

Krešimir Šimleša, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
kresimir.simlesa@hep.hr

ELF ELEKTRIČNO POLJE U STANU I MJERENJE NAPONA LJUDSKOG TIJELA KAPACITIVNOM SPREGOM

SAŽETAK:

Stan i radno mjesto su danas opremljeni brojnim električnim uređajima i instalacijskim kablovima znatnih dužina koji, pojedinačno i ukupno, proizvode u svojoj okolini, osim korisnih učinaka, i neželjene nusproizvode električne energije općenito nazvane elektrosmog. U domeni elektrosmoga, ili egzaktnije neionizirajućeg zračenja, udio utjecaja električnog polja niskih frekvencija, ELF, je od posebnog značaja na mjestima gdje se svekoliko pučanstvo najviše zadržava a to su: mjesto za spavanje i mjesto za rad. Firma BAUBIOLOGIE MEAS u suradnji sa Institut für Baubiologie und Oekologie Neubeuern IBN, izradila je standard koji je prvi put publiciran svibnja 1992. godine pod nazivom SBM-92/5 [L1]. Standardom su utvrđene metode mjerenja te razine anomalija električnog polja razvrstane u četiri stupnja. Posebnu pozornost zaslužuje metoda za mjerenje električnog polja uz pomoć široko dostupnog voltmetra i kapacitivne sprege ljudskog tijela sa instalacijskim vodovima i uređajima u stanu. Ovi mjerni rezultati mogu izvršno poslužiti pri uređenju zdrave sredine u stanu i otklanjanju možebitnih izvorišta električnog polja za koje do izvođenja mjerenja nismo niti znali da egzistiraju na tim mjestima a na kojima smo nepotrebno izloženi za vrijeme sna kao vrlo osjetljive faze svakodnevnog života.

Ključne riječi: elektrosmog, ekstremno niske frekvencije (ELF) građevinska biologija, kapacitivna sprega tijela, napon tijela u električnom polju, EHS elektromagnetska hipersenzibilnost

ELF ELECTRIC FIELD IN THE LIVING AREA AND MEASURING HUMAN BODY VOLTAGE BY CAPACITIVE COUPLING

SUMMARY:

Our living space, apartments or offices, are equipped with numerous and various electricity devices as well as installation cables. Besides the benefits that they individually or taken together bring us, they all generate unwelcomed electricity energy by-products known as electrosmog.

In the electrosmog domain, or to be more exact the non-ionizing radiation, the impact of extremely low-frequency electric field (ELF) is of high importance especially for the places where general popularity reside mostly and that are sleeping and work places. The BAUBIOLOGIE MEAS Company in the cooperation with the Institut für Baubiologie und Oekologie Neubeuern (IBN) has issued the Standard named SMB-92/5 (L1) which was published in May 1992 for the first time.

The standard defines testing methods and levels of anomaly caused by electric fields grouped in four categories. However, the method for measuring electric field by using the wide range voltmeter and capacitive coupling of human body with installation wires and appliances deserves special attention. The measuring results can and should be used by all of us for creating the healthy living environment and eliminate the unnecessary exposure to the harmful effects of our everyday life.

Key words: electrosmog, extremely low-frequency (ELF), building biology, capacitive coupling of the human body, human body voltage in electric field, EHS electromagnetic hypersensitivity

1. UVOD

Korištenje električne energije i uređaja u stanu i radnom mjestu stvara povratni utjecaj zvani elektrosmog. Slična pojava smoga zbivala se 50-60-tih godina nad velikim gradovima koji je nastao nesavjesnim korištenjem fosilnih goriva što je kasnije popravljano narastanjem svijesti o njegovoj štetnosti (uzrokovalo je teškoće disanja) i poduzimanjem mjera za njegovim smanjivanjem od globalne do osobne razine.

U stanu i na radnom mjestu danas koristimo mnogobrojne električne uređaje, pomagala, sa uobičajenim napajanjem iz električne instalacije kupca koja se sastoji od jednofaznih električnih vodova znatne dužine cca 200 do 600 m i radnog napona 230 V, 50 Hz. Svaki uređaj je nadalje svojim fleksibilnim priključnim kabelom, pretežito jednofaznim, odgovarajućeg presjeka i dužine (1,5 do 2,5 m) povezan na instalaciju stana uz pomoć utikača i utičnice koji, ovisno o kategoriji uređaja, mogu biti sa ili bez zaštitnog vodiča i kontakta.

Na kućne uređaje-trošila rijetko gledamo kao na uređaje koji zrače, formiraju u svojoj okolini umjetno električno polje $E_{(50\text{ Hz})}$ a često zrače i koktelom svih drugih polja i svih drugih frekvencija. Proizvođač, zakonodavac i korisnik te uređaje je do sada najčešće gledao kao izvore mogućeg strujnog udara, požara i druge vidljive štete te se protiv takvih šteta ograđivao uputama za rukovanje ili paketima zakona o ograničavanju uporabe pojedinog uređaja, kakav pristup na materijalistički način štiti uređaje a ne ljude kao biološka bića.

Glede razine elektrosмога, u stanu i na radnom mjestu gdje je broj kvadratnih metara mali a broj uređaja po kvadratnom metru velik i u daljnjem je porastu, stanje ukupnog zračenja je malo poznato i to je pitanje gotovo marginalno u današnjoj svakodnevnici. No stvarnost je takva da većina populacije boravi u zatvorenom prostoru više od 90% vremena a od toga 8 sati provodi u snu (krevetu) i 8 sati u budnom stanju na radnom mjestu (radni stol). Slijedom toga od svih prostora na kojem puk boravi ova dva prostora su po dužini boravka i utjecaju na zdravlje i vitalnost populacije najznačajniji.

Kod nas i u svijetu postoji normativna djelatnost glede ograničenja štetnog djelovanja električnog polja i ona je za ekstremno niske frekvencije (u ovu kategoriju spada 50 Hz) propisana Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskih polja, NN204/2003. godine, gdje se ograničava električno polje 50 Hz na 2000 V/m [L2] za prostor povećane osjetljivosti i 5000 V/m za radne prostore. Ove granične vrijednosti se odnose na izvore neionizirajućeg zračenja čiji radni napon prelazi 1000 V, primjerice elektroenergetski dalekovodi i transformatorske stanice srednjeg i visokog napona.

Strah koji se u javnosti pojavio stupanjem na snagu ovog pravilnika danas se prilično smanjio jer je vlasnik mreže i uređaja radnog napona preko 1000 V za većinu uređaja dokazao da na realnim, uobičajenim postojećim i pristojnim udaljenostima ovi uređaji svojim utjecajem ne premašuju pravilnikom definiranu zanemarivu razinu od 10% maksimalno dopuštenih razina a najčešće niti 1% dopuštene razine zračenja. Ipak time opasnost neionizirajućeg zračenja ekstremno niskih frekvencija, (ELF), nije nestala.

Izvorište električnog polja, ELF, danas trebamo tražiti prije u stanu u našoj neposrednoj blizini nego pri dalekovodima srednjeg napona, koji su prilično daleko od našeg kreveta i radnog mjesta. Značajna izvorišta zračenja električnog polja u stanu su danas svojom glavinom (umnožak intenziteta i vremena izloženosti), niskonaponske instalacije stana i radnog mjesta te trošila koja su utaknuta u tu instalaciju a nalaze nam se ili na dohvat ruke ili još bliže. U zadnje vrijeme su žične instalacije u stanu i poslovnom prostoru enormno narasle kako dužinom tako funkcionalnošću i složenošću kao, telefonske instalacije, računalne mreže, interfoni, UPS instalacije, instalacije specijalne rasvjete itd. čija se ispravnost verificira složenijim instrumentima, a kvarovi se traže i otklanjaju još složenijim instrumentima. Voltmetar (univerzalni digitalni instrument) postao je obavezni, minimalni, alat kojim možemo dijagnosticirati i složenije neispravnosti općenite naravi. Takav voltmetar je danas pogodan i za mjerenje električnog polja na posredan način.

Priroda električnog polja je takva da intenzitet opada sa udaljenošću od izvora od $1/r$ teorijski za jednožilni vod do bliže stvarnosti $1/r^2$ za realne dvožične i trožilne vodove u zatvorenim prostorima poput stana. U ovom tekstu iskazani intenzitet električnog polja je mjeren izotropnom metodom algoritmom $E = (E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)^{1/2}$ te izražen kao U_{eff} srednja RMS vrijednost, V/m.

2. BIOLOŠKI EFEKTI ELEKTRIČNOG POLJA U OKOLINI MJESTA ZA SPAVANJE.

Električno izmjenično polje niske frekvencije (ELF) umjetna je tvorevina u ljudskoj okolini novijeg datuma, zadnjih stotinu godina. Do sada genetika ljudskog organizma nije poznavala takvu vrstu utjecaja i nije razvijala senzore za električno polje. Odgovor egzaktno, i pozitivističke, znanosti na pitanje da li je električno polje $E_{(\text{ELF})}$ korisno ili je štetno za biološke procese u organizmu čovjeka, nije jednoznačan jer

predmet izmiče uobičajenim metodama znanosti (nedostaje očiglednost). U takvoj nezgodi obično pribjegavamo statistici, epidemiološkim studijama, koji također nisu posve pogodni za davanje uvjerljivih i jednoznačnih odgovora. U očekivanju zadovoljavajućih determinističkih odgovora na to pitanje a ovisno o razini izloženosti, o dužini izloženosti i funkcijskim posljedicama, uputno je dati prihvatljiv inženjerski odgovor bar kao naputak ponašanja ljudima dok nužno žive i borave u polju ELF.

Sugestija bi bila da neionizirajuće električno polje u stanu treba držati pod kontrolom težeći njegovoj minimalnoj razini jer mada danas ovo djelovanje polja na organizam ne vidimo golim okom kao izravno jako štetno ono sigurno nije blagotvorno a pojavljuju se opravdane sumnje u dosadašnja mišljenja da je neutralnog djelovanja.

Stanje spoznaje u svijetu o biološkom utjecaju električnog polja $E_{(ELF)}$ na čovjeka ukratko je sljedeće:

- Ne postoje dokazani pozitivni biološki efekti izlaganja cijelog ljudskog organizma električnom $E_{(ELF)}$ polju, (izuzev selektivnih stimulativnih terapijskih tretmana),
- Postoje malobrojni dokazani negativni biološki efekti električnog $E_{(ELF)}$ polja na čovjeka, naročito za veće razine i dulje periode izloženosti, iskazanih studijama statističko-medicinske znanosti, poput epidemioloških studija,
- Postoji veliki prostor između prethodno naznačenih granica koji je predmet brojnih znanstvenih i amaterskih istraživanja, brojnih manipulacija i velikog neznanja.

Primjerice najbrojnija istraživanja u ovom domenu su učinjena na elektromagnetskom polju 50/60 Hz glede utjecaja dalekovoda visokog napona na zdravlje ljudi i okoliš. Manjkavost većine dosadašnjih istraživanja u znanstvenom smislu je obrada i električnog i magnetskog polja istovremeno mada su to u ovom slučaju dvije neovisne fizikalne pojave sa potpuno različitim mehanizmima utjecaja na biološki svijet. Takvo širenje palete istraživanja drastično smanjuje vjerojatnoću nalaska mehanizma utjecaja električnog polja na živi organizam.

Glede neionizirajućih zračenja danas postoje podijeljena mišljenja pa stoga i potreba zadovoljenja znatiželje puka, znatiželje znanstvenika i potreba zadovoljenja obveza institucija da zajedno učine potrebit i dovoljan napor u iznalaženju rješenja primjerenog vremenu i stvarnosti.

Neosviješteno korištenje električne energije i uređaja u stanu i radnom mjestu stvara povratni utjecaj zvani elektrosmog koji izmiče kontroli. Slična pojava smoga zbivala se 50-60 tih godina nad velikim gradovima koji je nastao nesavjesnim korištenjem fosilnih goriva što je popravljano kasnijim narastanjem svijesti o njegovoj štetnosti (teškoće disanja) i poduzimanjem mjera za njegovim smanjivanjem i kontrolom (primjerice dimnjaci i automobili). Složene učinke električne energije možemo razlučiti na dobre, loše i neutralne. Kako više niko ne osporava dobre učinke električne energije i električnog polja (poput korisnog učinka pećnice, kuhala ili perilice rublja) to njihovu korisnost ne treba iznova analizirati, ali treba stalno i iznova analizirati, loše učinke, nusproizvode električne energije koje ti korisni uređaji stvaraju u svojem radu kao što je elektrosmog kojeg neosporno ima a uputno ga se čuvati mišlju, riječju i djelom.

Znatnije i masovnije prisustvo električnog polja datira iza 1920. tih godina kada se dešavala elektrifikacija u svijetu. Elektrifikacija u smislu „struja u svaku kuću“ završila se svojom glavinom do 1970. tih kada električna energija postaje de facto standard (gotovo socijalni paket). Nadalje slijedi lavina proizvodnje i korištenja električnih aparata, pomagala, u domaćinstvu, uredu i industriji. Među ljudima zatrpanim tim električnim uređajima pojavljuje se spoznaja i pojam elektrosmoga, kao općeniti pojam zagađenja životnog prostora nusproizvodima električne energije. Jedan od čimbenika elektrosmoga je električno polje ELF. Kada se radi o ekstremno niskim frekvencijama, poput mrežne frekvencije 50 Hz, može se i treba električno polje promatrati neovisno o magnetskom polju.

Postojeće prirodno DC električno polje Zemlje od cca 120 V/m u kojem se odvijala evolucija ljudskog organizma stupa danas u interakciju sa umjetnim električnim poljem ELF gradeći novu životnu sredinu.

Biološka saznanja i istraživanja biofiziologije i elektrofiziologije su na egzaktan način kvantificirala, napon ćelijske jezgre prema van ovisno o vrsti stanice i vitalnosti stanice, na razinu od cca 20 mV (5 do 100 mV) a za živčane i mišićne stanice na od 70 do 85 mV. Zdrave ćelije inkliniraju višim a bolesne ćelije nižim razinama napona. Glede ljudskog organizma odraslog čovjeka treba imati na umu da ga čini cca 64×10^{12} ćelija koje bi u obliku niti mogle više od desetak puta opasati Zemlju.

Nadalje masovno se primjenjuju i prakticiraju dijagnostički aparati biomedicinske elektronike EEG i EKG (i drugi) koji bilježe električne aktivnosti srčanog mišića i mozga čije razine mjerene na koži iznose cca 1 mVpp za srce i cca 50 μ Vpp za mozak [L4]. Iako su ti naponi unutar samih promatranih organa 10 do 100 puta veće amplitude, dovoljno su mali da njihove funkcije mogu biti ometane vanjskim električnim poljem ili s njime stupe u složenu interakciju implicirajući funkcionalne tegobe ili biološke tranzijente.

Posebnu skupinu čini sve veći broj ljudi kojima je ugrađen stimulator rada srčanog mišića (kao i drugih implantata) koji su vrlo osjetljiva skupina i mada su malobrojni prema njima se trebamo odnositi sa iskrenom odgovornošću te osigurati im elektrosnogom neopterećenu sredinu (u EU oni čine cca 1% populacije).

Galvanski prolaz struje kroz tijelo dobro je proučen te su dodirne struje definirane kao prag osjeta cca 1mA, nakon čega slijedi podrhtavanje mišića do faze do koje je moguće voljno otpuštanje mišića ruke cca 9 mA, a preko 10 mA većinu populacije pogađa fibrilacija srčanog mišića, poremećaj ili prestanak rada vitalnih organa srca ili pluća koji obavezno završavaju smrću u koliko se ne ukaže odgovarajuća reanimacijska pomoć unutar smo nekoliko minuta. Tehničke mjere i ograničenja za električne uređaje za frekvenciju 50 Hz su danas utvrđena na cca 20 mA i dodirni naponi na 50 volta kao najveće dopuštene razine.

Zadnjih godina se spoznaje pojam osoba povećane osjetljivosti na elektromagnetsko polje, EHS (Electromagnetic hypersensitivity). Procjenjuje se da tu skupinu čini između optimističkih 3% i pesimističkih 10% suvremene populacije. Takav broj je posljedica načina života u zatvorenom prostoru, jaka izloženost elektrosnogom, znatnog unošenja neprirodnih kemikalija kroz lijekove, aditive u prehrambenim proizvodima te masovne pasterizacije hrane postupkom izlaganja vrlo visokom impulsnom električnom polju, što je sve strano ljudskom organizmu.

EHS i djelovanje električnog polja se danas povezuje sa nizom tegoba koje se smatraju biološkim tranzijentnim reakcijama organizma na povišenu razinu ELF polja i uzrokom bolesti ako ne kao izravan trigger onda kao nepovoljni faktor koji dugotrajnim kumulativnim djelovanjem smanjuje imunitet organizma tako da se pojavljuje takozvani elektrostres te neočekivane tegobe i neočekivane bolesti koje nekoga pogađaju a nekog ne mada osobe pripadaju skupini koja živi pod naizgled istim uvjetima.

Jedan od temeljnih problema pri analizi utjecaja slabih polja na organizam je relativno dugo vrijeme odziva bioloških tranzijenata na ekscitaciju i infinitezimalni pomaci u tkivima koje je teško kvantificirati.

Indicije ukazuju da električno polje ELF utječe na pojave ili razvoj: nekih vrsta glavobolje, poremećaj perifernog krvotoka, alergije i opadanje imuniteta, poremećaj spavanja, tahikardije, depresivna stanja, kancerogene bolesti i slično. Efekti slabog električnog polja na organizam i zdravlje ljudi tek treba da se prouče na deterministički način. Poseban nedostatak dijagnostičkih i mjernih metoda primjećuje se u domeni proučavanja bioloških tranzijentnih pojava u organizmu koji je eksponiran u električnom polju. Do sada promatrani relativno brzi indikatori elektrostresa kao što su razine lučenja Melatonina ili Cortisola nisu pogodni za analizu izvan laboratorija i instituta.

Električno polje, se ne osjeti uz pomoć poznatih pet čula pa se može nazvati izvanosjetilnom pojavom. Električno se polje u tehničkom smislu lako i uspješno mjeri, projektira, generira i otklanja te je predmet elektrotehnike i obrazovanja već više od stotinu godina pa je sa tehničke strane vrlo dobro poznato i proučeno.

Električno polje niske frekvencije 50 Hz i niskog intenziteta ne prodire duboko u ljudsko tijelo već se fizikalno bilježi pretežito površinski (nekoliko cm). Silnice vektora električnog polja pogađaju površinu tijela uglavnom okomito. Veza unutrašnjosti tijela sa vanjskim slojem izloženim električnom polju u prvoj aproksimaciji se uspostavlja poglavito prokrvljenošću i tjelesnim tekućinama koje nakon izlaganja površinskih dijelova tijela, cirkulacijom odlaze u dublje dijelove tijela. U površinskom sloju tijela izložen je djelovanju rezultirajućeg električnog polja velik broj nervnih završetaka čija kompleksna, simpatička i parasimpatička mreža završava centralnim nervnim sustavom, mozgom, putem kojeg su moguće osjetilne, izvanosjetilne i regulacijske biološke smetnje i tranzijenti te poremećaj različitih simpatičkih/parasimpatičkih balansa.

3. MJERENJE ELEKTRIČNOG POLJA U OKOLINI MJESTA ZA SPAVANJE.

Wolfgang Meas, BAUBIOLOGIE MEAS, je od 1987.-1992. godine razvio standardno mjerenje električnog polja uz pomoć kapacitivne sprege, interferencije, ljudskog tijela na mjestu za spavanje i električne instalacije stana koje daje jedan približan, ali objektivan uvid kvalitete stambenog prostora, zasnovan na objektivnom i ponovljivom mjerenju, a tako da se tehnički jednostavno izvodi na sljedeći način:

- 1) Jednu elektrodu-ispitni vod milivoltmetra priključimo na uzemljenje (najbolje štipaljkom) koje može biti metalna šipka zabodena u zemlju ili zaštitni kontakt utičnice ili neki drugi pouzdan uzemljivač,
- 2) Osoba u krevetu u položaju za spavanje drži u ruci drugu elektrodu-ispitni vod odgovarajućeg milivoltmetra. Za ovu svrhu najbolje je imati, elektrodu-ispitni vod, metalni cilindar (cijev) promjera cca 2 cm dužine 10 cm kojeg treba držati vlažnom rukom,
- 3) Očitamo vrijednost AC napona koja može iznositi od nekoliko milivolti do nekoliko volti,

- 4) Prilikom izvođenja mjerenja, mjeritelj treba imati na umu da prostor sobe mora imati uobičajeni raspored predmeta jer on može utjecati na rezultat mjerenja. Prisutnost promatrača u sobi također može uzrokovati promjenu rezultata mjerenja te o tome treba voditi računa smanjujući ometajuće utjecaje na najmanju moguću mjeru. Pošto vrijednosti mjerenog napona mogu znatno oscilirati tijekom vremena mjerenjem treba obuhvatiti duži vremenski period, večernje sate, oko ponoći i ranije u jutro. Za pouzdanost mjerenja od najveće je važnosti koristiti dobro uzemljenje a ako ono nije nikako dostupno onda se može koristiti nulti (ili zaštitni) provodnik koji u trenutku mjerenja nije opterećen strujom trošila.

Instrument koji se koristi za ovo mjerenje treba biti AC voltmetar RMS vrijednosti, rezolucije 1 mV, mjernog opsega 1mV do 1000 mV ili više cca 5000 mV, a za veći opseg može imati grublju rezoluciju. Ulazna otpornost instrumenta treba biti cca 10 Mohm, a ulazni kapacitet instrumenta cca 100 pF. Većina digitalnih univerzalnih instrumenata amaterske klase zadovoljava ove karakteristike, a svi instrumenti profesionalne klase gotovo sigurno zadovoljavaju ove uvjete. Za ovo mjerenje pogodan je primjerice instrument Fluke 192 ili Metex M-3850D. Za dobivanje točnih vrijednosti električnog polja inače se koriste namjenska mjerila, instrumenti, za izotropno mjerenje intenziteta električnog polja kao primjerice EFA 300 Narda profesionalne kategorije, kojim za dobivanje točnih i validnih rezultata mjerenja mora rukovati profesionalni mjeritelj pa mjerenje postaje skuplje i time nedostupnije široj populaciji. Treba istaknuti da rezultati dobiveni na ovaj način milivoltmetrom vrlo dobro koreliraju sa rezultatima dobivenim vrlo složenim mjerenjima električnog polja na istim mjestima i za istu namjenu. Ako sumnjate u kvalitetu svoga instrumenta druge robne marke, gore spomenute instrumente možete koristiti kao referentne za usporedbu rezultata mjerenja.

Ljudsko tijelo srednje veličine i težine ima kapacitet prema okolini koji znatno varira ovisno o položaju i okolini te iznosi od 200 pF do 2.000 pF. Osim toga tijelo ima unutrašnju otpornost i unutrašnju kapacitivnost koje se ovom mjernom metodom integralno uzimaju u obzir i pojedinačno ne razlažu.

Sličnim postupkom se mjeri električno polje na radnom mjestu uz razliku položaja tijela i okoline koje je na radnom mjestu ili sjedeći ili stojeći položaj, a okolina prilikom mjerenja treba biti namještena uobičajeno sa uključenim svim električnim uređajima.

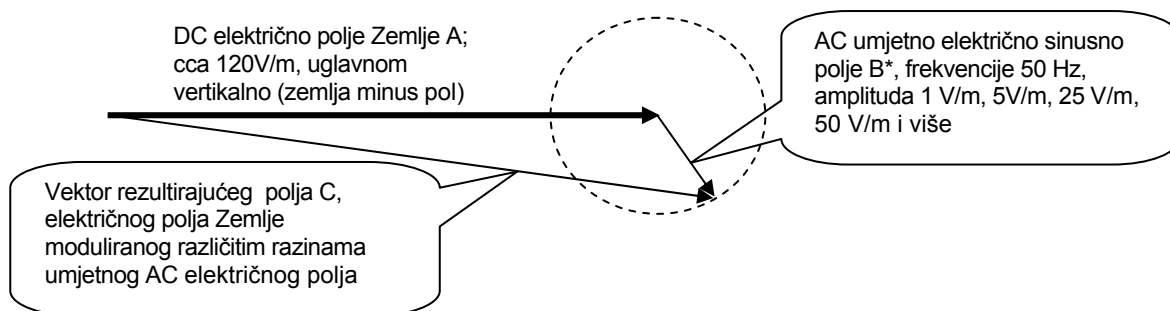
4. PROCJENA RAZINE ŠTETNOSTI IZMJERENOG ELEKTRIČNOG POLJA.

Za ocjenu kvalitete stambenog prostora u kojemu se mjeri kapacitivna sprega tijela i instalacije na gore opisani način Standard SBM-2003 BAUBIOLOGISCHE RICHTWERTE FÜR SCHLAFBEREICHE [3] je rezultate izmjereno električnog polja podijelio je na više kategorija prema veličini anomalije:

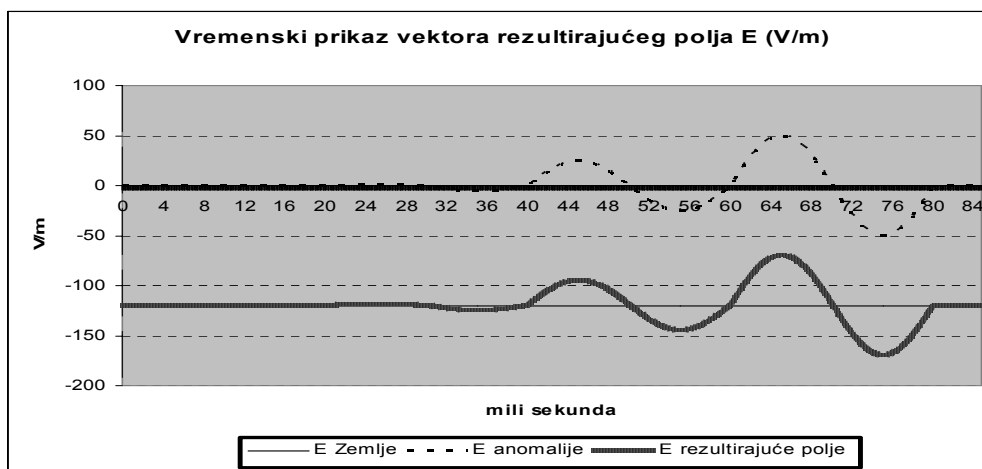
- 1) Za napon manji od 10 mV, nema anomalije, prostor za spavanje je izvrsne kvalitete i na razini prirodnog šuma, nema bojazni za uzrokovanje bioloških tranzijenata i zdravstvenih tegoba. Ovaj rezultat je lakše postići u prizemnim objektima u ruralnoj sredini, a teško u gradskoj sredini i višekratnim objektima kao što su neboderi. U ovom slučaju vrijednost električnog polja izmjerena profesionalnim (potential-free) mjeračem polja neće premašiti 0,3 V/m, ili poluprofesionalnim mjeračem polja (with ground potential) 1 V/m.
- 2) Za napon veći od 10 mV a manji od 100 mV, slaba anomalija, prostor za spavanje je izložen blagom riziku nastanka bioloških tranzijenata i zdravstvenih tegoba uzrokovanih električnim poljem. Kod hiperelektrosenzibilnih osoba mogući su blaži oblici elektrostresa. Ovaj rezultat je vrlo dobar i lakše ga je postići u prizemnim objektima, zatim u objektima sa manje stanova i u ruralnoj sredini a teže se postiže u objektima sa puno stanova radi utjecaja instalacijskih vodova u zidovima stanova sa kojima se graniči. U ovom slučaju vrijednost električnog polja izmjerena profesionalnim (potential-free) mjeračem polja neće premašiti 0,3 do 1,5 V/m, ili poluprofesionalnim mjeračem polja (with ground potential) bit će u granicama od 1 V/m do 5 V/m.
- 3) Za napon veći od 100 mV a manji od 1000 mV, jaka anomalija, prostor za spavanje je izložen srednjem riziku nastanka bioloških tranzijenata i zdravstvenih tegoba uzrokovanih električnim poljem. Kod hiperelektrosenzibilnih osoba mogući su jači oblici elektrostresa. Ovaj rezultat je zadovoljavajući ali je poželjno provesti mjere za njegovim smanjivanjem koje je lakše postići u prizemnim objektima, zatim u objektima sa manje stanova, a teže se postiže u objektima sa puno stanova radi utjecaja instalacijskih vodova u zidovima stanova sa kojima se graniči. U ovom slučaju vrijednost električnog polja izmjerena profesionalnim (potential-free) mjeračem polja neće premašiti 1,5 do 10 V/m, ili izmjerena poluprofesionalnim mjeračem polja (with ground potential) bit će od 5 V/m do 50 V/m.
- 4) Za napon veći od 1000 mV, ekstremna anomalija, prostor za spavanje je izložen visokom riziku nastanka bioloških tranzijenata i zdravstvenih tegoba uzrokovanih električnim poljem.

Kod hiperelektrosenzibilnih osoba mogući su vrlo jaki oblici elektrostresa. Ovaj rezultat je takav da je potrebno poduzeti žurne mjere za njegovo znatnije smanjivanje. U ovom slučaju vrijednost električnog polja izmjerena profesionalnim mjeračem polja (potential-free) mjeračem polja biti će veća od 10 V/m, ili izmjerena poluprofesionalnim mjeračem polja (with ground potential) biti će veća od 50 V/m.

Razine anomalije polja na mjestu za spavanje date standardom SBM-2003., pobrojane same za sebe možda nisu dojmive, ali kada se usporede sa prirodnim Zemljinim DC električnim poljem onda stvarnost izgleda po prilici ovako: Ako tijelo čovjeka koje je sačinjeno od ioniziranih ćelija i molekula zamislimo u električnom polju Zemlje koje je cca 120 V/m DC, i oko njega stvorimo dodatno umjetno izmjenično električno polje frekvencije 50 Hz, rezultirajuće, interferentno, električno polje je dano na sljedećoj vektorskoj slici koja je približna ali zorna:



(vektor AC umjetnog električnog sinusnog polja B*, frekvencije 50 Hz, u načelu može imati x, y i z komponentu tako da opisana anomalija može imati formu linije, plohe krug-elipsa kao u gornjem prikazu ili prostornu formu kao kugla ili slično složeno 3D tijelo) vremenski prikaz istih vektora je dat niže:



Od 0 do 20 msec i 80 nadalje polje anomalije je 0 V/m, od 20-30 ms polje je 1 V/m, od 30-40 ms polje je 5 V/m, od 40-60 polje je 20 V/m, od 60-80 ms polje je 50 V/m.

Iz čega je razvidno da malo AC umjetno električno polje od 1 V/m uzrokuje relativno malu površinu, krug, anomalije (kuta i amplitude rezultirajućeg polja) i malo odstupanje na slici u vremenskom domenu (20-30 msec), 5-25 V/m uzrokuje umjerenu površinu anomalije i srednje odstupanje na slici u vremenskom domenu (30-40 msec) a 50 V/m i više uzrokuje površinu anomalije zemljinog električnog polja enormno velikom i veliko odstupanje na slici u vremenskom domenu (40-60 msec) kada više ne možemo govoriti o prirodnoj sredini za organizam zahvaćen takvim poljem. Stoga je nerazumno izlagati ljudski organizam tijekom spavanja enormnom ELF polju niti masovno niti dulje vrijeme, naročito kada se ima na umu da je opisana situacija tehnički rješiva i nije nužna. Intenzitet električnog polja zemlje od 120 V/m nalazi se na otvorenom prostoru i objektima za ljudsko stanovanje uglavnom drvene gradnje, dok se u objektima građenim armiranim betonom i metalom ovo prirodno električno DC polje znatno reducira i deformira što nadalje implicira još nepovoljniji odnos vektora A i B. Potencijal zemlje uzrokovan je ionosferom, za vedrog vremena je srednje vrijednosti 120 V/m, negativan i obično varira od -50 do -300 V/m. Za vrijeme grmljavinskih nepogoda postaje pozitivan i može premašiti desetine kV/m. Osim ovog potencijala u zatvorenim prostorima se javlja i statički potencijal kojeg zamjećujemo putem

pucketanja, izbijanja između tijela i okoline. Statički potencijali u stanu i svakodnevnom okolišu nastaju uglavnom trenjem tijela, odjeće i podloge primjerice sjedala automobila, lakiranog parketa i slično, nakon čega dolazi do neugodnog pražnjenja tinjavim izbijanjem iz ruke ka rukohvatu, ključaonici i slično.

5. MOGUĆI IZVORI ELEKTRIČNOG POLJA U OKOLINI MJESTA ZA SPAVANJE

Mjesto za spavanje, krevet, mogu okruživati sljedeći uređaji: električne instalacije (obično podžbukne jednofazne izvedbe), prekidači, utičnice sa zaštitnim kontaktom i bez zaštitnog kontakta, razvodne letve s više utičnica, fiksna svjetleća tijela s metalnim armaturama, pomične noćne svjetiljke, radio uređaj-budilnik, TV aparat, radijator centralnog grijanja (struja ili toplovod), klima uređaj, ventilator, termoakumulacijska peć, deka s ugrađenim grijačima, vodeni krevet s grijačima, stolica za masažu vibracijom, krevet s elektromotornim podešenjem nagiba tijela i slično, a uz to svi pobrojani uređaji imaju i svoj odgovarajući kabel i utikač za priključak na instalacijsku utičnicu 230 V, 50 Hz. Instalacijski i priključni kablovi danas su standardizirani i konfekcionirani, dužine 1,5 m ili 2,5 m te sličnih karakteristika mada se izgledom razlikuju. Može se uzeti da je kapacitet među vodičima instalacije u stanu cca 100 pF/m (za trožilne kablove i dvožilne kablove faza-nula, faza-uzemljeni vod, nula-uzemljeni vod), a dužina kablova koji okružuju mjesto za spavanje je cca 25 do 70 m. Uređaji manje kvalitete iz ovoga skupa karakteristični su po tome što obično nemaju priključni kabel sa zaštitnim uzemljenjem, nemaju šuko utikač, već su izvedeni dvožilnim kabelom bez zaštitnog uzemljenja, a prekidač kojim se uključuju-isključuju je jednopolni a ne dvopolni.

6. MOGUĆI IZVORI ELEKTRIČNOG POLJA U OKOLINI MJESTA ZA RAD

Mjesto za rad, najčešće radni stol i stolicu, okružuju sljedeći uređaji: električne instalacije, većim dijelom jednofazne, a manjim dijelom trofazne, podžbukne izvedbe za mrežu 230 VAC, UPS mreža 230 VAC, analogna telefonska mreža, digitalna telefonska mreža, Ethernet mreža, prekidači, utičnice sa zaštitnim kontaktom i bez zaštitnog kontakta, razvodne letve s više utičnica, fiksna svjetleća tijela s metalnim armaturama, pomične radne svjetiljke, PC računalo, printer, modem, punjač za mobitel, električne alatke (bušilica, lemilica i slično), a uz to svi pobrojani uređaji imaju i svoj kabel i utikač za priključak na instalacijsku utičnicu 230 V, 50 Hz. Instalacijski i priključni kablovi danas su standardizirani i konfekcionirani te sličnih karakteristika mada se izgledom razlikuju. Može se uzeti da je kapacitet među vodičima instalacije cca 100 pF/m, a dužina kablova koji okružuju radno mjesto cca 50 do 200 m. Uređaji manje kvalitete iz ovoga skupa karakteristični su po tome što obično nemaju priključni kabel sa zaštitnim uzemljenjem, niti imaju šuko utikač, već su izvedeni dvožilnim kabelom bez zaštitnog uzemljenja.

7. UTJECAJ RAZNIH UREĐAJA NA RAZINU ELEKTRIČNOG POLJA

Povećanu razinu električnog polja na mjestu za spavanje uzrokuju pretežito električni uređaji i kablovi, a taj utjecaj opada sa udaljenošću. Električno polje niske frekvencije 50 Hz, u zatvorenim prostorima poput sobe poprima osim jednostavnih polja iz jednog izvora i oblike složenijih vektorskih rezultirajućih polja proizvedene iz više izvora. Rezultirajuće polje više uređaja-izvora u jednoj sobi može poprimiti efekte slabljenja ili efekte pojačanja u nekim domenama prostora u odnosu na razinu samo jednog uređaja što je posljedica složenih utjecaja.

Uređaji koji nisu predviđeni za priključak na mrežu pomoću šuko utikača i nemaju priključni kabel sa integriranim zaštitnim vodičem obično su izvori električnog polja srednje razine. Njihovo električno polje se ne mijenja u ovisnosti da li su utaknuti u utičnicu bez zaštitnog kontakta ili sa zaštitnim kontaktom ali vrlo često ovisi o položaju kontakata utikača i rasporeda faza-nula.

Uređaji koji jesu predviđeni za priključak na mrežu pomoću šuko utikača i u priključni kabel integriranog zasebnog zaštitnog voda obično su izvori električnog polja niže razine, ali samo u slučaju kada su priključeni na ispravnu šuko utičnicu. Ako su međutim priključeni na utičnicu bez zaštitnog kontakta ili utičnicu s neispravnim zaštitnim kontaktom onda će metalna šasija takvog uređaja imati napon od cca 115 V AC (cca polovinu napona mreže) kada će uzrokovati u svojoj okolini vrlo visoko električno polje i u uključenom i u isključenom stanju.

Od vodova u stanu najčešće se koriste termoplastikom izolirani vodovi kao PP/R(HRN), NYIFY (VDE 0250), kablovi. Kada je takvom, PP/R, kabelu čavlom za učvršćenje probijena izolacija faznoga vodiča tada će taj zid na površini od više kvadratnih metara imati vrlo visoko polje koje će rasti s

porastom vlage u zraku ili u zidu. Druga nepovoljnost glede električnog polja PP/R kabela je njegova plosnata izvedba koja nije pogodna za sukanje provodnika. Ostali kabeli kružnog presjeka poput PP00 i PGP imaju vodiče podužno sukane tako da se električno polje na udaljenostima većim od 10-20 d (d-razmak vodiča) i 2-3 k (k-korak sukanja) praktično poništava te se dobiva bitno smanjivanje polja. Trofazni kabeli s pet žila imaju povoljniju geometriju poprečnog presjeka koja u svojoj okolini implicira povoljnije polje od jednofaznih kabela. WHO navodi valjan izvor tipičnih razina zračenja električnog polja za kućanske aparate na udaljenosti 30 cm, Federal Office for Radiation Safety Germany 1999.: stereo radio prijemnik 180 V/m, pegla 120 V/m, hladnjak 120 V/m, mikser 100 V/m, toster 80 V/m, sušilo za kosu 80 V/m, televizor 60 V/m, usisavač za prašinu 50 V/m itd. Autor je mjerenjem električnog polja u okolini kablova koji se najčešće koriste za instalacije u stanu zabilježio sljedeće razine na udaljenosti 30 cm od kabela položenog vertikalno u zraku bez zida i vodljivih predmeta u blizini (ovi kablovi se inače polažu pod žbuku): PP/R_{HRN} 2 x 1,5 (NYIFY VDE 0250), sa srednjom vrijednosti polja 31 V/m, PP/R_{HRN} 3 x 1,5 (NYIFY VDE 0250) sa srednjom vrijednosti polja 10,6 V/m, PP-Y_{HRN} 3 x 1,5 (NYM VDE), i srednjom vrijednost polja 20 V/m. Mjerenje je izvršeno na kablovima priključenim na napon 230 V, 50 Hz, a kod trožilnih kablova treća žila je priključena na zaštitno uzemljenje. Ovi podaci mogu znatno varirati od uređaja do uređaja, u ovisnosti od proizvođača i kvalitete te ih treba uzimati samo okvirno.

8. MJERE ZA SMANJIVANJE RAZINE ELEKTRIČNOG POLJA

Kada smo stekli svijest o postojanju elektrosмога u našoj blizini, stanu, mjerenjem procijenili njegovu razinu, mikrolokaciju i izvorište, na dobrom smo putu da ga smanjimo na prihvatljivu mjeru ili potpuno uklonimo. Mjere za smanjivanje razine električnog polja na mjestu za spavanje ili na mjestu za rad ovise o uzročniku povišenog polja. Prvo je potrebno dijagnosticirati na pouzdan način uzročnika izvora povišenog električnog polja, najbolje mjerenjem, zatim prema njegovom karakteru provesti odgovarajuće mjere za suzbijanje.

Skup mjera je:

- ako je uzrok neispravan uređaj, treba ga popraviti ili zamijeniti ispravnim uređajem,
- ako je uzrok neispravan instalacijski ili priključni kabel treba ga zamijeniti ispravnim kabelom,
- ako je uzrok električnog polja izvan stana onda ga treba reducirati nekom od tehničkih mjera oklopljavanja,

Ako je jednofazni uređaj ispravan, utaknut u mrežnu utičnicu i isključen, a i dalje u svojoj okolini ima visoko električno polje, najčešće je uzrok toga prekidač koji prekida samo jedan vodič. Nepovoljniji rezultati se dobiju kada se prekida nulti vodič, tada treba prekidač zamijeniti takvim koji prekida i fazu i nulu (tipični slučaj je jeftina pomična lampa za uzglavlje ili radni stol).

Neispravan kabel kojemu je oštećena izolacija (tipično pucanjem uslijed dotrajalosti ili oštećenjem izolacije čavlom za pričvršćenje PPR-a) treba zamijeniti novim ispravnim kabelom, bolje kabelom sa sukanim vodičima. Ako je izolacija kabela ispravna onda se taj kabel treba na kritičnom dijelu zamijeniti oklopljenim kabelom kojemu se oplet (ekran) stavlja na potencijal uzemljenja. Drugi način da se reducira djelovanje električnog polja uzrokovanog kabelom je da se vod opremi automatskim uređajem za otkapčanje (Netzabkoppler na ploči sekundarnog razvoda stana primjerice NAK-16 Schrack) s napona mreže u vrijeme spavanja kada se uređaji ne koriste a čim se trošilo uključi, uređaj će automatski uključiti napon mreže na vodu i trošilo.

Ako je uzrok električnog polja u susjednom stanu ili izvan građevinskog objekta i nema druge mogućnosti ukloniti ili utjecati na izvor polja, tada se koristi zavjesa od tkanine sa utkanim vodljivim nitima-mrežom, vodljiva folija, vodljiva tapeta ili vodljiva boja za unutarnje ili vanjske zidove ili podloška za dušek sa mrežom vodljivih niti.

Nakon otklanjanja jednog ili više uzroka povišenoga električnog polja najbolje je ponovnim mjerenjem utvrditi učinkovitost provedenih mjera te procijeniti novonastalo stanje te iterativno približavati željenom stanju.

Općenite primarne mjere smanjivanja električnog polja na mjestu za spavanje, koje ne koštaju, su uklanjanje nepotrebnih produžnih kablova, smanjivanje broja električnih uređaja na minimum, udaljiti uređaje na 0,5 do 2 metra od mjesta za spavanje, korištenje budilnika na baterijsko napajanje. Poželjan način smanjenja priključnih kabela je korištenje više uređaja u jednom kućištu. Ako se mjerenjem ispostavi da ove mjere ne pridonose dovoljno smanjenju električnog polja onda treba pristupiti sekundarnim mjerama koje zahtijevaju materijalna ulaganja kao što je ugradnja i korištenje automatskog sklopika strujnog kruga spavaće sobe u vrijeme spavanja, zamjenu kablova, korištenje vodljivih boja za zidove, korištenje tkanina sa utkanim vodljivim nitima kao podloške i pokrivači te korištenje vodljivih zastirki i slično.

9. ZAKLJUČAK

Nesavjesno korištenje električne energije i uređaja u stanu i na radnom mjestu stvara povratni utjecaj zvani elektrosnog. Slična pojava smoga zbivala se 50-60 tih nad velikim gradovima koji je nastao kao povratni utjecaj nesavjesnog korištenja fosilnih goriva što je popravljano kasnijim narastanjem svijesti o njegovoj štetnosti (teškoće disanja) i poduzimanjem mjera za njegovim smanjivanjem od globalne do osobne razine.

Električno polje u stanu na mjestu za spavanje poteklo od električne instalacije stana je desetine puta veće od polja poteklog od najbližeg srednjenaponskog dalekovoda ili transformatorske stanice.

Povišeno električno polje na mjestu za spavanje ima neblagotvorne posljedice na zdravlje ljudi, ponestane uvjerenja da je ono neutralnog utjecaja na zdravlje a rastući je broj svjedočenja uvjerenja i statističkih izvješća o njegovoj štetnosti. Sugerira se da povišeno električno polje na mjestu za spavanje ne treba ničim poticati nego ga treba aktivno smanjivati. Bez mjera aktivnog smanjivanja i kontrole polje će imati vjerovatnu tendenciju rasta. Postojeće prirodno DC električno polje Zemlje od cca 120 V/m u kojem se odvijala evolucija ljudskog organizma stupa danas u interakciju s umjetnim električnim poljem ELF gradeći danas novu životnu sredinu.

Mjesto za spavanje je često izloženo nepotrebno visokoj razini električnog polja frekvencije 50 Hz. Prisutnost takvog polja uspješno i objektivno se mjeri digitalnim RMS voltmetrom ulaznog otpora instrumenta cca 10 Mohm a izmjerenom vrijednošću treba težiti razini od cca 10-100 mV. Uzročnike razine veće od 1000 mV treba žurno otkloniti jer takve devijacije polja sigurno ne djeluju blagotvorno na zdravlje osobe koja koristi to mjesto za spavanje. Nakon otklanjanja uzroka povišenog električnog polja mogu se očekivati smanjenja bioloških tranzijenata, zdravstvenih tegoba, elektrostresa, živčanih tegoba, poremećaja balansa simpatičkog/parasimpatičkog sustava i slično.

Prilikom projektiranja gradnje i korištenja stambenog prostora potrebno je voditi računa o potrebi smanjenja umjetnih električnih polja na najmanju razinu u cilju postizanja kvalitete stanovanja. Prilikom prometa nekretnina treba povesti računa o razini električnog polja jer njegova povišena razina može ukazivati na neispravnu ili nekvalitetnu instalaciju čija sanacija može činiti znatan trošak.

Povišene razine električnog polja više pogađaju osobe ekstra povišene osjetljivosti, EHS (elektromagnetska hipersenzibilnost), te bolesne osobe, nego što pogađa potpuno zdrave osobe.

Potrebno je iznalaženje novih mjernih metoda koje će biti lako provedive, jeftine pouzdane i objektivne, a koje će omogućiti analitičko i determinističko proučavanje utjecaja električnog polja na biološke tranzijente ljudskog organizma i konačno zdravlje ljudi okruženih električnim poljem ELF.

LITERATURA:

- [1] SBM-92/5 BAUBIOLOGIE MEAS Institut für Baubiologie und Oekologie Neubeuern IBN, 05.1992.
- [2] Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja, NN204/2003.
- [3] SBM-2003. BAUBIOLOGISCHE RICHTWERTE FÜR SCHLAFBEREICHE.
- [4] Šurlan, Arsen. Biomedicinski inženjering // Sarajevo:IGKRO Svjetlost, 1978.god.