

Realizacija merenja i sprovođenje mera u cilju smanjenja rizika od izlaganja nejonizujućem zračenju u poljima mrežnih frekvencija

M. S. Nikolić, A. A. Janićijević, F. M. Shabek, A. J. Janićijević

Marija S. Nikolić
Katedra za tehničku fiziku
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, Srbija
marija.nikolic@labing.rs

Fathya M. Shabek
Katedra za tehničku fiziku
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, Srbija
fathya@tmf.bg.ac.rs

Aleksandra A. Janićijević
Katedra za grafičko inženjerstvo i tehnologije
Akademija tehničkih strukovnih studija
Beograd, Srbija
ajanicijevic@politehnika.edu.rs ORCID: 0000-0001-7957-8961

Aco J. Janićijević
Katedra za tehničku fiziku
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, Srbija
janicaco@tmf.bg.ac.rs ORCID: 0000-0001-6299-2779

Abstract— Sa razvojem savremenih tehnologija koje su promovisale upotrebu uređaja koji emituju nejonizujuća zračenja a koriste se u radio baznim stanicama mobilne telefonije, započela su intenzivna istraživanja i epidemiološke studije o njihovim mogućim biološkim efektima. Istraživanja su imala za cilj razumevanje potencijalnih uticaja i eventualnih rizika ovih tehnologija na ljudsko zdravlje i u skladu sa tim donošenje preventivnih regulativa mera zaštite. Ispitivanje intenziteta električnog polja u frekventnom opsegu od 27 MHz do 6 GHz je važno radi procene nivoa izloženosti ljudi elektromagnetnom zračenju, koje može potencijalno da utiče na zdravlje ljudi. U ovim opsezima frekvencija efekti mogu biti različiti, uključujući termičko zagrevanje tkiva usled apsorpcije elektromagnetne energije, kao i mogući netermički efekti koji se i dalje proučavaju.

Izbor tačaka ispitivanja u ovom radu izvršen je u zoni od interesa, tamo gde je potencijalna izloženost ljudi nivoima elektromagnetnog (EM) polja najveća zbog već postavljenih uređaja kao izvora nejonizujućeg zračenja na datoj stambenoj zgradi. Za ispitivanje su odabrane karakteristične pozicije: viši spratovi, mesta gde je povećana frekventnost ljudi, kao što su stepeništa, liftovi, ali i neposredan dvorišni i okolni prostor do najbližeg autobusnog stajališta. Ispitivanje je izvršeno u skladu sa rasporedom postavljene opreme predmetnog izvora ispitivanja, potencijalnih relevantnih izvora i potencijalnih uzroka perturbacije prema standardnoj akreditovanoj metodologiji ispitivanja elektromagnetnog polja radio telekomunikacione opreme i sistema. Merna sonda u svim tačkama postavljena je u planiranoj geometriji u datom prostoru na distanci od 1,7 m. U toku merenja, osobe koje čine merni tim, udaljene su od merne sonde bar na distanci od 1,5 m.

Ovaj pristup osigurava pouzdanost i tačnost merenja EM polja, bez nepotrebnih rizika po zdravlje ljudi koji su uključeni u proces merenja. Na predmetnoj lokaciji instalirana je četvorosektorska bazna stanica koja podržava sledeće mobilne tehnologije: GSM 900, LTE 800, LTE 1800 i LTE 2100. Na osnovu izvršenih merenja i proračuna se pokazalo da su intenziteti električnog polja za LTE 800, LTE 1800 i UMTS sisteme manji od 15,5 V/m, 23,4 V/m i 24,4 V/m, što su referentni granični nivoi za ove sisteme. Proračunate vrednosti faktora izloženosti u

razmatranom slučaju manje su od 1 u svim zonama, što ukazuje na nizak nivo izloženosti u odnosu na dozvoljene granice.

Ključne reči— nejonizujuće zračenje, bazne stanice i efekti na zdravlje, karakteristike EM polja mrežnih frekvencija, frekvencijski-selektivna „spot” merenja

I. UVOD

Zračenje je fenomen u prirodi koji se odnosi na emitovanje energije u obliku elektromagnetnih talasa ili čestica koje se šire kroz prostor. Ono ima ključnu ulogu u održavanju života na Zemlji tako što održava temperaturne uslove koji su pogodni za život, omogućava proces fotosinteze i utiče na zdravlje ljudi. Ova pojava može biti prirodna ili veštačka, a zavisi od izvora koji generiše zračenje i njegovih karakteristika. Elektromagnetno zračenje obuhvata širok spektar frekvencija i talasnih dužina, od kojih svaka ima specifične karakteristike i primenu. Nejonizujuće zračenje, koje je deo ovog spektra karakteriše to da nema dovoljno energije da izvrši jonizaciju materije sa kojom dolazi u kontakt, ali mogući efekti i rezultati interakcije tog zračenja sa materijom su, veoma je aktuelna oblast istraživanja brojnih multidisciplinarnih studija, a to je bio i motiv da je to bio i za predmet istraživanja u ovom radu.

Razvoj novih tehnologija nalazi se u punom zamahu sa posebno prisutnim a sve vidljivijim posledicama i zabrinutosti zbog toga poslednjih trideset godina. U tom periodu zabeležen je značajan napredak u razvoju i primeni novih tehnoloških rešenja u svim sferama ljudskog života [1]. Pored evidentnih koristi, razvoj modernih tehnologija nosi sa sobom i potencijalne negativne posledice, među kojima se ističe „nevidljivo zagađenje” uzrokovano nejonizujućim zračenjem. Ovaj oblik zagađenja odnosi se na zračenja koja su nevidljiva golim okom, a koja potiču od uređaja koji koriste radio i mikro talase kao što su mobilni telefoni, bazne stanice, mali kućni aparati itd. Čovek ne poseduje čula kojima bi mogao da detektuje nejonizujuće zračenje, osim što čulom vida može da registruje uski opseg ovog zračenja – vidljivu svetlost. Iako ova zračenja nisu jonizujuća i

nemaju dovoljno energije da direktno utiču na jonizaciju atoma i molekula, postoji opasnost da dugotrajna izloženost ovim zračenjima može da ima potencijalno štetne efekte na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Biološki sistemi su permanentno izloženi elektromagnetnim poljima (EMF – Electromagnetic Field) kako u obliku prirodnih geomagnetskih polja, tako i elektromagnetnih polja emitovanih od strane tehničkih uređaja. Mnoge nove tehnologije, kao što su bežični prenos snage ili indukcioni kućni uređaji, proizvode električna polja (EF – Electric Field), magnetna polja (MF – Magnetic Field) ili elektromagnetna polja u opsegu srednjih frekvencija (300 do 3000 kHz). Međutim, efekti takvih polja na biološke sisteme su, uprkos pojačanom interesovanju naučne zajednice, još uvek nedovoljno istraženi i kontroverzni [2]. Široko su rasprostranjeni zabrinutost i spekulacije u pogledu emisije radio frekvencija i elektromagnetnih polja (RF-EMF – Radiofrequency Electromagnetic Field) od strane telekomunikacionih baznih stanica i struktura, jer se neke od njih smatraju nesigurnim i opasnim za javno zdravlje. Naučnici, medicinski stručnjaci, političari, novinari i stručnjaci u kompanijama koje se bave mobilnim telekomunikacijama uključeni su u aktivnu debatu o tome da li su ljudi, ostali živi svet i okolina imuni na radio frekvencije ili se ponašamo neodgovorno prema sopstvenoj budućnosti [3].

Sa ciljem da se uticaj elektromagnetnog zračenja koji potiče od antropogenih izvora kontroliše i svede na najmanju moguću meru, u svetu je donet veliki broj zakona, pravilnika, direktiva, standarda i preporuka koji treba da regulišu ovu oblast. Opšti sistemi zaštite uključuju smernice i preporuke kompetentnih međunarodnih tela poput - ICNIRP-a (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), čiji je osnovni cilj zaštita zdravlja u skladu sa definicijom Svetske zdravstvene organizacije (*World Health Organization, WHO*). WHO definiše zdravlje kao stanje ne samo odsustva bolesti ili slabosti, već kompletne fizičke, mentalne i socijalne dobrobiti. U našoj zemlji 2009. godine usvojen je Zakon o zaštiti od nejonizujućih zračenja, koji propisuje granične vrednosti nejonizujućeg zračenja koje su upola manje u odnosu na preporuke Svetske zdravstvene organizacije, kao i pravilnik o izvorima nejonizujućih zračenja od posebnog interesa, vrstama izvora, načinu i periodu njihovog ispitivanja "Službeni glasnik RS", broj 16 od 26. februara 2025.

Naučna istraživanja pokazuju da postojeće bežične tehnologije 2G, 3G i 4G, koje se koriste u mobilnoj telefoniji, računarima i mobilnoj tehnologiji uopšte, predstavljaju ozbiljan zdravstveni rizik po ljude, životinje, biljke i životnu sredinu zbog izloženosti talasima iz područja radio spektra [4].

U skladu sa prethodno izrečenim informacijama cilj ovog rada je da se prikaže uticaj pojedinih vrsta nejonizujućeg zračenja na zdravlje ljudi i koje su to mere zaštite koje se primenjuju imajući u vidu iskustva razvijenijih zemalja. Rad ne obuhvata mnoga pitanja zaštite vezana za oblast vidljive svetlosti, laserskog zračenja i ultrazvuka. Posebna pažnja biće posvećena merenju jačine električnog polja u okolini baznih stanica mobilne telefonije.

II. UTICAJ ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA NA ZDRAVLJE LJUDI U POLJIMA MREŽNIH FREKVENCIJA

Mikrotalasi su elektromagnetni talasi sa frekvencijama od 1 do 300 GHz čija je primena široko rasprostranjena u savremenom društvu. Mobilni telefoni rade na frekvencijama UHF (Ultra High Frequency) talasa u opsegu od 300 MHz do 3 GHz, u zavisnosti od tipa telefona i dizajna. Uobičajena četiri frekvencijska opsega u kojima rade mobilni telefoni su 850/900/1800/1900 MHz. Elektromagnetno zračenje uopšte može biti apsorbovano od strane organizma, pri čemu izaziva niz fizioloških i funkcionalnih promena. Poznato je da jaka elektromagnetna polja menjaju brzinu hemijske reakcije i koncentracije slobodnih radikala u organizmu. Mnoge složene električne aktivnosti koje se javljaju u centralnom nervnom sistemu, uključujući učenje i pamćenje, stoga su podložne uticaju elektromagnetnog zračenja. Štaviše, intenzivna upotreba mobilnih telefona učinila je elektromagnetno zračenje glavnim izvorom zračenja mozga. Zbog toga se centralni nervni sistem smatra jednim od najosetljivijih organa koji je meta mikrotalasnog zračenja.

Veliki broj studija je pokazao da mikrotalasno zračenje može izazvati niz neželjenih reakcija u centralnom nervnom sistemu, uključujući poremećaje spavanja, smanjenje sposobnosti učenja i pamćenja, itd. [5]. Autori ovog naučnog rada [5] navode da od brojnih studija koje su sprovedene, da bi se istražili efekti mobilnih komunikacionih uređaja na ljude, samo nekoliko je pokazalo da su mobilni telefoni i tumori mozga statistički povezani. Tako, ljudi koji su koristili mobilne telefone više od 10 godina imaju veći rizik od pojave tumora mozga. Takođe, oni koji su navikli da koriste svoj mobilni telefon pretežno sa iste strane imaju dvostruko veću verovatnoću pojave tumora mozga od onih koji to ne čine. Međutim, većina studija nije podržala zaključak da mobilni telefoni izazivaju tumore mozga. Jedna studija koju je objavila istraživačka grupa Interphone [6] pokazala je da ne postoji povećanje rizika od glioma ili meningioma kod korisnika mobilnih telefona. Pored toga, Larjavaara i saradnici su u radu [7] otkrili da se gliomi ne nalaze nužno u oblastima mozga sa najvećom izloženošću zračenju.

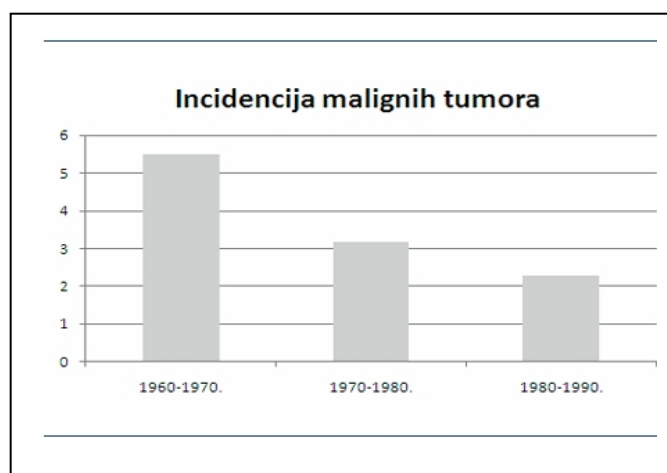


Fig. 1. Učestalost malignih tumora mozga u 2020. godini na 100.000 stanovnika po periodima rođenja

Tehnologije koje se brzo menjaju i intenzivna upotreba radiofrekventnih elektromagnetnih polja predstavljaju izazov za javno zdravlje. Broj korisnika mobilnih telefona, kao i njihovo permanentno korišćenje i izloženost drugim bežičnim uređajima za prenos podataka (WDT- Wireless Device Transmitter) povećali su se u proteklih nekoliko godina (Sl. 1).

Epidemiološke studije o korišćenju mobilnih telefona se trenutno sprovode širom sveta, ali naučni dokazi još uvek nisu dovoljno ubedljivi. Najnovija studija izvedena u Japanu [8] je imala za cilj da simulira učestalost malignih tumora mozga u odabranim generacijskim reprezentima stanovništva koji su počeli da koriste mobilne telefone kada su oni postali popularni u Japanu. Kako je prošlo više od 20 godina od početka upotrebe mobilnih telefona u Japanu, podaci o vlasnicima mobilnih telefona prikupljeni su putem upitnika koji je sproveden putem Interneta, a odabrani ispitanici su rođeni između 1960. i 1989. godine. Udeo vlasništva nad mobilnim telefonom između 1990. i 2012. godine izračunat je po generacijskim reprezentima godina rođenja: 1960-ih, 1970-ih i 1980-ih. Nakon toga, koristeći udeo vlasništva, izračunata je učestalost malignih tumora mozga simulirajući rizične uslove. Kada je relativni rizik postavljen na 1,4 za 1640 h ili više kumulativne upotrebe mobilnih telefona, i kada je pretpostavljena srednja dnevna dužina poziva od 15 min. incidencija malignih tumora mozga u 2020. godini bila je 5,48 na 100.000 stanovnika za članove porodice iz reprezentata generacije 1960-ih, 3,16 za osobe iz generacije rođenih 1970-ih, i 2,29 za rođenih 1980-ih godina (sl. 1). Prema modeliranim scenarijima, očekivano povećanje incidencije malignih tumora mozga se pokazalo oko 2020. godine [8], [9]. Ova studija je otkrila da se u modeliranim scenarijima, povećanje incidencije malignih tumora mozga očekuje oko 2020. godine, ali i da treba ispitati da li, i u kojoj od ispitivanih generacijskih populacionih struktura, postoji povećana incidencija malignih tumora mozga [10], [11].

III. MERENJA SPROVEDENA U OBJEKTIMA ZA STANOVANJE

Poslednjih decenija je aktuelno povećanje broja baznih stanica na mnogim objektima na teritoriji Republike Srbije. Instalacije telekomunikacione opreme na krovovima poslovnih i stambenih objekata prati potrebna dokumentacija i odobrenja izdata od nadležnih republičkih i opštinskih službi. Sve instalacije se postavljaju po važećim propisima.



Fig. 2. Prikaz makrolokacije (satelitski/kartografski)

Nakon merenja signala od strane ovlašćenih laboratorija za merenje elektromagnetne emisije antena za mobilnu telefoniju ukazuje se potreba da se položaj postavljenih antena koriguje i izmesti na propisano odstojanje. U velikom broju slučajeva nije moguće pomeriti već postavljenu antenu. U cilju održanja lokacije operator mobilne telefonije treba da pronađe adekvatno rešenje postavljanja opreme ili zaštite prostora i korisnika. U savremenoj upotrebi je više načina neutralisanja elektromagnetne emisije signala u prostorima objekta na kojem su postavljene antene.

U cilju sprovođenja procene izlaganja RF poljima u okolini veštačkih izvora (konkretno antena) na raspolaganju stoje različite metode koje se baziraju na [1]: teorijskom proračunu (poslednjih godina to su razni računarski simulacioni softveri), i/ili direktnim merenjima na terenu.

A. Sprovođenje procedure u pripremi za eksperimentalna merenja i dobijanje rezultata

Ispitivanje intenziteta električnog polja u frekventnom opsegu od 27 MHz do 6 GHz je važno radi procene nivoa izloženosti ljudi elektromagnetnom zračenju, koje može potencijalno da utiče na zdravlje ljudi. U ovim opsezima frekvencija efekti mogu biti različiti, uključujući termičko zagrevanje tkiva usled apsorpcije elektromagnetne energije, kao i moguće netermičke efekte koji se i dalje proučavaju.

Ispitivanje i pripremu za merenje u ovom radu je realizovano u okviru saradnje sa laboratorijom LABING d.o.o, Beograd akreditovanom od strane Akreditacionog tela Srbije – ATS, samostalnog nacionalnog tela Srbije za utvrđivanje usaglašenosti sistema kvaliteta, kompetentnosti i osposobljenosti. Laboratorija LABING d.o.o obavlja širok spektar usluga merenja koja su sadržana u okviru akreditovanog opsega te laboratorije u oblasti elektromagnetnog zračenja, a koje su u skladu sa standardom 17025.

Фреквенцијски-селективна „спот” мерења изводе се уз помоћ анализатора спектра на који се прикључују одговарајуће антене у зависности од посматраног фреквенцијског опсега. Мерна опрема која се користи код фреквенцијски-селективних мерења, у основи, садржи три главне компоненте пријемну антену, анализатора спектра и РФ-кабл (веза између антене и пријемника) [1].

Predmet ispitivanja koji je bio definisan za realizaciju u ovom radu je uticaj radio bazne stanice mobilne telefonije instalirane na objektu „BG-Vojislava Ilića 4” – B1128; BO1128; BL1128; BJ1128 koja se registrovao merenjima u karakterističnim pozicijama koje se nalaze: na krovu zgrade, stepenišnom delu i ulaznom delu zgrade u ulici Grčića Milenka br. 1 u Beogradu (Sl. 2).

B. Merna oprema

Merni sistem za merenje EM polja sastoji se od dve glavne komponente: merne sonde i mernog uređaja. Merna sonda mora biti dizajnirana tako da minimalno utiče na polje koje se meri. Merni uređaj obrađuje signal koji dolazi sa merne sonde i daje vrednost merene veličine elektromagnetnog polja.

Analizator spektra Narda SRM-3006 je merač visokofrekventnih elektromagnetnih polja. Sastoji se od bazne jedinice i mernih antena za detekciju neusmerenih polja i njihovih izvora u frekventnom opsegu od 9 kHz do 6 GHz i od 24,25 GHz do 29,50 GHz sa 5G FR2 antenom. Uređaj Narda je



Fig. 3. Korišćena merna oprema: analizator spektra (A) i digitalni termometar (B)

vodootporan, zaštićen od zračenja i robusan, što ga čini pogodnim za spoljašnju upotrebu. Opremljen je integrisanim GPS-om za precizno lociranje i diktafonom za dodatno beleženje informacija tokom terenskog rada. Omogućava precizno i relevantno merenje elektromagnetnih polja u frekventnom opsegu 1 (FR1) koji je karakterističan za 5G tehnologiju, što je ključno za tehničke analize i optimizaciju mrežnih kapaciteta.

Na Sl. 3 prikazani su: (A) analizator spektra SRM 3006 NARDA i (B) digitalni termometar BC06 TROTEC respektivno. Merenja se vrše u skladu sa ICNIRP i nacionalnim standardima sa rezultatima prikazanim direktno u okviru dozvoljene granične vrednosti.

TROTEC BC06 je digitalni termohigrometar koji pruža mogućnost merenja relativne važnosti i temperature vazduha u širokom opsegu. Može precizno meriti temperaturu u opsegu od -20°C do 60°C , dok relativna vlažnost može biti izmerena u opsegu od 0% do 100% RH, sa tačnošću od $\pm 3,5\%$. Uređaj je kompaktan i lako prenosiv, idealan za upotrebu u različitim prostorijama ili na terenu.

TABELA I. KORIŠĆENA MERNA OPREMA

Uređaj:	Analizator spektra	Izotropna sonda	Izotropna sonda	Digitalni termometar
Oznaka:	Rezultat 1	Rezultat 2	Rezultat 2	Rezultat 2
Proizvođač:	SRM-3006	3501/03	3502/01	BC06
Opseg merenja:	9 kHz – 6 GHz	27 MHz – 3 GHz 0,2 mV/m – 200 V/m	420 MHz – 6 GHz 0,14 mV/m – 160 V/m	$(-20^{\circ} - 60^{\circ})$ (0 – 100)%

Pored osnovnih funkcija merenja, TROTEC BC06 ima dodatne korisne funkcije poput memorisanja minimalnih i maksimalnih vrednosti, zadržavanja trenutnih merenja, automatskog izbora prikaza temperature u Celzijusima ili Farenhajtima, kao i automatsko osvetljenje displeja. Ove karakteristike čine ovaj uređaj praktičnim alatom kako za profesionalnu upotrebu u laboratorijama, tako i za svakodnevnu upotrebu na terenu.

C. Ispitivanje

Izbor značajnih tačaka ispitivanja (odabrano je 9 karakterističnih pozicija) izvršen je u zoni od interesa, tamo gde je potencijalna izloženost ljudi nivoima polja najveća. Za ispitivanje su odabrani viši spratovi – tri karakteristične pozicije T1, T2, T3, mesta gde je povećana frekventnost ljudi, kao što su stepeništa, liftovi - T4, T5, T6, kao i neposredan dvorišni i okolni prostor do najbližeg autobusnog stajališta T7, T8, T9.

Ispitivanje je izvršeno u skladu sa rasporedom opreme predmetnog izvora ispitivanja, potencijalnih relevantnih izvora i potencijalnih uzroka perturbacije prema dokumentu akreditovane laboratorije LABING-M01 - Metodologija ispitivanja elektromagnetnog polja radio telekomunikacione opreme i sistema.

Merna sonda u svim tačkama postavljena je na 1,7 m pomoću tronožnog stativa. U toku merenja, osobe koje čine merni tim, udaljene su od merne sonde bar 1,5 m. Ovaj pristup osigurava tačnost merenja EM polja, bez nepotrebnih rizika po zdravlje ljudi koji su uključeni u proces merenja.

D. Skraćeni prikaz metoda očekivanog predviđanja nivoa elektromagnetne emisije

Da bismo izračunali ukupni intenzitet električnog polja u lokalnoj zoni bazne stanice koji potiče od svih predajnika u sistemu, možemo koristiti principe superpozicije. Superpozicija je osnovni princip u elektromagnetizmu koji nam omogućava da zbirno računamo efekte svih pojedinačnih izvora elektromagnetnog polja.

Za izračunavanje intenziteta električnog polja u određenoj tački, potrebno je da znamo:

- kolika je snaga napajanja svake antene;
- trodimenzionalni model dijagrama zračenja – opisuje kako antenski panel zrači energiju u prostoru u zavisnosti od ugla i frekvencije što omogućava da izračunamo kako se električno polje širi u različitim smerovima;
- radio kanale – različiti kanali imaju različite frekvencije i modulacije

Jačina električnog polja koja potiče od i-te antene izračunava se kao:

$$E = \frac{\sqrt{30PG(\theta,\phi)}}{r} \quad (1)$$

Gde su:

P – snaga napajanja antene;

G – dobitak antene u odnosu na izotropnu antenu;

θ, ϕ - uglovi elevacija i azimut;

r – rastojanje od antene u tački ispitivanja.

Prema osnovnoj jednačini prostiranja elektromagnetnih talasa u slobodnom prostoru (1), ukupna jačina vektora električnog polja E_{ukupno} u nekoj tački prostora može se izračunati kao vektor sume individualnih električnih polja E_i svih predajnika:

$$E_{ukupno} = \sum_i E_i \quad (2)$$

gde E_i predstavlja električna polja koje generiše isti predajnik i .

Važno je napomenuti da su signali koji potiču sa različitih antena nekorelisani zbog njihove prostorne razdvojenosti, dok su signali različitih radio kanala koji se emituju preko iste antene nekorelisani zbog frekvencijske razdvojenosti i različitih modulacija.

U objektima elektromagnetni signal dodatno slabi prilikom prolaska kroz zidove, tavanice, krovove, što je izraženo kao gubitak u dB. Na frekvencijama koje koriste GSM 900, GSM 1800 i UMTS 2100 sistemi, prosečno slabljenje na nivou prizemlja je 14,2 dB za GSM 900, 13,4 dB za GSM 1800 i 12,8 dB za UMTS, sa standardnom devijacijom od približno 8 dB za različite tipove objekata. Slabljenje signala opada sa porastom spratnosti.

Intenzitet električnog polja se proračunava za svaku elementarnu površinu dimenzija 1 m x 1 m u zoni od interesa, koristeći detaljne metode proračuna na osnovu geometrije antenskog sistema i karakteristika prostora.

IV. REZULTATI MERENJA I DISKUSIJA

Preliminarno merenje po frekvencijskim opsezima izvršeno je prema dokumentu navedene laboratorije LABING-M01 Metodologija ispitivanja elektromagnetnog polja radio telekomunikacione opreme i sistema, prema izabranoj metodi.

Oznake u Tabelama sa prikazanim rezultatima ispitivanja preliminarnog merenja po tačkama ispitivanja su:

- E_i – izmerena vrednost jačine električnog polja na i -tom frekvencijskom opsegu;
- E_{ref} – referentni granični nivo jačine električnog polja propisan Pravilnikom o granicama izlaganja nejonizujućim zračenjima („Službeni glasnik RS” broj 104/09);
- E_i / E_{ref} – izmerena vrednost jačine električnog polja na i -tom frekvencijskom opsegu izražena u procentima najnižeg referentnog graničnog nivoa jačine električnog polja na frekvencijskom opsegu;
- ΔE_i – merna nesigurnost jačine električnog polja na i -tom frekvencijskom opsegu (u intervalu poverenja 95 %);
- $ER_i = \left(\frac{E_i}{E_{ref}} \right)^2$ - faktor izlaganja na i -tom frekvencijskom opsegu;
- $E_{ukupno} = \sqrt{\sum_i E_i^2}$ - ukupna jačina vektora električnog polja u tački ispitivanja;
- $ER_{izm} = \sum_i ER_i$ - ukupan faktor izlaganja u tački ispitivanja.

TABELA II. JAČINA UKUPNOG IZMERENOG ELEKTRIČNOG POLJA I FAKTORA IZLAGANJA PO TAČKAMA ISPITIVANJA

Tačka ispitivanja:	E_{ukupno} [V/m]	ΔE_i (V/m)+	ΔE_i (V/m)-	ER_{izm}
T1	0,16	0,03	0,02	0,00010
T4	1,16	0,15	0,11	0,00389
T8	2,63	0,65	0,48	0,01474

Na osnovu rezultata ispitivanja, dolazi se do zaključka o tački u kojoj je potrebno izvršiti frekvencijski selektivno merenje, kao i zaključak o relevantnim izvorima čiji uticaj je potrebno uzeti u obzir. Према резултатима прорачуна, нивои електромагнетне емисије који потичу од базне станице BU1128 BL1128 BO1128 „БГ- Војислава Илића 4” су испод референтних граничних нивоа прописаних Правилником о границама излагања нејонизујућим зрачењима („Службени гласник РС”, бр. 104/09) у свим зонама где је извршен прорачун. Прорачуни су показали да су интензитети електричног полја за LTE800, LTE1800 и UMTS системе мањи од 15,5 V/m, 23,4 V/m и 24,4 V/m, што су референтни гранични нивои за ове системе. Прорачунате вредности фактора изложености у разматраном случају мање су од 1 у свим зонама, што указује на низак ниво изложености у односу на дозвољене границе.

Добијене вредности интензитета електричног полја за LTE и UMTS системе су мање од 10% од референтних граничних вредности за ове системе у свим зонама на тлу у широј зони где су смештене антене базне станице

V. ZAKLJUČAK

Sve veći broj naučnih istraživanja potvrđuje da, u ovom trenutku, najveću pretnju našem zdravlju i dobrobiti (to važi i za sve druge oblike života) predstavlja podmluki, sveprisutni i nevidljivi oblik zagađenja koji se zove „elektrozagađenje”. Elektromagnetna polja i zračenja su sadržana u celokupnoj materiji koja nas okružuje na svim nivoima organizacije, od svemira do mikro svemira. I čoveče telo apsorbira i emituje elektromagnetne talase. Informacije u mozgu i na nivou ćelija se prenose elektromagnetnim putem. čovek je od svog postanka izložen više ili manje svim oblicima elektromagnetnog zračenja.

Međutim, razvojem tehnologije došlo je do primene velikog broja uređaja i sistema čiji je rad zasnovan na korišćenju elektromagnetnih polja, tako da su gustina i frekvencija zračenja u prostoru u kome živimo višestruko uvećani zbog čega je ljudski organizam u savremenim uslovima života izložen daleko većim dozama zračenja nego što je to bio slučaj sa prirodnim izvorima [12]. Naravno, da to ima određenog uticaja na ljudski organizam i njegovo zdravlje.

Da bi se maksimizirale koristi od elektromagnetnih zračenja, a izbegle negativne posledice po zdravlje ljudi neophodno je:

- sprovesti sistematska istraživanja uticaja elektromagnetnih zračenja na ljudski organizam i ostali živi svet;
- normativno urediti i u skladu sa potrebama permanentno stručno i operativno nadograđivati oblast elektromagnetnih zračenja (zakoni, pravilnici, standardi);

- sprovoditi propisane mere zaštite od zračenja uz monitoring njihove realizacije;
- onemogućiti razvoj proizvoda i sistema koji funkcionišu na frekvencijama zračenja ljudskog tela ili njegovih delova (mozga, na primer);
- uspostaviti informacioni sistem o elektromagnetnim zračenjima kako bi se u svakom trenutku imao uvid o stanju ove oblasti.

Naravno, da će se na problematici elektromagnetnih zračenja još više raditi u budućnosti, kada nijedna ljudska delatnost neće biti moguća bez upotrebe elektromagnetnih polja.

“Uopšte ne sumnjam da porast elektromagnetnih polja u ovom trenutku je element koji u najvećoj meri zagađuje životnu sredinu na Zemlji. Smatram da na globalnom nivou je to mnogo važnije i od zagrevavanja...i od povećanja količine hemijskih elemenata u životnoj sredini” – Robert Beker, Dr. Med.

Na svakom od nas leži odgovornost za preduzimanje preventivnih koraka koji će zaštititi nas, našu porodicu i buduće generacije.

LITERATURA

- [1] Branislav Vulević, Aco Janićijević: “Pregled aktivnosti u oblasti jonizujućih zračenja tokom proteklih simpozijuma”; XXX Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore; Divčibare, od 2.10. - 4.10.2019.godine, Str. 639 – 546.
- [2] L.Bodewein, K. Schmiedchen, D. Dechent, D. Stunder, D. Graefrath, L.Winter, T. Kraus, S. Driesen (2019) Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz) Environmental Research, Volume 171, Pages 247-259;
- [3] Fernandez PR, Ng KH, Kaur S. Risk Communication Strategies for Possible Health Risks From Radio-Frequency Electromagnetic Fields (RF EMF) Emission by Telecommunication Structures. Health Phys. 2019 Mar 4. doi: 10.1097/HP.0000000000001037;
- [4] <https://www.saferemr.com/2017/09/5g-wireless-technology-is-5g-harmful-to.html> ;
- [5] Wei-Jia Zhi, Li-Feng Wang, Xiang-Jun Hu (2017) Recent advances in the effects of microwave radiation on brains, Military Medical Research 4:29 DOI 10.1186/s40779-017-0139-0;
- [6] INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. Int J Epidemiol. (2010) Int J Epidemiol. 2010 Jun; 39(3):675-94. DOI: 10.1093/ije/dyq079. Epub 2010 May 17. Sinteza 2019 submit your manuscript | sinteza.singidun;
- [7] Larjavaara S, Schüz J, Swerdlow A, Feychting M, Johansen C, Lagorio S, Tynes T, Klaeboe L, Tonjer SR, Blettner M, Berg-Beckhoff G, Schlehofer B, Schönmaker M, Britton J, Mäntylä R, Lönn S, Ahlbom A, Flodmark O, Lilja A, Martini S, Rastelli E, Vidiri A, Kähärä V, Raitanen J, Heinävaara S, Auvinen A. Location of gliomas in relation to mobile telephone use: a case-case and case-specular analysis. Am J Epidemiol. 2011 Jul 1; 174 (1):2-11. DOI: 10.1093/aje/kwr071. Epub 2011 May 24;
- [8] Sato Y, Kojimahara N, Yamaguchi N. Simulation of the incidence of malignant brain tumors in birth cohorts that started using mobile phones when they first became popular in Japan. Bioelectromagnetics. 2019 Mar 15. doi: 10.1002/bem.22176;
- [9] Coureau G., G. Bouvier, P. Lebailly, P. Fabbro-Peray, A. Gruber, K. Leffondre, J-S. Guillemin, H. Loiseau, S. Mathoulin-Pélissier, R. Salamon, et al. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. Occup Environ Med. 2014 Jul; 71(7): 514–522. Published online 2014 May 9. doi: 10.1136/oemed-2013-101754;
- [10] Morgan LL, Miller AB, Sasco A, Davis DL. Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review). Int J Oncol. 2015 May; 46(5):1865-71. DOI: 10.3892/ijo.2015.2908. Epub 2015 Feb 25. Review;
- [11] Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Najera A. Characterisation of personal exposure to environmental radiofrequency electromagnetic fields in Albacete (Spain) and assessment of risk perception. Environ Res. 2019 Feb 12;172:109-116. doi: 10.1016/j.envres.2019.02.015;
- [12] Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, Alnajashi I, Hajjar WM. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: Impact on students' cognitive health. Am J Mens Health. 2018 Dec 7;1557988318816914. doi: 10.1177/1557988318816914;

ABSTRACT

With the development of modern technologies that promoted the use of devices that emit non-ionizing radiation and are used in mobile radio base stations, intensive research and epidemiological studies on their possible biological effects began. The aim of the research was to understand the potential impacts and possible risks of these technologies on human health and, in accordance with that, to adopt preventive regulations for protection measures. Examining the intensity of the electric field in the frequency range from 27 MHz to 6 GHz is important in order to assess the level of exposure of people to electromagnetic radiation, which can potentially affect human health. In these frequency ranges, the effects can be different, including thermal heating of the tissue due to the absorption of electromagnetic energy, as well as possible non-thermal effects that are still being studied.

The selection of test points in this paper was made in the area of interest, where the potential exposure of people to electromagnetic (EM) field levels is the highest due to already installed devices as a source of non-ionizing radiation on the residential building. Characteristic positions were selected for the test: higher floors, places where the frequency of people is increased, such as staircases, elevators, but also the immediate courtyard and surrounding area to the nearest bus stop. The test was carried out in accordance with the layout of the equipment of the test source in question, potential relevant sources and potential causes of perturbation. According to the standard accredited methodology for testing the electromagnetic field of radio telecommunication equipment and systems. Measuring probe at all points it was placed in the planned geometry in the given space at a distance of 1.7 m. During the measurement, the persons who make up the measuring team are at least 1.5 m away from the measuring probe.

This approach ensures the reliability and accuracy of the EM field measurement, without unnecessary risks to the health of people involved in the measurement process. A four-sector base station that supports the following mobile technologies is installed at the location in question: GSM 900, LTE 800, LTE 1800 and LTE 2100. Based on the measurements and calculations, it was shown that the electric field intensities for LTE800, LTE1800 and UMTS systems are lower than 15.5 V/m, 23.4 V/m and 24.4 V/m, which are the reference limit levels for these systems. The calculated values of the exposure factor in the considered case are less than 1 in all zones, which indicates a low level of exposure in relation to the permitted limits.

Realization of measurements and implementation of aimed at reducing the risk of exposure to non-ionizing in network frequency fields

Marija S. Nikolić, Aleksandra A. Janićijević, Fathya M. Shabek, Aco J. Janićijević