

ELABORAT

O

URAĐENIM ISPITIVANJIMA DOSTAVLJENOG UZORKA
KOMPOZITNE ARMATURE NOMINALNOG PREČNIKA Ø8,00mm OZNAKE ASK 8



DIREKTOR

CertLab.Co, d.o.o.

Vlasćislav Bađura
Vlasćislav Bađura, dipl. ing.

Pančevo, Juni, 2014. godine

SADRŽAJ

1.	NARUČILAC ISPITIVANJA	3
2.	ZAHTEV NARUČIOCA	3
3.	DOSTAVLJENI MATERIJAL	3
4.	REZULTATI ISPITIVANJA	3
4.1.	Ispitivanje na zatezanje kompozitne armature	3
4.2.	Ispitivanje na pritisak kompozitne armature	5
4.3.	Ispitivanje na smicanje kompozitne armature	7
4.4.	Određivanje čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom	8
5.	ZAKLJUČAK	10

Izveštaj sadrži 10 (deset) strana

KOMPOZIT ARMATURA

1. NARUČILAC ISPITIVANJA

"KOMPOZIT-ARMATURA", 34000 Kragujevac, ul. Miluna Grujovića 60, na osnovu zahteva od 29. 05. 2014. godine.

2. DOSTAVLJENI MATERIJAL

Na ispitivanje je dostavljeno 5 (pet) šipki dužine po 1m kompozitne armature na bazi staklenih vlakana kao ojačavača i polimerne smole kao matrice, namenjenih za izradu armirano betonskih konstrukcija. Prema izjavi naručioca posla, dostavljeni uzorci su bili nominalnog prečnika $\varnothing 8.0\text{mm}$ (U daljem tekstu **Uzorak ASK 8**)

3. ZAHTEV NARUČIOCA

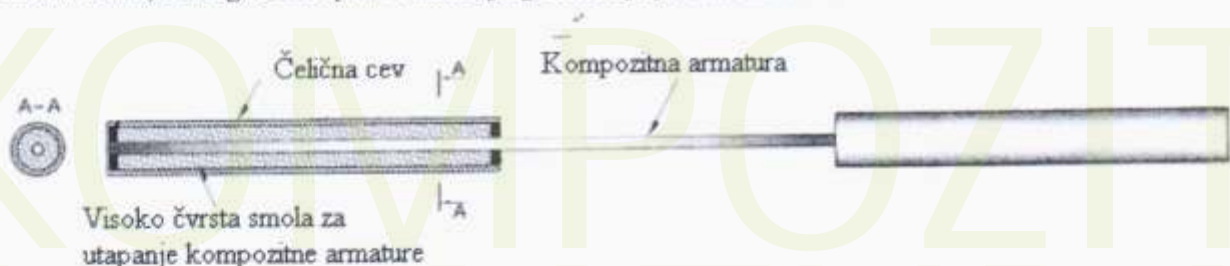
U dogovoru sa naručiocem ispitivanja, a shodno standardu **GOST 31938-2012** - "Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций - Общие технические условия (Polimerna kompozitna armatura za armirano betonske konstrukcije - Opšti tehnički uslovi)", predviđeno je da se na dostavljenim uzrocima kompozitne armature oznake **ASK 8**, odrede sledeće karakteristike:

- Zatezna čvrstoća i modul elastičnosti pri zatezanju;
- Čvrstoća na pritisak;
- Smicajna čvrstoća, i
- Čvrstoća veze kompozitne armature i betona.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

4.1. Ispitivanje na zatezanje kompozitne armature

Zatezna ispitivanja epruveta kompozitne armature oznake **ASK 8** su rađena prema standardu **GOST 31938-2012, Prilog B**, na epruветama čija geometrija je data na sl. 4.1.



Slika 4.1. Epruveta za ispitivanje na zatezanje

Ispitivanje na zatezanje je izvedeno na servo-hidrauličnoj kidalici, uz korišćenje hidrauličkih čeljusti. Pre ispitivanja je računat nominalni prečnik, d , dostavljenih uzoraka iz kojih su pripremane epruvete za ispitivanje, prema formuli:

$$d = \sqrt{\frac{m_1 - m_2}{\rho \cdot l}} \quad 4.1.$$

gde je:

m_1 - masa epruvete izmerena na vazduhu, mg,

m_2 - masa epruvete izmerena posle potapanja u vodi u vremenu 2 sata, mg,

ρ - gustina vode, mg/mm³ (približno 1), i

l - dužina epruvete, mm.

Uvedeno opterećenje je registrovano pomoću merne ćelije kapaciteta 100kN. Jedinično izduženje je mereno pomoću dvostrukog ekstenzometra. U pitanju su dva ekstenzometra paralelno vezana koja mere jedinično izduženje sa obe strane epruvete, a paralelna veza ekstenzometra omogućava usrednjavanje izmerenih vrednosti. Opseg merenja ovih ekstenzometra je $\pm 2,50$ mm; rade na principu mernih traka, a klase tačnosti su 0,05.

Zatezna čvrstoća σ_V kompozitne armature se izračunava prema jednačini:

$$\sigma_V = \frac{P_{\max}}{A} \quad 4.2.$$

gde je:

σ_V - zatezna čvrstoća, MPa;

P_{\max} - maksimalna sila kidanja, kN;

$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ - površina poprečnog preseka epruvete, mm².

Modul elastičnosti E_f epruveta kompozitne armature je računat pomoću izraza:

$$E_f = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\Delta P}{\Delta\varepsilon} \cdot \frac{1}{A} = \frac{P_2 - P_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \cdot \frac{1}{A} \quad 4.3.$$

gde je:

P_1 - sila koja iznosi 50 \pm 2% linearnog dela krive sila sila - izduženje;

P_2 - sila koja iznosi 20 \pm 2% linearnog dela krive sila sila - izduženje;

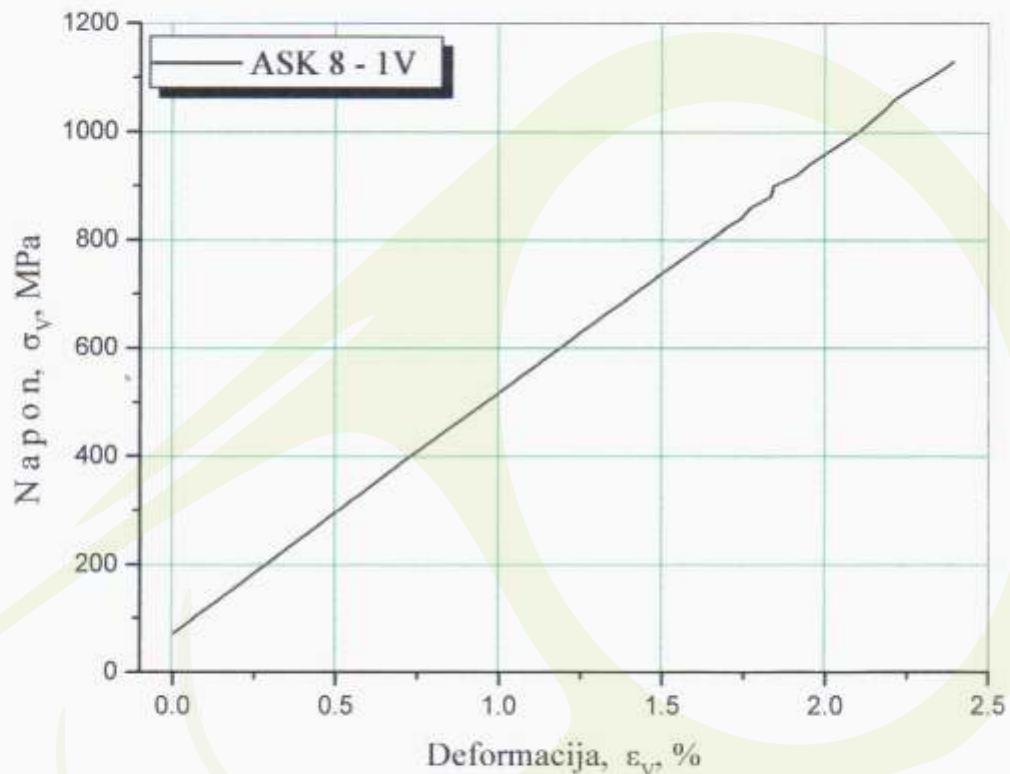
ε_1 - deformacija koja odgovara sili P_1 , i

ε_2 - deformacija koja odgovara sili P_2 .

pri čemu je odnos $\Delta\sigma/\Delta\varepsilon$ određivan metodom linearne regresije iz pravolinijskog dela krive napon-deformacija.

Tipičan izgled dijagrama ispitivanja na zatezanje napon - deformacija za epruvetu oznake **ASK 8-IV** je dat na sl. 4.2. Ostali dijagrami nisu prikazani jer pokazuju sličan karakter ponašanja materijala.

Rezultati određivanja zateznih karakteristika (zatezna čvrstoća, modul elastičnosti zatezanja i deformacija) dati su u tab. 4.1 za epruvete uzorkovane iz kopolitnih armatura oznake **ASK 8**.



Slika 4.2. Dijagram napon-deformacija kompozitne epruvete ASK 8-1V

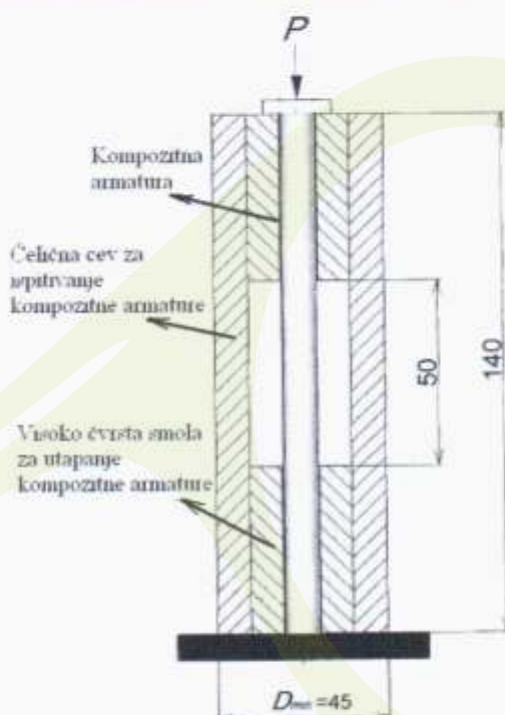
Tabela 4.1. Rezultati ispitivanja na zatezanje grupe epruveta ASK 8

Oznaka epruvete	Nominalni prečnik epruvete, d, mm	Zatezna čvrstoća σ_v , MPa	Modul elastičnosti E_f , GPa	Deformacija ϵ_v , %
ASK 8-1V	8.00	1117	53.8	2.4
ASK 8-2V		1087	54.1	2.2
ASK 8-3V		1163	53.1	2.5
ASK 8-4V		1072	52.9	2.4
ASK 8-5V		1102	54.5	2.2
Srednja vrednost:		1108.2	53.7	2.34

4.2. Ispitivanje na pritisak kompozitne armature

Ispitivanja na pritisak epruveta kompozitne armature oznake **ASK 8** su rađena prema standardu **GOST 31938-2012, Prilog V**. Shema postupka ispitivanja sa postavljenom epruvetom u ispitnoj čeličnoj cevi prikazana je na sl. 4.3.

Ispitivanje na pritisak je takođe izvedeno na servo-hidrauličnoj kitalici. Pre ispitivanja je računat nominalni prečnik dostavljenih uzoraka iz kojih su pripremane epruvete za ispitivanje, prema jednačini 4.1. Dužina mernog dela epruvete je bila $6d$. Uvedeno opterećenje je registrovano pomoću mernice čelije kapaciteta 100kN. Brzina uvođenja opterećenja je bila 5mm/min.



Slika 4.3. Shema postupka ispitivanja na pritisak

Čvrstoća na pritisak σ_{VS} kompozitne armature se izračunava prema jednačini:

$$\sigma_{VS} = \frac{P_{\max}}{A} = \frac{4 \cdot P_{\max}}{\pi \cdot d^2} \quad 4.4.$$

gde je:

σ_{VS} - zatezna čvrstoća, MPa;

P_{\max} - maksimalna sila kidanja, kN;

$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ - površina poprečnog preseka epruvete, mm².

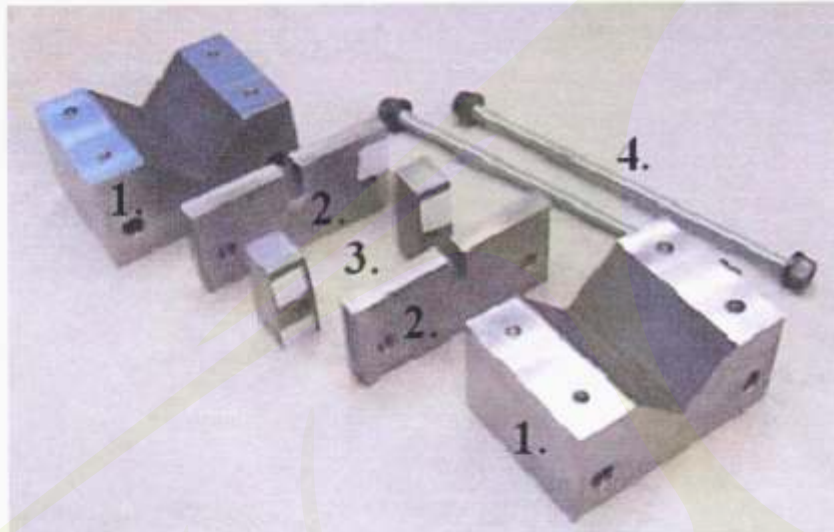
Rezultati određivanja čvrstoće na pritisak dati su u tab. 4.2 za epruvete uzorkovane iz kompozitnih armatura oznake ASK-8.

Tabela 4.2. Rezultati ispitivanja na pritisak grupe epruveta ASK 8

Oznaka epruvete	Nominalni prečnik epruvete, d , mm	Čvrstoća na pritisak, σ_{VS} , MPa
ASK 8-1VS	8.00	715
ASK 8-2VS		746
ASK 8-3VS		759
ASK 8-4VS		726
ASK 8-5VS		707
Srednja vrednost:		730.6

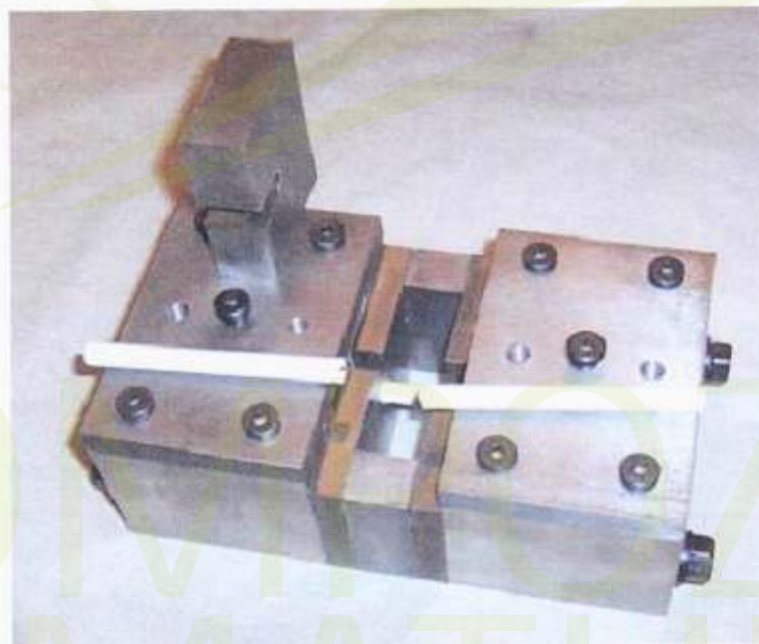
4.3. Ispitivanje na smicanje kompozitne armature

Ispitivanja na smicanje epruveta kompozitne armature oznake **ASK 8** su radena prema standardu **GOST 31938-2012, Prilog G**. Izgled alata za ispitivanje na smicanje je prikazan na sl. 4.4, a sam postupak ispitivanja sa ispitanom epruvetom u alatu prikazan je na sl. 4.5.



1. Nosač ispitivanog uzorka
2. Par donjih noževa
3. Gornji nož
4. Zavrtnji za spajanje nosača

Slika 4.4. Prikaz alata za ispitivanje na smicanje



Slika 4.5. Shema postupka ispitivanja na smicanje epruveta kompozitne armature

Ispitivanje na smicanje je takođe izvedeno na servo-hidrauličnoj kitalici. Pre ispitivanja je računat nominalni prečnik dostavljenih uzoraka iz kojih su pripremane epruvete za ispitivanje, prema jednačini 4.1. Dužina epruvete je bila 250mm. Uvedeno opterećenje je registrovano pomoću merne ćelije

kapaciteta 100kN. Brzina uvođenja opterećenja je bila 10mm/min. Čvrstoća na smicanje τ_{sh} kompozitne armature se izračunava prema jednačini:

$$\tau_{sh} = \frac{P_{max}}{2 \cdot A} = \frac{2 \cdot P_{max}}{\pi \cdot d^2} \quad 4.5.$$

gde je:

- τ_{sh} - Čvrstoća na smicanje, MPa;
 P_{max} - maksimalna sila kidanja, kN;
 $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ - površina poprečnog preseka epruvete, mm².

Rezultati određivanja čvrstoće na smicanje dati su u tab. 4.3 za epruvete uzorkovane iz kompozitnih armatura oznake ASK 8.

Tabela 4.3. Rezultati ispitivanja na smicanje grupe epruveta ASK 8

Oznaka epruvete	Nominalni prečnik epruvete, d , mm	Čvrstoća na smicanje, τ_{sh} , MPa
ASK 8-1sh	8.00	325
ASK 8-2sh		299
ASK 8-3sh		334
ASK 8-4sh		287
ASK 8-5sh		341
Srednja vrednost:		317.2

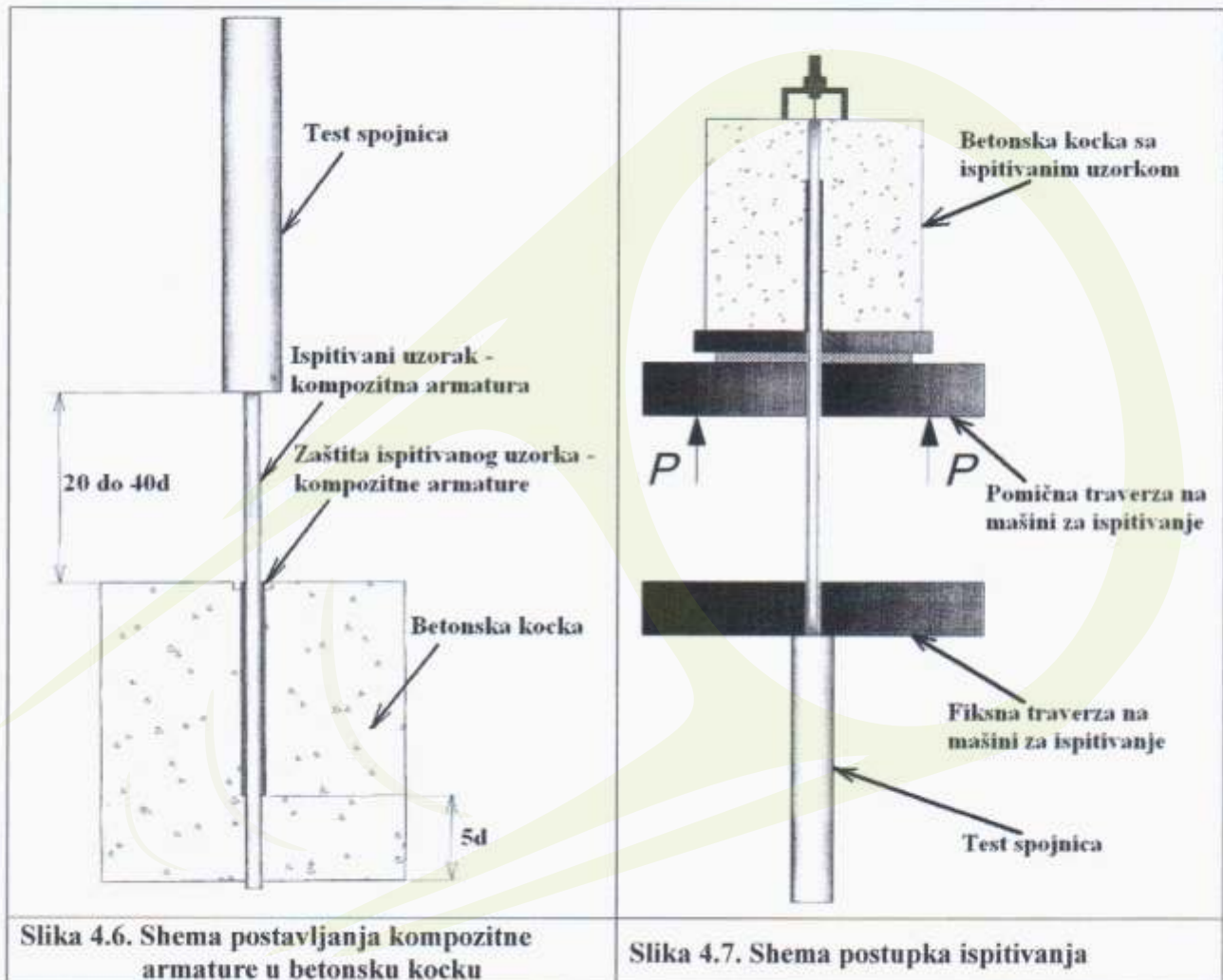
4.4. Određivanje čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom

Određivanje čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom epruveta oznake ASK 8 su rađena prema standardu GOST 31938-2012, Prilog D. Veličine ispitivanih uzoraka kompozitne armature, betonske kocke u koji se postavlja, kao i dužina prijanjanja kompozitne epruvete sa betonom, je takođe definisana standardom GOST 31938-2012, Prilog D, i date su u tab. 4.4.

Tabela 4.4. Veličine uzoraka za ispitivanje

Nominalni prečnik ispitivanog uzorka, d , mm	Dužina ivice betonske kocke, mm	Dužina prijanjanja kompozitne epruvete sa betonom, mm
≤ 10	100	5d
12 ÷ 18	150	
20 ÷ 30	200	

Shematski prikaz postavljanja epruvete u betonsku kocku je prikazan na sl. 4.6, a sam postupak ispitivanja prikazan je na sl. 4.7.



Slika 4.6. Shema postavljanja kompozitne armature u betonsku kocku

Slika 4.7. Shema postupka ispitivanja

Određivanje čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom epruveta oznake ASK 8 je izvedeno na elektromehaničkoj kidalici, u kontroli hoda. Pre ispitivanja je računat nominalni prečnik dostavljenih uzoraka iz kojih su pripremane epruvete za ispitivanje, prema jednačini 4.1. Uvedeno opterećenje je registrovano pomoću mernе ćelije kapaciteta 100kN. Brzina uvođenja opterećenja je bila 5mm/min. Čvrstoća veze kompozitne armature sa betonom τ_r se izračunava prema jednačini:

$$\tau_r = \frac{P_{\max}}{c \cdot L_{fb}} \quad 4.5.$$

gde je:

- τ_r - Čvrstoća veze kompozitne armature sa betonom, MPa;
- P_{\max} - maksimalna sila izvlačenja kompozitne armature iz betonske kocke, kN;
- $c = \pi d$ - nominalni obim štapa (kompozitne armature), mm
- L_{fb} - površina poprečnog preseka epruvete, mm².

Rezultati određivanja čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom dati su u tab. 4.5 za epruvete uzorkovane iz kompozitnih armatura oznake ASK-8.

Tabela 4.5. Rezultati čvrstoće veze kompozitne armature sa betonom grupe epruveta ASK 8

Oznaka epruvete	Nominalni prečnik epruvete, d , mm	Čvrstoća veze kompozitne armature sa betonom, τ_r , MPa
ASK 8-1r	8.00	18.5
ASK 8-2r		22.3
ASK 8-3r		16.9
ASK 8-4r		20.5
ASK 8-5r		19.3
Srednja vrednost:		19.5

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja dostavljenih uzoraka kompozitne armature na bazi staklenih vlakana kao ojačavača i polimerne smole kao matrice, oznake ASK 8, a shodno zahtevima sadržanim u standardu GOST 31938-2012 - "Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций - Общие технические условия (Polimerna kompozitna armatura za armirano betonske konstrukcije - Opšti tehnički uslovi)", tab. 5.1

Tabela 5.1. Standardne i dobijene vrednosti karakteristika kom. armatura oznake ASK 8

Karakteristike armature	Standardne vrednosti, min.	Ispitivana kompozitna armatura ASK 8
Zatezna čvrstoća, σ_V , MPa	800 MPa	1108.2
Modul elastičnosti, E_r , GPa	50 GPa	53.7
Deformacija, ε_V , %		2.34
Čvrstoća na pritisak, σ_{VS} , MPa	500 MPa	730.6
Čvrstoća na smicanje, τ_{sh} , MPa	150 MPa	317.2
Čvrstoća veze kompozitne armature sa betonom, τ_r , MPa	12 MPa	19.5

može se konstatovati da dobijene vrednosti:

- ⇒ Zatezne čvrstoće ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti;
- ⇒ Modula elastičnosti pri zatezanju ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti;
- ⇒ Čvrstoće na pritisak ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti;
- ⇒ Smicajne čvrstoće ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti; i
- ⇒ Čvrstoće veze kompozitne armature i betona ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti.

GENERALNO:

Dobijeni rezultati ispitivanja dostavljenih uzoraka kompozitne armature na bazi staklenih vlakana kao ojačavača i polimerne smole kao matrice, nominalnog prečnika $\varnothing 8.0\text{mm}$ oznake ASK 8, ZADOVOLJAVAJU standardom propisane vrednosti.