



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za radiokomunikacije i visokofrekvencijsku elektroniku

Prof.dr.sc. Juraj Bartolić, dipl.ing.

Doc.dr.sc. Davor Bonefačić, dipl.ing.

**Mjerenje i procjena utjecaja
elektromagnetskog polja
CRONET GSM900 sustava
na zdravlje ljudi**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ZAVOD ZA RADIOKOMUNIKACIJE
I VISOKOFREKVENCIJSKU ELEKTRONIKU
Zagreb, Unska 3 tel. 629 - 857

Juraj Bartolić

Davor Bonefačić

Zagreb, 10. svibnja 2002.

8. Zaključak

Ljudi su stalno izloženi elektromagnetskom zračenju iz prirodnih i umjetnih izvora zračenja i to u širokom frekvencijskom području. Razvitak pokretnih komunikacijskih sustava i nagli porast instaliranih baznih postaja kao izvora elektromagnetskog zračenja aktualizirao je pitanje istraživanja utjecaja elektromagnetskih polja na ljudski organizam. Stoga je velik dio ove studije posvećen iscrpnoj analizi relevantnih rezultata istraživanja drugih istraživača u iznimno širokom i interdisciplinarnom području koje obuhvaća područja humane medicine, veterinarstva, biologije te kemijskog i mikrobiološkog inženjerstva do specijalista na području elektromagnetizma i komunikacija. U području frekvencija oko 1000 MHz elektromagnetsko je zračenje neionizirajuće. Tek na frekvencijama koje su oko milijun puta više dolazi do štetnih učinaka ionizirajućeg zračenja. Sve studije o biomedicinskim učincima radiovalova u pokretnim komunikacijskim sustavima GSM na 900 i 1800 MHz pokazale su da su toplinski učinci dominantni, jer u tim frekvencijskim područjima izmjenična elektromagnetska polja izazivaju samo vibracije i rotacije dipolnih molekula vode koja se u velikom postotku nalazi u ljudskom tijelu. Stoga se pri proučavanju učinaka elektromagnetskih valova na žive organizme kao jedan od najvažnijih elektromagnetskih parametara uzima gustoća zračene snage. Istraživanja su pokazala da je za gustoće zračene snage koje ne prelaze vrijednost 10 W/m^2 toplinski učinak na ljudski organizam i biljke zanemariv. Zato je većina zemalja, uključujući SAD, Japan i zemlje Europske unije u svoje norme i propise o najvišim dopuštenim razinama elektromagnetskog polja za izloženost ljudi u frekvencijskom području oko 1000 MHz uzelo kao referentnu vrijednost upravo gustoću snage od oko 10 W/m^2 . Posljednjih je godina javnost širom svijeta, a tako i u Republici Hrvatskoj, izuzetno senzibilizirana glede pitanja o mogućoj štetnosti elektromagnetskog zračenja za ljude i ostale žive organizme uključujući i biljni pokrov. Budući da nedostaju rezultati relevantnih epidemioloških istraživanja na ljudima, širom svijeta se intenziviraju istraživanja na području netoplinskih učinaka elektromagnetskih polja.

U okviru studije *Mjerenje i procjena utjecaja elektromagnetskog polja CRONET GSM900 sustava na zdravlje ljudi* izvršena su teorijska istraživanja i mjerenja na terenu u neposrednoj okolici instaliranih baznih postaja ćelijskog sustava pokretnog komunikacijskog sustava CRONET GSM900. Primijenjena je znanstvena metodologija i korištena sva dostupna relevantna literatura u kojoj su objavljeni rezultati istraživanja provedena u vodećim znanstvenoistraživačkim institucijama koje se bave tom problematikom.

Da bi se što točnije predvidjele razine jakosti elektromagnetskih polja prije nego se pristupilo provođenju mjerenja na terenu, razmotrane su karakteristike svih tipova

antena proizvođača *Kahre*in koje se nalaze u uporabi u pokretnom komunikacijskom sustavu CRONET GSM900. Proračun karakteristika zračenja navedenih antena izvršen je računalnim programom koji je posebno u tu svrhu razvijen na Zavodu za radiokomunikacije i visokofrekvencijsku elektroniku Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu. Karakteristike zračenja navedenih antenskih sustava modelirane su u frekvencijskom području od 935 do 960 MHz. Razmatrana su obilježja zračenja u bliskom i dalekom polju vertikalnih kolinearnih nizova s četiri do dvanaest elementa zračenja uključujući antenske sustave s mehaničkim i električkim zakretom snopa. Utvrđeno je, također, iznimno dobro slaganje između rezultata dobivenih teorijskim proračunom i rezultata dobivenih mjerenjima u realnim uvjetima.

Glavni je cilj ove studije bilo utvrđivanje da li izgrađeni sustav pokretnog komunikacijskog sustava CRONET GSM900 udovoljava važećim hrvatskim normama i regulativi o najvišim dopuštenim razinama elektromagnetskog polja za izloženost ljudi u frekvencijskom području 900 MHz. U sklopu studije provedena su sustavna mjerenja jakosti polja i gustoće snage u okolici baznih postaja koje su postavljene u vanjskom prostoru i unutar većih građevinskih objekata. Za mjerenja je odabrano dvanaest reprezentativnih lokacija baznih postaja sustava CRONET GSM900 sa 66 mjernih točaka u kojima su izvršena precizna mjerenja jakosti električnog polja u tri ortogonalna smjera s pomoću kalibriranog senzora elektromagnetskog zračenja i analizatora spektra posebno konstruiranog za mjerenja polja u sustavima pokretnih komunikacija GSM. Sva su mjerenja u vanjskom prostoru izvršena u maksimalno povoljnim uvjetima rasprostiranja elektromagnetskih valova, tj. u uvjetima bez oborina i veće koncentracije vlage u zraku. Izmjerene vrijednosti i vrijednosti procjene najgoreg mogućeg slučaja, dobivene na osnovi mjerenja, uspoređene su s referentnim razinama. Rezultati mjerenja na svih 66 pažljivo odabranih mjernih točaka nedvojbeno su pokazali da svih dvanaest baznih postaja (*Siemens AG*) s antenskim sustavom *Kathrein* zrači elektromagnetska polja čije su razine znatno ispod najviših dopuštenih vrijednosti elektromagnetskog polja za izloženost pučanstva prema važećim normama navedenim u *Pravilniku o najvišim dopuštenim snagama zračenja radijskih postaja u gradovima i naseljima gradskog obilježja* (NN 111/2001). Valja napomenuti da taj pravilnik ne predviđa razliku između graničnih vrijednosti elektromagnetskih polja za profesionalnu izloženost i za izloženost pučanstva, ali iz članka 1. tog pravilnika proizlazi da se granične vrijednosti odnose na izloženost pučanstva elektromagnetskom zračenju. Osim toga, izvršena je usporedba i s važećim međunarodnim normama IEC 61566 (International Electrotechnical Commission), DIN VDE 0848 i prema nacrtu europske norme EN 50360 (CENELEC - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) za sve kategorije korisnika. Sve su izmjerene razine znatno ispod vrijednosti navedenih u tim normama. Valja istaknuti da su u svim navedenim međunarodnim pravilnicima najviše dopuštene razine elektromagnetskog polja kojemu je izloženo pučanstvo 2,5

puta više od onih u hrvatskom *Pravilniku o najvišim dopuštenim snagama zračenja radijskih postaja u gradovima i naseljima gradskog obilježja*.