



[1] 2013 1[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области  
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

156-163

**Стручни рад** | Professional paper

**UDK** | UDC 624.012.8:711.41-111

**DOI** 10.7251/AGGPLUS1301156T

**Рад примљен** | Paper received 15/11/2013

**Рад прихваћен** | Paper accepted 22/12/2013

**Жикица Текић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

**Саша Ђорђевић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

**Александра Ненадовић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

**ДРВЕНА РЕШЕТКАСТА  
КОНСТРУКЦИЈА – ГРЕШКЕ У  
ПРОЈЕКТОВАЊУ И  
ИЗВОЂЕЊУ**

**TIMBER TRUSS STRUCTURE  
- ERRORS IN DESIGN AND  
EXECUTION**

Стручни рад  
Professional paper  
Рад примљен | Paper accepted  
22/12/2013  
УДК | UDC  
624.012.8:711.41-111  
DOI  
10.7251/AGGPLUS1301156T

**Жикица Текић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

**Саша Ђорђевић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

**Александра Ненадовић**

*Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Булевар краља Александра 73*

## ДРВЕНА РЕШЕТКАСТА КОНСТРУКЦИЈА – ГРЕШКЕ У ПРОЈЕКТОВАЊУ И ИЗВОЂЕЊУ

### АПСТРАКТ

У раду је приказана дрвена решеткаста конструкција једноводног крова, кроз фазе њеног пројектовања, прорачуна и извођења. Реч је о конструкцији која првобитно није изведена у складу са пројектном документацијом, након чега се приступило њеној санацији која није успела, да би у коначном облику била изведена нова конструкција крова. Намера је да се овим радом скрене пажња на важност свих фаза у изради кровне дрвене конструкције, како се не би десили слични пропусти током реализације једног пројекта.

*Кључне ријечи: Дрво, решеткасти носач, чворне везе, статички систем, деформација*

## TIMBER TRUSS STRUCTURE - ERRORS IN DESIGN AND EXECUTION

### ABSTRACT

This paper presents a monopitch timber truss roof, through the stages of its design, static calculation and execution. It is a structure that originally was not carried out in accordance with project documentation, and the realization of its restructuring failed to make the final form. It all lead to constructing a new roof structure. The intention in this paper was to draw attention to the importance of all phases in the development of the timber roof structures, in order to avoid similar failures from occurring during the execution of this project.

*Key words: Timber, roof truss, node connections, static system, deformation*

## 1. УВОДНО ОБРАЗЛОЖЕЊЕ

У раду је приказана дрвена конструкција једноводног крова изнад улазног хола централног објекта истраживачке станице Петница, у Републици Србији. Нижи део једноводног крова се налази на висини од 7.35 m у односу на под приземља, док је виши део крова на висини од 9.13 m. Конструкција крова је пројектована од низа дрвених решеткастих носача статичког система просте греде, чије су везе у чворовима система пројектоване уз примену завртњева као механичких спојних средстава. Пројектом конструкције су предвиђени дводелни штапови горњег и доњег појаса и једноделни штапови испуне. Конструкција је пројектована и прорачуната да прихвати климатска оптерећења и оптерећење од кровног покривача (стакла), односно од инсталација у нивоу штапова доњег појаса. Дрво употребљено за елементе конструкције је од четинара. Од фазе израде извођачке документације, закључно са извођењем кровне дрвене конструкције, направљено је низ пропуста, који су утицали на то да у коначној варијанти не буде изведена првобитно пројектована конструкција. Покушај санације првобитно пројектоване и изведене конструкције није успео, из разлога личног немара и одсуства професионалне одговорности појединих учесника у реализацији овог подухвата. Намера је да се овим радом скрене пажња на важност свих фаза у изради кровне дрвене конструкције, како се не би десили слични пропусти током реализације неког пројекта. Првобитна конструкција крова је изведена током 2012. године, а након неуспеле санације је уклоњена са објекта. На основу новог пројекта конструкције, изведена је дрвена конструкција у технологији лепљеног ламелираног дрвета, током 2013. године. У раду је кроз шематски приказ статичких система приказано првобитно решење конструкције и решење конструкције у фази санације, а на крају рада је приложена фотодокументација првобитно изведене и коначно изведене конструкције крова.

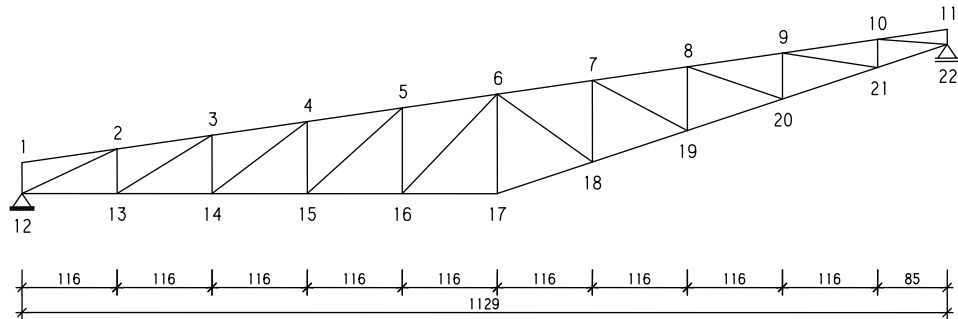
## 2. ПРВОБИТНО РЕШЕЊЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Основни подаци о првобитно пројектованој и изведеној дрвеној решеткастој конструкцији једноводног крова су следећи:

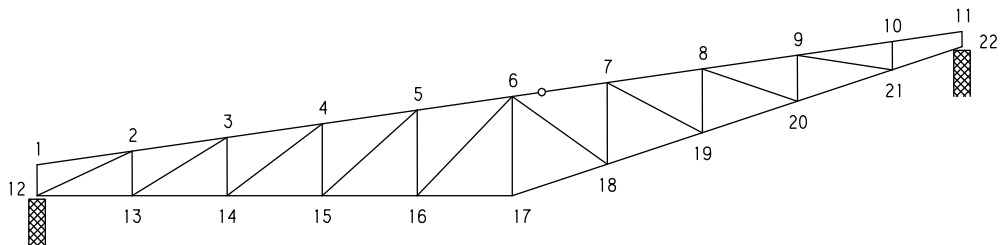
- Рачунски распон дрвених решеткастих носача:  $L = 1.129 \text{ m}$ ,
- Рачунски размак дрвених решеткастих носача:  $\lambda = 131 \text{ cm}$ ,
- Димензије попречног пресека штапова горњег појаса:  $b / d = 2 \times 4 / 18 \text{ cm}$ ,
- Димензије попречног пресека штапова доњег појаса:  $b / d = 2 \times 4 / 16 \text{ cm}$ ,
- Димензије попречног пресека штапова испуне:  $b / d = 8 / 8 \text{ cm}$ ,

Спојна средства за извођење чворних веза: завртњеви.

У току израде радионичког цртежа за производњу дрвених решеткастих носача, направљен је први пропуст: у статичком прорачуну је предвиђена десна ослоначка дијагонала од чвора број 10 до чвора број 22 (слика 1), која је изостављена у радионичком цртежу, чиме су сви носачи направљени без те дијагонале (слика 2). Други пропуст се десио у радионици, у фази израде дрвених решеткастих носача, где се одступило од извођења чворних веза у складу са радионичком документацијом: није испоштован пречник, број и распоред завртњева, приликом формирања чворова носача.



Слика 1. Статички систем носача – првобитно решење



Слика 2. Шематски приказ носача – првобитно изведено стање

Након производње носача, приступило се монтажи кровне дрвене конструкције и кровног покривача (стакла), при чему је дошло до знатног угиба носача (око 20 cm) на половини његовог распона. Основни узрок знатних деформација дрвених решеткастих носача, статичког система просте греде, приказаног на слици 2, још у фази извођења кровног покривача (без утицаја оптерећења од снега), огледа се у следећем:

Број, пречник и распоред спојних средстава за формирање чворних веза штапова носача, констатован на лицу места, није у складу са техничком документацијом из склопа пројекта конструкције првобитно пројектованог решења. За рачунску силу затезања штапова доњег појаса од 58.51 kN, у чвору број 17, уместо предвиђених 8 M16, изведено је 2 M10. За преношење силе затезања, лево и десно од чвора број 17, неопходна је непрекинута дрвена подвеза ширине попречног пресека  $b=8$  cm, постављена између два једноделна штапа доњег појаса или две металне подвезе уз сваки једноделни штап доњег појаса. На сектору чвора број 17 се налази дрвени прекинути уметак који, јер је прекинут, нема улогу подвезе, као и челични лим само на сектору једног једноделног штапа доњег појаса. На овакав начин изведена веза, где се сила затезања у посматраном чвору преноси само на један једноделни штап доњег појаса, уз само два уграђена завртња пречника 10 mm, уз неадекватне везе и других чворова носача, довела је до логичне и очекиване деформације система.

Монтажни наставак горњег притиснутог појаса, десно од чвора број 6, према чвору број 7, није изведен у складу са техничком документацијом из склопа пројекта конструкције првобитно пројектованог решења.

Ослоначки чвор број 12 је пројектован тако да се хоризонтална компонента силе притиска са дијагонала, која се протеже од чвора број 2 до чвора број 12, пренесе на штап доњег појаса, са 6 завртњева M10. Потребних 6 M10 завртњева није уопште

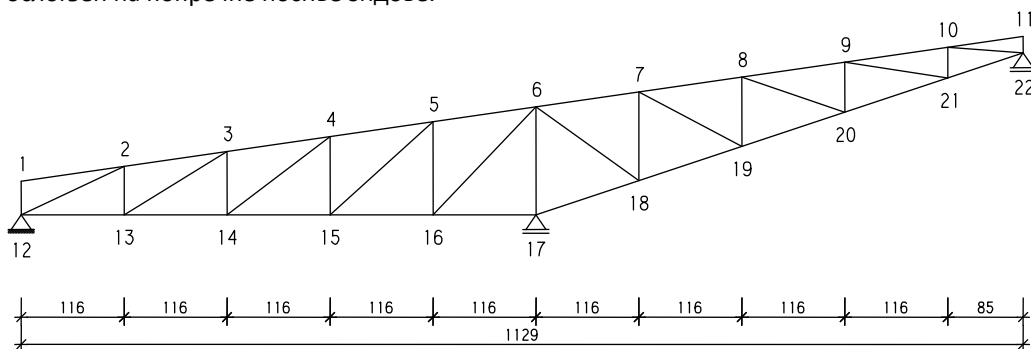
уграђено у везу дијагонале и штапа доњег појаса. Постоје само 4 завртња која су искључиво везана за доњи појас и ослоначки оков, али не и за дијагоналу. Првобитним пројектом конструкције су предвиђени посебно завртњеви који силу из дијагонале преносе на штап доњег појаса, а посебно завртњеви за ослоначку везу дрвеног носача са армиранобетонском гредом.

Ослоначки чвор број 22 није изведен у складу са техничком документацијом из склопа пројекта конструкције првобитно пројектованог решења. Није уграђен рачунски потребан број спојних средстава и није извршено центрисање штапа горњег појаса и штапа доњег појаса, односно није уграђен ниједан завртањ за преношење силе притиска из штапа горњег појаса, на затегнути штап доњег појаса. Уграђен је само један завртањ у вези штапа доњег појаса са анкерном ослоначком плочом. У односу на статички прорачун, није изведена дијагонала у чвору број 22, која је кључна за функционисање решеткастог носача.

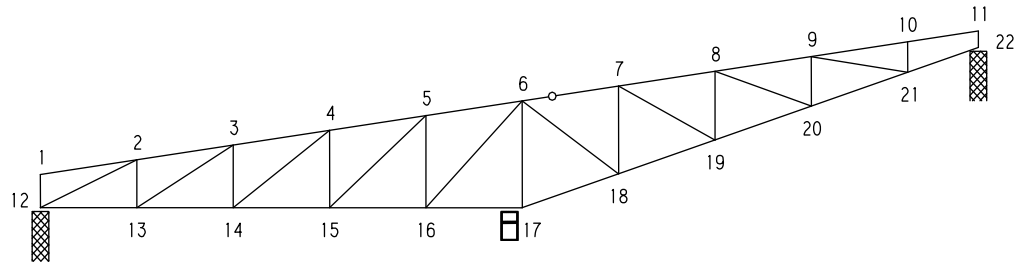
Везе штапова испуне (вертикала и дијагонала) са појасним штаповима нису адекватно изведене. Постоје затегнути штапови испуне (за статички систем просте греде) на којима је изведен само један завртањ, непосредно уз оптерећену ивицу паралелно влакнима и непосредно уз ивицу управно на правац влакана (чвор 6 – десна дијагонала, чвор 19 – дијагонала). Такође, постоје притиснути штапови испуне (за статички систем просте греде) на којима је изведен само један завртањ, непосредно уз ивицу паралелно влакнима, или чак на ивици штапа (чвор 15 – вертикала, чвор 16 – вертикала). Карактеристичан пример је вертикала у чвору број 6, где се завртањ налази непосредно уз ивицу штапа, а није чак остварен ни контакт притиском вертикале на обе дијагонале које се сустичу у чвору.

### 3. САНАЦИЈА ПРВОБИТНО ИЗВЕДЕНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Због претходно наведених разлога, дошло је до одређених измена у току извођења дрвене конструкције крова у односу на првобитно пројектовано решење. Разлог новонасталих изменама је појава знатних деформација носача, приближно на половини његовог распона (на месту где се ломи доњи појас), у фази постављања кровног покривача. Из тог разлога је уведен средњи ослонац на месту прелома доњег појаса (слика 3), уз претходно анулирање видне деформације носача. Средњи ослонац је остварен помоћу челичног кутијастог профила, статичког система просте греде, који је ослоњен на попречне носиве зидове.



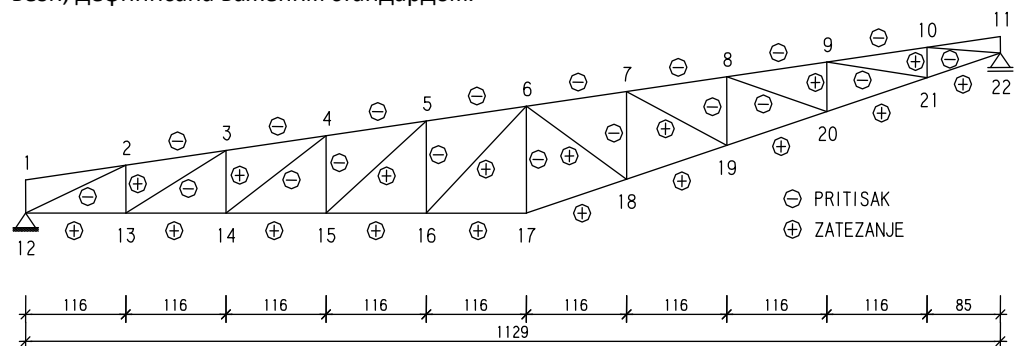
Слика 3. Статички систем носача – решење у фази санације



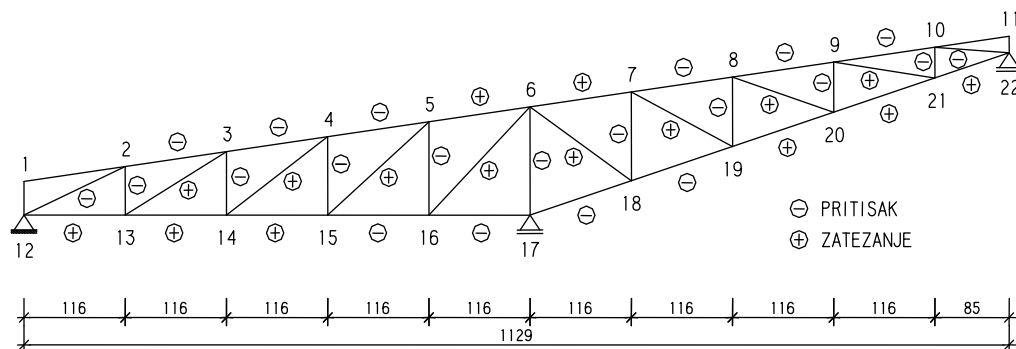
Слика 4. Шематски приказ носача – изведено стање у фази санације

У фази израде пројекта санације, у склопу статичког прорачуна је уведен средњи ослонац, али и задржана десна ослоначка дијагонала која није изведена, чиме се прави још један у низу пропуста. Циљ изаде пројекта санације је био да се провери да ли стварно уграђени број завртњева у чворним везама, који је мањи од потребног за статички систем просте греде, може да прихвати пресечне силе за статички систем континуалног носача. При томе није размишљано да такав распоред завртњева, као и њихов број, није дозвољен у везама дрвених елемената [1]. У изведеном стању, вертикала од чвора број 6 до чвора број 17, ексцентрично преноси ослоначку реакцију на новоуведени средњи ослонац (слика 4), што није у складу са статичким третманом положаја средњег ослонца приказаног на слици 3.

Изменама које су настале у току извођења кровне конструкције, увођењем средњег ослонца (слика б), дошло је до промене статичког система носача и до промене предзнака аксијалних сила у појединим штаповима носача, у односу на првобитни статички систем. То значи да штапови који су у новом статичком систему затегнути, а који су пре били притиснути и који имају само један завртањ непосредно уз оптерећену ивицу у правцу влакана, рачунски не могу да пренесу силу у чвор, и таква веза се не може сматрати носивом. Осим тога, изведена геометрија чворова не омогућава да се накнадно, за умањене вредности пресечних сила, након промене статичког система носача, угради рачунски потребан број завртњева, односно минималан број завртњева у вези (2 комада), а да се при том испоштују минимална растојања спојних средстава у вези, дефинисана важећим стандардом.



Слика 5. Предзнак аксијалних сила – првобитно решење



Слика 6. Предзнак аксијалних сила – решење у фази санације

#### 4. НОВОИЗВЕДЕНА КОНСТРУКЦИЈА КРОВА

С обзиром на то да предметна конструкција крова није била употребљива, извршено је њено уклањање и изведена је нова конструкција у технологији лепљеног ламелираног дрвета. Нови пројекат конструкције је обухватио усаглашавање концепта новопроектване конструкције крова, са положајем постојеће потконструкције кровног покривача, пошто је било неопходно задржати геометрију и положај свих елемената кровног покривача, као и висинску коту пресека кровне и фасадне равни. Нову конструкцију крова су формирали носачи од лепљеног ламелираног дрвета, статичког система просте греде. У обликовном смислу, носач од лепљеног ламелираног дрвета је прав штап променљиве висине попречног пресека, са закошењем доње ивице носача и теменом које се налази на половини распона носача [2]. Ширина попречног пресека носача износи 12 см, висина попречног пресека носача на ослонцима износи 40 см, а у темену 80 см. Висина попречног пресека носача на ослонцима је произашла из геометрије постојеће конструкције крова, док је висина попречног пресека носача у темену дефинисана из услова дозвољеног угиба носача.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

Визуелним и геометријским прегледом првобитно изведене конструкције крова, констатоване су неправилности у извођењу чворних веза штапова дрвених решеткастих носача, које у знатној мери одступају од прописаног начина извођења веза остварених механичким спојним средствима, као и потребног броја спојних средстава у вези, за прихватање рачунских вредности пресечних сила у штаповима статичког система. Наведене неправилности током пројектовања и извођења кровне конструкције су могле имати негативне последице у фази експлоатације објекта, по стабилност конструкције и безбедност корисника пројектованог простора, да се није одреаговало на време. Тесна сарадња свих учесника у реализацији једног пројекта, контрола техничке исправности усвојених решења, као и морална одговорност, јесу предуслов за избегавање нежељених последица и успешан професионални рад.

## 6. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЈА – ПРВОБИТНО ИЗВЕДЕНА КОНСТРУКЦИЈА



Слика 7. Првобитно изведена конструкција крова и чвор 6



Слика 8. Чвор 12 и чвор 22



Слика 9. Чвор 13 и чвор 17



## 7. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЈА – НОВОИЗВЕДЕНА КОНСТРУКЦИЈА



Слика 10. Новоизведена конструкција крова

## 8. БИБЛИОГРАФИЈА

- [1] Збирка југословенских правилника и стандарда за грађевинске конструкције, Књига 4, Дрвене конструкције, Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду у сарадњи са Југословенским друштвом грађевинских конструктора и Савезним заводом за стандардизацију, 1995.
- [2] В. Кујунџић, Ж. Текић, С. Ђорђевић, *Савремени системи дрвених конструкција*. Београд: Орион арт, 2004.