

## UPOREDNA ANALIZA PROJEKTNIH NAPONA RAČUNATIH PREMA PRAVILNICIMA O OPREMI POD PRITISKOM

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DESIGN STRESS ACCORDING TO DIFFERENT REGULATIONS ON PRESSURE EQUIPMENT

Originalni naučni rad / Original scientific paper  
UDK /UDC: 66-988(083.133)  
Rad primljen / Paper received: 17.05.2012.

Adresa autora / Author's address:  
University of Belgrade, Innovation Centre of the Faculty of  
Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia, email:  
[spetronic@mas.bg.ac.rs](mailto:spetronic@mas.bg.ac.rs)

#### Ključne reči

- oprema pod pritiskom
- bitni zahtevi
- projektni naponi
- evropska direktiva
- standard

#### Izvod

*U radu su prikazani bitni zahtevi za bezbednost opreme pod pritiskom, opisanih u Prilogu I Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom. Stupanjem na snagu ovog Pravilnika, 1. juna 2012. godine, prestaje da važi Pravilnik o tehničkim normativima stabilnih posuda pod pritiskom 16/83. U ovom radu je ukazano na razlike u bitnim zahtevima između „starog“ i „novog“ Pravilnika u pogledu minimalnih dozvoljenih napona i analizirana su odstupanja koja nastaju primenom „novog“ Pravilnika na opremu pod pritiskom, koja je u upotrebi. Takođe, prikazano je poređenje SRPS EN standarda sa nacionalnim standardima pojedinih zemalja.*

#### UVOD

Bitni zahtevi za bezbednost opreme pod pritiskom definisani su i utvrđeni u Prilogu I Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (Sl. glasnik RS, br. 87/2011). Ovim pravilnikom se propisuju tehnički zahtevi koji se odnose na projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, kod kojih je najveći dozvoljeni pritisak PS veći od 0,5 bar, /1/. Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (u daljem tekstu Pravilnik OPP 87/11) je urađen prema Direktivi o opremi pod pritiskom *Pressure equipment directive* (PED-97/23/EC), objavljenoj maja 1997. godine u službenom listu Evropske Unije. Od 29.05.2002. godine upotreba Direktive je obavezna na celokupnoj teritoriji Evropske Unije, /2/. Osnovna ideja ove Direktive je harmonizacija nacionalnih propisa država članica, koji obrađuju projektovanje, proizvodnju, ispitivanje i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom.

Direktiva novog pristupa propisuje zahteve bitne za bezbednost opreme pod pritiskom, koje mora da ispuni proizvođač, /3/, kao i periodiku ispitivanja potrebnu, a

#### Keywords

- pressure equipment
- essential requirement
- nominal design stress
- European directives
- standard

#### Abstract

*This paper presents the essential safety requirements for pressure equipment described in Schedule I of the Regulation on technical requirements for the design, development and conformity assessment of pressure equipment. The application of this Regulation starts on July 1<sup>st</sup> 2012, and the previous one – Regulations on technical normatives of stable pressure vessels 16/83, ceases to be valid. In this paper, the author points out the differences in the essential requirements for design stresses described in these Regulations and some deviations are analysed resulting from the application of the “new” Regulation on pressure equipment that is already in exploitation. Also a comparison of EN standards and national standards of some countries is given.*

dovoljnu, /4/, za bezbedan rad. Suština Direktive novog pristupa je obezbeđenje slobodnog protoka proizvoda, koji su u skladu sa nivoom zaštite Evropske Unije, /5/. Bitni zahtevi su, po ugledu na Direktivu, opisani u Pravilniku OPP 87/11.

U skorije vreme, dosta radova je posvećeno analizi harmonizovanih standarda EU i njihovim poređenjem sa nacionalnim standardima pojedinih zemalja, /6-9/, kao i analiza paralele stanja u Srbiji i evropske norme, /3/.

Stupanjem na snagu ovog Pravilnika prestaje da važi Pravilnik o tehničkim normativima stabilnih posuda pod pritiskom (Sl. list SFRJ br. 16/83; u daljem tekstu PTN 16/83), /10/. Zahtevi u pogledu minimalnih dozvoljenih napona, koeficijenta valjanosti zavarenog spoja i hidrostatičkog ispitnog pritiska u „novom“ Pravilniku (OPP 87/11) se razlikuju od zahteva u „starom“ Pravilniku (PTN 16/83). U ovom radu su prikazane i analizirane razlike u nazivnim projektnim naponima kod opreme pod pritiskom, izrađene od pojedinih vrsta čelika.

## BITNI ZAHTEVI ZA BEZBEDNOST OPREME POD PRITISKOM

Oboveze utvrđene bitnim zahtevima za bezbednost, opisanim u Prilogu I Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, primenjuju se samo ako postoji odgovarajuća opasnost od opreme pod pritiskom. Bitni zahtevi sigurnosti definišu šta mora da se razmotri za zaštitu ljudi, imovine i okoline od opasnosti opreme pod pritiskom, /1/. Oprema pod pritiskom mora da bude pravilno projektovana, izrađena i pregledana da bi bila bezbedna u toku svog radnog veka, /1/.

Oboveze projektanta je da tokom proračuna koristi odgovarajuće koeficijente sigurnosti i sveobuhvatne metode.

Projektovanje za odgovarajuću čvrstoću mora da se izvrši prema:

- proračunskoj metodi dopunjenoj po potrebi eksperimentalnom metodom, ili
- prema eksperimentalnoj metodi bez proračuna, ako je proizvod  $PS \times V < 6000 \text{ bar} \times l$ , ili proizvod  $PS \times DN < 3000 \text{ bar}$ .

Bitni zahtevi tokom proizvodnje se odnose na pravilno izvođenje svih postupaka, predviđenih u fazi projektovanja, a posebno na pripremu delova koji se spajaju, neraspeljive delove, termičku obradu i slično.

Materijali koji se koriste za proizvodnju opreme pod pritiskom moraju da imaju odgovarajuća svojstva za sve radne uslove i za sve uslove ispitivanja, da budu dovoljno hemijski otporni na sve fluide koji se nalaze u opremi pod pritiskom, da ne budu podložni starenju i da odgovaraju za određene postupke obrade, /1/.

## POSEBNI KVANTITATIVNI ZAHTEVI ZA ODREĐENU OPREMU POD PRITISKOM

Posebni zahtevi za određenu opremu pod pritiskom se primenjuju kao opšte pravilo, /1/.

Određbe predviđene u ovom poglavlju dopunjuju bitne zahteve opisane u prethodnom poglavlju.

U posebne zahteve spadaju:

- 1) dozvoljena naprežanost
- 2) koeficijenti zavarenog spoja i
- 3) hidrostatički ispitni pritisak.

U ovom radu je prikazana kratka analiza i poređenje minimalnih dozvoljenih napona, odnosno, diskutovana je razlika u primeni „starog“ i „novog“ Pravilnika.

U Tabeli 1 date su minimalne vrednosti dozvoljenih projektnih napona za različite materijale prema Pravilniku OPP 87/11. Iz Tabele 1 se vidi da Pravilnikom nisu obuhvaćeni finoizni čelici i specijalno termički obrađeni čelici, o čemu će biti reči kasnije.

U Tabeli 2 su date vrednosti minimalnih projektnih napona prema sledećim nacionalnim standardima: ASME (Američko udruženje mašinskih inženjera), CODAP 2000 (Francuskog udruženja inženjera), AD 2000 i SRPS M.E2. 250 (nemački i srpski stari standardi) i EN 13445.3 (harmozovani standardi Evropske Unije).

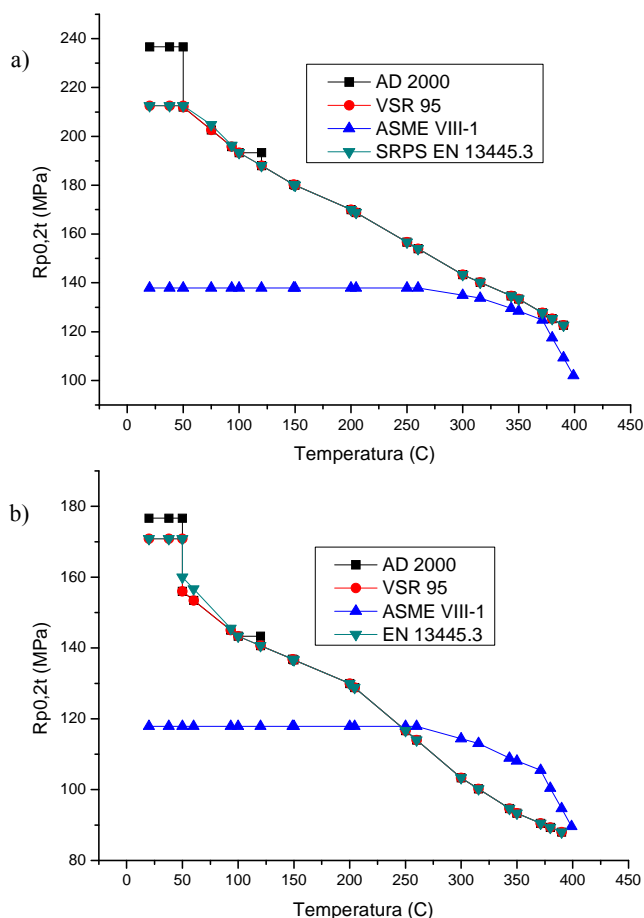
Na sl. 1a dat je grafički prikaz nazivnih projektnih napona (proračunatih prema formuli) za ugljenične čelike P265 GH zatezne čvrstoće  $R_m = 510 \text{ MPa}$ , izračunatih za nacionalne standarde date u Tab. 2, a na sl. 1b, za ugljenične čelike P355 GH zatezne čvrstoće  $R_m = 410 \text{ MPa}$ .

Tabela 1. Minimalne vrednosti dozvoljenih projektnih napona za različite materijale

Materijal	Slučajevi normalnog radnog opterećenja
Feritni i normalizovani valjani čelik (isključuju se finoizni čelici i specijalno termički obrađeni čelici)	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}\right)$
Austenitni čelici $A_5 = 30\text{--}35\%$	$\frac{R_{p1,0t}}{1,5}$
Austenitni čelici $A_5 > 35\%$	$\max\left[\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,5}\right); \min\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,2}, \frac{R_{m/t}}{3}\right)\right]$
Čelični odlivci	$\min\left(\frac{R_m}{3}, \frac{R_{p0,2t}}{1,9}\right)$
Aluminijum	$\frac{R_{p0,2t}}{1,5}$
Legure aluminijuma	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}\right)$

Tabela 2. Nazivni projektni napon prema nacionalnim standardima

	Ugljenični i niskolegirani čelici	Austenitni nerđajući čelici (za $A > 35\%$ )
ASME Sez.VIII div.1	$\min\left(\frac{R_m}{3,5}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}, 0,67\sigma_{R100000t}\right)$	$\min\left(\frac{R_m}{3,5}, 0,9R_{p0,2t}, 0,67\sigma_{R100000t}\right)$
CODAP 2000 (f1)	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,6}\right)$	$\frac{R_t}{3}$
AD 2000 SRPS M.E2.250	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
SRPS EN 13445.3	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}\right)$	$\max\left[\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,5}\right); \min\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,2}, \frac{R_{m/t}}{3}\right)\right]$

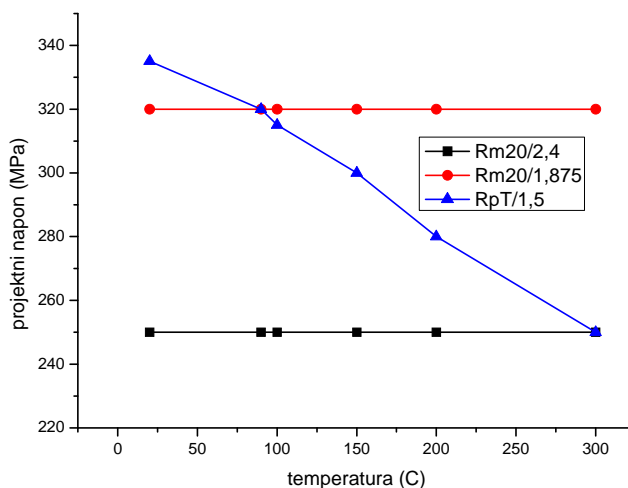


Slika 1. Projektni naponi izračunati DBF metodom prema nacionalnim standardima datim u Tabeli 2 za ugljenične čelike: a) P265 GH,  $R_m = 410$  MPa i b) P355 GH,  $R_m = 510$  MPa.

Analizom Tab. 2 i sl. 1a i b, primećuje se da je odstupanje u minimalnim naponima između AD 2000 i SRPS M. E2.250 s jedne strane i SRPS EN 13445.3 sa druge strane, najviše zastupljeno na temperaturama do 50°C, za navedene čelike. Razlika je nastala zbog činjenice da standardi SRPS EN prilikom proračuna koriste minimalnu vrednost zatezne čvrstoće podeljene sa koeficijentom sigurnosti 2,4 ili 0,2% konvencionalnog napona tečenja na proračunskoj temperaturi podeljeno sa stepenom sigurnosti 1,5, a dosadašnji važeći srpski standardi, po ugledu na nemačke standarde, su koristili vrednosti 0,2% konvencionalnog napona tečenja na datoj temperaturi podeljeno sa stepenom sigurnosti 1,5. Takođe, može da se primeti da su odstupanja prilikom proračuna minimalnih napona, prema ovim standardima manja kod čelika P355 GH, zatezne čvrstoće 410 MPa, nego kod čelika P265 GH, sa zateznom čvrstoćom od 510 MPa. Ovo se objašnjava time da je kod čelika sa zateznom čvrstoćom 410 MPa manji odnos zatezne čvrstoće i napona tečenja. Ukoliko je odnos zatezne čvrstoće na 20°C i 0,2% napona tečenja na proračunskoj temperaturi manji od 0,625, merodavna vrednost je zatezna čvrstoća podeljena stepenom sigurnosti 2,4. Pri daljem rastu temperature nema razlike u dozvoljenim minimalnim naponima između ova dva standarda, jer merodavna vrednost za standard SRPS EN postaje 0,2% konvencionalnog napona tečenja. Međutim, za temperature do 50°C, kod nekih čelika ova odstupanja

moгу da dostignu vrednost i preko 20%. Ova razlika može da bude od velikog značaja kod primene novog Pravilnika OPP 87/11 na opremu pod pritiskom koja je u upotrebi, a projektovana je prema starom Pravilniku PTN 16/83, odnosno, može da dovede u pitanje dalju eksploataciju određene opreme pod pritiskom. Verovatnoća je da će manja odstupanja da se kompenzuju na račun toga što su prilikom dimenzionisanja najčešće usvajane veće vrednosti debljine zida ili drugih dimenzija merodavnih za proračun napona.

Francuski standard CODAP je prvenstveno bio baziran na ASME standardu, sekcija VIII, ali je 2000. godine promenjen sa uvođenjem PED i primenom harmonizovanog EN 13445.3 standarda, /5/. Najbitnija razlika između francuskog standarda i SRPS EN je kod proračuna opreme pod pritiskom od austenitnih čelika sa izduženjem preko 35%, gde francuski standardi kao merodavnu vrednost razmatraju samo zateznu čvrstoću na proračunskoj temperaturi podeljenu sa koeficijentom sigurnosti 3. O ovome, svakako, treba voditi računa prilikom uvoza opreme pod pritiskom francuskog proizvođača, ukoliko je oprema izrađena od austenitnih čelika. Sa sl. 1 i 2 može da se vidi velika razlika u primeni ASME standarda i SRPS EN 13445.3. Razlog tome je što se prema ASME standardu, sekcija VIII, za ceo interval temperatura do 650°F, kao minimalni dozvoljeni napon primenjuje napon na ovoj temperaturi. Ovaj podatak je interesantan prilikom eventualnog uvoza opreme pod pritiskom koja je izrađena prema ovom standardu. Treba voditi računa pri primenama na temperaturama većim od 650°F, gde na primer, kod ugljeničnih čelika sa zateznom čvrstoćom od 410 MPa, ova oprema ne bi zadovoljila standard SRPS EN (sl. 2).



Slika 2. Prikaz proračuna projektnog napona za različite koeficijente sigurnosti za čelik P500QH

U Tabeli 3 su, zbog jasnijeg pregleda razlike u primeni „starih“ i „novih“ standarda, prikazani minimalni dozvoljeni naponi pri projektovanju prema standardu SRPS M.E2.250 i standardu SRPS EN 13445.3. Sem opisanih razlika kod ugljeničnih čelika, iz Tab. 3 se vidi da se projektni naponi za čelične odlivke i za legure aluminijuma po novim standardima određuju prema manjoj vrednosti zatezne čvrstoće podeljene sa koeficijentom 3, odnosno, 2,4 i 0,2% konvencionalnog napona tečenja podeljenog sa koeficijentom sigurnosti

nosti 1,5. Bitna razlika je kod austenitnih čelika, gde se projektni napon prema SRPS M.E2.250 određivao uzimajući 0,2% napon tečenja, a po SRPS EN 13445.3 se koristi 1%

konvencionalnog napona tečenja, iz čega se zaključuje da su vrednosti dozvoljenih napona veće kod harmonizovanih EU standarda.

Tabela 3. Minimalne vrednosti projektnih napona prema SRPS EN 13445.3 i SRPS M.E2.250 standardima

Materijal	SRPS EN 13443.3	SRPS M.E2.250
Feritni i normalizovani valjani čelik (isključuju se finoizni čelici i specijalno termički obrađeni čelici)	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}\right)$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
Austenitni čelici, $A_5 = 30-35\%$	$\frac{R_{p1,0t}}{1,5}$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
Austenitni čelici, $A_5 > 35\%$	$\max\left[\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,5}\right); \min\left(\frac{R_{p1,0t}}{1,2}, \frac{R_{m/t}}{3}\right)\right]$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
Čelični odlivci	$\min\left(\frac{R_m}{3}, \frac{R_{p0,2t}}{1,9}\right)$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{2}, \frac{\sigma_{R100000t}}{2}\right)$
Aluminijum	$\frac{R_{p0,2t}}{1,5}$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
Legure aluminijuma	$\min\left(\frac{R_m}{2,4}, \frac{R_{p0,2t}}{1,5}\right)$	$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{1,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{1,5}\right)$
Sivi liv, nežaren		$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{9}, \frac{\sigma_{R100000t}}{9}\right)$
Sivi liv, žaren		$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{7}, \frac{\sigma_{R100000t}}{7}\right)$
Bakar i legure bakra, bešavne ili zavarene posude		$\min\left(\frac{R_{p0,2t}}{3,5}, \frac{\sigma_{R100000t}}{3,5}\right)$

Tabela 4 daje pregled minimalnih dozvoljenih napona pri primeni PTN 16/83 i OPP 87/11 za opšte konstrukcione čelike. Za određenu vrstu čelika date su vrednosti zatezne čvrstoće i 0,2% konvencionalnog napona tečenja prema standardu SRPS EN 10025/2003, zatim su proračunate minimalne vrednosti dozvoljenog napona prema OPP 87/11 uzimajući u obzir propisane koeficijente sigurnosti. U poslednjoj koloni su data odstupanja između dobijenih vrednosti, što govori o mogućem problemu prilikom primene Pravilnika OPP 87/11 za opremu pod pritiskom, koja je u upotrebi, a projektovana je prema Pravilniku PTN 16/83. Vidi se odstupanje od 16,32% kod grupe čelika E360, što može da dovede do eventualnog isključivanja opreme pod pritiskom iz upotrebe. Takođe, date su vrednosti ukoliko je prilikom projektovanja korišćen standard SRPS M.E2.231/1984, koji nije bio sa obaveznom primenom. Preporučene vrednosti napona tečenja prema ovom standardu su manje nego prema standardu SRPS EN 10025/2003, pa su i odstupanja od Pravilnika OPP 87/11 manja, a često čak u korist „starog“ Pravilnika. Ukoliko su projektanti koristili standard SRPS M.E2.231/1984, koji nije bio sa obaveznom primenom, pitanje ispunjenja bitnih zahteva u pogledu minimalnih napona biće postavljeno samo za grupu čelika S355.

U Tabeli 5 su date vrednosti minimalnih dozvoljenih napona za kotlovske limove od nelegiranih i niskolegiranih čelika prema Pravilniku 16/83 i Pravilniku 87/11, kao i

odstupanja pri proračunu prema ova dva pravilnika. Vrednosti zateznih čvrstoća i napona tečenja dati su prema standardu SRPS EN 10028-2/2004. Odstupanja su, uglavnom, u granicama prihvatljivih, uz pretpostavku da će razlike u bitnim zahtevima projektnih napona da se prevaziđu tolerancijama i stepenima sigurnosti, korišćenim tokom projektovanja. Problem može da se očekuje kod opreme pod pritiskom, izrađene od P235GH i 13CrMo4-5.

Tabela 6 daje prikaz šta bi se dogodilo primenom Direktive PED 97/23/EC na finoizne čelike. Prema Pravilniku OPP 87/11 primena Dir PED 97/23/EC se ne odnosi na finoizne čelike i čelike specijalno termički obrađene. Iz Tabele 6 se vidi da bi eventualnom primenom ove direktive odstupanja bila i do 24%, što bi dovelo do potpune degradacije ovih čelika, drastičnog poskupljenja opreme pod pritiskom, izrađene od finoiznih čelika, pa time, verovatno, i njihovog izbacivanja iz upotrebe od strane proizvođača. Razlog ovolikog odstupanja leži u tome što je kod ovih čelika mala razlika između vrednosti zatezne čvrstoće i napona tečenja, /12/. Harmonizovani standardi opreme pod pritiskom razmatraju da se preporučena vrednost koeficijenta sigurnosti 2,4, kojom se deli vrednost zatezne čvrstoće smanji na 1,875 (amandman je već prihvaćen). Pravilnik OPP 87/11 ne propisuje način određivanja minimalnih napona kod finoiznih čelika, već samo napominje da se preporučene vrednosti ne odnose na njih. Ovo je jedan od

problema na koji treba da se obrati pažnja i pronađe rešenje koje bi zadovoljilo i proizvođača i korisnika, a posebno opštu bezbednost. Slika 3 prikazuje primer za čelik P500QH ukoliko se za datu zateznu čvrstoću koriste vrednosti koeficijenta sigurnosti 2,4, odnosno, 1,875. Na dijagramu su

prikazane i vrednosti 0,2% konvencionalnog napona tečenja za temperature do 300°C. Proračun stepena sigurnosti od 2,4 isključuje iz upotrebe svu opremu pod pritiskom do 300°C, dok je kod stepena sigurnosti od 1,875 situacija u mnogome drugačija.

Tabela 4. Opšti konstrukcioni čelici

Oznaka čelika	$R_m$ (MPa) ( $t = 3-100$ mm)	$R_{eH}$ (MPa) ( $t < 16$ mm)	Dozvoljeni napon			Odstupanje (%)
			PTN 16/83	OPP 87/11		
			$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_m/2,4$ (MPa)	
SRPS EN 10025 / 2003 Opšti konstrukcioni čelici						
S235...	340 – 470	235	156,67	156,67	141,67	-9,57
S275...	410 – 540	275	183,33	183,33	170,83	-6,82
S355...	490 – 630	355	236,67	236,67	204,17	-13,73
E295	470 – 610	295	196,67	196,67	195,83	+0,42
E335	570 – 710	335	223,33	223,33	237,5	-6,34
E360	670 – 830	360	240	240	279,17	-16,32
SRPS M.E2.231/1984 Čelični limovi za delove stabilnih posuda (standard sa primenom)*						
S235...	340 – 470	205	136,67	136,67	141,67	+3,66
S275...	410 – 540	235	156,67	156,67	170,83	+9,00
S355...	490 – 630	315	210,00	210,00	204,17	-2,76

Tabela 5. Kotlovski limovi od nelegiranih i niskolegiranih čelika (SRPS EN 10028-2 /2004)

Oznaka čelika	$R_m$ (MPa) ( $t = 3-100$ mm)	$R_{eH}$ (MPa) ( $t < 16$ mm)	Dozvoljeni napon			Odstupanje (%)
			PTN 16/83	OPP 87/11		
			$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_m/2,4$ (MPa)	
P235GH	360 – 480	235	156,67	156,67	150	-4,26
P265GH	410 – 530	265	176,67	176,67	170,83	-3,42
P295GH	460 – 580	295	196,67	196,67	191,67	-2,6
P355GH	510 – 650	355	236,67	236,67	212,5	-11,37
16Mo3	440 – 590	275	183,33	183,33	183,33	0,00
13CrMo4-5	450 – 600	300	200	200	187,5	-6,67
10CrMo9-10	480 – 630	310	206,67	206,67	200	-3,33
11CrMo9-10	520 – 670	310	206,67	206,67	216,67	-4,62

Tabela 6. Finozrni konstrukcioni čelici (JUS EN 10028-3 /2004)

Oznaka čelika	$R_m$ (MPa) ( $t = 3-100$ mm)	$R_{eH}$ (MPa) ( $t < 16$ mm)	Dozvoljeni napon			Odstupanje (%)
			PTN 16/83	OPP 87/11		
			$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_{eH}/1,5$ (MPa)	$R_m/2,4$ (MPa)	
P275N	390 – 510	275	183,33	183,33	162,50	-11,36
P355N	490 – 630	355	233,33	233,33	204,17	-12,49
P460N	560 – 730	460	306,67	306,67	233,33	-23,91

Prilog I Pravilnika 87/11 razmatra, takođe, i koeficijent zavarenog spoja kao i hidrostatički ispitni pritisak. Ovde će biti samo pomenute osnovne odredbe, bez analize.

Kod zavarenih spojeva, koeficijent zavarenog spoja ne sme prelaziti sledeće vrednosti:

- za opremu koja se podvrgava ispitivanju sa razaranjem i ispitivanju bez razaranja, koja potvrđuju da čitava serija zavarenih spojeva ne pokazuje nedostatke: 1,
- za opremu koja se podvrgava ispitivanju bez razaranja na slučajnom uzorku: 0,85,

– za opremu koja se podvrgava samo vizuelnoj kontroli kao načinu ispitivanja bez razaranja: 0,7.

Ako je potrebno, moraju se uzeti u obzir vrsta naprezanja kao i mehanička i tehnološka svojstva zavarenog spoja.

Kod posuda pod pritiskom, hidrostatički ispitni pritisak ne sme da bude manji od:

- pritiska koji odgovara maksimalnom opterećenju kojem oprema pod pritiskom može biti izložena u toku rada, uzimajući u obzir najveći dozvoljeni pritisak i njegovu

najveću dozvoljenu temperaturu, pomnoženo sa koeficijentom 1,25, ili  
 – najvećeg dozvoljenog pritiska pomnoženog sa koeficijentom 1,43.

Usvaja se veća od gornje dve vrednosti.

#### ZAKLJUČAK

Bitni zahtevi za bezbednost opreme pod pritiskom definisani su i utvrđeni u Prilogu I Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (Sl. glasnik RS, br. 87/2011).

U ovom radu su analizirani bitni zahtevi u pogledu minimalnih dozvoljenih napona i razlike koje nastaju primenom „novog“ Pravilnika 87/11 na opremu pod pritiskom, projektovanu prema „starom“ Pravilniku 16/83. Iz prikazane analize može da se zaključi da se minimalni naponi, kod pojedinih čelika računati prema pomenutim Pravilnicima, razlikuju i do 20%, za proračunske temperature do 50°C, dok su za primene pri većim temperaturama minimalni dozvoljeni naponi ostali isti. Razlika u minimalnim naponima do 50°C nastaje jer Pravilnik 87/11 kao merodavnu vrednost uzima minimalnu od zatezne čvrstoće podeljene sa koeficijentom sigurnosti 2,4 i 0,2% napona tečenja na proračunskoj temperaturi, dok je po Pravilniku 16/83 merodavna vrednost bila 0,2% napona tečenja na proračunskoj temperaturi. Kod materijala, gde je mala razlika između napona tečenja i zatezne čvrstoće, razlika između minimalnih dozvoljenih napona prema ova dva Pravilnika je izražena. Ova razmatranja su važna, jer novi Pravilnik dovodi u pitanje dalju eksploataciju određene opreme pod pritiskom projektovane prema Pravilniku PTN 16/83, pa je potrebno potražiti rešenja za prevazilaženje ovog problema.

Poređenjem SRPS EN standarda i nacionalnih standarda drugih zemalja u pogledu minimalnih projektnih napona uočene su određene razlike, što treba imati u vidu pri uvozu opreme pod pritiskom iz ovih zemalja.

Pravilnikom 87/11 nisu obuhvaćeni finoizni čelici i specijalno termički obrađeni čelici. Primena koeficijenta sigurnosti od 2,4 na ove vrste čelika dovela bi do njihove degradacije i verovatno isključivanja iz proizvodnje kod opreme pod pritiskom. Harmonizovani standardi EN 13445 razmatraju da se ova vrednost, kojom se deli zatezna čvrstoća, smanji na 1,875, pa se očekuje da i srpski pravilnici ponude neko rešenje.

#### LITERATURA / REFERENCES

1. Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom, Službeni glasnik Republike Srbije br. 87/11, 2011.
2. Pravilnik o tehničkim normativima stabilnih posuda pod pritiskom, Službeni glasnik RS br 16/83, 1983.
3. Fernando, L., Comparison between American and European Pressure Vessel Rules, Convenor of WG' C'/CEN TC54 Sant' Ambrogio Servizi Industriali SRL – Milano, 2007.
4. Uptitis, E., Gold, M.P.E., Comparison of ASME specifications and European standards for mechanical testing of steels for pressure equipment, ASME Standards Technology, LLC, 2005.
5. Companion guide to ASME boiler & pressure vessel code, Third Ed, ed. K.R. Rao, ASME Standards Technology, Ch49, 2009, p.207.
6. Hasegawa, K., Isomura, T., Kajimura, Y., Asada, Y., Karasawa, T., Recent development of codes and standards of boiler and pressure vessels in Japan, ASME, Ch50, pp.257-308, 2009.
7. Petrović, A., Banjac, M., Jović, N., *Tehnička regulativa u oblasti posuda pod pritiskom – paralela stanje u Srbiji – evropske norme*, Festival kvaliteta 2005, 32. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac 2005, p.125.
8. Mitrović, N., Petrović, A., Pavićević, S., *Procedure i postupci za dobijanje CE znaka za kućne zagrejače vode – bojlere*, International Journal "Total Quality Management & Excellence", Vol.36, No.4, 2008, p.39.
9. Bredan, A., Kurai, J., *Evropska direktiva za opremu pod pritiskom (PED) i integritet konstrukcija*, Integritet i vek konstrukcija, Vol.3, No.1, 2003, p.31.
10. Kurai, J., Aleksić, B., *Ispitivanje pritiskom kao uzročnik pojave prslina kod opreme pod pritiskom u eksploataciji*, Integritet i vek konstrukcija, Vol.3, No2, 2003, p.65.
11. Vasić, R., *Direktiva 89/106/EEC i harmonizovani standardi u građevinarstvu*, Integritet i vek konstrukcija, Vol.6, No.3, 2006, p.129.
12. Gubeljak, N., Predan, J., Rak, I., Kozak, D., *Ocena integriteta zavarenog spoja HSLA čelika različite čvrstoće osnovnog metala i metala šava*, Integritet i vek konstrukcija, Vol.9, No.3, 2009, p.157.