

ПРОРАЧУН ЧЕЛИЧНОГ АНТЕНСКОГ СТУБА ПРЕМА ЕВРОКОДУ

Александар Панчић¹
Мирослав Бешевић²

УДК: 624.971:621.396

DOI: 10.14415/zbornikGFS27.02

Резиме: У раду се приказује прорачун челичног антенског стуба према Еврокоду с циљем испитивања искориштености стуба за потребе надоградње нове мреже за мобилну телефонију. Стуб је цијеваста из четири сегмента који су повезани монтажним наставцима и при томе су доња два сегмента промјењивог попречног пресека. На највишем сегменту су постављене две платформе са носачима за антене и технику мобилне телефоније. Извршена је анализа оптерећења и према Њемачким DIN прописима с циљем упоређивања са Еврокодом.

Кључне речи: антенски стуб, носачи антена, мобилна телефонија, Еврокод

1. УВОД

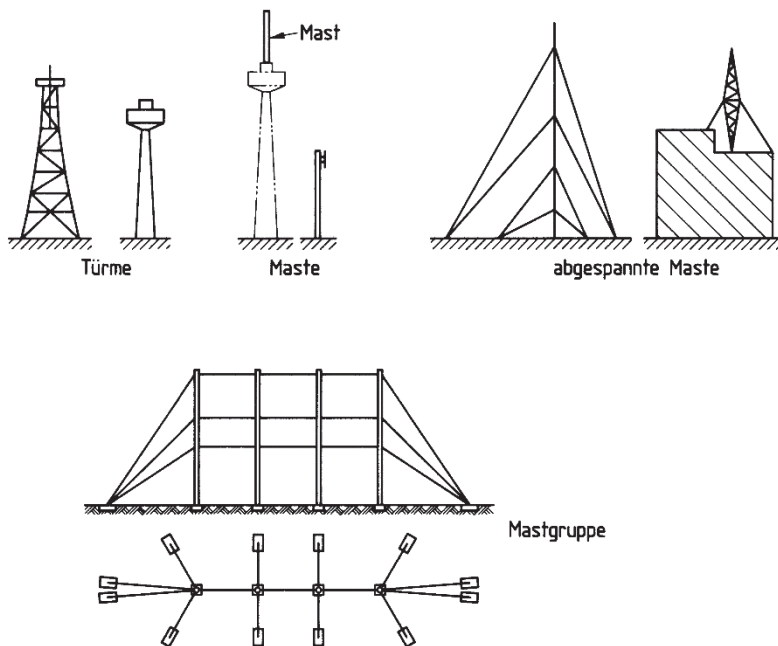
Челик је, поред бетона, сигурно један од основних материјала за изградњу савремених објеката. Област у којој челик има велику улогу су стубови за мобилну телефонију, која се у данашње вријеме доста брзо развија што за последицу има употребу већих антена. За успостављање везе између мобилних телефона користи се бежично спајање на мрежу базних станица. Прве такве станице су постављене осамдесетих година и биле су аналогне (1G генерација). Друга генерација (2G или у Европи GSM) се користи дигиталним позивом. Трећа генерација (3G или UMTS) омогућава видео позиве а најновија четврта генерација (4G укључује и LTE) омогућава веће брзине преноса података. Свака базна станица поседује антене, технику, која стоји уз антенски стуб, као и путеве каблова преко којих су антене повезане са техником. Типови антена који се користе за мобилну телефонију су панел антене (сектор), линкови (RiFu) као и OMNI дирекционе антене који могу бити од различитих произвођача међу којима су најпознатији Kathrein, Huawei, Andrew, Ericsson и др. Са развојем нових и јачих мрежа мобилне телефоније постала су зрачења од антена опаснија по људе те се уводе строжије мјере у погледу контролисања зрачења око базних станица а што за последицу има изградњу већих антенских стубова као и праћење искориштености већ постојећих стубова.

¹Александар Панчић, дипл.инж. грађ., тел: +38765893405, +4915141902944
е – mail: pancic2707@hotmail.com

²Проф. др Мирослав Бешевић, дипл.инж. грађ., Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а,
е – mail: miroslav.besevic@gmail.com

2. ПОЈАМ И ТИПОВИ АНТЕНСКИХ СТУБОВА И ТОРЊЕВА

Торњеви, као и стубови, су инжењерске конструкције наглашене вертикале на релативно скученој основи. То су самосталне грађевине или дио неког већег инжењерског склопа, који служе за различите намјене (водоторњеви, расхладни торњеви, телевизијски торњеви, светионици и др.). Дефинисана и нормирана разлика између торња и стуба не постоји. Могу се разликовати, по висини, јер стубови су нижи објекти, као и по фундарању, јер торњеви могу имати више темеља, док је стуб фундаран само на једном мјесту, [5]. Према Њемачком стандарду *DIN4131* [4] подјела торњева (на њемачком *Turm*) и стубова (на њемачком *Mast*) приказана је на слици 1.



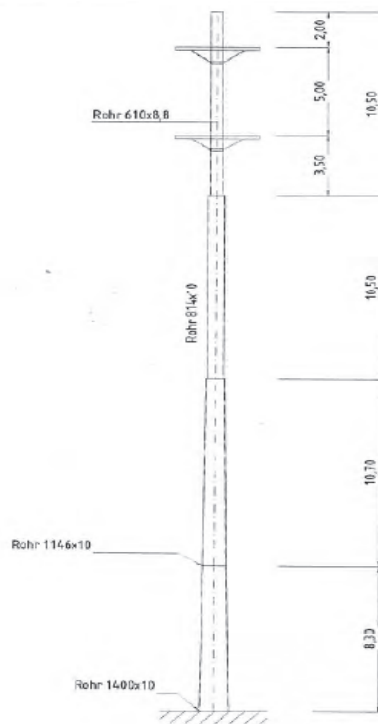
Слика 1. Торњеви и стубови према Њемачком стандарду *DIN4131*

Челични стубови који служе за мобилну телефонију се изводе као цијевасте, решеткасте и стубови са сајлама (затезама). Посебну групу чине антенски стубови који се монтирају на објекте високоградње. Они су мањих висина и захтјевају приликом прорачуна узимање у обзир пренос оптерећења све до темеља објекта.

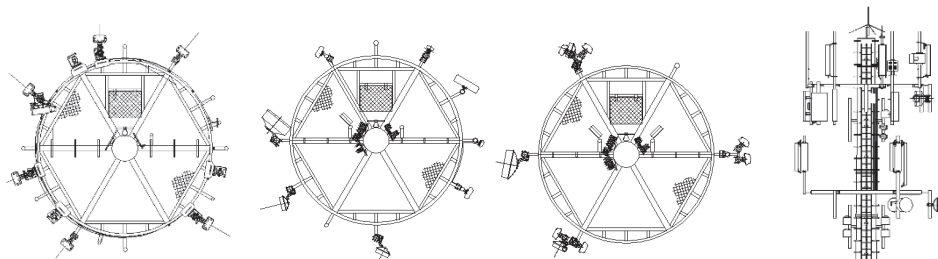
3. НУМЕРИЧКИ ПРИМЈЕР

У примјеру се приказује прорачун цијевастог челичног стуба са двије платформе на којима се налазе носачи за панел антена и линкове. За потребе проширења мреже на локацији се врши замјена 9 старих панел антена са 6 нових и заједно са 3 нова модула који се монтирају са антенама на носаче горње платформе. Поред нових панел антена и технике на осталим носачима платформи су раније већ постаљене

друге панел и линк антене које се обухватају анализом оптерећења. На стубу су постављене С-шине које служе за пут каблова од технике, која се налази поред стуба, па све до платформе. Стуб је висине 40,0 m и састоји се из 4 сегмента. Први и други сегмент су промјњивог попречног пресека. Пењалице на стубу су од фирме Söll. На слици 2, приказан је стуб са профилима цијеви а на слици 3 дате су основе и поглед на платформе са антенама. Стуб је већ димензионисан према старим Њемачким *DIN* стандардима а овдје се ради прорачун по Еврокоду с циљем провјере његове искориштености.



Слика 2. Цијевасти стуб-дио радионичког плана



Слика 3. Доња платформа и поглед на платформе (доле), горња платформа (горе)

3.1 Анализа оптерећења

Посматрају се 4 случаја оптерећења: стално оптерећење, оптерећење ледом, оптерећење вјетром и оптерећење вјетром и ледом.

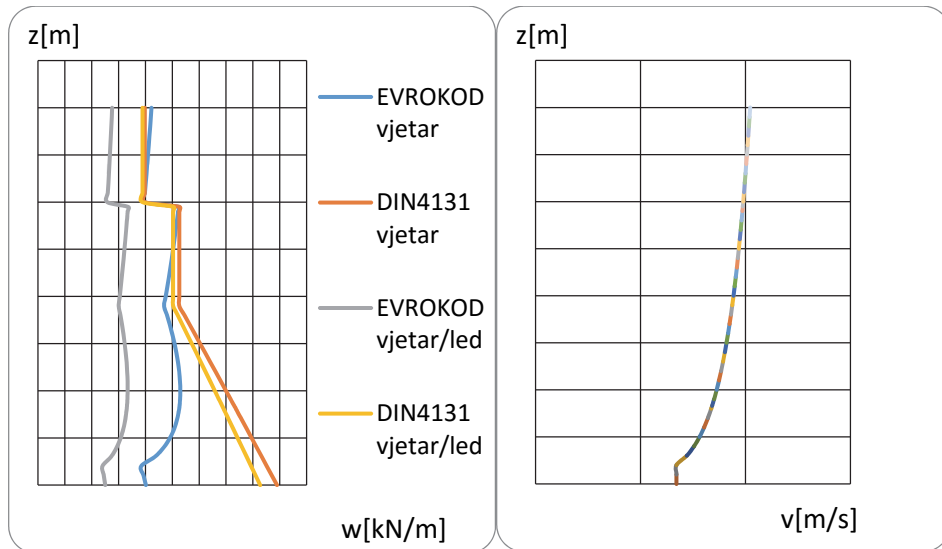
Према Еврокоду оптерећење вјетром се одређује према изразу (1),

$$F(z) = c_s * c_d * q_p(z_e) * c_f * A_{ref} [kN] \quad (1)$$

док је оптерећење вјетром према *DIN4131* дато изразом (2), детаљније у [1] и [4]

$$W_i = \varphi_B * c_{fi} * q_i * A_i [kN] \quad (2)$$

Поред вјетра и лед је значајно оптерећење у пројектовању антенских стубова. Посебно је битна комбинација вјетра и леда јер се ударна површина повећава па с тога је потребно смањити ударни притисак вјетра. Према [2] за објекте који се налазе на надморској висини до 400,00 *m* и ако другачије није одређено дефинише се омотач леда од 3,0 *cm*, а запреминска тежина износи 7 *kN/m³*. Иста вриједност омотача леда и запреминске тежине дефинисана је и у [4]. Треба напоменути да је Еврокод 3-1 (национални анкес Њемачке) [2] дат само као нацрт и да се односи на решеткасте стубове као и стубове са затегама али се у овоме раду користи јер је у њему дефинисано оптерећење ледом које је неопходно за прорачун. У комбинацији вјетра и леда ударни притисак вјетра износи 60% од пуног износа према [2], док је према [4], 75% од пуног износа. На слици 1 је приказано оптерећење вјетром за цијевасте профиле стуба према [1] и [4] али без утицаја коефицијента конструкције c_s, c_d , односно коефицијента удара вјетра φ_b , као и промјена брзине вјетра у односу на висину стуба према Еврокоду.



Слика 4. Оптерећење вјетром на цијевасте профиле стуба (лијево), брзина вјетра према Еврокоду (десно)

Антене и техника, који су постављени на платформама су значајне ударне површине за вјетар. Код антена се најчешће сила вјетра при одређеној брзини даје од стране

произвођача али се свакако сила вјетра може добити и уз помоћ прописа познавајући геометрију антене. Овдје се користе панел антене од произвођача *Kathrein* и *Andrew* и одговарајуће силе вјетра за антене на одговарајућим висинама се одређују из односа сила и брзина према изразу (3),

$$F_A = F_p * \frac{v_A^2}{v_p^2} \quad (3)$$

при чему је F_A је сила вјетра на антену на одговарајућој висини стуба, F_p сила вјетра дата од стране произвођача, v_A брзина вјетра на висини антене, v_p брзина вјетра дата од стране произвођача (најчешће 150km/h). Правац вјетра који дјелује на стуб је посебно битан код решеткастих стубова гдје би се може узимати у обзир заклоњеност антена. Овдје се због једноставнијег прорачуна а и на страни сигурности не узима у обзир заклоњеност антена и технике на платформама већ се сабирају максималне силе вјетра од свих антена и технике тако да је довољно посматрати само један правац вјетра. У табели 1 је приказане су вриједности сила које дјелују на антене и технику по платформама укључујући тежину платформи и носача као и силе вјетра које дјелују на њих. Преко ових концентрисаних сила се избјегава сложена геометрија платформи и поједностављује моделирање стуба.

Табела 1. Оптерећење стуба платформама

Доња платформа	бр. комада	g[kN]	g,led[kN]	w[kN]	w,led[kN]
платформа	1,00	18,71	18,42	0,37	0,22
носачи антена	4+3=7	1,47	1,14	0,88	0,88
панел антене	6,00	0,76	1,47	1,72	1,39
линкови	3,00	0,42	0,43	0,65	0,50
техника	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
●		21,36	21,46	3,62	2,99

Горња платформа	бр. комада	g[kN]	g,led[kN]	w[kN]	w,led[kN]
платформа	1,00	18,71	18,42	0,38	0,23
носачи антена	18+6=24	5,64	4,38	3,36	3,36
панел антене	11,00	1,97	3,57	6,16	4,65
линкови	3,00	0,42	0,43	0,65	0,50
техника	7,00	1,25	1,47	2,87	2,10
●		27,99	28,27	13,42	10,84

Код линијских елемената стуба као што су пењалице и каблови анализа оптерећења зависи од произвођача који дефинише геометрију или коефицијент силе. Као и код платформи овдје се не узима у обзир заклоњеност стуба и сабирају се силе вјетра од стуба, пењалице и каблова и наносе расподјелено по висини стуба. Треба напоменути да је у [2] дефинисано да се омотач леда не може формирати ако су елементи на размаку мањем од 75,0 mm што треба имати у виду код одређивања тежине леда за сноп каблова.

3.2 Одређивање коефицијента конструкције

Да би се конструкције посматрале као неосетљиве на вибрације потребно је да испуњавају услов дат изразом (4) па се за коефицијент конструкције може усвојити вриједност 1,0. Овдје се показује да услов није испуњен те је потребно спровести детаљнији прорачун коефицијента конструкције.

$$\frac{x_s}{h} \leq \frac{\delta}{\left(\sqrt{\frac{h_{ref}}{h} * \frac{h+b}{b}} + 0,125 * \sqrt{\frac{h_{ref}}{h}}\right)^2}$$

$$h_{ref} = 25m$$

$$\frac{1,5}{40} \leq \frac{0,05}{\left(\sqrt{\frac{25}{40} * \frac{40+0,93}{0,93}} + 0,125 * \sqrt{\frac{25}{40}}\right)^2}$$

$$0,03 \leq 0,0017$$
(4)

x_s је помјерање врха стуба услед сталног оптерећења које дјелује у правцу вјетра. У овом случају се прорачун ради у програмском пакету *SAP2000*. b је ширина стуба а овдје се усваја средња вриједност, h је висина стуба, δ је приближна вриједност декремента пригушења које за челичне конструкције према Еврокоду износи 0,05. Коефицијент конструкције дат је изразом (5),

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 * I_v(z_s)}$$
(5)

За одређивање коефицијентата k_p , B и R се могу користити два препоручена поступка дата у Еврокоду или може бити дефинисано националним анексом. Овдје се користи препоручени поступак дат у прилогу *B* Еврокода 1-4. Комплетан прорачун је приказан је испод у изразима (6), детаљније објашњење се може наћи у [1].

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 * \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}}$$

$$b = 0,93m \quad h = 40m$$

$$L(z_s) = L_t * \left(\frac{z_s}{z_t}\right)^{0,67+0,05*\ln(z_s)} = 300 * \left(\frac{40}{200}\right)^{0,67+0,05*\ln(0,05)} = 129,91$$
(6)

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 * \left(\frac{0,93+40}{129,91}\right)^{0,63}} = 0,49$$

$$n_{1,x} = \frac{1}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{9,81}{x_s}} = \frac{1}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{9,81}{1,5}} = 0,41Hz$$

$$\begin{aligned}
R^2 &= \frac{\pi^2}{2 * \delta} * S_L(z_s, n_{1,x}) * R_h(\eta_h) * R_b(\eta_b) \\
f_L(z_s, n_{1,x}) &= \frac{n_{1,x} * L(z_s)}{v_m(z_s)} = \frac{0,41 * 129,91}{28,58} = 1,86 \\
S_L(z_s, n_{1,x}) &= \frac{6,8 * f_L(z_s, n_{1,x})}{(1 + 10,2 * f_L(z_s, n_{1,x}))^{5/3}} = \frac{6,8 * 1,86}{(1 + 10,2 * 1,86)^{5/3}} = 0,085 \\
\eta_h &= \frac{4,6 * h}{L(z_e)} * f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 * 40}{129,91} * 1,86 = 2,63 \\
\eta_b &= \frac{4,6 * b}{L(z_e)} * f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 * 0,93}{129,91} * 1,86 = 0,061 \\
z_e &= 40,0m \\
R_h(\eta_h) &= \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 * \eta_h^2} * (1 - e^{-2 * \eta_h}) = \frac{1}{2,63} - \frac{1}{2 * 2,63^2} * (1 - e^{-2 * 2,63}) = 0,31 \\
R_b(\eta_b) &= \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 * \eta_b^2} * (1 - e^{-2 * \eta_b}) = \frac{1}{0,061} - \frac{1}{2 * 0,061^2} * (1 - e^{-2 * 0,061}) = 0,96 \\
R^2 &= \frac{\pi^2}{2 * 0,05} * 0,085 * 0,31 * 0,96 = 2,49 \\
k_p &= \sqrt{2 * \ln(v * T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(v * T)}} \\
v &= n_{1,x} * \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 0,41 * \sqrt{\frac{2,49}{0,49 + 2,49}} = 0,37Hz \\
T &= 600s \\
k_p &= \sqrt{2 * \ln(0,37 * 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(0,37 * 600)}} = 3,47 \\
c_s c_d &= \frac{1 + 2 * 3,47 * 0,15 * \sqrt{0,49 + 2,49}}{1 + 7 * 0,15} = 1,36
\end{aligned} \tag{6}$$

Коефицијент удара вјетра према стандарду *DIN4131* износи $\phi_b = 1,32$ и има исту улогу као и коефицијент конструкције у Еврокоду.

3.3 Гранично стање носивости

Прорачун стуба урађен је употребом програма *SAP2000* и то употребом теорије другог реда. Испитане су комбинације оптерећења од сопствене тежине, вјетра и леда. У табели 2 приказани су резултати за реакције ослонца. Носивост попречних пресека према Еврокоду, дата је изразима (7). Стуб је направљен од челика класе S235 па сходно с тим се могу одредити граница развлачења и лома. Материјалне константе имају следеће вриједности $E=210000 \text{ N/mm}^2$, $G=81000 \text{ N/mm}^2$, $\nu=0,3$. Коефицијент сигурности за челик је 1,1.

Табела 2. Реакције ослоња

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Stalno opterecenje	LinStatic		0	0	144,849	0	0	0
led	LinStatic		0	0	62,613	0	0	0
vjetar	LinStatic		-31,862	0	0	0	-640,7678	0
vjetar-led	LinStatic		-26,724	0	0	0	-548,5212	0
Kombinacija 1-NL	NonStatic	Max	-64,999	0	195,547	0	-1356,6312	0
Kombinacija 1-NL	NonStatic	Min	-64,999	0	195,547	0	-1356,6312	0
Kombinacija 2-NL	NonStatic	Max	-54,517	0	289,466	0	-1177,6616	0
Kombinacija 2-NL	NonStatic	Min	-54,517	0	289,466	0	-1177,6616	0
Kombinacija 3-NL	NonStatic	Max	-43,333	0	144,849	0	-895,509	0
Kombinacija 3-NL	NonStatic	Min	-43,333	0	144,849	0	-895,509	0

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M0}}; W_{el} = \left(\frac{2 * \pi}{64} * (d_a^4 - d_i^4)\right) / d_a$$

$$d_i = d_a - 2 * t \quad (7)$$

$$V_{pl,Rd} = A_V * \frac{(f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}; A_V = 2 * A / \pi; N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

Употребом израза (7) су добијене носивости попречних пресека стуба за мјеродавну комбинацију и највећа искориштеност је попречног пресека на споју с темељом стуба која износи 42%. За интеракцију М-Н-В се доказ спроводи само на дну стуба и у овом случају је ипуњен услов дат изразом (8) па нема опасности од локалног избочавања под утицајем попречне силе, а еластична интеракцијска формула је дата изразом (9).

$$V_{Ed} < 0,5 * V_{pl,Rd}$$

$$65,00 < 0,5 * 3433 = 1716,5 \quad (8)$$

$$\frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1 - n; n = \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}}$$

$$\frac{1356,63}{3213,143} \leq 1 - \frac{195,55}{9324,37}$$

$$0,42 \leq 0,98 \quad (9)$$

Попречни пресеци до 17,0 m висине не задовољавају услове за попречне пресеке класе 3, који су дати изразом (10), па се спроводи провјера на локално избочавање за попречни пресјек на споју са темељом. Доказ се спроводи према Еврокоду 3-6 (додатак А) [3] и овдје се приказује у изразима (11).

$$d / t < 90 * \varepsilon^2$$

$$\varepsilon^2 = 1 \quad (10)$$

Због једноставности прорачуна код провјере локалног избочавања посматра се дио стуба висине 17,0 m са константним полупречником од 0,7 m.

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{195,55}{2 * \pi * 0,7 * 0,01} + \frac{1356,63}{\pi * 0,7^2 * 0,01} = 92621,37 \text{ kN} / \text{m}^2 = 9,26 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\omega = \frac{l}{r} * \sqrt{\frac{r}{t}} = \frac{17}{0,7} * \sqrt{\frac{0,7}{0,01}} = 203,19 > 0,5 * \frac{r}{t} = 35$$

$$\sigma_{x,Rcr} = 0,605 * E * C_x * \frac{t}{r}$$

$$C_x = C_{x,N}$$

$$C_{x,N} = 1 + \frac{0,2}{C_{x,b}} * (1 - 2 * \omega * \frac{t}{r}) = 1 + \frac{0,2}{6} * (1 - 2 * 203,19 * \frac{0,01}{0,7}) = 0,84$$

ili

$$C_{x,N} = 0,6$$

$$\sigma_{x,Rcr} = 0,605 * E * C_x * \frac{t}{r} = 0,605 * 21000 * 0,84 * \frac{0,01}{0,7} = 152,46 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$Q = 25$$

$$\Delta w_k = \frac{1}{Q} * \sqrt{\frac{r}{t}} * t = \frac{1}{25} * \sqrt{\frac{0,7}{0,01}} * 0,01 = 0,0035$$

$$\alpha_x = \frac{0,62}{1 + 1,91 * (\Delta w_k / t)^{1,44}} = \frac{0,62}{1 + 1,91 * (0,0035 / 0,01)^{1,44}} = 0,44$$

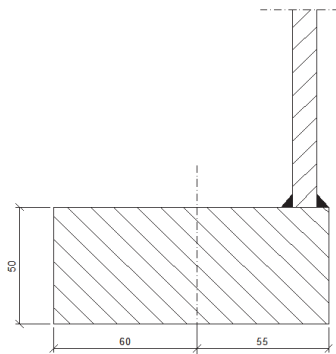
$$\sigma_{x,Rk} = \alpha_x * \sigma_{x,Rcr} = 0,44 * 152,46 = 67,08 \text{ kN} / \text{cm}^2 \quad (11)$$

$$\sigma_{x,Rd} = \sigma_{x,Rk} / \gamma_{M1} = 67,08 / 1,1 = 60,98 \text{ kN} / \text{cm}^2 > 9,26 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

На основу ове провере се може видјети да се попречни пресејци неће локално избочити пре достигања границе носивости.

- **Провера монтажног наставка**

Спроводи се провера монтажног наставка који је на висини од 8,3 m. Монтажни наставка има 40 високовредних завртњева М24 НV и геометрију која је приказана на слици 5.



Слика 5. Монтажни наставка стуба

Напон у цијеви и сила у једном завртњу су приказани у изразима (12).

$$\begin{aligned}
 F &= 355,8 \text{ cm}^2 \\
 W &= 9994,6 \text{ cm}^3 \\
 M &= 858,55 \text{ kNm} \\
 N &= 157,73 \text{ kN} \\
 \sigma &= \frac{85855}{9994,6} - \frac{157,73}{355,8} = 8,15 \text{ kN / cm}^2 \\
 \frac{1143 * \pi}{40} &= 89,72 \text{ mm} \\
 Z_{cijev} &= 8,15 * 8,9 * 1,0 = 72,53 \text{ kN} \\
 Z_{cijev} * (x + y) &= Z * x \\
 Z &= \frac{72,53 * 115}{60} = 139,01 < Z_{Rd} = 246,7 \text{ kN}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Провјера угаоног шава којим су повезане цијев и плоча дата је изразом (13).

$$\sigma = \frac{72,53}{2 * 0,6 * 8,9} = 6,8 \text{ kN / cm}^2 < 20,7 \text{ kN / cm}^2 \tag{13}$$

Провјера напона у чеоној плочи дата је изразима (14).

$$\begin{aligned}
 M &= Z_{cijev} * y = 72,53 * 5,5 = 398,915 \text{ kNcm} \\
 W &= \frac{b_{neto} * D^2}{6} = \frac{(9,9 - 2,6) * 5^2}{6} = 30,42 \text{ cm}^3 \\
 \sigma &= \frac{398,915}{30,42} = 13,11 \text{ kN / cm}^2 < 21,4 \text{ kN / cm}^2
 \end{aligned} \tag{14}$$

Провјера споја стуб-темељ се спроводи на сличан начин као код монтажног наставка с тим да треба водити рачуна о допуштеним силама за анкере преко којих је стуб причвршћен за темељ (овдје се тај доказ не приказује). Прорачун и димензионисање темеља стуба се спроводи на исти начин као и код темеља самца у високоградњи па се и тај прорачун због обимности овдје неће приказати.

3.5 Гранично стање употребљивости

За панел антене и линкове је посебно важно да се приликом њиховог рада не мјења угао зрачења па стога и угао окретања стуба на висини антена важан податак. Оператери мобилне телефоније прописују допуштене вриједности тих углова а у овоме раду се усвајају за панеле антене дозвољени угао од 2,5° а за линкове, у

зависности од њиховог пречника, углови су дати изразом (15). Из комбинације оптерећења (1,0 x стално оптерећење + 1,0 x 1,36 x вјетар) се добија угао окретања за горњу платформу од 0,8° и то је угао који је мејродаван за све антене на тој платформи. Треба имати на уму да се и носачи антена постављени по платформи имају одређени угао окретања али због малих висина носача, у односу на висину стуба, њихове деформације нису мјеродавне.

$$\begin{aligned}\phi \leq 0,3 &\Rightarrow \alpha \leq 1,25^\circ \\ \phi = 0,6 &\Rightarrow \alpha \leq 0,8^\circ \\ \phi > 0,6 &\Rightarrow \alpha \leq 0,5^\circ\end{aligned}\tag{15}$$

Линк пречника 0,6 m је достигао максимални угао окретања од 0,8°. Провјера утицаја попречних вибрација на стуб се може избјећи зато што распоред антена и технике по платформама онемогућава стварање вртлога који би могли изазвати попречне вибрације.

4. ЗАКЉУЧАК

Претходна анализа је показала да је искориштеност попречног пресека према Еврокоду 42% док је према *DIN* стандардима на основу којих је стуб првобитно димензионисан 62,1%. Максимални угао обртања код оба прописа износи 0,8°. Мања искориштеност према Еврокоду није изазвана само због употребе различитих стандарда већ и због различите анализе оптерећења као већег броја демонтираних антена и технике. Посматрајући слику 4 може се видјети да су оптерећења према старијим прописима више на страни сигурности за разлику од Еврокода. Због развоја мобилне телефоније се код стубова који су пројектовани по старијим стандардима захтјева контролисање искорштености у складу са новим прописима па је стога за инжењере у пракси веома важно познавање оба прописа. Поред тога употреба Еврокода, због своје обимности и сложености, захтјева од инжењера добро познавање одговарајућих софтвера као нарочиту пажњу и посвећеност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen-Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005+ A1:2010+AC:2010
- [2] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –Teil 3-1: Türme, Maste, Schornsteine-Türme und Maste; Deutsche Fassung EN 1993-3-1:2006+ AC:2009
- [3] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007+ AC:2009
- [4] DIN4131, Antennentragwerke aus Stahl, November 1991
- [5] Christian Petersen (2012): Stahlbau, 4 Auflage, Springer Vieweg, München, Deutschland

CALCULATION OF STEEL ANTENNA MAST ACCORDING TO EUROCODE

Summary: *The paper presents the calculation of steel antenna mast according to Eurocode with the aim of testing the mast utilization for the needs upgrading new network for mobile telephony. A mast is made of four segments with connections and the lower two segments are with variable cross-section. At the highest segment are placed two platforms with carriers for antennas and mobile technology. It presents the analysis of the loads according to the German standards DIN to compare with the Eurocode.*

Keywords: *antenna mast, antenna carriers, mobile telephony, Eurocode*