

# **SISTEMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**ZAŠTITA OD NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA**

***Prof dr Vera Marković***



# PROPISI U OBLASTI ZAŠTITE OD NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA (EM POLJA) U REPUBLICI SRBIJI

## Granice izlaganja nejonizujućim zračenjima

Da se podsetimo:

**Granica izlaganja nejonizujućim zračenjima** je maksimalno dozvoljena vrednost intenziteta polja u životnoj sredini, koja je određena standardom ili drugim propisom.

Kao i kod ICNIRP preporuka, i u našem Pravilniku BAZIČNA OGRANIČENJA izlaganja stanovništva električnim, magnetskim i elektromagnetskim poljima (0 Hz do 300 GHz) jesu ograničenja u izlaganju vremenski promenljivim izvorima elektromagnetskih polja koja su zasnovana neposredno na utvrđenim zdravstvenim efektima i biološkim pokazateljima.

- Fizičke veličine kojima se ova ograničenja određuju, u zavisnosti od frekvencije polja, jesu: gustina magnetskog fluksa ili magnetna indukcija (B), gustina struje (J), specifični nivo apsorbovanja energije (SAR), i gustina snage (S).

***Gustina magnetskog fluksa (B)*** je vektorska veličina, jedinica je tesla (T ).

U slobodnom prostoru i u biološkim materijalima, gustina magnetskog fluksa  $B$  i jačina magnetskog polja  $H$  povezani su relacijom:  $B = \mu H$ , gde je  $\mu$  magnetna permeabilnost ( $\mu = \mu_r \mu_0$ ),  $\mu_r$  je relativna magnetna permeabilnost sredine (za vakuum je  $\mu_r=1$ ), a  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$  magnetna permeabilnost vakuuma

***Gustina struje (J)*** je protok struje kroz jedinicu površine poprečnu na njen tok u zapremini provodnika kao što je ljudsko telo ili njegov deo, izražen u amperima po kvadratnom metru ( $A/m^2$ );

**Specifična brzina apsorbovanja energije (SAR)**, u proseku za celo telo ili za delove tela, odnosno mera brzine apsorpcije energije po jedinici mase, izražava se u vatima po kilogramu (W/kg). SAR može biti usrednjen za celo telo, ili za manje delove tela.

**Gustina snage (S)** je veličina pogodna za vrlo visoke frekvencije, gde je dubina prodiranja u telo mala. To je snaga zračenja koje pada vertikalno na površinu, podeljena sa površinom i izražava se u vatima po metru kvadratnom (W/m<sup>2</sup>)

ТАБЕЛА 1

Базична ограничења изложености становништва електричним, магнетским и електромагнетским пољима (0 Hz до 300 GHz)

Фреквентни опсег	Густина магнетског флуksа В (mT)	Густина струје J (mA/m <sup>2</sup> )	SAR упросечен за цело тело (W/kg)	SAR локализован на главу и труп (W/kg)	SAR локализован на екстремитете (W/kg)	Густина снаге S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40					
>0-1 Hz		8				
1 – 4 Hz		8/ f				
4-1000 Hz		2				
1000 Hz – 100 kHz		f/500				
100 kHz – 10 MHz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz – 10 GHz			0,08	2	4	
10 – 300 GHz						10

- Referentni granični nivoi jesu nivoi izlaganja stanovništva električnim, magnetskim i elektromagnetskim poljima koji služe za praktičnu procenu izloženosti, kako bi se odredilo da li postoji verovatnoća da bazična ograničenja budu prekoračena.
- Referentni granični nivoi iskazuju se zavisno od visine frekvencije polja prema sledećim parametrima: **jačina električnog polja  $E$  (V/m)**, **jačina magnetnog polja  $H$  (A/m)**, **gustina magnetnog fluksa  $B$  ( $\mu\text{T}$ )**, **gustina snage (ekvivalentnog ravnog talasa) -  $S_{\text{ekv}}$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ )**.
- Primena merljivog referentnog graničnog nivoa osigurava poštovanje relevantnog bazičnog ograničenja.

ТАБЕЛА 2

## Референтни гранични нивои

Фреквенција $f$	Јачина електричног поља $E$ (V/m)	Јачина магнетског поља $H$ (A/m)	Густина магнетског флукса $B$ ( $\mu$ T)	Густина снаге (еквивалентног равног таласа) $S_{\text{екв}}$ ( $W/m^2$ )	Време упросечења $t$ (минута)
$< 1$ Hz	5 600	12 800	16 000		*
1–8 Hz	4 000	$12\,800/f^2$	$16\,000/f^2$		*
8–25 Hz	4 000	$1\,600/f$	$2\,000/f$		*
0,025–0,8 kHz	$100/f$	$1,6/f$	$2/f$		*
0,8–3 kHz	$100/f$	2	2,5		*
3–100 kHz	34,8	2	2,5		*
100–150 kHz	34,8	2	2,5		6
0,15–1 MHz	34,8	$0,292/f$	$0,368/f$		6
1–10 MHz	$34,8/f^{1/2}$	$0,292/f$	$0,368/f$		6
10–400 MHz	11,2	0,0292	0,0368	0,326	6
400–2000 MHz	$0,55 f^{1/2}$	$0,00148 f^{1/2}$	$0,00184 f^{1/2}$	$\leq 1250$	6
2–10 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	6
10–300 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	$68/f^{1,03}$



Na frekvencije do 110 MHz primenjuju se propisani referentni nivoi radi izbegavanja rizika od **kontaktnih struja (I<sub>c</sub>)** između osobe i nekog predmeta izloženog električnom polju, prema Tabeli 3:

ТАБЕЛА 3

Референтни нивои за контактне струје од проводних објеката

Фреквентни опсег	Максимум контактне струје (mA)
0 Hz – 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz – 100 kHz	0,2 f
100 kHz – 110 MHz	20

Takodje, na frekvencijama opsega 10 MHz do 110 MHz, za struju kroz neki ekstremitet primenjuje se propisani referentni nivo od 45 mA.

U slučaju simultanog izlaganja poljima različitih frekvencija, moraju se zadovoljiti sledeći kriterijumi u smislu bazičnih ograničenja:

Za električnu stimulaciju, relevantnu za frekvencije od 1 Hz do 10 MHz, indukovane gustine struje moraju se sabirati u skladu sa:

$$\sum_{i=1}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

pri čemu je:

$J_i$  gustina struje na frekvenciji  $i$ ;

$J_{L,i}$  gustina struje bazičnog ograničenja na frekvenciji  $i$ , prema vrednostima iz Tabele 1

Za termičke efekte, relevantne od 100 kHz, nivoi specifične energije apsorpcije i gustine snage moraju se sabirati u skladu sa:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{\text{SAR}_i}{\text{SAR}_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

pri čemu:

$\text{SAR}_i$  je SAR uzrokovan izlaganjem na frekvenciji  $i$ ;

$\text{SAR}_L$  je SAR bazičnog ograničenja dat u Tabeli 1;

$S_i$  je gustina snage na frekvenciji  $i$ ;

$S_L$  je gustina snage bazičnog ograničenja data u Tabeli 1.

Za gustine indukovanih struja i električne stimulative efekte, relevantne iznad 10 MHz, moraju se primeniti sledeća dva zahteva:

$$\sum_{i=1\text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>10\text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1\text{ Hz}}^{150\text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

pri čemu je:

$E_i$  jačina električnog polja na frekvenciji  $i$ ;

$E_{L,i}$  referentni nivo jačine električnog polja iz Tabele 2;

$H_j$  jačina magnetskog polja na frekvenciji  $j$ ;

$H_{L,j}$  referentni nivo jačine magnetskog polja iz Tabele 2;

**a** je 87 V/m, a **b** je 5 A/m (6,25  $\mu$ T).

*Napomena:*

Upotreba konstantnih vrednosti (a i b) iznad 1 MHz za električno polje i iznad 150 kHz za magnetsko polje polazi od činjenice da je sumiranje zasnovano na indukovanim gustinama struje, i ne sme se mešati sa okolnostima termičkih efekata.

Bazične vrednosti za  $E_L$  i  $H_L$  iznad 1 MHz i 150 kHz respektivno, nalaze se u Tabeli 1.

Za frekvencije više od 100 kHz, za ukupne nivoe polja primenjuju se sledeća dva izraza:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right) \leq 1$$

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right) \leq 1$$

pri čemu je:

$E_i$  jačina električnog polja izmerena na frekvenciji  $i$

$E_{L,i}$  referentni nivo električnog polja prema Tabeli 2

$H_j$  jačina magnetskog polja na frekvenciji  $j$

$H_{L,j}$  referentni nivo magnetskog polja izveden iz Tabele 2

$c$  je  $87/f^{1/2}$  V/m

$d$  je  $0,37/f$  V/m.

Za struju kroz ekstremitete i kontaktnu struju, respektivno, primenjuju se sledeći izrazi:

$$\sum_{k=10\text{MHz}}^{110\text{MHz}} \left( \frac{I_k}{I_{L,k}} \right) \leq 1$$

i

$$\sum_{n>1\text{Hz}}^{110\text{MHz}} \left( \frac{I_n}{I_{C,n}} \right)^2 \leq 1$$

pri čemu je:

$I_k$  komponenta struje na frekvenciji  $k$

$I_{L,k}$  referentni nivo struje, 45 mA

$I_n$  komponenta kontaktne struje na frekvenciji  $n$ ;

$I_{C,n}$  referentni nivo kontaktne struje na frekvenciji  $n$

(vidi Tabelu 3)