

# INOVATIVNE SPOJNICE ZA SPAJANJE REŠETKASTIH NOSAČA NA VERTIKALNI STUPAC OD TANKOSTIJIENIH ČELIČNIH C - PROFILA

## NEW CONNECTORS FOR JOINING TRUSS BEAMS TO VERTICAL STUD MADE OF THIN-WALLED STEEL C-PROFILES

**Paulina Krolo\***, **Lazar Lukačević\***, **Antonio Bakran\***, **Ivan Palijan\***,  
**Tomislav Prlić†**, **Natalija Bede Odorčić\***, **Ivan Marović\***

### Sažetak

*Predstavljeno je istraživanje koje je provodeno u okviru znanstvenog-razvojnog projekta UNIRI INOVA „Inovativni priključak za spajanje konstrukcijskih elemenata od tankostijenih čeličnih C-profila“. Cilj projekta je pružiti bolje razumijevanje o ponašanju komponenti inovativnog priključka za spajanje elemenata od tankostijenih čeličnih C-profila.*

**Ključne riječi:** tankostijeni čelični C-profil, laboratorijska ispitivanja, kutna spojnica, U-spojnica

### Abstract

*The research that was conducted as part of scientific and development project UNIRI INOVA "New connector for joining structural elements made of thin-walled steel C-profiles" was presented. The project goal is to provide better knowledge about the behavior of new connection components for joining elements made of thin-walled steel C-profiles.*

**Key words:** thin-walled steel C-profile, laboratory tests, angle bracket, U-connector

---

\* Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

E-mail: {paulina.krolo, llukacevic, abakran, natalija.bede, ivan.marovic}@gradri.uniri.hr

\*\* Palijan d.o.o., Milke Trnine 1, 10 000 Zagreb

E-mail: ipalijan@palijan.hr

† Tehnoplast profili d.o.o., Obrezina 80, Šćitarjevo, Velika Gorica

E-mail: tomlslav.prlic@tehnoplast.hr

## 1. Uvod

Konstrukcije od hladno oblikovanih čeličnih (Cold Formed Steel – CFS) profila su tijekom protekla dva desetljeća privukle veliku pozornost u zgradarstvu jer su prikladne za modularnu gradnju i industrijsku proizvodnju. Unatoč brojnim prednostima kao što su mala vlastita težina, visoka kvaliteta proizvoda zahvaljujući proizvodnji u kontroliranim uvjetima, ekonomičnost u transportu i montaži te kratko vrijeme gradnje, ostaje vrlo važno pitanje izvedbi spojeva kod tankostijenih profila. Kao što je dobro poznato, spojevi su jedan od dva glavna nedostatka CFS konstrukcija i uvelike su odgovorni za nosivost CFS elemenata i njihovo učinkovito spajanje [1,2]. Kao rezultat toga, neprestano se radi na razvoju novih vrsta spojeva koji omogućuju bolju izvedbu CFS konstrukcije. U literaturi postoje brojna istraživanja koja predstavljaju razna rješenja za spajanje kao što su zavarivanje, zakivanje, spajanje matičnim i samobušecim vijcima, slijepim zakovicama i dr. [3,4]. Vijčani spojevi češće su u primjeni zbog lakše i brže montaže, a najčešće se izvode spojevi sa samobušecim vijcima. Takvi spojevi izvode se s dodatnom pločom između elemenata spoja, preklapanjem limova spojenih elemenata ili direktnim spajanjem bez dodatnih ploča [5]. U primjeni su i hladno prešani spojevi [6,7], spojevi sa samoprobojnim zakovicama [8,9] te spojevi s raznim tipovima patentiranih spojnika [10,11]. Kod navedenih vrsta spojeva, slabu komponentu predstavljaju tanki limovi u koje su ugrađeni vijci. Uslijed djelovanja posmičnog ili vlačnog opterećenja, limovi otkazuju gnječenjem po omotaču rupe ili paranjem limova uslijed prekoračenja nosivosti poprečnog presjeka. Kao posljedica toga, spojevi mogu imati slabiju krutost i duktilnost, što negativno utječe na globalnu krutost i duktilnost cijele konstrukcije.

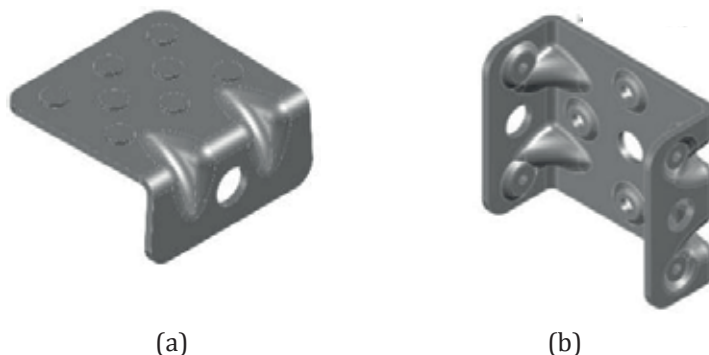
Rešetkasti CFS nosači imaju široku primjenu u portalnim okvirima te u međukatnim konstrukcijama. U međukatnim konstrukcijama uobičajeno se postavljaju između zidova kako bi se smanjila visina zgrade te se tako ugrađeni ponašaju kao slobodno oslonjene grede. Ako se izvode kao kontinuirano oslonjene grede, tada se donjim pojasom oslanjaju na vrh zida. Nedostatak ovakvog oblikovanja je u tome što takav položaj rešetkastih nosača zahtjeva veću visinu konstrukcije. Drugi način postizanja kontinuiteta rešetkastog nosača jest produžiti rešetkasti nosač kroz zid tako da se gornji pojas rešetkastog nosača izvodi u ravnini gornjeg ruba zida. Ovaj pristup zahtijeva složen proračun i montažu. Nadalje, gornji pojas rešetkastog nosača prenosi svo opterećenje od nosača do zida, što zahtijeva dodatno ukrućenje u području prijenosa opterećenja.

U radu je predstavljeno istraživanje koje je provedeno u okviru znanstvenog-razvojnog projekta UNIRI INOVA „Inovativni priključak za

spajanje konstrukcijskih elemenata od tankostijenih čeličnih C-profila“. Cilj projekta je istražiti ponašanje dvije inovativne spojnice za slučaj kada su ugrađene unutar obostranog priključka rešetkastih nosača na vertikalni stupac od tankostijenih čeličnih C-profila. U tom kontekstu bilo je potrebno provesti opsežna eksperimentalna i numerička istraživanja kako bi dobili saznanje o njihovom ponašanju te ispravno procijenili način prijenosa opterećenja i mehanizme otkazivanja.

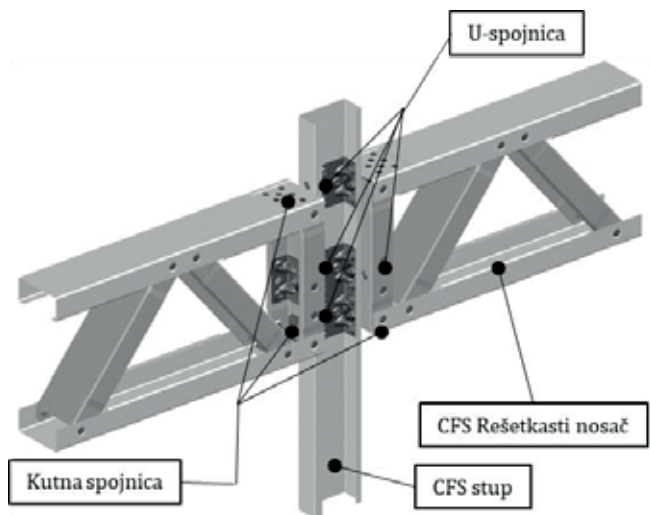
## 2. Predmet istraživanja

Tvrtke Tehnoplast profili d.o.o i Palijan d.o.o. osmislile su i proizvele dva tipa specijalnih spojnica, kutnu spojnicu i U-spojnicu (Slika 1), koje se ugrađuju unutar poprečnog presjeka tankostjenih čeličnih C-profila. Rješenje koje je dato razvojem novih spojnica je povećanje lokalne krutosti C-profila, čime se omogućuje kontinuitet rešetkastih nosača kroz više raspona bez ometanja kontinuiteta zidova po visini.



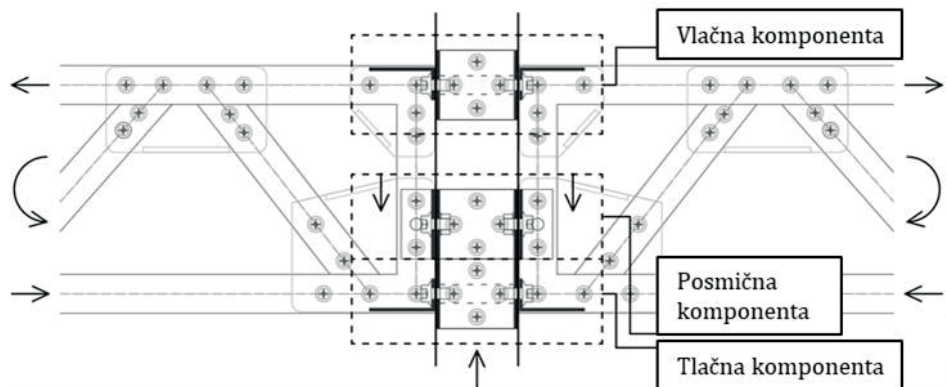
**Slika 1.** Oblik (a) kutne spojnice i (b) U-spojnice

Obostrani priključak CFS rešetkastog nosača i stupa (Slika 2) sastoji se od dva rešetkasta nosača izvedena od hladno oblikovanog tankostjenog C-profila dimenzija  $89 \times 42$  mm i debljine  $t = 1,15$  mm u čeliku kvalitete S550 te stupa izvedenog od C-profila jednakih karakteristika. Rešetkaste nosače čine gornji i donji pojas koji su međusobno povezani kosim ispunama te vertikalnim ispunama na krajevima. Svi elementi rešetkastih nosača međusobno su povezani samonareznim vijcima M6 kvalitete čelika k.v.10.9. Rešetkasti nosači su sa stupom spojeni vijčanom vezom M12 vijcima k.v. 10.9 preko kutnih spojnica i U-spojnica. Obje spojnice izvedene su od čelika DX51D Z275.



**Slika 2.** Obostrani priključak CFS rešetkastog nosača i stupa

Usljed djelovanja vertikalnog opterećenja na CFS rešetkaste nosače, u području priključka javljaju se vlačna, tlačna i posmična komponenta djelovanja. Na Slici 3 prikazan je priključak CFS rešetkastih nosača i stupa s karakterističnim komponentama priključka.



**Slika 3.** Komponente priključka CFS rešetkastog nosača i stupa

S obzirom na složenost geometrije priključka i uvjete opterećenja, UNIRI INOVA projektom žele se postići sljedeći ciljevi:

- (i) odrediti otpornost komponenti priključka (kutna spojnica i U-spojnica) izloženih vlačnom i posmičnom djelovanju
- (ii) identificirati karakteristične mehanizme otkazivanja komponenti priključka
- (iii) izraditi prijedlog tehničkih listova za dvije spojnice

- (iv) prezentirati rezultate projekta znanstvenoj, stručnoj i široj javnosti.

Kako bi se postigli navedeni ciljevi, provedene su sljedeće aktivnosti:

- (i) izrađen je plan i program ispitivanja uzoraka
- (ii) preliminarnim numeričkim simulacijama utvrđeni su optimalan oblik i dimenzije alata za prihvata uzoraka u ispitnom stroju te je izrađen potreban alat za prihvat uzoraka za ispitivanje
- (iii) izrađeni su radionički nacrti za ispitne uzorke i alat
- (iv) izrađeni su ispitni uzorci i alat za prihvat uzoraka u ispitnom stroju
- (v) provedena su laboratorijska ispitivanja čelika za tankostjene čelične C-profile i spojnice kako bi se utvrdila osnovna mehanička svojstva materijala
- (vi) provedeno je šest različitih eksperimenata za dvije spojnice i dva slučaja opterećenja (vlak i posmik)
- (vii) analizirani su rezultati laboratorijskih ispitivanja
- (viii) izrađeni su tehnički listovi za dvije spojnice
- (ix) objavljena su dva izvorna znanstvena rada, istraživanje je prezentirano na međunarodnoj konferenciji te na međunarodnoj izložbi inovacija.

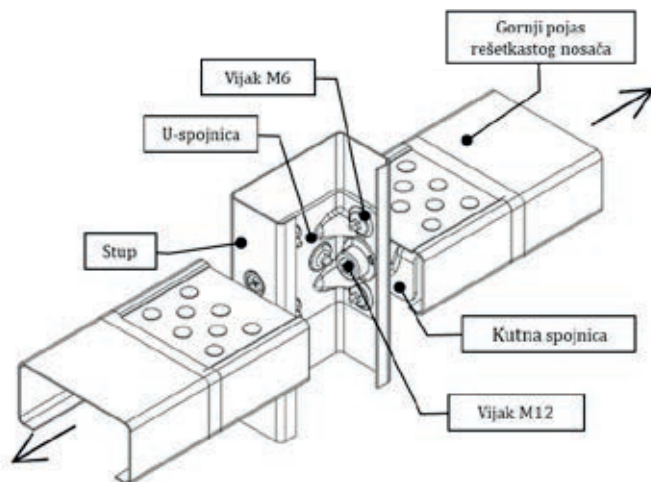
Istraživanje na ovom znanstveno-razvojnom projektu provedeno je primjenom numeričkih i eksperimentalnih metoda. Za numeričke simulacije korišten je komercijalni program Simulia ABAQUS. U okviru projekta napravljene su brojne simulacije laboratorijskih ispitivanja koje su omogućile precizno definiranje geometrije alata za prihvat uzoraka u ispitnom stroju, potrebnu mjernu opremu te druge specifičnosti vezane za provedbu eksperimenata. S obzirom na ograničenje duljine rada, numeričke simulacije ovdje nisu detaljnije razmatrane.

### **3. Laboratorijska ispitivanja**

Ispitivanja su provedena u laboratoriju za konstrukcije na Građevinskom fakultetu u Rijeci, na univerzalnom tlačno-vlačnom stroju (kidalici) Zwick/Roell Z600, u gornjem radnom prostoru, primjenom hidrauličnih čeljusti kapaciteta 500 kN. Laboratorijskim ispitivanjima obuhvaćena su ispitivanja čelika za spojnice i čelika za C-profile te ispitivanja vlačne i posmične komponente priključka. Ispitivanja osnovnih mehaničkih svojstava čelika provedena su prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 6892-1:2009.

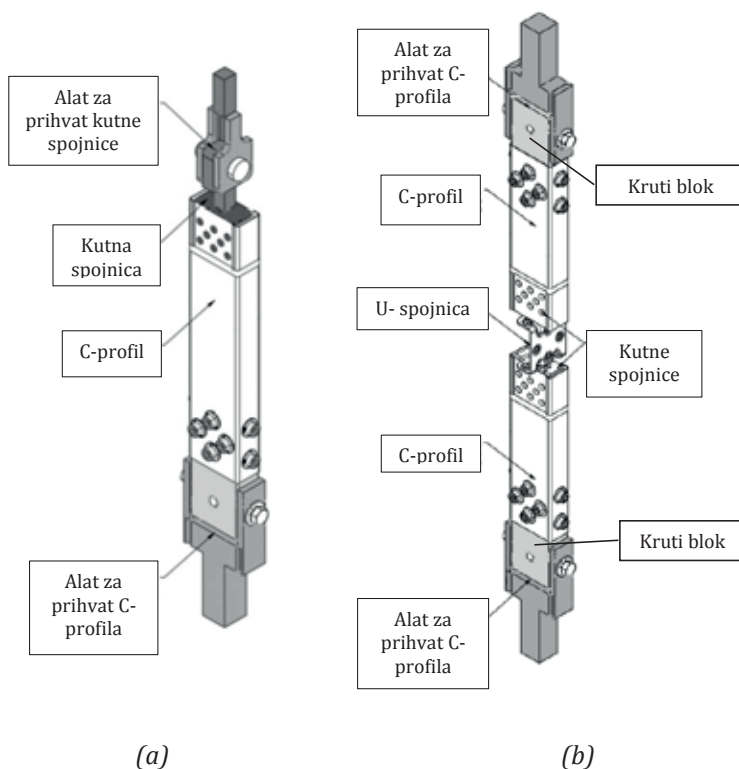
### 3.1 Ispitivanje vlačne komponente priključka

Vlačna komponenta priključka povezuje gornji pojas rešetkastog nosača sa stupom (Slika 4). Njihova veza ostvaruje se preko kutnih spojnica i U-spojnica, međusobno povezanih vijcima M12×20 k.v.10.9. Kutne spojnice ugrađene su unutar C-profila rešetkastog nosača te su spojene za C-profil prešanjem pomoću 8 nitni promjera 10 mm. U-spojnica ugrađena je unutar C-profila stupa te je pričvršćena za stupa pomoću 8 samonarezni vijaka M6×10 k.v.10.9.



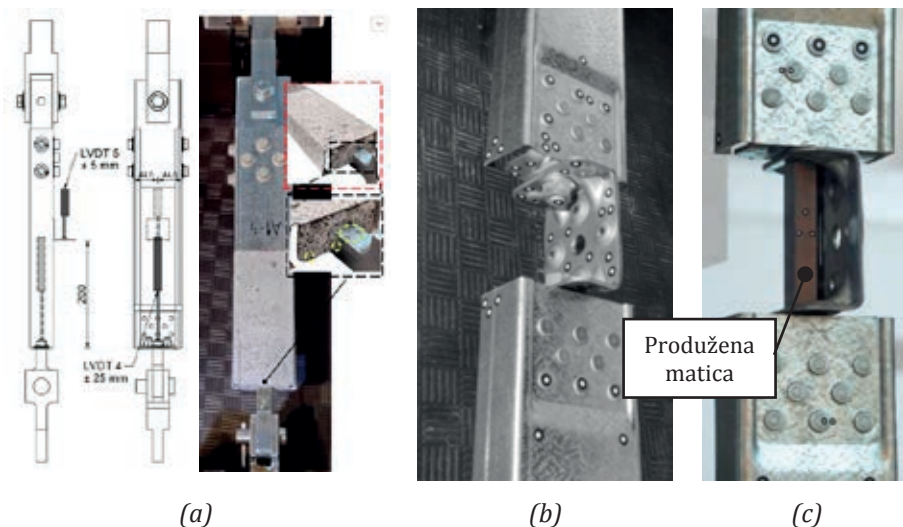
**Slika 4.** Vlačna komponenta priključka

Kako bi se utvrdilo ponašanje kutne spojnice i U-spojnice unutar vlačne komponente priključka, provedena su tri eksperimenta prilikom kojih su osmišljeni i izrađeni specijalni alati za prihvat uzorka u ispitnom stroju (Slika 5). Ispitivanje kutne spojnice na vlak (test A1) [12], provedeno je na 5 uzoraka C-profila duljine 405 mm, kojemu je kutna spojnica ugrađena na gornjem kraju profila (Slika 5a), dok je ispitivanje U-spojnice na vlak (test A2) [13] provedeno na 3 uzorka koji se sastoje od dva C- profila duljine 305 mm međusobno spojenih U-spojnicom (Slika 5b). Uzorci A3 u odnosu na A2 imaju dodatnu produženu maticu duljine 80 mm ugrađenu unutar U-spojnice (Slika 6c). Na uzorak je pričvršćen alat uz pomoć vijaka M12 k.v. 10.9. C-profil prihvaćen je za ispitni alat preko krutog bloka s osam vijaka M12 k.v. 10.9. Kako bi se osigurao čvrst spoj bez proklizavanja, vijci su pritegnuti momentom pritezanja od 120 Nm. Potrebni moment pritezanja vijaka prethodno je utvrđen preliminarnim numeričkim simulacijama.



**Slika 5.** Ispitni uzorak s alatom za vlačno ispitivanje (a) kutne spojnice (A1) i (b) U-spojnice (A2)

Pomaci na uzorcima A1-1, A1-2 i A1-3 mjereni su pomoću LVDT-a na dvije pozicije na uzorku (Slika 6a). Na uzorku A1-4 te uzorcima A2 i A3 mjerenja pomaka su izvršena uz pomoć GOM sustava za 3D optička beskontaktna mjerenja. Uzorak A1-5 ispitan je bez mjerne opreme na temelju čega je utvrđena potrebna brzina ispitivanja, maksimalna sila te mehanizam otkazivanja uzorka. Ispitivanja su provedena prema preporukama norme AISI S913-13. Brzina prirasta pomaka iznosi 2,5 mm/min (test A1) i 4mm/min (test A2 i A3), što je unutar raspona od 0,8 do 5,1 mm/min prema preporuci norme. Kraj ispitivanja definiran je kao pad vlačne čvrstoće od 20 % ili otkazivanje uzorka.



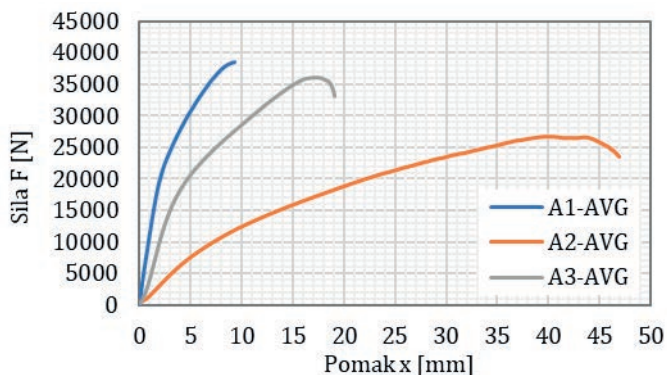
**Slika 6.** Mjerna oprema na uzorcima (a) A1 i (b) A2 i (c) A3

Kao rezultat ispitivanja uzoraka A1, A2 i A3 na vlak, u Tablici 1 su dane srednje vrijednosti maksimalne sile  $F_{max}$  izražene u N, pomaci uzoraka  $x$  pri maksimalnoj sili izraženi u mm te početne krutosti uzoraka  $K$  izražene u N/m. Na Slici 7 prikazani su dijagrami odnosa sile  $F$  i pomaka  $x$ .

**Tablica 1** Rezultati ispitivanja uzoraka A1, A2 i A3

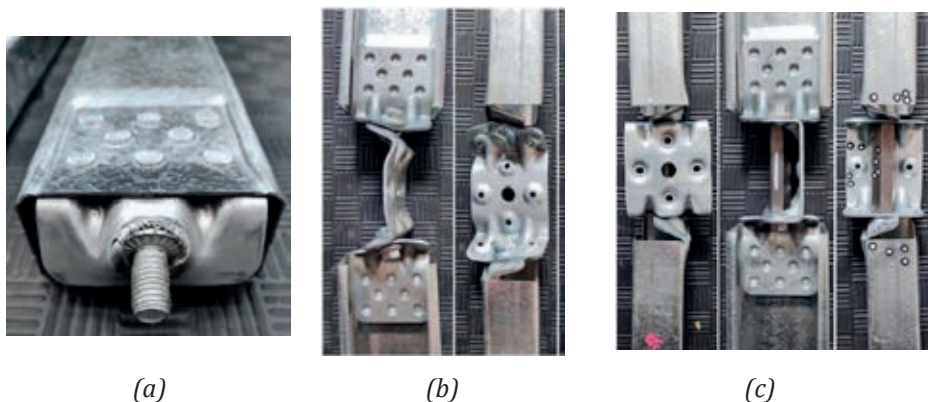
Grupa uzoraka	$F_{max}$ [N]	$x$ [mm]	$K$ [N/mm]
A1	38212,3	10,8	7727,9
A2	29837,6	44,2	1754,9
A3	36530,6	17,5	6109,4





**Slika 7.** Dijagrami odnosa sile  $F$  i pomaka  $x$  za uzorke vlačne komponente

Vizualnim pregledom uzoraka A1 nakon ispitivanja utvrđen je mehanizam sloma probijanjem vijka M12 kroz materijal kutne spojnice (Slika 8a). Navedeni mehanizam sloma nastupio je kod svih uzoraka. Kod uzoraka A2 otkazivanje je nastupilo probijanjem matice vijka M12 kroz materijal U-spojnice te paranje lima na mjestu probijanja (Slika 8b). Kod uzoraka A3 otkazivanje nastupa probijanjem glave vijka M12 kroz materijal kutne spojnice (Slika 8c).

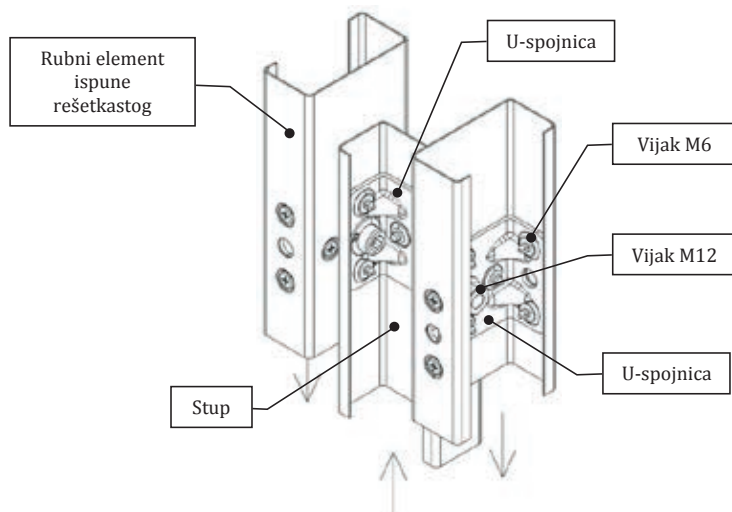


**Slika 8.** Mehanizam sloma uzoraka (a) A1, (b) A2 i (c) A3

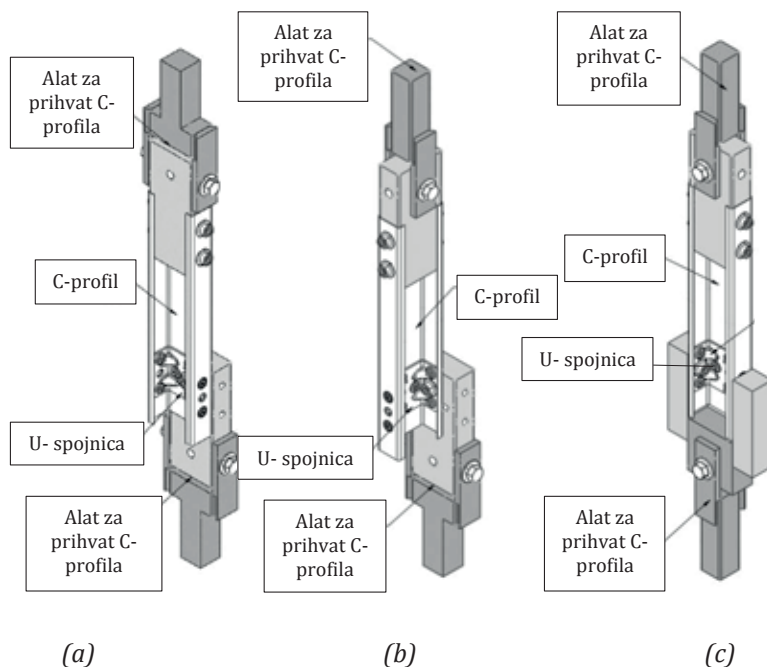
### 3.3 Ispitivanje posmične komponente priključka

Posmična komponenta priključka povezuje rubni element ispune rešetkastog nosača sa stupom (Slika 9). Njihova veza ostvaruje se preko U-spojnicu međusobno povezanih vijkom M12×20 k.v.10.9. Veza između U-spojnicu i C-profila ostvarena je preko 8 samonareznih vijaka M6×10 k.v.10.9. Ponašanje C-spojnicu unutar posmične komponente priključka

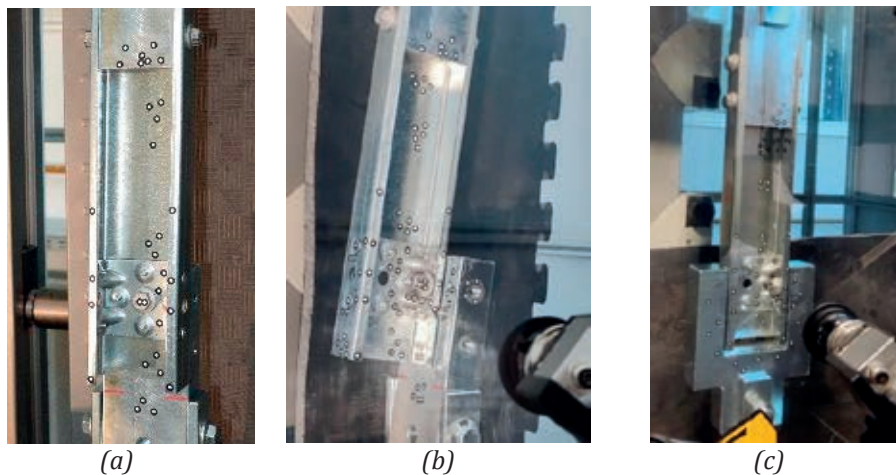
utvrđeno je primjenom tri eksperimenta (Slika 10). Za prihvat uzoraka korišten je isti ispitni alat kao u eksperimentima A te ista spojna sredstva. Ispitivanje U-spojnic na posmik provedeno je na ukupno 15 uzoraka C-profila duljine 400 mm kojemu je U-spojnic ugrađena unutar C-profila. Testovi B1, B2 i B3 razlikuju se prema načinu unosa posmičnog opterećenja u uzorak. U testu B1 posmična sila unosi se preko hrpta C-profila (Slika 10a), dok se u testovima B2 i B3 opterećenje unosi preko pojasnica C-profila, pri čemu je u testu B2 unos sile preko jedne pojasnice (Slika 10b), a u testu B3 preko obje pojasnice (Slika 10c). Radi složene geometrije uzoraka i postave uzorka u ispitnom stroju, pomaci na uzorcima mjereni su uz pomoć GOM sustava za 3D optička beskontaktna mjerenja (Slika 11). Brzina prirasta pomaka iznosi 2,0 mm/min za sva tri posmična testa (B1, B2 i B3). Kraj ispitivanja definiran je kao pad vlačne čvrstoće od 20 % ili otkazivanje uzorka.



**Slika 9.** Posmična komponenta priključka



**Slika 10.** Ispitni uzorak s alatom za posmično ispitivanje (a) B1 i (b) B2 i (c) B3

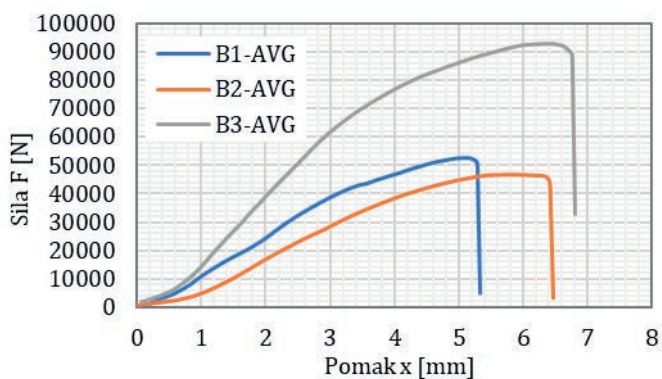


**Slika 11.** Mjerna oprema na uzorcima (a) B1 i (b) B2 i (c) B3

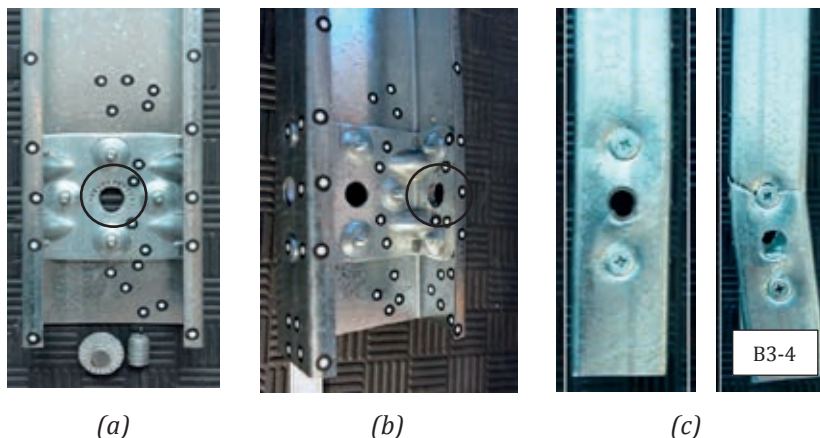
Kao rezultat ispitivanja uzoraka B1, B2 i B3 na posmik, u Tablici 2 su dane srednje vrijednosti maksimalne sile  $F_{\max}$  izražene u N, pomaci uzoraka  $x$  izraženi u mm te početne krutosti uzoraka  $K$  izražene u N/m. Na Slici 12 prikazani su dijagrami odnosa sile  $F$  i pomaka  $x$ .

**Tablica 2.** Rezultati ispitivanja uzoraka B1, B2 i B3

Grupa uzoraka	$F_{\max}$ [N]	$x$ [mm]	$K$ [N/mm]
B1	53821,1	5,20	14126,4
B2	47917,2	6,04	12786,4
B3	94151,6	6,45	24609,5

**Slika 12.** Dijagrami odnosa sile  $F$  i pomaka  $x$  za uzorke vlačne komponente

Vizualnim pregledom uzoraka B1 i B2 utvrđen je mehanizam sloma prekoračenjem čvrstoće po omotaču rupe oko vijka M12, nakon čega je nastupio posmični slom vijka (Slika 13a i b). Kod svih uzoraka B3 nastupio je isti mehanizam otkazivanja kao kod uzoraka B1 i B2, osim kod uzorka B3-4, kod kojeg je otkazivanje nastupilo prekoračenjem čvrstoće materija C-profila gdje je nastupio vlačni slom poprečnog presjeka C-profila (Slika 13c).



*Slika 13* Mehanizam sloma uzoraka (a) B1, (b) B2 i (c) B3

#### 4. Diskusija

Ispitivanjem spojnica pri djelovanju vlačnog opterećenja na uzorcima različitih konfiguracija označenim kao A1, A2 i A3 te pri djelovanju posmičnog opterećenja na različitim pozicijama označenim kao B1, B2 i B3, dobivena su značajna saznanja o njihovom ponašanju i mehaničkim karakteristikama.

Ispitivanjem uzoraka A1 utvrđeni su nosivosti, krutosti i mehanizam otkazivanja kutne spojnice ugrađene u C-profil pod vlačnim opterećenjem. Krutost spoja iznosi 7727,9 N, nosivost je 38212,3 N pri pomaku od 10,8 mm. Fokusirajući se na uzorke A2 i A3, istraživanja su usmjerena na određivanje ponašanja spojeva koji se sastoje od dvije kutne spojnice i jedne U-spojnice međusobno povezane vijcima. Bitna razlika između uzoraka A2 i A3 leži u prisutnosti produžene matice kod uzoraka A3, čime se želi utvrditi njezin učinak na nosivost, krutost i deformacije. Ispitivanjima je utvrđeno da umetanje produžene matice utječe na spoj u vidu povećanja maksimalne vlačne sile, odnosno nosivosti spoja za 22,4 % te povećanje krutosti spoja za 71,3 %. Pomak pri maksimalnoj sili smanjio se za 152,6 % naspram pomaka uzoraka A2. Ovi rezultati potvrđuju da uvođenje produžene matice značajno doprinosi poboljšanju nosivosti i krutosti spoja te istodobno smanjuje neželjene deformacije U-spojnice uslijed djelovanja vlačnog opterećenja.

Uzorcima B1 i B2 ispitivani su radi utvrđivanja ponašanja U-spojnice pod djelovanjem posmičnog opterećenja, pri čemu je kod uzoraka B1 opterećenje nanoseno preko hrpta, dok je kod uzoraka B2 nanoseno preko jedne od pojasnica spojnice. U odnosu na uzorke B1, rezultati ispitivanja

uzoraka B2 ukazuju na smanjenje nosivosti za 11,0 % i krutosti za 9,5 % te povećanje pomaka U-spojnice u odnosu na C-profil za 16,2 %. Ovakvo odstupanje u rezultatima može se djelomično pripisati utjecaju udaljenosti između mjesta opterećenja i težišta spojnice. U slučaju uzoraka B2, ta udaljenost je veća i nesimetrična u usporedbi s uzorcima B1, gdje je opterećenje nanoseno preko hrpta u ravnini simetrije spojnice. Uspoređujući rezultate ispitivanja uzoraka B2 s rezultatima uzorka B3, gdje je opterećenje nanoseno preko obje pojasnice istovremeno, uočena su manja odstupanja u ponašanju spojnica. Kod uzoraka B3, nosivost je smanjena za 1,8 % i krutost za 3,8 % po pojasnici. Ova saznanja ukazuju na to da se U-spojnica ponaša zadovoljavajuće te da svaka pojasnica djeluje zasebno u prenošenju opterećenja, a utjecaji asimetričnog načina opterećenja su zanemarivi.

Mehaničke karakteristike utvrđene za kutne i U-spojnice mogu se koristiti za modeliranje primjenom računalnih programa s ciljem dobivanja preciznijih numeričkih simulacija ponašanja konstrukcija izvedenih od CFS elemenata.

## 5. Zaključak

Znanstveno-razvojnim projektom UNIRI INOVA omogućeno je istraživanje komponenata obostranog priključka CFS-rešetkastog nosača i stupa. Inovativne spojnice koje su predmet istraživanja na projektu su novost u načinu spajanja elemenata od tankostjenih čeličnih profila. Kako bi se omogućila njihova praktična primjena, potrebno je utvrditi njihovo ponašanje unutar složenog priključka. Priključak je podijeljen na karakteristične komponente koje su nastale od komponenata djelovanja kada je rešetkasti nosač izložen djelovanju savijanja. Laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je ponašanje kutne spojnice i U-spojnice izložene vlačnom i posmičnom djelovanju. Provedeno je ukupno šest različitih eksperimenata u kojima su spojnice izložene različitim uvjetima opterećenja. Provedenim ispitivanjima cilj je bio utvrditi inicijalnu krutost, nosivost, duktilnost i mehanizme otkazivanja. Poznavanjem navedenih svojstava dobivena su saznanja o ponašanju komponenata složenog priključka. Navedena svojstva omogućuju utvrđivanje ponašanja obostranog priključka CFS-rešetkastog nosača i stupa te razvoj proračunskih metoda kojima će se moći odrediti nosivost, krutost i drugi važni parametri priključka neophodni za precizan proračun cijele konstrukcije.

Istraživanje na ovom znanstveno-razvojnem projektu doprinijelo je ostvarivanju ciljeva razvoja Građevinskog fakulteta i Sveučilišta u Rijeci na sljedeće načine: uspostava suradnje s poslovnim partnerima iz

gospodarstva omogućila je rješavanje nekonvencionalnog tehnološkog problema i razvoj inovacije u području priključaka za spajanje elemenata od tankostjenih čeličnih C-profila; provođenjem eksperimentalnih i istraživačkih aktivnosti za partnera iz gospodarstva povećao se broj nastavnika koji nude svoje znanstvene i stručne usluge gospodarstvu te se povećalo korištenje znanstvene infrastrukture u komercijalne svrhe; provođenje eksperimentalnog istraživanja komponenti priključaka i znanstvenoistraživačke djelatnosti u laboratorijima Fakulteta doprinosi promociji istraživačkog potencijala znanstvene infrastrukture; razvojem inovativnog proizvoda (spojnica) omogućuje se njegova primjena za proizvodnju zgrada gotovo nulte energije na industrijski način; razvoj inovativnog proizvoda doprinosi jačanju inovativnosti i međunarodne konkurentnosti Fakulteta i Sveučilišta; financiranje istraživanja iz gospodarstva omogućilo je nadogradnju postojeće opreme te jačanje znanstvene infrastrukture; suradnja dvaju doktoranada na projektu doprinosi poticanju znanstvene izvrsnosti i jačanju ljudskih potencijala; povezivanje partnera iz gospodarstva i akademske zajednice doprinosi jačanju kompetencija nastavnog osoblja i studenata za transfer znanja te potiče razvoj poslovnih i poduzetničkih vještina; povezivanjem znanstvenika sastavnice iz različitih polja i područja znanosti povećao se razvoj interdisciplinarnih istraživanja; objavljivanjem i predstavljanjem istraživanja u domaćim i međunarodnim publikacijama i konferencijama povećala se znanstvena i stručna produkcija te broj publikacija u koautorstvu s dionicima iz gospodarstva; potpisivanje ugovora partnera iz gospodarstva obogatiti će stručnu bazu Sveučilišta; realizacija projekta doprinosi jačanju istraživačkih kapaciteta Fakulteta.

**Zahvala.** *Predstavljeno istraživanje financirano je iz znanstveno razvojnog projekta UNIRI INOVA „Inovativni priključak za spajanje konstrukcijskih elemenata od tankostjenih čeličnih C-profila“ provedenog uz potporu Sveučilišta u Rijeci te iz IRI 2 projekta „Pregdotovljene zgrade gotovo nulte energije proizvedene na industrijski način“. Laboratorijska oprema korištena na projektu nabavljena je u okviru projekta RC.2.2.06-0001 koji je financiran iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) i od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH.*

## Literatura

- [1] Lennon, R., Pedreschi, R., Sinha B.P. (1999) Comparative Study of Some Mechanical Connections in Cold Formed Steel. *Construction and Building Materials*, 13(3), 109–116.

- [2] Davies, J.M. (2000) Recent Research Advances in Cold-Formed Steel Structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 55(1–3), 267–288.
- [3] Komara, I., Wahyuni E., Suprobo, P. (2017) A study on Cold-Formed Steel Frame Connection: A review. *The Journal for Technology and Science*, 28(3), 83–89.
- [4] Lee, Y. H., Tan, C. S., Mohammad, S., Tahir, M. M., Shek, P. N. (2014) Review on Cold-Formed Steel Connections. *The Scientific World Journal*, 2014, p. 11.
- [5] Bučmys, Z., Šaučiūvenas, G. (2013) The Behavior of Cold Formed Steel Structure Connections. *Engineering Structures and Technologies*, 5(3), 113–122.
- [6] Pedreschi, R., Sinha, B. P., Davies R. (1997) Advanced Connection Techniques for Cold-Formed Steel Structures. *Journal of structural engineering*, 12(3), 138–144.
- [7] Pedreschi, R., Sinha, B. (2006) Predicting the Shear Strength of Mechanical Clinching. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 18(3), 435–442.
- [8] Fiorino, L., Macillo, V., Landolfo, R. (2016) Experimental Characterization of Quick Mechanical Connecting Systems for Cold-Formed Steel Structures. *Advances in Structural Engineering*, 20(7), 1098–1110.
- [9] Weiming, Y., Tingting, M., Zhiqiang, X., Cheng, Y. (2018) Experimental Investigation of Typical Connection for Fabricated Cold-Formed Steel Structures. *Advances in Structural Engineering*, 22(1), 141–155.
- [10] Da Silva, L. S., Silva, L. C., Tankova, T., Craveiro, H. D., Simoes, R., Costa, R., D’Aniello, M., Landolfo, R. (2021) Performance of Modular Hybrid Cold-Formed/Tubular Structural System. *Structures*, 30, 1006–1019.
- [11] Mathison, C., Roy, K., Clifton, C. G., Ahmadi, A., Masood, R., Lim, B. P. J. (2019) Novel Pin Jointed Moment Connection for Cold-Formed Steel Trusses. *Steel and Composite Structures*, 31(5), 453–467.
- [12] Lukačević, L., Krolo, P., Bakran, A. (2022) Experimental Investigation of Novel Angle Bracket Connection in Cold-Formed Steel Structures. *Buildings*, 12(8): 1115.
- [13] Lukačević, L., Krolo, P., Bakran, A., Palijan, I. (2023) Performance of Novel U-Connector in CFS Truss-to-Column Bolted Connection under Axial Force. *Buildings*, 13(7): 1623.