( $kN/m^2$ )	q ( $kN/m^2$ )	qu ( $kN/m^2$ )	Msd ( $kNm$ )/gredici	Ysd ( $kN$ )/gredici	donja zona	gornja zona	donja zona	gornja zona	donja zona	gornja zona
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	3,5	3,60	2,00	7,86	8,2	9,4	1,51	0,66	-0,01	-	-	-
2	4,0	3,60	2,00	7,86	10,7	10,7	1,97	1,13	0,45	0,37	Ø8	Ø8
3	4,3	3,60	2,00	7,86	12,4	11,5	2,28	1,43	0,76	0,67	Ø10	Ø10
4	4,5	3,60	2,00	7,86	13,5	12,0	2,49	1,65	0,97	0,89	Ø12	Ø12
5	4,9	3,60	2,00	7,86	16,0	13,1	2,96	2,11	1,44	1,35	2Ø10	2Ø10
6	5,5	3,60	2,00	7,86	20,2	14,7	3,73	2,88	2,21	2,12	2Ø12	2Ø12
7	6,2	3,60	2,00	7,86	25,7	16,6	4,73	3,89	3,21	3,13	3Ø12	3Ø10+Ø12

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

- (2)= RAČUNSKI RASPON NOSAČA  
 (5)= RAČUNSKO OPTEREĆENJE  $q_u = 1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q$   
 (6)= RAČUNSKI MOMENT SAVIJANJA  $Msd = (q_u \cdot L^2 / 8) \cdot 0.68$   
 (7)= RAČUNSKA POPREČNA SILA  $Ysd = q_u \cdot L / 2 \cdot 0.68$   
 (8)= UKUPNA POTREBNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{s1} = Msd \cdot 100 / 12.5 / 43.4$   
 (9)= UKUPNA POTREBNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{s2} = (Msd \cdot 100 / 12.5 - 36.67) / 43.4$   
 (10)= POTREBNA DODATNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{dod} = ((8) - 1.52) \cdot 500 / 500$   
 (11)= POTREBNA DODATNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{dod} = ((9) - 0.76) \cdot 500 / 500$

**OPTEREĆENJE:**

**Statno opterećenje:**

- žbuka 0,2 kN/m<sup>2</sup>  
 "bijeli strop" 1,3 kN/m<sup>2</sup>  
 a/c estrih 1,1 kN/m<sup>2</sup>  
 ostali slojevi poda 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 pregradni zidovi 0,5 kN/m<sup>2</sup>

**Ukupno:**

**3,6 kN/m<sup>2</sup>**

**Korisno opterećenje:**

**2,0 kN/m<sup>2</sup>**

Tabela T3.

### **Primjer dimenzioniranja gredica krovne konstrukcije:**

Kod dimenzioniranja gredica krovne konstrukcije, posebnu pažnju treba obratiti na opterećenje snijegom. Prvo, treba utvrditi na kojem se području opterećenja snijegom objekt nalazi, a onda i nadmorsku visinu lokacije objekta. Na temelju tih podataka, potrebno je odabrati odgovarajuće opterećenje snijegom. U nastavku je primjer dimenzioniranja gredica krovne konstrukcije za priobalno područje Dalmacije (područje D opterećenja snijegom, nadmorske visine do 200 m) i za područje Zagreba i okolice (područje A opterećenja snijegom, nadmorske visine do 500 m).

#### Analiza opterećenja:

Stalno opterećenje:

- crijep s letvama  $=1.00 \text{ kN/m}^2$
  - vlastita težina  $=1.30 \text{ kN/m}^2$
  - žbuka  $=0.20 \text{ kN/m}^2$
- $g = 2.50 \text{ kN/m}^2$

Korisno promjenjivo opterećenje:

$$k = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Promjenjivo opterećenje (vjetar):  $w = 1.20 \text{ kN/m}^2$

Promjenjivo opterećenje (snijeg, priobalje):

$$s = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

Promjenjivo opterećenje (snijeg, Zagreb):

$$s = 3.15 \text{ kN/m}^2$$

#### **Dimenzioniranje gredica krovne konstrukcije za priobalno područje Dalmacije (malo opterećenje snijegom):**

Računsko opterećenje:

$$q_u = 1.35g + 1.5w + 1.35 \times 0.6s = 1.35 \times 2.5 + 1.5 \times 1.2 + 1.35 \times 0.6 \times 0.5 = 5.58 \text{ kN/m}^2$$

**Raspon  $l = 4.1 \text{ m}$  2xRAN-120-7/7/4**

$$M_{sd} = \frac{5.58 \times 4.1^2}{8} \times 0.68 = 7.97 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = \frac{5.58 \times 4.1}{2} \times 0.68 = 7.78 \text{ kN} < 17.3 \text{ kN} = V_{Rd} \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$$A_{s1} = \frac{7.97 \times 100}{12.5 \times 43.4} = 1.47 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s1} - A_{a1} = 1.47 - 1.52 = -0.05 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a1}$  - površina armature R nosača ( $4\emptyset 7 = 1.52 \text{ cm}^2$ )

$$A_{s2} = \frac{\frac{7.97 \times 100}{12.5} - 36.67}{43.4} = 0.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s2} - A_{a2} = 0.62 - 0.76 = -0.14 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a2}$  - površina armature R nosača ( $2\emptyset 7 = 0.76 \text{ cm}^2$ )

**Dimenzioniranje gredica krovne konstrukcije zapodručje Zagreba i okolice (značajno opterećenje snijegom):**

Računsko opterećenje:

$$q_u = 1.35g + 1.5s + 1.35 \times 0.6w = 1.35 \times 2.5 + 1.5 \times 1.2 + 1.35 \times 0.6 \times 3.15 = 7.42 \text{ kN/m}^2$$

**Raspon  $l=3.6 \text{ m}$  2xRAN-120-7/7/4**

$$M_{sd} = \frac{7.42 \times 3.6^2}{8} \times 0.68 = 8.2 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = \frac{7.42 \times 3.6}{2} \times 0.68 = 9.10 \text{ kN} < 17.3 \text{ kN} = V_{Rd} \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$$A_{s1} = \frac{8.2 \times 100}{12.5 \times 43.4} = 1.51 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s1} - A_{a1} = 1.51 - 1.52 = -0.01 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a1}$  - površina armature R nosača ( $4\emptyset 7 = 1.52 \text{ cm}^2$ )

$$A_{s2} = \frac{\frac{8.2 \times 100}{12.5} - 36.67}{43.4} = 0.66 \text{ cm}^2$$

$$A_{dod} = A_{s2} - A_{a2} = 0.66 - 0.76 = -0.10 \Rightarrow \text{zadovoljava}$$

$A_{a2}$  - površina armature R nosača ( $2\emptyset 7 = 0.76 \text{ cm}^2$ )



DIMENZIONIRANJE GREDECA KROVNE KONSTRUKCIJE (PODRUČJE D OPTEREĆENJA SNIJEGOM, NADMORSKA VISINA DO 200 m)														
DALMACIJA														
TIP GREDECE	RAČUNSKI RASPON L (m)	STALNO OPTEREĆENJE		PROMENJIVO OPTEREĆENJE		RAČUNSKO OPTEREĆENJE q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	RAČUNSKI MOMENT M <sub>sd</sub> (kNm/gredici)	RAČUNSKA POP. SILA V <sub>sd</sub> (kN/gredici)	POTREBNA UKUPNA ARMATURA A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> ) U GREDECICI (B500)		DODATNA ARMATURA A <sub>add</sub> (cm <sup>2</sup> ) U GREDECICI (B500)		ODABRANA DODATNA ARMATURA U GREDECICI (B500)	
		g (kN/m <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>2</sup> )	s (kN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				M <sub>sd</sub> (kNm/gredici)	V <sub>sd</sub> (kN/gredici)	donja zona	gornja zona	donja zona	gornja zona
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
1	4,2	2,50	1,20	0,50	5,58	8,4	8,0	1,54	0,70	0,02	-0,06	-	-	
2	4,8	2,50	1,20	0,50	5,58	10,9	9,1	2,01	1,17	0,49	0,41	Ø8	Ø8	
3	5,1	2,50	1,20	0,50	5,58	12,3	9,7	2,27	1,43	0,75	0,67	Ø10	Ø10	
4	5,4	2,50	1,20	0,50	5,58	13,8	10,2	2,55	1,70	1,03	0,94	Ø12	Ø12	
5	5,9	2,50	1,20	0,50	5,58	16,5	11,2	3,04	2,20	1,52	1,44	2Ø10	2Ø10	
6	6,5	2,50	1,20	0,50	5,58	20,0	12,3	3,69	2,85	2,17	2,09	2Ø12	2Ø12	
7	7,4	2,50	1,20	0,50	5,58	26,0	14,0	4,79	3,94	3,27	3,18	3Ø12	3Ø10+Ø12	

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

- (2) = RAČUNSKI RASPON NOSAČA  
(6) = RAČUNSKO OPTEREĆENJE  $q_u = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w + 1,35 \cdot 0,6 \cdot s$   
(7) = RAČUNSKI MOMENT SAVIJANJA  $M_{sd} = (q_u \cdot L^2 / 8) \cdot 0,68$   
(8) = RAČUNSKA POPREČNA SILA  $V_{sd} = q_u \cdot L / 2 \cdot 0,68$   
(9) = UKUPNA POTREBNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{s1} = M_{sd} \cdot 100 / (12 \cdot 5 / 43,4)$   
(10) = UKUPNA POTREBNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{s2} = (M_{sd} \cdot 100 / (12 \cdot 5 - 36,67)) / 43,4$   
(11) = POTREBNA DODATNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{add} = ((8) - 1,52) \cdot 500 / 500$   
(12) = POTREBNA DODATNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{add} = ((9) - 0,76) \cdot 500 / 500$

**OPTEREĆENJE:**

- Stalno opterećenje:**  
crijep s letvama 1,0 kN/m<sup>2</sup>  
"bijeli strop" 1,3 kN/m<sup>2</sup>  
žbukica 1,2 kN/m<sup>2</sup>  
**Ukupno:** 2,5 kN/m<sup>2</sup>  
**Promjenjivo opterećenje (vjetar):** 1,2 kN/m<sup>2</sup>  
**Promjenjivo opterećenje (snijeg):** 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
**Korisno promjenjivo opterećenje:** 2,0 kN/m<sup>2</sup>

Tabela T4.

DIMENZIONIRANJE GREDECA KROVNE KONSTRUKCIJE (PODRUČJE A OPTEREĆENJA SNJEGOM, NADMORSKA VISINA DO 500 m)																										
ZAGREB I OKOLICA																										
TIP GREDECE	RAČUNSKI RASPON L (m)	STALNO OPTEREĆENJE		PROMIENJIVO OPTEREĆENJE		RAČUNSKO OPTEREĆENJE qu (kN/m <sup>2</sup> )	RAČUNSKI MOMENT Msd (kNm)/gređici	RAČUNSKA POP. SILA Vsd (kN)/gređici	POTREBNA UKUPNA ARMATURA As (cm <sup>2</sup> ) U GREĐICI (B500)		DODATNA ARMATURA A <sub>dob</sub> (cm <sup>2</sup> ) U GREĐICI (B500)		ODABRANA DODATNA ARMATURA U GREĐICI (B500)													
		g (kN/m <sup>2</sup> )	(3)	w (kN/m <sup>2</sup> )	(4)				s (kN/m <sup>2</sup> )	(5)	donja zona	gornja zona	(9)	(10)	donja zona	gornja zona	(11)	(12)	donja zona	gornja zona	(13)	(14)				
1	3,6	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	8,2	(7)	9,1	(8)	1,51	(9)	0,66	(10)	-0,01	(11)	-0,10	(12)	-	(13)	-	(14)	-
2	4,1	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	10,6	(7)	10,3	(8)	1,95	(9)	1,11	(10)	0,43	(11)	0,35	(12)	Ø8	(13)	Ø8	(14)	Ø8
3	4,4	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	12,2	(7)	11,1	(8)	2,25	(9)	1,41	(10)	0,73	(11)	0,65	(12)	Ø10	(13)	Ø10	(14)	Ø10
4	4,7	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	13,9	(7)	11,9	(8)	2,57	(9)	1,72	(10)	1,05	(11)	0,96	(12)	Ø12	(13)	Ø12	(14)	Ø12
5	5,1	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	16,4	(7)	12,9	(8)	3,02	(9)	2,18	(10)	1,50	(11)	1,42	(12)	2Ø10	(13)	2Ø10	(14)	2Ø10
6	5,7	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	20,5	(7)	14,4	(8)	3,78	(9)	2,93	(10)	2,26	(11)	2,17	(12)	2Ø12	(13)	2Ø12	(14)	2Ø12
7	6,5	2,50	(3)	1,20	(4)	2,05	(5)	7,42	(6)	26,7	(7)	16,4	(8)	4,91	(9)	4,07	(10)	3,39	(11)	3,31	(12)	3Ø12	(13)	3Ø12	(14)	3Ø10+Ø12

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

(2) = RAČUNSKI RASPON NOSAČA

(6) = RAČUNSKO OPTEREĆENJE  $q_u = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s + 1,35 \cdot 0,6 \cdot w$

(7) = RAČUNSKI MOMENT SAVIJANJA  $M_{sd} = (q_u \cdot L^2 / 8) \cdot 0,68$

(8) = RAČUNSKA POPREČNA SILA  $V_{sd} = q_u \cdot L / 2 \cdot 0,68$

(9) = UKUPNA POTREBNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{s1} = M_{sd} \cdot 100 / 12,5 / 43,4$

(10) = UKUPNA POTREBNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{s2} = (M_{sd} \cdot 100 / 12,5 - 36,67) / 43,4$

(11) = POTREBNA DODATNA ARMATURA U DONJOJ ZONI  $A_{dob} = (8) - 1,52 \cdot 500 / 500$

(12) = POTREBNA DODATNA ARMATURA U GORNJOJ ZONI  $A_{dob} = (9) - 0,76 \cdot 500 / 500$

**OPTEREĆENJE:**

**Stalno opterećenje:**

crijep s letvama

"bijeli strop"

žbuka

1,0 kN/m<sup>2</sup>

1,3 kN/m<sup>2</sup>

1,2 kN/m<sup>2</sup>

**Ukupno:**

2,5 kN/m<sup>2</sup>

**Promjenljivo opterećenje (vjetar):**

1,2 kN/m<sup>2</sup>

**Promjenljivo opterećenje (snijeg):**

2,05 kN/m<sup>2</sup>

**Korisno promjenljivo opterećenje:**

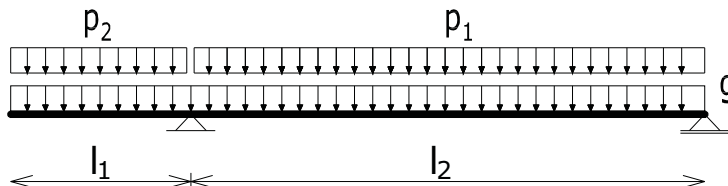
2,0 kN/m<sup>2</sup>

Tabela T5.

### Dimenzioniranje prijepusta

Kod dimenzioniranja konzola stvari se mijenju utoliko što je tlačni pojas dolje gdje ima više betona i više armature RAN nosača. Pažnju treba posvetiti gornjem (vlačnom) pojasu i njegovom sidrenju u unutrašnjost konstrukcije. Limit za raspon konzole uglavnom će biti progibljivost njenog kraja.

Primjer dimenzioniranja gredice s prepustom:



Crtež 3.39 Shema opterećenja

$$\begin{aligned}l_2 &= 5,5 \text{ m} \\l_1 &= 2,4 \text{ m} \\g &= 3.60 \text{ kN/m}^2 \\p_1 &= 2.00 \text{ kN/m}^2 \\p_2 &= 4.00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

I. kombinacija opterećenja:

$$q_{u1} = 1.35 \times g + 1.5 \times p_2 = 1.35 \times 3.60 + 1.5 \times 4.00 = 10.86 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u2} = 1.35 \times g = 1.35 \times 3.60 = 4.86 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{polje} = \frac{q_{u2} \times l_2^2}{10} = 10.0 \text{ kNm}$$

$$M_{ležaj} = \frac{q_{u1} \times l_1^2}{2} = 21.27 \text{ kNm}$$

II. kombinacija opterećenja:

$$q_{u1} = 1.35 \times g = 1.35 \times 3.60 = 4.86 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u2} = 1.35 \times g + 1.5 p_1 = 1.35 \times 3.60 + 1.5 \times 2.00 = 7.86 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{polje} = \frac{q_{u2} \times l_2^2}{10} = 16.17 \text{ kNm}$$

$$M_{ležaj} = \frac{q_{u1} \times l_1^2}{2} = 9.52 \text{ kNm}$$

III. kombinacija opterećenja:

$$q_{u1} = 1.35 \times g + 1.5 \times p_2 = 1.35 \times 3.60 + 1.5 \times 4.00 = 10.86 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{u2} = 1.35 \times g + 1.5 p_1 = 1.35 \times 3.60 + 1.5 \times 2.00 = 7.86 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{polje} = \frac{q_{u2} \times l_2^2}{10} = 16.17 \text{ kNm}$$

$$M_{ležaj} = \frac{q_{u1} \times l_1^2}{2} = 21.27 \text{ kNm}$$

➤ **Mjerodavna je III. kombinacija opterećenja.**

Ukupna potrebna armatura u polju:

$$A_{polje} = \frac{16.17 \times 100}{12.5 \times 43.4} = 2.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{d,polje} = A_{polje} - A_{a1} = 2.98 - 1.52 = 1.46 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{odabrano } 2\emptyset 10$$

Ukupna potrebna armatura na ležaju:

$$A_{ležaj} = \frac{21.27 \times 100}{12.5 \times 43.4} = 3.92 \text{ cm}^2$$

$$A_{d,ležaj} = A_{ležaj} - A_{a2} = 3.92 - 0.76 = 3.16 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{odabrano } 3\emptyset 10 + 1\emptyset 12$$

### Nosivost stropnog bloka

Stropni blok utong u fazi uporabe mora zadovoljiti nosivost za sva opterećenja koja se mogu javiti. Bitna je razlika u funkcioniranju stropnog bloka ima li u trenutku opterećenja bijeli strop postavljene slojeve, bilo estriha izravno, bilo plivajućeg poda. Dakle, je li opterećenje gornjih dijelova moguće izravno na blok ili posredno preko slojeva poda.

Pri izravnom opterećenju, dakle bez slojeva, javlja se

$$\text{vlastita težina bloka } g = 0.14/62.5 = 0.224 \text{ kN/m'}$$

$$\text{koncentrirana sila } F = x \text{ kN}$$

Blok je na osloncima uklješten u gredice, stoga je zbroj slomnih momenata na rubu i sredini raspona jednak

$$M_p = 0.40 \times 0.12 \times 0.25 / 6 + 0.40 \times 0.15 \times 0.15 \times 0.25 / 6 = 0.000615 \text{ MNm}$$

od toga apsorbira vlastita težina,

$$M_{gu} = \frac{0.224 \times 0.59^2}{8} = 0.0097 \text{ kNm}$$

preostaje za koncentriranu silu

$$M_{Fu} = M_p - M_{gu} = 0.615 - 0.0097 = 0.605 \text{ kNm}$$

što odgovara graničnoj sili od

$$F_u = \frac{M_{Fu} \times 4}{l} = \frac{0.605 \times 4}{0.59} = 4.10 \text{ kN}$$

odnosno dopuštenoj

$$F = 4.1 / 1.6 = 2.57 \text{ kN}$$

$$\text{ili } (2.57 \times 4 / 0.59) = 17.4 \text{ kN/m}^2$$

Pri posrednom opterećenju, dakle sa slojevima, javlja se vlastita težina bloka i težina slojeva kao raspodijeljeno opterećenje. Nakon odbijanja momenata vlastite težine preostaje za ostale slojeve

$$M_{qu} = 0.605 \text{ kNm}$$

što odgovara raspodijeljenom opterećenju od

$$q_u = \frac{M_{qu} \times 8}{l^2} = \frac{0.605 \times 8}{0.59^2} = 13.9 \text{ kN/m' } \quad \text{ili} \quad \frac{13.9 \times 4}{0.59} = 94 \text{ kN/m}^2$$

Kriterij nosivosti očito će biti odrez bloka neposredno uz gredicu.

Granična nosivost na temelju rezultata ispitivanja iznosi

$$Q_o = 0.24 \times 0.12 \times 0.25 = 0.0072 \text{ MN}$$

što odgovara graničnom raspodijeljenom opterećenju od

$$q_o = \frac{Q_o \times 2}{0.59} = 24.4 \text{ kN/m'}$$

odnosno dopuštenom opterećenju od

$$q = 24.4 / 1.7 = 14.35 \text{ kN/m'}$$

$$\text{ili } (14.35 \times 4 / .59) = 97.2 \text{ kN/m}^2$$

Zaključuje se da će blok zadovoljiti svim posrednom nanesenim opterećenjima kao i neposrednim raspodijeljenog karaktera. Jedinu pozornost treba posvetiti izravnim koncentriranim silama iznosa većeg od 2,57 kN po bloku. Ispod ovakvih opterećenja treba postaviti pometač, na primjer dasku ako se radi o fazi montaže. Vrlo mala iskoristivost nosivosti blokova važna je i zbog izbjegavanja utjecaja puzanja koja bi se mogla pojaviti kod prosječno iskorištene nosivosti lakobetonskih blokova.

### **Utjecaj pregradnih zidova izravno postavljenih na blokove bijelog stropa.**

Zidovi koji prelaze preko poprečnog rebra ili bloka koji je uz poprečno rebro, trostrano su oslonjeni, i ne predstavljaju zapravo koncentrirano opterećenje na blokove. To mogu predstavljati samo zidovi duljine manje od  $(6-2) \times 0.25 = 1.0$  m. Prema prethodnoj analizi dozvoljena težina toga zida kada je postavljen na najnepovoljnijem mjestu iznosila bi

$$g = 2.57 \times 4 = 10.28 \text{ kN/m'}$$

što odgovara betonskom zidu debljine 10 cm i visine 4.1 m. Zaključuje se da će blokovi i bez utjecaja međusobnog trenja u sljubnicama preuzeti opterećenje gotovo svih pregradnih zidova.

Pojavi li se ipak slučaj prekoračenja nosivosti, jednostavno se u strop ubaci lokalno poprečno rebro.

Granična nosivost grednog bijelog stropa za pojedine vrste gredica i raspona prikazana je narednim dijagramom.

### **3.4.4 Bijeli strop izložen horizontalnom opterećenju**

Opterećenje bijelog stropa u njegovoj ravnini nastaje kod vodoravnih i dijelom kosih konstrukcija zbog horizontalnih opterećenja na građevinu poput sila potresa i vjetra, eksplozija i pogonskih strojeva dakle uglavnom od kratkotrajnih opterećenja. Kod kosih konstrukcija do opterećivanja u ravnini dolazi i od stalnih i živih tereta zbog samog položaja konstrukcije. Među nabrojanim opterećenjima najsnažnije je potresno opterećenje kod kojega razinu opterećenja moramo pretpostaviti tako visoko da dolazi do plastifikacijskih efekata, dakle do gubitka energije zbog duktilnosti konstrukcije na bilo koja djelovanja.

### **3.4.5 Krutost bijelog stropa u svojoj ravnini**

Prema HRN ENV 1992-1-3:2004, rebrasti stropovi s ispunom (bez tlačne ploče) mogu se proračunavati kao pone ploče ako kontinuirana armatura poprečnih rebara prolazi kroz gredice. Maksimalna udaljenost poprečnih rebara je određena u ovisnosti o osnom razmaku i duljini gredica te debljini ploče. U pravilu se poprečna rebra postavljaju na razmaku 100-150 cm, ovisno o potresnoj zoni, a u posebnim uvjetima visoke seizmičke otpornosti ili iz drugih razloga koje uzrokuju horizontalne sile, smanjuje se udaljenost poprečnih rebara do graničnih 25 cm, a armatura se može povećati do konačnih 2Ø12 po rebru.

### **3.4.6 Deformabilnost konstrukcije bijeli strop**

Progibi konstrukcije bijeli strop mogu se promatrati u: (1) uvjetima idealnih rubnih uvjeta u kojima su grede bijelog stropa idelanim zglobovima pričvršćene na mjestima oslanjanja i (2) u stvarnim uvjetima gdje se zbog postojanja RAN nosača i njihovog povezivanja s vijencima upravo šipke RAN nosača upinju u vijence. Rezultati mjerenja na izvedenim gradnjama pokazuju djelomično upinjanje gredica bijelog stropa u vijence građevine. Ovo upinjanje pokazuje nešto veću nosivost od proračunske što se može i zanemariti jer je na strani sigurnosti. Međutim, to značajno umanjuje progibe na razini radnog opterećenja, gotovo za 25%. Uvjeti djelomičnog upinjanja ostvaruju se ako armatura gredice ima sačuvan posljednji gornji i donji čvor, zatim ako se u vijenac uvlači najmanje 10 cm, zatim ako kroz posljednja okna armaturnog kostura gredice prolazi barem jedna šipka  $\phi 10$  RA te ako vijenac i zidovi nad njim imaju težinu veću od 1/3 težine bijelog stropa ili je vijenac armaturom usidren u zidove ili nosače ispod njega.

### **Proračunska kontrola deformabilnosti gredica:**

Moment inercije homogenog betonskog presjeka (usvojen I presjek 0.05x0.15 cm):

$$I_b = \frac{bh^3}{12} + y_t^2 \times A = \frac{0.05 \times 0.15^3}{12} + 0.0012 \times 0.07^2 \times 2 = 2.58 \times 10^{-5} m^4$$

Moment inercije armature donje zone (4Ø7):

$$I_{dz} = A_{a1} \times \frac{h}{2} \times \alpha = 4 \times \frac{0.007^2 \pi}{4} \times \left(\frac{0.135}{2}\right)^2 \times 7 = 4.91 \times 10^{-6} m^4$$

Moment inercije armature gornje zone (2Ø7):

$$I_{gz} = A_{a2} \times \frac{h}{2} \times \alpha = 2 \times \frac{0.007^2 \pi}{4} \times \left(\frac{0.135}{2}\right)^2 \times 7 = 2.45 \times 10^{-6} m^4$$

$$\alpha = \frac{E_c}{E_b} = \frac{200 \text{ GPa}}{29 \text{ GPa}} \approx 7$$

Ukupni moment inercije betonskog presjeka i osnovne armature:

$$I = I_b + I_{dz} + I_{gz} = 3.32 \times 10^{-5} m^4$$

Dodatni moment inercije (uslijed dodatne armature u donjoj i gornjoj zoni gredice):

$$I_d = \alpha \times (A_{ddz} + A_{dgz}) \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \text{ovisi o tipu gredice}$$

Ukupni moment inercije:

$$I_u = I_b + I_{dz} + I_{gz} + I_d - \text{ovisi o tipu gredice}$$

Progib uslijed stalnog opterećenja g:

$$f_g = \frac{0.68 \times \frac{5gl^4}{384}}{30500000 \times I_u}$$

Progib uslijed promjenjivog opterećenja 0.7 q:

$$f_{0.7q} = \frac{0.68 \times \frac{5 \times 0.7ql^4}{384}}{30500000 \times I_u}$$

Proizvodno nadvišenje:

$$\Delta h = \left[ 180 - \left( 180^2 - \frac{l^2}{4} \right)^{0.5} \right] \times 1000$$

Ukupni progib:

$$f = f_g + f_{0.7q} - \Delta h = 8,5 \text{ mm}$$

Dopušteni progib:

$$f_{dop} = l/250 =$$

Pregled progiba gredica pod računskim opterećenjem ovisno o njihovoj duljini dat je tabelarno:

**KONTROLA DEFORMABILNOSTI GREDICA GREDICA MEDUKATNE KONSTRUKCIJE  $g=3,6 \text{ kN/m}^2$ ;  $q=2,0 \text{ kN/m}^2$**

TIP GREDICE	L		I	$A_{dgc}$ ( $\text{cm}^2$ )	$A_{ditz}$ ( $\text{cm}^2$ )	$I_d$ ( $\text{m}^4$ )	$I_u$ ( $\text{m}^4$ )	$f_g$ (mm)	$\Delta h$ (mm)	$\Delta h-f_g$ (mm)	$f_{0,7q}$ (mm)	f (mm)	$f_{dop}$ (mm)
	(m)	(2)											
1	3,5	3,32E-05	0,00	0,00	0,00E+00	3,32E-05	4,7	8,5	-3,8	1,8	-1,9	14,0	
2	4,0	3,32E-05	0,50	0,50	2,52E-06	3,57E-05	7,5	11,1	-3,6	2,9	-0,7	16,0	
3	4,3	3,32E-05	0,50	0,79	3,25E-06	3,64E-05	9,8	12,8	-3,0	3,8	0,8	17,2	
4	4,5	3,32E-05	0,79	1,13	4,84E-06	3,80E-05	11,3	14,1	-2,8	4,4	1,6	18,0	
5	4,9	3,32E-05	1,29	1,57	7,21E-06	4,04E-05	14,9	16,7	-1,8	5,8	4,0	19,6	
6	5,5	3,32E-05	1,92	2,26	1,05E-05	4,37E-05	21,9	21,0	0,9	8,5	9,4	22,0	
7	6,2	3,32E-05	3,49	3,39	1,73E-05	5,05E-05	30,6	26,7	3,9	11,9	15,8	24,8	

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

- (2)= RAČUNSKI RASPON NOSAČA
- (3)= MOMENT INERCIJE HOMOGENOG BETONSKOG PRESJEKA I OSNOVNE ARMATURE
- (4)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U GORNJOJ ZONI
- (5)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U DONJOJ ZONI
- (6)= DODATNI MOMENT INERCIJE USLIJED DODATNE ARMATURE GORNJE I DONJE ZONE
- (7)= UKUPNI MOMENT INERCIJE
- (8)= PROGIB USLIJED STALNOG OPTEREĆENJA
- (9)= PROIZVODNO NADVIŠENJE
- (11)= PROGIB USLIJED POKRETNOG OPTEREĆENJA
- (12)= UKUPNI PROGIB
- (13)= DOPUŠTENI PROGIB (L/250)

Tabela T6.



**KONTROLA DEFORMABILNOSTI GREDECA KROVNE KONSTRUKCIJE,  $g=2,5 \text{ kN/m}^2$ ;  $s=0,5 \text{ kN/m}^2$ ;  $w=1,2 \text{ kN/m}^2$**

TIP GREDECE	L		I	$A_{dgc}$	$A_{dte}$	$I_d$	$I_u$	$f_g$	$\Delta h$	$\Delta h-f_g$	$f_{0,7q}$	f	$f_{dop}$
	(m)	(3)	(m <sup>4</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(m <sup>4</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(13)
1	4,2	3,32E-05	0,00	0,00	0,00E+00	3,32E-05	6,8	12,3	-5,4	2,3	-3,2	16,8	
2	4,8	3,32E-05	0,50	0,50	2,52E-06	3,57E-05	10,8	16,0	-5,2	3,6	-1,6	19,2	
3	5,1	3,32E-05	0,50	0,79	3,25E-06	3,64E-05	13,5	18,1	-4,6	4,5	-0,1	20,4	
4	5,4	3,32E-05	0,79	1,13	4,84E-06	3,80E-05	16,2	20,3	-4,0	5,5	1,4	21,6	
5	5,9	3,32E-05	1,29	1,57	7,21E-06	4,04E-05	21,8	24,2	-2,4	7,3	4,9	23,6	
6	6,5	3,32E-05	1,92	2,26	1,05E-05	4,37E-05	29,6	29,3	0,3	10,0	10,2	26,0	
7	7,4	3,32E-05	3,49	3,39	1,73E-05	5,05E-05	43,1	38,0	5,0	14,5	19,5	29,6	

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

- (2)= RAČUNSKI RASPON NOSAČA  
 (3)= MOMENT INERCIJE HOMOGENOG BETONSKOG PRESJEKA I OSNOVNE ARMATURE  
 (4)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U GORNJOJ ZONI  
 (5)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U DONJOJ ZONI  
 (6)= DODATNI MOMENT INERCIJE USLIJED DODATNE ARMATURE GORNJE I DONJE ZONE  
 (7)= UKUPNI MOMENT INERCIJE  
 (8)= PROGIB USLIJED STALNOG OPTEREĆENJA  
 (9)= PROIZVODNO NADVIŠENJE  
 (11)= PROGIB USLIJED POKRETNOG OPTEREĆENJA  
 (12)= UKUPNI PROGIB  
 (13)= DOPUŠTENI PROGIB (L/250)

Tabela T7.

**KONTROLA DEFORMABILNOSTI GREĐICA KROVNE KONSTRUKCIJE  $g=2,5 \text{ kN/m}^2$ ;  $s=2,05 \text{ kN/m}^2$ ;  $w=1,2 \text{ kN/m}^2$**

TIP GREĐICE	L		I	$A_{dgr}$ ( $\text{cm}^2$ )	$A_{diz}$ ( $\text{cm}^2$ )	$I_d$ ( $\text{m}^4$ )	$I_u$ ( $\text{m}^4$ )	$f_g$ (mm)	$\Delta h$ (mm)	$\Delta h-f_g$ (mm)	$f_{0,7q}$ (mm)	f (mm)	$f_{dop}$ (mm)
	(m)	(2)											
1	3,3		3,32E-05	0,00	0,00	0,00E+00	3,32E-05	2,6	7,6	-5,0	1,5	-3,5	13,2
2	3,7		3,32E-05	0,50	0,50	2,52E-06	3,57E-05	3,8	9,5	-5,7	2,2	-3,5	14,8
3	4,0		3,32E-05	0,50	0,79	3,25E-06	3,64E-05	5,1	11,1	-6,0	2,9	-3,1	16,0
4	4,2		3,32E-05	0,79	1,13	4,84E-06	3,80E-05	5,9	12,3	-6,3	3,4	-2,9	16,8
5	4,6		3,32E-05	1,29	1,57	7,21E-06	4,04E-05	8,0	14,7	-6,6	4,6	-2,0	18,4
6	5,1		3,32E-05	1,92	2,26	1,05E-05	4,37E-05	11,2	18,1	-6,8	6,4	-0,4	20,4
7	5,8		3,32E-05	3,49	3,39	1,73E-05	5,05E-05	16,3	23,4	-7,1	9,3	2,2	23,2

**OPIS IZRAZA U STUPCIMA:**

- (2)= RAČUNSKI RASPON NOSAČA
- (3)= MOMENT INERCIJE HOMOGENOG BETONSKOG PRESJEKA I OSNOVNE ARMATURE
- (4)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U GORNJOJ ZONI
- (5)= POVRŠINA DODATNE ARMATURE U DONJOJ ZONI
- (6)= DODATNI MOMENT INERCIJE USLIJED DODATNE ARMATURE GORNJE I DONJE ZONE
- (7)= UKUPNI MOMENT INERCIJE
- (8)= PROGIB USLIJED STALNOG OPTEREĆENJA
- (9)= PROIZVODNO NADVIŠENJE
- (10)= PROGIB USLIJED POKRETNOG OPTEREĆENJA
- (11)= UKUPNI PROGIB
- (12)= DOPUŠTENI PROGIB (L/250)

Tabela T8.

### 3.4.7 Tehnički propisi i norme

- (1) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): I. Opće odredbe
- (2) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): III. Građevni proizvodi za betonske konstrukcije
- (3) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): IV. Projektiranje betonskih konstrukcija
- (4) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): Prilog A. Beton
- (5) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): Prilog G. Predgotovljeni betonski elementi
- (6) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): Prilog I. Projektiranje betonskih konstrukcija u skladu sa Hrvatskim Normama
- (7) Zakon o građevnim proizvodima (N.N. 86/08)- I. Opće odredbe
- (8) Zakon o građevnim proizvodima (N.N. 86/08)- III. Ocjenjivanje sukladnosti
- (9) HRN ENV 1991-1 (Eurokod 1): Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije-1. dio: Osnove projektiranja
- (10) HRN ENV 1991-1 (Eurokod 1): Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije-2. dio: Djelovanja na konstrukcije
- (11) HRN ENV 1992-1-3:2004 (Eurokod 2): Projektiranje betonskih konstrukcija-1-1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
- (12) HRN ENV 1992-1-3:2004 (Eurokod 2): Projektiranje betonskih konstrukcija-1-1. dio: Opća pravila – Predgotovljeni betonski elementi i konstrukcije
- (13) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije
- (14) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Opća pravila za zgrade
- (15) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Posebna pravila za razna gradiva i elemente
- (16) HRN EN 771-4:2004: Specifikacija za zidne elemente -4.dio: Zidni elementi od porastog betona
- (17) HRN EN 771-4/A1:2005: Specifikacija za zidne elemente -4.dio: Zidni elementi od porastog betona
- (18) HRN EN 998-2:2003: Specifikacija morta za zide -2.dio: Mort za zide

## 4. IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE BIJELI STROP

### 4.1 PRIJEVOZ I PODIZANJE GREDICA I STROPNIH BLOKOVA

Izradu gredica praktično je organizirati na samome gradilištu. čim površina koja se prekriva bijelim stropom prelazi 1000 m<sup>2</sup>, ovakav način proizvodnje postaje racionalan, jer su kalupi za proizvodnju gredica i ležajnica prenosivi. Preporuča se gredice prevoziti i podizati na građevinu kod kojih je beton pojasnice star barem 28 dana. U tom slučaju nema posebnih ograničenja u prijevozu i podizanju, no uz uvjet da se operacije izvode tako da nema klizanja betona gredice po tvrdim površinama.

Izrazito svježe gredice stare jedan do sedam dana moraju se utovarati u kamione i podizati mini dizalicama tako da nema dodira betona sa metalnim dijelovima kamiona i dizalica i skela. Prijevoz se odvija tako da se prvi red gredica postavlja na drvene podmetače, potom na prvi red gredica drveni podmetači i opet red gredica.

Stropni blokovi se prevoze u paletnom pakiranju što bliže do samog gradilišta. Nije preporučljivo otvarati pokrivku paleta sve do trenutka uporabe blokova. Ako prilike dopuštaju najbolje je čitave palete podići autodizalicom ili gradilišnom dizalicom, što bliže mjestu konstrukcije koju se izvodi. Kad su u uporabi male električne dizalice potrebno je formirati korpu u koju prikladno staje barem 6-8 stropnih blokova.

Kad se rabi gradilišna dizalica racionalno je donositi gredice dizalicom na mjesto postavljanja i to po jednu ili više gredica. Umješnim podupiranjem u suho postavljenih blokova budućeg bijelog stropa na određenom mjestu, može se formirati mjesto na koje se postavlja paleta, a iz nje se dalje jednostavno pune stropni blokovi.

Pri podizanju stropnih blokova valja imati na umu da se oni mogu puniti s gornje strane, ali i s donje strane buduće konstrukcije.

### 4.2. PODUPIRANJE I NADVIŠENJE

#### 4.2.1 Potreba za podupiranjem

Podupiranje i nadvišenje u uskoj su vezi. U osnovi podupiranje, ako ga ima, mora osigurati konstrukciji nosivost i stabilnost u fazi montiranja. Nadvišenje osigurava pravilan oblik gotove konstrukcije kao bi završna obrada s donje strane bila što jednostavnija. Posljednji zahtjev može biti mjerodavan i za podupiranje. Podupiranje je dakle u uskoj vezi s nadvišenjem, a jedno i drugo u uskoj su svezi s načinom proizvodnje gredica.

#### **Gredice proizvedene s minimalnom armaturom i dovoljnim radijusom zakrivljenosti (nadvišenjima).**

Minimalnu armaturu gredice čine samo dva Rešetkasta Armaturna Nosača (RAN). Potrebna samonosivost gredice se postiže u ljetnom razdoblju nakon 36 sati, a u zimskom nakon 72 sata od završetka betoniranja pojasnice.

Za gredice armirane s dva RAN nosača 7/4/7 mm, dovoljan radijus zkrivljenosti je  $r < 225$  m.

Raspon do kojega nije potrebno podupiranje iznosi 3.50 m.

#### **Gredice proizvedene s dodatnom armaturom i dovoljnim radijusom zakrivljenosti (nadvišenjima).**

Potpuno aktiviranje dodatne armature u samonosivosti gredica moguće je za šipke postavljene u pojasnici, ako je starost betona najmanje 28 dana te za unutrašnje šipke gornjeg pojasa stisnute RAN nosačima. Vanjske šipke gornjeg pojasa nije moguće aktivirati u samonosivosti prilikom montaže.

Radijus  $r=22$  m dovoljan je za raspon do 3.0 m.

Radijus zakrivljenosti  $r= 100$  m dovoljan je za raspon 4.50 m

Potrebna dodatna armatura uz RAN 7/4/7 je  $\phi 12$  RA gore i dolje.

Radijus zakrivljenosti  $r= 100$  dovoljan je za raspon od 5.50 m.

#### **Gredice proizvedene s nedovoljnim radijusom zakrivljenosti (minimalnim nadvišenjima).**

Minimalno nadvišenje nastaje uz radijus zakrivljenosti  $r=225$ . Samonosivost je moguća samo do 3.0 m. Preko toga raspona potrebno je podupiranje bez obzira na količinu ugrađene armature. Nasilno postizanje nadvišenja podizanjem gredica u sredini raspona nema konstruktivnog učinka i nije prihvatljivo.

#### **4.2.2 Postavljanje djelatnih podupora.**

Djelatnim potporama smatraju se one koje su nužne zbog nosivosti sustava u fazi montaže. Ponekada naime dio potpora može biti postavljen uz same oslonce ili na krajevima konzola, kako bi se osigurala savršena geometrija.

Djelatne podupore je praktično postaviti nakon što se osnovne gredice rasporede na svoja mjesta. Razmak među njima osigurava se jednim redom blokova ili ležajnicama. Praktičnije je to raditi s redom blokova jer oni mogu poslužiti i za hodanje. Podupore se postavljaju istodobno s drvenim naglavnim gredama. Podupore se podižu klinovima dok naglavne grede ne dotaknu svaku gređicu.

Ako se potpore postavljaju na prethodno izvedeni bijeli strop, tada se ispod potpore odnosno klinova postavlja daska ili slično kako bi se oslanjanje odvijalo na više od jednom stropnom bloku.

#### **4.2.3 Gustoća podupora**

Djelatne potpore za gredni sustav postavljaju se u srednjoj crti ili blizu srednje crte. Metalni podupirači i drvene grede obično nose više od 10 kN, što znači da mogu nositi cca 9 m<sup>2</sup> bijelog stropa u fazi montaže. Stoga je i na raspon od 6.0 m dovoljno potpore postavljati svakih 3.0 m dakle približno u sredini. Budući polovicu tereta preuzimaju zidovi, drugu polovicu preuzimaju potpore. Stoga je približan potreban broj podupirača jednak površini bijelog stropa podijeljen s (10 do 18).

#### **4.2.4 Podupiranje konzola**

Podupiranje konzola osjetljiviji je zadatak od podupiranja grednih raspona. Ono ovisi o tome ima li konzola korijen (proturaspon) iz gređice ili samo iz armaturnih šipki. Konzole s korijenom iz gređica nije potrebno podupirati, ali je praktično poravnati im kraj raspona zbog točnosti gotove konstrukcije. Konzole bez korijena potrebno je podupirati i na slobodnom kraju ili uz sami kraj.

#### **4.2.5 Podupiranje spojeva gređica**

Podupiranje spojeva gređica međusobno ili gređica i nosača u ploči posebno je osjetljivo mjesto. Ono bitno ovisi o tome jesu li spojevi zavareni ili nisu.

Ako spojevi nisu zavareni, tada sporedna gređica svakog spoja mora biti poduprta na mjestu spoja. Ova podupora mora ostati barem sedam dana. Podupiranje glavne ili glavnih gređica ovisi o konkretnoj situaciji na građevini.

Ako su spojevi zavareni, tada sporednu gređicu nije potrebno podupirati, a podupiranje glavne odnosno glavnih gređica ovisi o konkretnoj situaciji. Trajanje podupiranja također ovisi o konkretnoj situaciji.

### **4.3. POSTAVLJANJE BIJELOG STROPA**

#### **4.3.1 Postavljanje i piljenje blokova**

Postupak montiranja bloka u strop mora se odvijati prema slijedećem:

Blokovi se montiraju tako da djelatnik stoji na prethodno postavljenim blokovima. Nikako ne smije stajati na gredicama ili ležajnicama.

Na jedan blok ne smije stati više od jednog čovjeka. Preporuča se stajati uz rubove bloka, a po mogućnosti gaziti na sastavnice dva bloka.

Ako se iz geometrijskih razloga blok mora suziti sa 25 cm na manje, tada mu u tom omjeru opada i nosivost i taj se blok mora izbjegavati pri hodanju.

Kretanje po suho montiranim ispunama mora biti mirno, bez poskakivanja. Pri postavljanju bloka, a i kasnije, blok se može udarati samo gumenim čekićem. Prijenos većih tereta ili vožnja kolicima mora se odvijati pomoću dasaka koje se postavljaju preko blokova.

Priručni materijali za rad, blokove, mort, svježi beton ne smiju se gomilati na jednom mjestu.

Najosjetljivija faza je ona u kojoj se postavljaju beton i rebra, tankoslojni mort te eventualno cementni namaz.

#### **4.3.2 Postavljanje poprečnih rebara**

Postavljanje poprečnih rebara vrši se nakon postavljanja gredica, ležajnica i blokova. Postavljanje se sastoji od uvlačenja gornje i donje šipke poprečnog rebra. Donja šipka se postavlja neposredno iznad betonskog tijela ležajnice. Gornja šipka se može postavljati na dva načina i to: (1) ispod armature gornje zone grede, pri čemu se šipka vezuje žicom za tu armaturu, (2) da se armatura postavi iznad armature gornje zone grede. Drugi slučaj se rabi u prilikama kada je u gornjoj zoni grede velika količina armature. Osobito pažljiv valja biti kod postavljanja armature koja se nastavlja, zbog odluke kako uvlačiti armaturu koja se nastavlja. Svaka veza poprečnog rebra u rubni vijenac mora završiti komadom armature U oblika, tako da se obuhvati vijenac i nastave gornja i donja šipka poprečnog rebra.

#### **4.3.3 Postavljanje vijenaca**

Vijence bijelog stropa postavljaju se iznad zidova. Pažnju treba obratiti na to da se sva poprečna rebra sidre u vijence. Naročitu pozornost treba obratiti na to da se na uglovima ploče, osigura povezivanje armature iz dva smjera s potrebnim sidrenjima. Kada je bijeli strop završna odnosno krovna konstrukcija, tada se završeci armature stupova odnosno uspravnih serklaža moraju savinuti i sidriti u vijence bijelog stropa.

#### **4.3.4 Izvođenje rubova konzola i krovnih streha**

Izvođenje rubova konzola i krovnih streha osjetljivo je zbog same točnosti koju treba postići. Redovito je potrebno poduprijeti taj rub i izravnati ga ili uz njega postaviti dovoljno krutu dasku i uz nju prisiliti rubove gredica na ravnanje.

#### **4.3.5 Izrada i ugradnja mikro betona u glavna i poprečna rebra**

Ugradnja mikro betona mora postići osnovni cilj da dobro popuni prostore oko armature zbog njene zaštite. Stoga je najbolje proizvesti mikro beton u volumnom omjeru 2 dijela pijeska frakcije 0-4 mm i jednog dijela cementa. Količina cementa je približno 400 kg/m<sup>3</sup>. Količina vode mora biti tolika da se beton sam raspoređuje kad se izlije u kanale bijelog stropa. Preveliki vodocementni faktor (omjer vode i cementa) ne treba zabrinjavati jer laki ytong beton vrlo brzo popije prekomjernu količinu vode. Ovaj efekat je poželjan jer dijelom cementno mlijeko prodire u laki beton i još više širi zaštitni omotač oko armaturnih šipki.

Posebno na kosim plohama treba biti pažljiv i nešto smanjiti količinu vode kako se mikro beton ne bi izlijevaio iz nagnutih kanala bijelog stropa. Samo izlijevanje mikro betona najbolje je na mjestima križanja gredica i ležajnica.

Poravnavanje mikro betona u kanalima vršiti tek nakon što laki beton upije višak vode u betonu, cca 1/2 sata nakon izlijevanja.

#### **4.3.6 Izrada i ugradnja tankoslojnog morta**

Tankoslojni mort je posebno važan sastavni dio bijelog stropa. Postavlja ga se najranije jedan sat nakon ugradnje mikro betona do jednog ili više dana. Predugo čekanje nije poželjno jer se nad blokove i njihove spojeve spušta prljavština. Mort se načini rijetkim, kao mješavina Ytong morta, cementa i vode. Dodatak cementa se kreće oko 50% zimi i nešto manje ljeti. Mješavina mora biti rijetka toliko da se sama razlijeva po površini. Nanosi ga se slobodnim izlivanjem. Ravnanje nije nužno, ako ga se radi, onda se to može obaviti metlom. Kad se radi o krovnoj konstrukciji tada ga se može blago poravnati dleterom. Jedna od osnovnih funkcija tankoslojnog morta je popunjavanje sljubnica među blokovima. Stoga masnoća morta nema neku posebnu svrhu.

Kvalitetno postavljene tankoslojni mort konstrukciju čini vodonepropusnom.

#### **4.3.7 Izrada žbuke na bijelom stropu**

Žbuka na bijelom stropu u načelu se izvodi se kao i na svakom drugom ytong zidu. Tri su racionalna načina izvođenja završnog sloja odnosno žbuke. Prvi način je izrada impregnacije a potom se postavlja jednoslojna vapneno gipsana žbuka, debljine 8-10 mm. Nanosi se strojno ili ručno. Zbog uklještenja blokova gredicama i poprečnim rebrima, nema opasnosti od pucanja žbuke na dodirima dvaju različitih materijala. U prvih tri do četiri tjedna na žbuci se primjećuje razlika u boji zbog različite brzine sušenja. Drugi način je izrada glet mase u dva tanka sloja. U prvom sloju je moguće staviti uobičajene mrežice. Podloga za postavljane prvog sloja glet mase mora biti čista i dobro navlažena. Debljina gletanog sloja mora biti barem 4 mm.

Treći način izrade završnog sloja je uporaba tankoslojnog morta kao glet mase. Sastav tankoslojnog morta mora biti isti onaj koji je i na gornjoj strani stropa. Podloga mora biti dobro navlažena.

#### **4.3.8 Pokrovi na bijelom stropu**

Pokrovi na konstrukciji bijeli strop bitno se razlikuju od uobičajenih, jer je bijeli strop velikim dijelom toplinska izolacija i parna brana.

Najjednostavniji kosi krov ima iznad bijelog stropa postavljenu hidroizolaciju, nad nju postavljene letve za crijep, a između letvi postaviti preostali dio toplinske izolacije. Uvijek prema podacima iz projekta.

Letve se u konstrukciju pričvršćuju čavlima, pri čemu je moguće čavljanje u betonski dio gredica, čeličnim čavlima ili čavljanje aluminijskim čavlima u lakobetonski stropni blok. Prilikom udaranja čavala treba biti oprezan da se blokovi ne prelome ili oštete. Preporuča se letvu s donje strane na mjestima gdje su čavli lokalno zaštititi od prodora vode. Alternativno se može s donje strane zaštititi čitava letva.

Nešto raskošniji kosi krov je onaj kod kojega se nad bijeli strop postave letve, a među njih preostali dio toplinske izolacije. Potom se postavlja folija kao hidroizolacija (uvijek paropropusna), te na nju letve iz drugog smjera kao nosači crijepa.

Na ravnim krovovima iznad bijelog stropa postavlja se bitumenska traka s uloškom od alu-folija 0.1-0.2 mm, što predstavlja hidroizolaciju i parnu branu. Nakon toga postavlja se preostala toplinska izolacija, iznad nje folija, a potom AB estrih.

## 5. UKLANJANJE BIJELOG STROPA

Posebno svojstvo bijelog stropa je mogućnost njegove demontaže odnosno uklanjanja s tim da se sačuva više od 90 % vrijednosti njegovih dijelova za ponovnu uporabu. Potreba za uklanjanjem može se pojaviti prilikom nadogradnje kuće odnosno zgrade koja ima ravni ili kosi krov ili prilikom rušenja dotrajalih zgrada.

Demontiranje bijelog stropa započinje uklanjanjem slojeva koji su nad njim tako da ga se s gornje strane očisti do gole konstrukcije. Skidanje započinje tako da se ukloni jedan reda blokova i poprečnih rebara, obično prvi red uz rub. U tom redu slomi se jedan obično prvi blok. Od nastalog otvora, uz lagano udaranje s donje strane, pomoću klinova i po načelu poluge, guli se slijedeći blok do mjesta prvog poprečnog rebra. Poprečno rebro se uklanja štemanjem betona iznad ležajnice i presijecanjem njegovih armaturnih šipki. Potom se postupak nastavlja do kraja odgovarajućeg reda. Oslobođena gredica se po načelu poluge blago razmakne od blokova slijedećeg reda i ponavlja postupak uklanjanja kao kod prvog odnosno prethodnog reda.

Oslobođenoj gredici se ukloni (odšteta) beton iznad pojasnice čime je ona pripravna za skidanje. žbuku, koja se eventualno nalazila s donje strane konstrukcije, nije neophodno uklanjati ukoliko sama od sebe ne otpadne.

Jako oštećene stropne blokove na oslocima ne smije se ponovno uporabiti. Oštećene betonske dijelove pojasnica ili ležajnica može se zakrpati kvalitetnim cementnim mortom uz dodatak SN veze ili Ytong morta.



## 6. LITERATURA

- (D.1) Danolić P., *Pokusna ispitivanja konstrukcije bijeli strop na gradnji Inestgradnje Priko-Blato - C, u Omišu*, Tvrtka Prokion, Split 1998.
- (E.1) EN 1993-EC3: Projektiranje čeličnih konstrukcija
- (H.1) HRN ENV 1991-1 (Eurokod 1): *Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije-1. dio: Osnove projektiranja*
- (H.2) HRN ENV 1991-1 (Eurokod 1): *Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije-2. dio: Djelovanja na konstrukcije*
- (H.3) HRN ENV 1992-1-3:2004 (Eurokod 2): *Projektiranje betonskih konstrukcija-1-1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade*
- (H.4) HRN ENV 1992-1-3:2004 (Eurokod 2): *Projektiranje betonskih konstrukcija-1-1. dio: Opća pravila – Predgotovljeni betonski elementi i konstrukcije*
- (H.5) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): *Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije*
- (H.6) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): *Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Opća pravila za zgrade*
- (H.7) HRN ENV 1992-1-1:2005 (Eurokod 8): *Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1-1. dio: Opća pravila – Posebna pravila za razna gradiva i elemente*
- (H.8) HRN EN 771-4:2004: *Specifikacija za zidne elemente -4.dio: Zidni elementi od porastog betona*
- (H.9) HRN EN 771-4/A1:2005: *Specifikacija za zidne elemente -4.dio: Zidni elementi od porastog betona*
- (H.10) HRN EN 998-2:2003: *Specifikacija morta za ziđe -2.dio: Mort za ziđe*
- (M.1) Marović P., *Bijeli strop - pokusna ispitivanja*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split 1997.
- (M.2) Marović P., *Pokusna ispitivanja konstrukcije bijeli strop na gradnji Kondak L1-L5 Metković*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split 1998.
- (M.3) Mihanović A., *Stabilnost konstrukcija*, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, 224 str. Zagreb 1993.
- (M.4) Mihanović A. i Z. Rak, *Potpuno armirane lakobetonske konstrukcije*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 169 str. Split 1996.
- (M.5) Mihanović A., *Bijeli strop - tipski projekt*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split 1997.
- (M.6) Marović P. i A. Mihanović, *TEMP. Kompjutorski program za vremenski toplinski odgovor ravninskih konstrukcija*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu 1996.
- (M.7) Mihanović A., *Samonosivi lakobetonski zidani strop*, patentna prijava P970336A, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Zagreb 1997.
- (T.1) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *I. Opće odredbe*
- (T.2) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *III. Građevni proizvodi za betonske konstrukcije*
- (T.3) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *IV. Projektiranje betonskih konstrukcija*
- (T.4) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *Prilog A. Beton*
- (T.5) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *Prilog G. Predgotovljeni betonski elementi*
- (T.6) Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 175/09 i 100/04): *Prilog I. Projektiranje betonskih konstrukcija u skladu sa Hrvatskim Normama*
- (T.7) Tehnički propis za čelične konstrukcije (N.N. 112/08)
- (Z.1) Zakon o građevnim proizvodima (N.N. 86/08)- *I. Opće odredbe*
- (Z.2) Zakon o građevnim proizvodima (N.N. 86/08)- *III. Ocjenjivanje sukladnosti*