

# Djelovanje elektromagnetskog polja na organizam čovjeka

---

**Cindrić, Ivica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:927158>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-15**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Preddiplomski stručni studij

Sigurnost i zaštita

IVICA CINDRIĆ

**DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKOG POLJA NA  
ORGANIZAM ČOVJEKA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2015.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Preddiplomski stručni studij

Sigurnost i zaštita

**DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKOG POLJA NA  
ORGANIZAM ČOVJEKA**

ZAVRŠNI RAD

**Student:**

**Ivica Cindrić**

**Mentor:**

**dr.sc. Vladimir Tudić**

Karlovac, 2015.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ  
SIGURNOST I ZAŠTITA

Usmjerenje: Sigurnost i zaštita

Karlovac, 2015.06.12.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: IVICA CINDRIĆ Matični broj: 0415612047

Naslov: DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKOG POLJA NA ORGANIZAM  
ČOVJEKA

Opis zadatka:

Za potrebe završnog rada opisati djelovanje elektromagnetskog polja na organizam čovjeka. U tu svrhu opisati vrste zračenja niskofrekventnih i visokofrekventnih elektromagnetskih polja, izvore zračenja i djelovanje na stanice organizma. Ukazati kako bežična tehnologija nije bezopasna i opisati nastajanje elektrosmoga.

Koristiti znanstvenu i stručnu literaturu, tehničke propise, proučiti Zakon, dokumentaciju proizvođača opreme. Kao podlogu za rad koristiti skice, sheme i druge dokumente sličnih projektnih zadataka. Redovito održavati konzultacije sa mentorom te rad uskladiti s Pravilnikom o pisanju Završnih i Diplomskih radova Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:	Rok predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
12.06.2015.	12.10.2015.	20.10.2015.

Mentor:	Predsjednik ispitnog povjerenstva:
dr. sc. Vladimir Tudić, viši pred.	dr. sc. Nikola Trbojević, prof.v.šk.

# **PREDGOVOR**

## **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj Završni rad napravio samostalno, koristeći znanje stečeno tijekom studija, služeći se svom navedenom znanstvenom i stručnom dokumentacijom.

## **Zahvala**

Zahvaljujem se svim profesorima na stečenom znanju, posebice svom mentoru dr. sc. Vladimiru Tudiću na savjetima, konzultacijama i pomoći pri izradi ovog završnog rada. Zahvaljujem se svojoj obitelji koja mi je bila moralna i financijska podrška tijekom studija.

## SAŽETAK

Čovjek u današnje vrijeme ne može zamisliti život bez mobilnih uređaja, osobnih računala, laptopa, tableta, televizora i mnogih drugih sličnih uređaja. Razlog tomu je što nam ti svi uređaji pružaju zabavu i omogućuju nam pristup internetu, a i veliki je udio potrebe i u poslovnom svijetu.

Tehnologija se toliko brzo razvija da u godinu dana pa i manje nastaju novi modeli različitog uređaja po različitim cijenama tako da si ih svatko može priuštiti. Ali nigdje se ne navodi od koje doba godine smiju biti dostupni pojedini uređaji za korisnike ili do koje doba godine se zabranjuje njihovo korištenje. Nikog nije briga da li je korisnik dijete ili odrasla osoba, da li koristi uređaj jedan sat ili cijeli dan te nitko ne zna koliko su (bez)opasni ti svi uređaji. Dva su razloga tomu: prvi razlog je surov kapital i utrka konkurencije za što većom dobiti, a drugi razlog je svijest ljudi i neznanje.

Ovim završnim radom nastojim podignuti svijest o djelovanju elektromagnetskog polja svakom tko će pročitati ovaj rad tako što sam opisao utjecaj električnog i magnetskog polja, djelovanje elektromagnetskog vala, pojasnit ću kako se sva populacija u razvijenim i urbanim sredinama nalaze u elektromagnetskom okolišu, te su izložena elektrosmogu, vrste zračenja te djelovanje na niskim i visokim frekvencijama. Vrlo je korisno znati što se događa u nama kada smo ozračeni pa tako su opisani i biološki učinci elektromagnetskog polja. Važno je naglasiti da je neke učinke i štetnosti elektromagnetskog polja teško dokazati zbog njihovog kumulativnog učinka.

**Ključne riječi:** elektromagnetsko polje, elektromagnetski val, elektromagnetski okoliš, elektrosmog, niske i visoke frekvencije, biološki učinci, kumulativan učinak

## SUMMARY

The man at the present time cannot imagine life without a mobile devices, personal computers, laptops, tablets, televisions and many other similar devices. This is because all our devices provide funn and allow us access to the Internet, and it's a big share of the needs in the business world. The technology is developing so fast that in a year and even less new models of different devices at different prices, so that anyone can afford them. But nowhere does not specify what time of the year may not be available to users or which time of year prohibits their use. Nobody cares if the beneficiary is a child or adult, are using the device for one hour or a whole day, and no one knows how much are (no)dangerous. There are two reasons for it: the first reason is cruel capital and race competition for larger profits, and the second reason is the awareness of the people and ignorance.

This final work, I try to raise awareness about the effects of the electromagnetic fields of anyone who will read this text so what I described the impact of electric and magnetic field, the action of the electromagnetic wave, the dumbhead how all population in developed and urban areas are found in the electromagnetic environment, and are exposed to the elektrosmog, a type of radiation and effect of low and high frequencies. It is very useful to know what is going in our body, when we irradiated and thus are described and the biological effects of electromagnetic fields. It is important to emphasize that some of the harmful effects of electromagnetic fields is difficult to prove because of their cumulative effect.

**Keywords:** electromagnetic field, electromagnetic wave, electromagnetic environment, electrosmog, low and high frequencies, biological effects, the cumulative effect



# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PREDGOVOR .....	2
SAŽETAK.....	3
SUMMARY .....	4
SADRŽAJ .....	5
1.UVOD .....	6
2.ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE.....	7
2.1.Opća podjela .....	9
3.ELEKTROMAGNETSKA POLJA EKSTREMNO NISKIH FREKVENCIJA.....	11
3.1.Elektromagnetski okoliš .....	11
3.2.Fizički mehanizmi međudjelovanja.....	13
3.3.Učinci izlaganja neionizirajućim elektromagnetskim poljima .....	15
4.ELEKTROMAGNETSKO ZAGAĐENJE .....	17
4.1.Podjela po frekvenciji .....	17
5.ELEKTROSMOG .....	19
5.1.Djelovanje elektrosmoga na ljude .....	20
5.2.Zaštita od utjecaja elektrosmoga .....	20
6.DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA NA STANICU .....	23
7.UTJECAJ BEŽIČNIH TEHNOLOGIJA NA Ljudsko ZDRAVLJE .....	25
7.1.Zračenje bežičnih uređaja .....	25
7.2. Specifičnost postavljanja antena u naseljenim područjima .....	27
7.3. Specifična apsorbirana snaga (SAR) .....	28
7.4.Zaštita od zračenja bežičnih uređaja.....	28
8.VISOKOFREKVENTNA ELEKTROMAGNETSKA POLJA .....	31
8.1.Fizikalno djelovanje .....	31
8.2.Biološko djelovanje .....	32
9.IZVORI ZRAČENJA .....	37
9.1.Otvoreni izvori zračenja .....	38
9.2.Zatvorani izvori zračenja .....	40
10.ZAKLJUČAK .....	42
11. POPIS LITERATURE .....	43
12.POPIS SLIKA I TABLICA.....	44
13.POPIS PRILOGA.....	45
13.1. Prilog 1: Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja.....	46
13.2. Prilog 2: Temeljna ograničenja.....	62
13.3. Prilog 3: Granične razine referentnih veličina.....	64

## 1. UVOD

Okoliš u kojem živimo već je stoljeće izložen raznim elektromagnetskim zračenjima, kako u domovima tako i na radnim mjestima. Postoje prirodni izvori zračenja (sunce) i umjetni izvori zračenja stvoreni od čovjeka poput visokonaponskih dalekovoda i snažnih radarskih uređaja koji su izvori jakih električnih i magnetskih polja. Također povećanje broja prijenosnih komunikacijskih i zabavnih uređaja povećavaju izloženost ljudskog tijela elektromagnetskom zračenju. U posljednje vrijeme sve se više istražuje utjecaj neionizirajućih elektromagnetskih poljana zdravlje čovjeka. Mnogi uređaji koji proizvode elektromagnetska polja dolaze na tržište bez dovoljne prethodne provjere njihovog djelovanja na zdravlje čovjeka a razlog je u tome što je težnja proizvođača da što prije puste proizvod zbog utrke s konkurencijom i težnje za što većom dobiti- surov kapital. No s druge strane je nemoguće znanstveno dokazati nepostojanje negativnih učinaka nekog proizvoda jer su neki učinci kumulativni što znači da se njihovo postojanje može otkriti tek nakon dužeg perioda.

Oko vodiča pod naponom postoji električno polje, a oko vodiča kojim teče električna struja nastaje magnetsko polje. Pri tome je jakost električnog polja (V/m) proporcionalna naponu, a jakost magnetskog polja (T) proporcionalna jakosti struje koja teče vodičem. Gdje god ima napona i struje, ima i električnog i magnetskog polja, tj. elektromagnetskog polja. Izvori zračenja su vrlo različiti od električnih postrojenja niskog i visokog napona, tramvaja, mobilne telefonije, mobitela i njihovih odašiljača, mikrovalnih pećnica i radara. U ekstremnim slučajevima ljudi mogu biti izloženi jakostima električnih polja do 30 kV/m te magnetskoj indukciji nekoliko mT. Takve jakosti elektromagnetskih polja mogu inducirati struje gustoće nekoliko stotina mA/m<sup>2</sup> u ljudskom tijelu i time stvarati smetnje i oštećenja zdravlja. U niskonaponskim postrojenjima stvaraju se električna polja slabih vrijednosti koje ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje. Pošto je svijet nezamisliv bez primjene električne energije, svugdje su prisutna i elektromagnetska polja. Na nekim mjestima su jača, a na nekim slabija.

## 2. ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE

Elektromagnetsko zračenje je širenje elektromagnetske energije prostorom jer pojam zračenje označava širenje energije prostorom. Elektromagnetska energija širi se prostorom u obliku elektromagnetskog vala, koji predstavlja prostorno širenje međusobno povezanih i vremenski promjenjivih električnih i magnetskih polja.

Kod niskih frekvencija, ova polja mogu se odvojeno mjeriti i razmatrati. Jedna od temeljnih značajki vremenskih promjenjivih električnih i magnetskih polja jest učestalost vremenske promjene pod nazivom frekvencije  $f$ . Frekvenciju elektromagnetskog vala i njegovu valnu duljinu  $\lambda$  povezuje izraz:

$$c = \lambda \times f \quad (1)$$

pri čemu je  $c \approx 3 \times 10^8$  (brzina svjetlosti)

Elektromagnetska zračenja su fotoni čija je energija izravno razmjerna frekvenciji i to možemo predočiti izrazom:

$$E_f = h \times f \quad (2)$$

Gdje je  $h = 6,62 \times 10^{-34}$  J/Hz (Planckova konstanta)

Fotoni elektromagnetskih zračenja s frekvencijama od 50 Hz tj. 60 Hz (u SAD-u) koje se primjenjuju u elektroenergetici imaju velike valne duljine i malu energiju, oko  $3 \times 10^{-13}$  eV (elektronvolta). Takva energija nije dovoljno jaka da može kidati elektronske veze u organskim molekulama i na taj način izazvati nepovoljne biološke učinke. Elektromagnetsko zračenje koje nije u stanju prouzročiti ionizaciju organskih tvari zovemo neionizirajuće zračenje. Ono obuhvaća dio spektra s frekvencijama nižim od  $3 \times 10^{15}$  Hz, u kojem fotoni nemaju dovoljno energije za ionizaciju tvari. Neionizirajuća zračenja dijele se na dva temeljna oblika, a to su svjetlosna zračenja i elektromagnetska polja, a polja se dijele na niskofrekventna i visokofrekventna polja. Svjetlosno zračenje obuhvaća vidljivo (optičko) i infracrveno zračenje s frekvencijama od  $3 \times 10^{11}$  Hz do  $3 \times 10^{15}$  Hz. Izvori svjetlosnog zračenja

su svjetiljke, naprave za autogeno zavarivanje te laserski uređaji, a najjači izvor ove vrste zračenja je Sunce.

Elektromagnetska polja je zajednički naziv za dio neionizirajućeg zračenja koje obuhvaća električna i magnetska polja te elektromagnetske valova frekvencije do  $3 \times 10^{11}$  Hz (članak 2. Priloga 1.). To područje obuhvaća široki pojas spektra od statičkih električnih i magnetskih polja, polja malih frekvencija, polja mrežnih frekvencija, polja za radioveze i mikrovalove. Zemljino magnetsko polje, munje i električne oluje u atmosferi su prirodne pojave, a ostala polja su stvorena od čovjeka. Ta sva polja stvaraju elektromagnetsko onečišćenje koje ćemo objasniti kasnije.

Veći dio elektromagnetskog onečišćenja stvoren je električnim i magnetskim poljima mrežne frekvencije 50 Hz. Električna i magnetska polja stvara Zemlja svojim magnetizmom, Sunčeve aktivnosti te atmosfera za vrijeme stvaranja munji i električnih oluja. Zemlja proizvodi statično magnetsko polje orijentirano u pravcu jug-sjever. Jakost gustoće Zemljinog magnetskog polja varira između  $30 \mu\text{T}$  i  $70 \mu\text{T}$  ovisno o geografskoj duljini i sastavu zemljine kore. Čovjek svojim kretanjem u Zemljinom magnetskom polju u sebi inducira električno polje. Razdvajanjem nevodljivih tvari, protjecanjem tekućine kroz cijevi, hodanjem po različitim površinama, skidanjem najlonske odjeće i mnogo drugih radnji stvara se električni naboj, a time i električno polje. Jakost napona tako nastalih polja može biti različita ali i vrlo opasna ako nastaju u atmosferi zapaljivih para i plinova.

Zemlja osim magnetskog, stvara i statičko električno polje koje ovisi o stanju atmosfere. Za vrijeme vedrog vremena polje ima jakost 200-300 V/m ali za vrijeme električne oluje može narasti preko 10000 V/m. Postoje prirodna vremenski promjenjiva električna polja. Ona su povezana s tokom električne struje kroz Zemljinu atmosferu, a uzrokovane Sunčevim aktivnostima. Ova polja ovise o više čimbenika, a to su geografski položaj, doba dana i godišnje doba te su veoma slaba od 0,1 do 500 mV/m.

Prirodni i biološki procesi stvaraju električna i magnetska polja unutar ljudskog tijela. Ta polja su rezultat aktivnosti srca i mišića te ne ovise o aktivnosti mozga i živaca. Sve žive stanice stvaraju električno polje. Jakost polja srca iznosi 50 mV/m, a mozga i ostalih vitalnih organa 5 mV/m. Električni signali tih polja mogu se snimati kao elektrokardiogrami (EKG) i elektroencefalogrami (EEG) te služe za otkrivanje zdravstvenih smetnji ili oštećenja u mozgu.

## 2.1. Opća podjela

Prema načinu djelovanja dijelimo ih na svjetlosno zračenje, niskofrekventna elektromagnetska polja i visokofrekventna elektromagnetska polja.

Svjetlosno zračenje (ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno) čiji fotoni nemaju dovoljnu energiju da proizvedu ionizaciju tvari, ali imaju dovoljnu energiju da izazovu elektronsku pobudu u molekulama čime nastaju fotokemijski učinci i opekline. Zbog male valne duljine ovo zračenje ne prodire duboko u tkivo, učinci su površinski (opekotine i oštećenje vida).

Niskofrekventna elektromagnetska polja djeluju drugačije i po načinu i po intenzitetu. Postoje učinci dodirnih struja i toplinski učinci znatno slabijeg djelovanja. Prevladavaju biološki učinci elektrodinamičnog i magnetodinamičnog tipa (utjecaj na električna zbivanja unutar stanice i molekule tkiva).

Ionizirajuće zračenje karakteristično je po vrlo štetnim učincima koji su razmjerni s jakostima polja i trajanju izlaganja. Elektromagnetska zračenja jako visokih frekvencija od 10<sup>15</sup> do 10<sup>25</sup> Hz (ultraljubičasto zračenje, gama i X- zrake) imaju malu valnu dužinu i fotone velike snage. Fotoni tih zračenja izazivaju ionizaciju molekula, a time veće ili manje oštećenje tkiva. Jaka oštećenja mogu dovesti do odumiranja tkiva i smrt. Oštećenja u rasplodnom tkivu dovodi do mutacije te štetnih posljedica u potomstvu. Zbog svoje razornosti je dobro proučeno te podliježe međunarodnoj zakonodavnoj kontroli.

Tablica 2.1. Izvori neionizirajućeg zračenja i vrste polja

Izvori	Vrsta polja	Maksimalna izloženost
Prirodna polja	Statično magnetsko polje	70 $\mu\text{T}$
	Statično električno polje	200 V/m
Elektroprivredna postrojenja	Magnetsko polje	200 nT u kući
	Magnetsko polje	20 $\mu\text{T}$ ispod voda
	Električno polje	100 V/m u kući
	Električno polje	10 kV/m ispod voda
Električni vlak i tramvaj	Magnetsko polje	50 $\mu\text{T}$
	Električno polje	300 V/m
Televizori i računala	Izmjenično magnetsko polje	700 nT
Nadzorni centri, operateri	Izmjenično električno polje	10 V/m
	Statično električno polje	15 kV/m
TV i radio odašiljači	Mikroelektromagnetski valovi	0,1 W/m <sup>2</sup>
Stanice mobilne telefonije	Mikroelektromagnetski valovi	0,1 W/m <sup>2</sup>
Mikrovalne pećnice	Mikroelektromagnetski valovi	0,5 W/m <sup>2</sup>
Radar	Mikroelektromagnetski valovi	0,2 W/m <sup>2</sup>

### **3. ELEKTROMAGNETSKA POLJA EKSTREMNO NISKIH FREKVENCIJA**

Ova polja stvaraju elektroprivreda i industrijska postrojenja te imaju poseban značaj za široku populaciju zbog svoje prisutnosti u okruženju svih nas. Snaga energije zračenja elektromagnetskog vala je zanemariva. Slična je usporedba prijenosnog voda visokog napona i mjeseca. Maksimalna gustoća snage fotonskog zračenja elektromagnetskog vala električnog voda je manja od  $0,0001 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , dok puni mjesec u vedroj noći zrači Zemlju gustoćom snage od  $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , dakle 2000 puta jačom gustoćom. Kod elektromagnetskih polja vrlo niske frekvencije postoji golema razlika između valne dužine i udaljenost točke promatranja te se zbog toga električno i magnetsko polje mogu mjeriti i razmatrati odvojeno. Magnetsko polje nastaje protjecanjem električne struje kroz vodič. Jakost magnetskog polja označava se sa slovom H, a jedinica je A/m ( članak 2. Priloga 1.). Jakost magnetskog polja razmjerna je jakošću struje, a naglo opada s udaljenošću od vodiča kroz kojeg protječe struja. Učinci magnetskog polja ovise o gustoći magnetskog toka B, a jedinica je T (tesla). Gustoća magnetskog polja od 1T je vrlo veliki iznos za razmatranje učinka magnetskog polja na ljudski organizam, pa se koriste mnogo manje jedinice.

#### **3.1. Elektromagnetski okoliš**

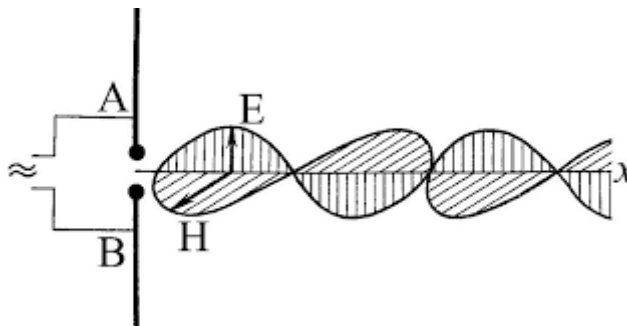
Prirodno neionizirajuće elektromagnetsko zračenje uglavnom je sa Sunca. Izvori koje je načinio čovjek počinju se javljati početkom 20. stoljeća razvojem električne mreže, no zadnjih desetljeća njihov broj se toliko povećao do neplaniranih razmjera te se još povećava. Visokonaponski dalekovodi i snažni radarski uređaji su izvori jakih električnih i magnetskih polja. Mali je broj osoba koje su izložene tim poljima, najčešće iz profesionalnih razloga. S druge strane gotovo cijel populacija u razvijenim zemljama je izložena niskim razinama elektromagnetskog zračenja u svojim domovima i na radnim mjestima.

Energija koju nosi elektromagnetski val lokalizirana je u pulsevima elektromagnetskog zračenja koji imaju naziv fotoni iznosi  $E = h \times f$  (vidi formulu 2). Elektromagnetski spektar proteže se od statičnih polja preko promjenjivih struja, radiovalova, vidljive svjetlosti, X i  $\gamma$  zraka do kozmičkog zračenja.



Slika 3.1. Predodžba izvora zračenja u elektromagnetskom okolišu

Prema frekvenciji i energiji elektromagnetski valovi se dijele na ionizirajuća i neionizirajuća zračenja. Ionizirajuća zračenja su elektromagnetski valovi (X-zrake i  $\gamma$  zrake) koji imaju dovoljnu energiju fotona da izazovu ionizaciju. Neionizirajuće zračenje su ultraljubičasto zračenje, vidljiva svjetlost, infracrveno zračenje (IC), radiofrekventna (RF) i mikrovalna (MW) polja, polja ekstremno niskih frekvencija (ELF) te statična električna i magnetska polja. Neionizirajuće zračenje izaziva biološke učinke kao što su zagrijavanje, mijenjanje kemijskih reakcija ili induciranje električnih struja u tkivima i stanicama. Ekspozicijska polja mogu biti daleka i bliska polja. Područje dalekog polja se širi od određene minimalne udaljenosti od antene do beskonačnosti. Za minimalnu udaljenost se odabire  $l \cong 2xD_2/\lambda$  gdje je D veća dimenzija antene, a  $\lambda$  valna duljina. U ovom području polje ima pretežno osobine ravnog vala, tj. vektor električnog polja E je okomit na vektor magnetskog polja B, a oba su okomita na smjer širenja.



Slika 3.2. Predodžba rasprostiranja elektromagnetskog vala



Područje bliskog polja u blizini izvora zračenja (antena) obuhvaća radijacijsko područje i reaktivno (ne radijacijsko područje). Reaktivno područje nalazi se uz antenu i širi se oko jednu valnu duljinu od antene. U tom području električno i magnetsko polje se mijenjaju s udaljenošću i tu je pohranjen dio elektromagnetske energije. U radijacijskom području bliskog polja energija se širi od antene, intenzitet električnog i magnetskog polja smanjuje se s udaljenošću, ali zračenje još uvijek nema osobine ravnog vala. Gustoća snage obično se mijenja s udaljenošću i to oscilatorno, a ne obrnuto proporcionalno s kvadratom udaljenosti kao za ravni val.

Prirodni i mnogi izvori koje je načinio čovjek proizvode elektromagnetsku energiju u obliku elektromagnetskih valova koji se sastoje od oscilirajućih električnih i magnetskih polja. Elektromagnetske valove određuje njihova valna duljina, frekvencija i energija. Frekvencija elektromagnetskog vala je broj oscilacija koji prolaze kroz točku u jedinici vremena i izražava se okretajima (titrajima) u sekundi odnosno hertzima (Hz). Što je kraća valna duljina, frekvencija je veća.

### **3.2. Fizički mehanizmi međudjelovanja**

Fizički mehanizmi međudjelovanja elektromagnetskih polja s biološkim sustavima ovise o frekvenciji polja. Postoje tri osnovna mehanizma međudjelovanja vremenski ovisnih elektromagnetskih polja s biološkim sustavima:

- vezanje na niskofrekventna električna polja
- vezanje na niskofrekventna magnetska polja
- apsorpcija energije elektromagnetskog polja

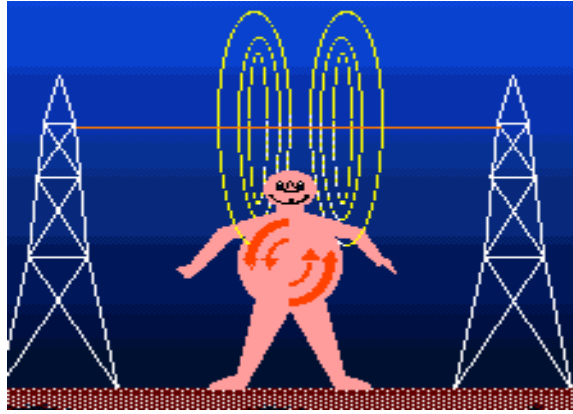
Vezanje na niskofrekventna električna polja kao posljedica međudjelovanja električnih polja s ljudskim organizmom javlja se tok električnih naboja, polarizacija vezanog naboja (električni dipoli) i preusmjeravanje električnih dipola koji već postoje u tkivima. Učinci ovise o električnim svojstvima tijela: električnoj vodljivosti (o kojoj ovisi tok električne struje) i permitivnosti (o kojoj ovise polarizacijski efekti). Električna vodljivost je različita za svaku vrstu tkiva i ovise o frekvenciji elektromagnetskog polja. Vanjsko električno polje inducira

naboj na površini tijela. Kao posljedice se javljaju struje u organizmu čija raspodjela ovisi o uvjetima izlaganja polju, tj. o veličini i obliku organizma i o položaju u polju organizma.



Slika 3.3. Predodžba vezanje električnih naboja s ljudskim organizmom

Vežanje na niskofrekventna magnetska polja dovodi do induciranja električnih polja i kružne električne struje kao posljedica međudjelovanja vremenski promjenjivih magnetskih polja s ljudskim organizmom. Jakost induciranih polja i gustoća struje su proporcionalne polumjeru petlje (kružnih struja), električnoj vodljivosti tkiva, brzini promjene i veličini gustoće magnetskog toka. Najjača električna polja se induciraju na mjestima gdje su petlje najveće. Tijelo nije električki homogeno, aligustoća induciranih struja se može izračunati koristeći anatomske i električke realističke metode modela tijela te računalne metode koji imaju visoku anatomsku rezoluciju.



Slika 3.4. Predodžba pojave induciranih kružnih struja

Izlaganje niskofrekventnim elektromagnetskim poljima ne izaziva značajne apsorpcije energije i umjereno povišenje temperature tijela. No izlaganje elektromagnetskim poljima na frekvencijama višim od 100 kHz može prouzročiti povećanu apsorpciju energije, a time i povišenu temperaturu. Izlaganje homogenim elektromagnetskim poljima dovodi do nehomogene raspodjele energije unutar tijela što se može utvrditi dozimetrijskim mjerenjima i proračunima.

### **3.3. Učinci izlaganja neionizirajućim elektromagnetskim poljima**

Elektromagnetska polja mogu izazvati biološke učinke koji ponekad mogu dovesti do negativnih učinaka na zdravlje čovjeka. Biološki učinak nastaje kada elektromagnetsko polje uzrokuje fiziološke promjene u biološkom sustavu koje se mogu otkriti mjerenjem. Negativan učinak na zdravlje se javlja kad je biološki učinak izlaganja polju izvan normalnog raspona koje organizam može kompenzirati. Neki biološki učinci su neškodljivi, kao tjelesna reakcija povećanja protoka krvi u koži kada je koža izložena suncu. Učinci mogu biti povoljni kao što je osjećaj topline od sunčeve svjetlosti koja nam godi kad je temperatura zraka hladnija, a to djeluje i pozitivno na kožu pošto se stvara vitamin D. Negativni učinci mogu biti pretjerano izlaganje suncu što dovodi do opekline ili raka kože. U istraživanju djelovanja neionizirajućih elektromagnetskih polja na biološke sustave koriste se različite metode i pristupi. Epidemiološke studije daju najtočnije informacije o riziku od negativnih učinaka kad ljudi. No teško je pronaći kontrolne skupine koje bi odgovarale izloženoj skupini zbog različite dobi, spola, tjelesne građe i sl. Ti rezultati moraju biti dobro provjereni jer ako je nešto pronađeno kao nizak rizik, a nije dobro provjereno, može postati posljedica nekih drugih

čimbenika. Ipak, epidemiološke studije su važne za praćenje djelovanja novih tehnologija na zdravlje ljudi. Razlikuju se netermički i termički učinci elektromagnetskog zračenja.

Netermički učinci elektromagnetskih polja niskih jakosti opaženi su istraživanjem na različitim razinama biološke složenosti (od molekula do organizma). Energija kvanta pridruženih elektromagnetskom polju za nekoliko je redova veličine niža od energije veze među molekulama u biološkom materijalu. Ako se javlja neki efekt, on mora biti postignut konverzijom energije, pojačanjem, rezonantnom pojavom ili kumulativnim procesom. Postavlja se pitanje da li su netermički učinci štetni za ljudski organizam.

Elektromagnetska polja ekstremno niskih frekvencija najčešće se povezuju s razvojem raka. Neka epidemiološka istraživanja pokazala su slabu statističku povezanost između blizine dalekovoda i dječje leukemije, radnog mjesta u okolišu s jakim magnetskim poljima i leukemije kod odraslih osoba te tumor mozga no ta istraživanja nisu potvrđena u istraživanju na životinjama. Još uvijek nije jasno postoji li uzročno posljedična veza između izlaganja poljima ekstremno niskih frekvencija i razvoja navedenih bolesti ili postoje uzroci u okolišu. Ispitivanje se vrši i za utjecaj polja na neurološke poremećaje i bolesti.

Termički učinci elektromagnetskih polja na ljudski organizam se očituje povišenjem temperature organizma. Utvrđene su opasnosti odizlaganja termičkim razinama elektromagnetskih zračenja i to čini osnovu graničnih vrijednosti izlaganja elektromagnetskim poljima (INCRIP,1998). Termički učinci nemaju kumulativan učinak. Nikakve popratne pojave nisu poznate u dijametričkoj terapiji koja se koristi desetljećima. Za razliku od netermičkih djelovanja, mehanizmi termičkih djelovanja dobro su poznati.



Slika 3.5. Predodžba izlaganja zračenju mobitela

## 4. ELEKTROMAGNETSKO ZAGAĐENJE

Elektromagnetsko zagađenje je nastalo kao posljedica brzog tehnološkog razvoja i možda nas ono najviše ugrožava. Najveća njegova opasnost je ta što ga ne možemo osjetiti niti vidjeti, a negativne posljedice se vide tek nakon dužeg perioda te se ne dovode u vezu sa elektromagnetskim zagađenjem već sa drugim faktorima.

Zdravstvena organizacija (WHO) umanjuje opasnost od raznih električnih uređaja koje su postale neizostavan dio naših života, no broj tih svih uređaja raste i zagađenje se samo povećava, a proporcionalno s tim raste broj oboljenja od tumora kod sve mlađe populacije

Razlikujemo prirodna i umjetna elektromagnetska zračenja. Prirodna zračenja su magnetsko polje Zemlje, elektrostatsko polje atmosfere, prirodna radioaktivnost, sunčeva svjetlost i sva radijacija iz svemira. Umjetna elektromagnetska zračenja su sva ona proizvedena od čovjeka i od njih nastaje elektrosmog, što je još jedna vrsta zagađenja. Prirodna i umjetna elektromagnetska zračenja mogu biti promjenjiva ili kao statična polja (konstantan iznos u dužem periodu).

### 4.1. Podjela po frekvenciji

Elektromagnetsko polje kućanske niskonaponske mreže (220V) je promjenjive prirode, mijenja se po sinusoidi 50 puta u sekundi, što znači da radi na frekvenciji od 50 Hz. Osim frekvencije, promjenjivo elektromagnetsko polje može se definirati valnom dužinom koja je obrnuto proporcionalna frekvenciji. Prema formuli  $c = \lambda \times f$  (vidi formulu 1), polje frekvencije 50 Hz ima valnu dužinu 6000 km, a za 3 GHz, valna dužina je 100 mm. Zato i mikrovalovi i imaju taj naziv, jer se odnose na elektromagnetsko zračenje vrlo male valne dužine, a velike frekvencije. Elektromagnetsko zračenje možemo opisati za niskofrekventno i visokofrekventno područje.

Niskofrekventno područje (do 300 Hz) obuhvaća naponsku mrežu koja radi na frekvenciji 50 Hz, odnosno emisiju elektromagnetskog zračenja svih elektro-naprava koje koristimo u kućanstvu i na radnom mjestu (računala, televizija, bojleri, radio itd.) te na elektrodistribucijske sustave (trafostanice, dalekovode, kućne instalacije). Ovo područje obuhvaća frekvencijski raspon moždanih valova čovjeka te Zemljinu rezonantnu frekvenciju (7.83 Hz Schumannova frekvencija). Niskofrekventni signal teško prodire kroz zapreke i

ljudsko tkivo, ali to nadoknađuje velikom snagom, ali ta snaga brzo opada udaljavajući se od izvora zračenja.

Visokofrekventno područje (300 MHz-5000 MHz) je frekventno područje u kojem radi većina današnje mainstream tehnologije: digitalna televizija, mobiteli, wireless, bluetooth, DECT bežični kućni telefoni, sustavi za komunikaciju policije i službe za hitnu pomoć kao i vatrogasne postrojbe, mikrovalne pećnice i ostali standardi koji su u širokoj upotrebi. Većina ljudi koristi zabavnu, medijsku te komunikacijsku tehnologiju iz ovog područja. Visokofrekventni signal ima karakteristiku da bez problema prodire kroz ljudsko tkivo, a snaga mu pada sa kvadratom udaljenosti od odašiljača. Zato se mobitelske stanice postavljaju u urbanim naseljima kako bi signal bio konstantan i neprekidan.

## 5. ELEKTROSMOG

Elektrosmog označava onečišćenje okoliša koje je rezultat elektromagnetskog zračenja. Niskofrekventna elektromagnetska izmjenična polja pojavljuju se kao posljedica električnog naboja koji se stvara u vodovima i uređajima prilikom spajanja na električna instalacije i kada ne teče električna energija kroz njih. Niskofrekventna izmjenična magnetska polja pojavljuju se prilikom strujanja električne energije u uređajima i električnim vodovima te žicama određenih transportnih sredstava (električni vlakovi i tramvaji), također i u vodovima visoko naponske mreže. Elektrosmog najviše izazivaju visokofrekventna elektromagnetska polja i valovi. Visokofrekventni valovi i polja služe za prijenos podataka na frekvencijama (100 do 300 GHz), a to znači 100 do 300 milijardi oscilacija u jednoj sekundi. U tom procesu dolazi do spajanja električnog i magnetskog polja pri čemu nastaju elektromagnetski valovi.

Visokofrekventna zračenja su bogata energijom pa su manje sklona kao pojava u smetnji u radu. Razlog je taj da visokofrekventna polja, odašiljači televizijskih i telefonskih stanica, radara, radiostanica, radio odašiljača te milijuni mobitela koji konstantno odašilju ovo zračenje. Visokofrekventni elektromagnetski valovi pojavljuju se neprestano na svim mjestima oko nas iz različitih izvora što znači, gdje god se nalazili, izloženi smo zračenju, tj. elektrosmogu.



Slika 5.1. Predodžba pojedinih izvora elektrosmoga

## **5.1. Djelovanje elektrosмога na ljude**

Ljudi koji su jako osjetljivi na ovakva zračenja, smatraju da je elektromagnetsko zračenje uzrok niz pojava kronične premorenosti, alergije, česte glavobolje, nesаницe, pojavu određenih strahova i srčanih tegoba kod njih. Međutim, mozak i živčani sustav upravljaju našim tijelom tako što mu šalju elektromagnetske signale malog intenziteta. Možemo pretpostaviti da umjetni koji su i snažniji elektromagnetski valovi utječu na osjetljive senzore u ljudskom tijelu, a možda ih malo po malo i uništavaju. Dokazano je da visokofrekventna zračenja uređaja mogu dovesti do zagrijavanja dijelova tijela, ovisi koje je mjesto ozračeno. Učinak takvog djelovanja ovisi o visini frekvencije i intenzitetu zračenja te pojedine individualne osobine čovjeka. Provedene su studije koje ukazuju na određeni rizik od elektromagnetskog zračenja.

Studije potvrđuju da ova zračenja utječu na središnji živčani sustav i na kognitivne funkcije u našem tijelu. Imunološki sustav je ugrožen. Sve stanice ljudskog tijela međusobno komuniciraju putem finih elektromagnetskih signala i kroz biokemijske reakcije. Ti signalni putovi prenose informacije koje se prevode u sve biokemijske i fiziološke procese tijela. Neprekidno izlaganje elektromagnetskom zračenju može poremetiti i iskriviti te stanične komunikacijske putove, što rezultira bolešću. Biološki stres izazvan elektro zagađenjem narušava normalnu fiziologiju i međustaničnu komunikaciju. Stanične funkcije se narušavaju, stanične membrane otvrdnjavaju, hranjive tvari ne mogu ući, a toksini izaći. Raspad staničnih procesa dovodi do oboljenja, no to se tek može primijetiti nakon dugog perioda.

## **5.2. Zaštita od utjecaja elektrosмога**

Pošto živimo u vremenu gdje je vrlo teško izbjeći elektrosmog (ulica, grad, radno mjesto), jedino mjesto gdje možemo smanjit to zračenje je mjesto gdje se svatko osjeća najsigurnijim - vlastiti dom.

Električni uređaji poput televizije, radia, mobitela i sl. ne bi trebali biti u spavaćoj sobi jer tijekom sna naši su obrambeni mehanizmi u tijelu smanjeni te smo vrlo osjetljiviji. Električne je uređaje nakon rada potrebno potpuno ugasiti. Problem mogu biti bežični DECT telefoni jer jačina signala koja dopire iz bazne stanice ovih telefona je snažna. Jačina zračenja bazne stanice na ljudsko tijelo na udaljenost 3 m je jače od zračenja u krugu 30m oko zgrade za odašiljače mobilnih telefona. U mnogim stanovima su ovi telefoni naj snažniji izvor zračenja.



Neki proizvođači opeka i betonskih elemenata i materijala navode točne podatke glede otpornosti i propusnosti svojih proizvoda kada se radi o elektromagnetskom zračenju.

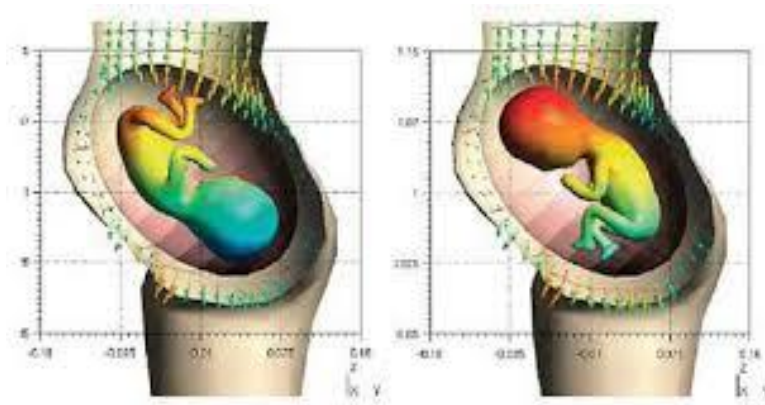
Vlade svih država svijeta, službena medicina i organizacije koje se brinu o zdravlju ljudi. WHO i INCRIP, danas priznaju samo toplinske učinke zagrijavanja ljudskog tkiva uslijed elektromagnetskog zračenja kao mogući uzročnik zdravstvenih problema. Sve smjernice o dozvoljenom elektromagnetskom zračenju koje su na snazi uzimaju u obzir sami istraživanja toplinskog efekta na ljudsko tkivo i to u relativno kratkom periodu promatranja. Poanta ovih smjernica je da dugotrajno izlaganje malim dozama zračenja (unutar dopuštene granice) ne može imati negativna utjecaj na ljudsko zdravlje. No postoje istraživanja uglednih istraživača i institucija koje navode da postoje ozbiljni negativni efekti na ljudsko zdravlje uslijed izlaganja malim dozama netermalnog elektromagnetskog zračenja (elektromagnetske radijacije).

Ovim istraživanjem, porastom broja raka i broja mobitela u svijetu, dovelo je da Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) i njezina radna skupina IARC 2011.g. priznaje mobilnu telefoniju kao mogući uzročnik raka te ih svrstale u istu skupinu mogućih kancerogena.

Popis simptoma bolesti koje mogu nastati kao posljedica izlaganja elektromagnetskom zračenju:

- rak
- sterilnost (ne plodnost)
- gubitak apetita
- mučnina
- pretilost
- spontani pobačaj
- urođeni defekti
- sindrom kronične premorenosti
- nesanic
- glavobolja
- tjeskoba
- nervoza
- depresija
- poremećaj koncentracije

- gubitak pamćenja
- slabljenje vida
- kardiovaskularni problemi



Slika 5.2. Predodžba inducirane struje u fetusu (maks. u 8. tjednu trudnoće)

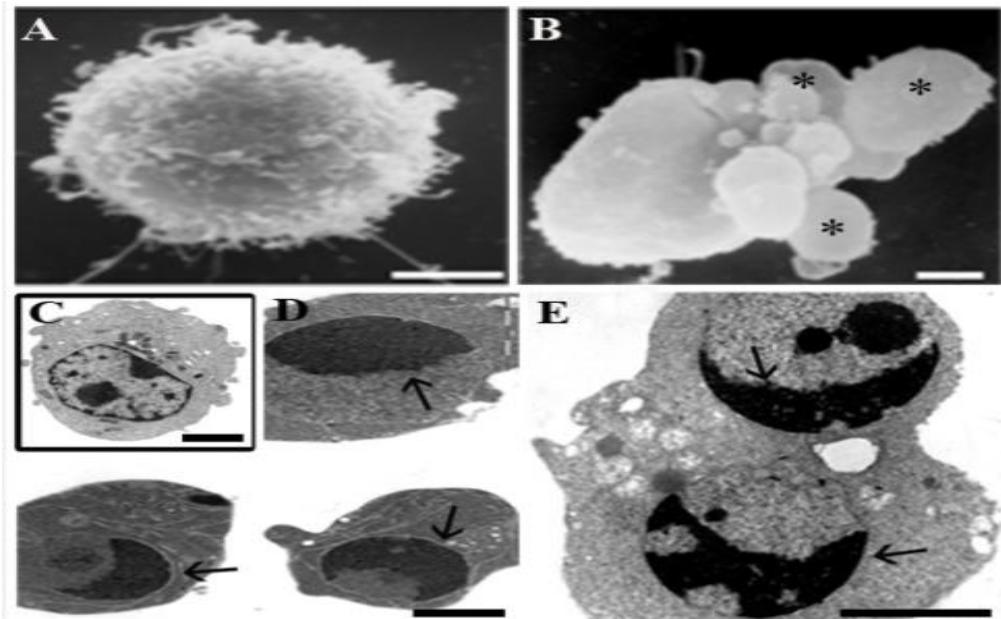
## 6. DJELOVANJE ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA NA STANICU

Na staničnim membranama imamo specijalne receptore zvane mikrotubuli, koji mogu osjećati frekvencije. Receptori interpretiraju umjetno elektromagnetsko mikrovalno zračenje kao nepoznatu, prijeteću energiju. Stanične membrane istog trenutka prelazi u zaštitni način rada što znači da hranjive tvari ne mogu ući u stanicu, a toksini i otpadni produkti ne mogu izaći. A to znači da je izgubljena međustanična komunikacija. To stanje je trenutno i traje dok je god organizam izložen zračenju. Ako to stanje potraje, nastaju biološke štetnosti kao što su štete od slobodnih radikala, genetske mutacije, gubitka stanične energije, preranog starenja i degenerativnih bolesti.

Štitnjača je žlijezda koja ima ulogu kontrole metabolizma organizma, no njena primarna funkcija je zaštititi organizam od svih vrsta radijacije. Poznato je da radioaktivni jod koji se koristi kod nekih dijagnostičkih pretraga, jedna štitnjača uredno skuplja, pokušava ga neutralizirati i zaštititi ostale vitalne organe. Stoga kod izlaganja elektromagnetskom zračenju, štitnjača je prva u opasnosti što može dovesti do povećanog lučenja hormona ili do smanjenja lučenja hormona i tada nastaje domino efekt za cijeli organizam. Moderna medicina poremećaju rada štitnjače najčešće prepisuje stresu, lošoj prehrani ili ženskim problemima zanemarujući pomisao na zračenje.

Provodila su se istraživanja na štakorima tko što su tri mjeseca bili izloženi frekvencijama strujnih vodova. Njihova štitnjača je pokazala znakove propadanja, a nakon isključivanja zračenja, nisu je uspjeli obnoviti. Ustanovljeno je da ljudi koji žive šest godina u krugu od sto metara od bazne stanice da ti ljudi imaju češće problema sa štitnjačom (smanjeno lučenje hormona). Posljedica toga su simptomi pretilosti i premorenosti. I tu se može naći poveznica, pošto je primjerice velik broj stanovništva u Hrvatskoj pretilo ili ima prekomjernu težinu.

Kada spominjemo hormone, posebno je navesti neurotransmitere, hormone koji uključuju serotonin i dopamin, a vezani su za raspoloženje. Razina serotonina je povezana sa depresijom. Dopamin djeluje na moždane procese, pokret, emocionalne reakcije te osjećaje užitak i bol. Poremećena razina dopamina može se dovesti u vezu s raznim neurološkim poremećajima kao npr. poremećaj koncentracije.



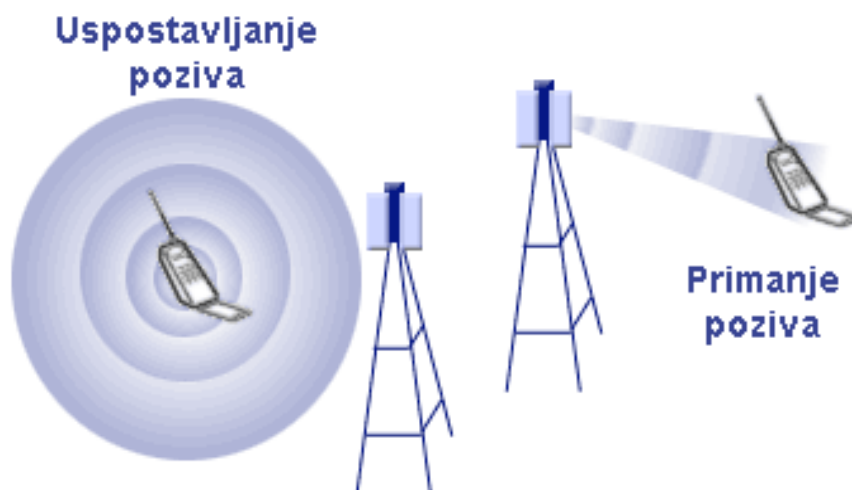
Slika 6.1. Predodžba mutacije stanice- nastajanje raka

## **7. UTJECAJ BEŽIČNIH TEHNOLOGIJA NA LJUDSKO ZDRAVLJE**

U novom telekomunikacijskom dobu sve češće se postavljaju pitanja o zračenju mobitela i baznih stanica. Provedeno je mnogo istraživanja na tu temu no nijedna nije konkretno dokazala štetnost neionizirajućeg zračenja, a nijedna studija nije sa sigurnošću potvrdila da je zračenje bezopasno. Unatoč svemu, broj korisnika svejedno raste, a razlog je tome velika potražnja i ne informiranost o zračenju. Stoga će se utjecaj zračenja mobitela na ljudski organizam sve lakše uočavati. I tu se postavlja pitanje da li su korisnici mobilnih uređaja dužni dokazati štetan utjecaj zračenja i da li su proizvođači mobilnih uređaja dužni dokazati potpunu sigurnost od zračenja. Oba pitanja imaju problem. U prvom pitanju je neinformiranost o zračenju i njegovim posljedicama, a u drugom pitanju je to što će svaki proizvod zračiti što znači da se zračenje nemože zaustaviti dok je uređaj u radnom stanju. Zbog nove tehnologije pojavljivat će se novi fenomeni koji su potencijalno opasni za ljudsko zdravlje. Pitanje sigurnosti i zaštite zdravlja postaje vrlo bitno u modernom svijetu, ali se ne obraća dovoljno pozornosti na sva štetna djelovanja novih tehnologija.

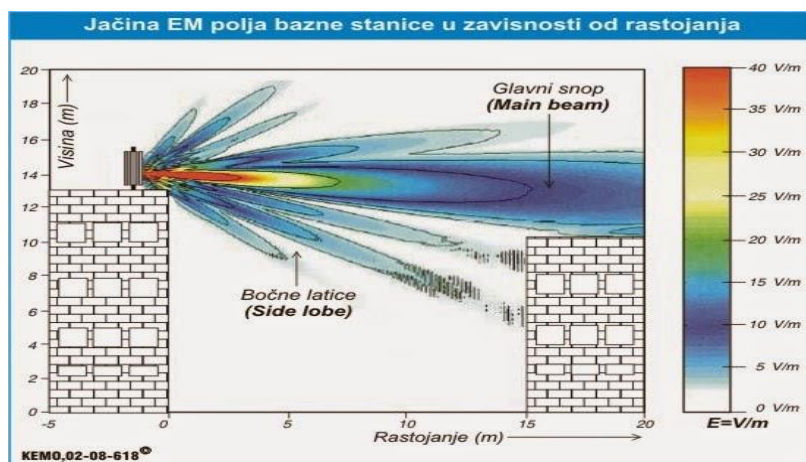
### **7.1. Zračenje bežičnih uređaja**

Kod uspostave poziva šalju se radiosignali s pokretnog telefona do najbliže bazne stanice koja ih prenosi do drugih pokretnih telefona ili u fiksnu mrežu. Pokretni telefoni i odašiljači koji se postavljaju na bazne stanice proizvode radiovalove (RF), slične onima koje emitiraju TV-odašiljači i radiouređaji. Mobiteli za vrijeme razgovora „komuniciraju“ s baznim stanicama. Govor i podaci pretvaraju se preko mobilnih telefon u signale i prenose elektromagnetskim valovima do baznih stanica, potom do druge bazne stanice koja „komunicira“ s mobitelom kojem je upućen poziv. Bazna stanica sastoji se od antene, nosača i elektronskog sklopa koji su međusobno raspoređeni na način da svaka bazna stanica pokriva određeni dio teritorija. Ono što odašilje elektromagnetske valove je antena, smještena na vrhu nosača. Valovi se odašilju pravocrtno u prostor. Kako bi se uspostavila komunikacija, mobitel također odašilje signal kojim uspostavlja dijalog s bazom stanicom. Stanice mogu biti velike i male, a uglavnom se postavljaju na udaljenostima od 200 do 500 metara u gradovima te na 2 do 5 kilometara u ruralnim područjima. Broj baznih stanica ovisi o okolini i broju veza koje je istodobno potrebno ostvariti.



Slika 7.1. Predodžba uspostave poziva s mobitela do najbliže bazne stanice

Osim mobitela koji moraju prenijeti signal do bazne stanice, same bazne stanice zrače nekoliko puta jačom snagom od mobitela, zato i jesu nekoliko stotina metara udaljene. Što je veća udaljenost od neke bazne stanice, manje je elektromagnetsko zračenje. Za vrijeme komunikacije između mobitela i bazne stanice mobitel mora koristiti puno veću snagu kako bi se uspostavio signal. To znači, ako su bazne stanice gusto postavljene, one će zračiti manjom energijom jer moraju pokriti manje područje, a i mobitelu će trebati manja izlazna energija kako bi se uspostavila komunikacija, a time će i izloženost zračenju biti manja. Povećana opasnost može postojati ako su antene usmjerene s mnogo radiofrekventne energije na malu površinu tijela korisnika. Dio zračenja koji je usmjeren prema dolje je manje snage, jer ga zaustavljaju zidovi i zgrade tako da ne predstavlja opasnost za zdravlje ljudi.



Slika 7.2. Predodžba dometa i smjer bazne stanice postavljene na zgradu

## 7.2. Specifičnost postavljanja antena u naseljenim područjima

Broj baznih stanica ovisi o okolini i broju veza koje je moguće ostvariti. Bazine stanice se postavljaju na krovove stambenih i drugih objekata. Mobilni radiokomunikacijski sustavi koriste se frekvencijama od 800 do 900 MHz u radiovalnom spektru i odašiljačima frekvencijskog područja od 1850 do 1990 MHz. Antene su postavljene u tri skupine. Svaka skupina ima tri antene, pri čemu jedna antena emitira signale mobilnim jedinicama. Druge dvije antene u svakoj skupini služe za primanje signala od mobilnih jedinica. Antene odašilju signale na različitim frekvencijama, ovisno o kanalu. Operativna snaga je oko nekoliko stotina vata (W) za radiostanice, do milijun vata za određenu televizijsku stanicu.



Slika 7.3. Predodžba postavljanja baznih stanica u naseljenom području

Intenzitet elektromagnetskog polja koje se stvara pri odašiljanju signala ovisi o više čimbenika, a to su tip stanice, dizajn antene koja se upotrebljava, snaga odašiljanja prema anteni, visini antene i udaljenosti antene. Zračenje ovih antena je znatno jače u njezinoj blizini. Pri višim frekvencijama ljudsko tijelo apsorbira više energije zračenja i time se opasnost za zdravlje povećava. Dopuštena količina gustoće snage kreće se oko  $2 \text{ W/m}^2$  za uređaje koji rade 10-400 MHz (vidi Tablica 1. Prilog 3.), a  $10 \text{ W/m}^2$  za uređaje koji rade na 2-300 GHz (vidi Tablica 2. Prilog 2.) prema Pravilniku o zaštiti od elektromagnetskih polja. Da bi nastala opasnost od zračenja za pojedinca, izvor zračenja trebao bi se povećati na razinu

na kojoj antena odašilje signale na udaljenosti od pola metra. Obično je do takvih izvora ulaz nedostupan, osim za djelatnike.

### **7.3. Specifična apsorbirana snaga (SAR)**

Specifična apsorbirana snaga je mjera brzine apsorpiranja energije po jedinici mase biološkog tkiva, a izražava se u vatima po kilogramu (članak 2., Prilog1.). Međunarodna ograničenja zbog izlaganja zračenju temelje se na termalnim učincima elektromagnetske radijacije, a RF frekvencije se određuju sa specifičnom apsorpcijom – SAR vrijednost. Taj dobiveni parametar je odabran, jer predstavlja povezanost energije po jedinici mase i vremena. Uzima se u obzir vrsta izvora, frekvencija rada i vremensko trajanje izlaganja. Za izlaganje poljima velikog dometa mora se voditi računa o lokaciji antene izvora i dielektričnoj strukturi ljudskog tijela, učincima stojnog vala, fokusiranja elektromagnetskih polja i prirode elektrostatičkih i vodljivih polja. Informacije o maksimalnim i prosječnim specifičnim apsorpcijama cijelog tijela izračunavaju se preko SAR vrijednosti po jednadžbi:

$$SAR = E_2 \times \sigma / \rho \text{ [W/kg]} \quad (3)$$

Vrijednost SAR-a ovise o sljedećim parametrima:

- parametri upadnog polja: frekvencija, jakost, polarizacija, položaj izvora i objekta (blisko i daleko polje)
- svojstva izloženog tijela: veličina, unutarnja i vanjska geometrija, dielektrična svojstva tkiva
- efekti uzemljenja i refleksije zbog drugih objekata u polju u blizini izloženog tijela

### **7.4. Zaštita od zračenja bežičnih uređaja**

Uporabom različitih štitova dovoljne debljine može se smanjiti zračenje na dovoljno nisku razinu tako da više ne ugrožava zdravlje korisnika i okolinu. Zaštitna odjeća od nikla ili s primjesima olova i zaštitne naočale koje odbijaju zračenje moraju uvijek biti na raspolaganju korisnicima. Drugi način zaštite je biti što udaljeniji od izvora zračenja (jakost snopa zračenja pada sa kvadratom udaljenosti od izvora) i treći je što manja izloženost zračenju. Svi ti načini



služe za zaštitu pri radu s radioaktivnim izvorima, a vrijede i za ostale manje štetne vrste zračenja. Ako je dokazano ili se sumnja da neki uređaj štetno djeluje na okolinu, a time i na zdravlje ljudi koji ga koriste ili se nalaze u blizini, potrebno je provesti odgovarajuću zaštitu da bi se ta opasnost uklonila ili svela na najmanju moguću mjeru.

Mjere za zaštitu od neionizirajućeg zračenja:

- propisivanje graničnih razina i nadzor nad izloženosti ljudi u neionizirajućem zračenju
- proračun i procjena razine zračenja u okolišu izvora neionizirajućeg zračenja
- mjerenje razine zračenja u okolišu izvora neionizirajućeg zračenja
- smanjivanje razine zračenja u okoliš, vremensko ograničavanje izloženosti ljudi
- prikladno označavanje prostora, izobrazba i stručno usavršavanje zaposlenih djelatnika što se tiče zaštite od neionizirajućeg zračenja

Pokretni i mobilni komunikacijski uređaji, posljednjih su godina postali dio naše svakodnevnice, teško je zamisliti život, posebno poslovne komunikacije, bez tih malenih uređaja koje omogućavaju dostupnost u svakom trenutku i svakom segmentu života. Svijest o mogućem utjecaju na zdravlje postala je sve jača, a glas javnosti sve zabrinutiji. Stoga je u međunarodnoj zdravstvenoj zajednici proveden niz detaljnih istraživanja o utjecaju elektromagnetskih zračenja na zdravlje ljudi.



Slika 7.4. Predodžba ovisnosti o mobitelu



Slika 7.5. Predodžba ovisnost djece i mladih o zabavnim uređajima

## **8. VISOKOFREKVENTNA ELEKTROMAGNETSKA POLJA**

Visokofrekventna elektromagnetska polja karakteristična su po svom toplinskom djelovanju, tj zagrijavanju tkiva. Mikrovalna i radio frekvencijska elektromagnetska polja izazivaju titranje molekula i induciraju u tijelu vrtložne struje te na taj način zagrijavaju tkivo. Ako čovjek koji se nalazi u jakom visokofrekvencijskom polju, dođe u dodir s vodljivim predmetom, poteći će dodirna struja koja izaziva bol, stres i opekotine. Visokofrekventna elektromagnetska polja i valovi izazivaju najveći strah. Razlog je taj da odašiljači mobilnih telefonskih stanica, televizijski i radio odašiljači, radari, amaterske radio stanice, milijuni telefonskih aparata, konstantno odašilju ovo zračenje.

### **8.1. Fizikalno djelovanje**

Elementarni fizikalni efekti, koji nastaju uzajamnim djelovanjem elektromagnetskih polja odnosno zračenje s materijom, mogu biti statička polja ili izmjenična polja.

U statičkom električnom polju na nepokretnu nabijenu česticu djeluje sila (Coulombova) i dovodi česticu u kretanje. Ako se čestica kreće s osnovne staze, njezino djelovanje dobiva dodatnu komponentu u smjeru polja. Statičko magnetsko polje nasuprot tome djeluje silom na nabijenu česticu kad se ona kreće, jer kada miruje nema djelovanja sile u statičkom magnetskom polju. Dolazi do skretanja čestice. Smjer sile je okomit na polje i na smjer kretanja.

Izmjenična polja su polja čija amplituda se vremenski mijenja. U niskofrekvencijskom području su polja (električna izmjenična ili magnetska izmjenična) općenito vezana za svoje izvore. Zbog toga se u ovom frekvencijskom području govori o polju, dok se u visokofrekvencijskom području udaljenih polja, gdje polja idu od antene i šire u prostor, prije koristi pojam zračenje.

Primarno fizikalno izmjenično djelovanje elektromagnetskih izmjeničnih polja u tijelu je u niskofrekvencijskom ili visokofrekvencijskom području isto. U visokofrekvencijskom području javlja se zagrijavanje kao najvažniji efekt. Zagrijavanje u visokofrekvencijskom području zasniva se na istim mehanizmima kao i u slučaju konvencionalnog postupka. Ako se u elektromagnetskom polju čestice počinju kretati, tada se sudaraju sa drugim česticama

(kaotično kretanje) te se zračenje pretvara u toplinu. Što je veći broj sudara pri kojem nastaje energija, veća je proizvedena toplina.

## **8.2. Biološko djelovanje**

Visokofrekvencijska elektromagnetska polja dovoljnog intenziteta mogu dovesti do narušavanja i oštećenja zdravlja. Bio-fizikalno djelovanje se dijeli na direktno termičko i netermičko djelovanje te na indirektno djelovanje.

### **Direktno termičko djelovanje**

Zagrijavanje u visokofrekvencijskom području zasniva se na istim mehanizmima kao i kod konvencionalnog postupka-kretanje nosioca naboja i međusobnim sudaranjem; specifični efekti kao nastanak kemijskih promjena se ne događa, jer zračenje nije ni približno dovoljno jako da rastavi najslabije kemijske veze.

Posebnost visokofrekvencijskog zagrijavanja je da se ono uopće ne primjećuje ili bude kasno primijećeno kod konvencionalnog zagrijavanja toplina prodire izvana prema unutra i opaža se na površini tijela preko različitih receptora. Zbog toga je moguća opasnost štetnosti pravovremeno ukloniti. Toplina koju proizvodi visokofrekvencijsko zračenje nastaje u unutrašnjosti tijela i ne primjećuje se zbog nedostatka receptora za toplinu. Zbog toga zaštita pravilnim reagiranjem nije moguća, već samo preventivno pravilnim ponašanjem.

Apsorpcija energije i s time povezano zagrijavanje ovisi o frekvenciji. Većina energija se apsorbira kada su dimenzije tijela velika kao polovina valne duljine zračenja, drugim riječima kada frekvencija odgovara tijelu. Ovo područje rezonancije proteže se između 30-400 MHz. Područje ispod 30 MHz naziva se predrezonancijskim područjem. U ovom području je valna duljina veća od veličine tijela, pa je apsorpcijska sposobnost tijela mala i dubina prodora zračenja velika. Velika dubina prodiranja znači da se zračenje u površinskim slojevima malo apsorbira i zato je prodor u dubinu moguć. To znači da u ovom području potreban visok intenzitet zračenja kako bi se tijelo zagrijalo. Toplina se širi po cijelom tijelu. Dalje ćemo navesti štetna djelovanja ovog zračenja:

- mrena leće oka-sposobnost leće oka je u usporedbi s drugim vrstama tkiva mala. Ona manje apsorbira toplinu od drugih vrsta tkiva, također toplina ne može biti dovoljno odvedena zbog nedovoljne prokrvljenosti.

- srčani infarkt- U području subrezonancije (frekvencije manje od 100 MHz) i kod visokih intenziteta dolazi do reverzibilnih pojava kao što su glavobolja, umor, nevoljkost, strah, uzrujanost, nesаница, vrtoglavica, zgrušavanje krvi, mučnina i povraćanje. Te se pojave po svojoj jačini razlikuju od osobe do osobe. Najopasnije je povećanje zgrušavanja krvi jer je s time povećan rizik od infarkta.

- toplinski udar- ako u tijelo dospije toliko topline, da je krvotok više ne može regulirati, tada se temperatura tijela povisuje, do 39<sup>o</sup> je podnošljiva ali alarmantno. Kod temperature od 40<sup>o</sup> postoji opasnost od zakazivanja krvotoka i kolabiranja uslijed vrućine, koja se povećava usred tjelesnog naprezanja. Temperatura od 41<sup>o</sup> tijekom duljeg vremena može dovesti do oštećenja mozga. Kod temperature preko 43<sup>o</sup> dolazi do toplinskog udara koja može imati smrtne posljedice.

-podražajno djelovanje- uglavnom se javljaju u niskofrekvencijskom području. U visokofrekvencijskom području kod frekvencije između 20-100 KHz u početku se javlja osjećaj sputanosti koji nakon nekoliko sekundi prelazi u osjećaj topline.

-mikrovalni zvukovi- pulsirajuće zračenje od 216-6550 MHz i srednji intenzitet od 0.4 mW/cm<sup>2</sup> ljudi mogu prepoznati kao pucketanje, zujanje, pištanje ili lupkanje ovisno o frekvenciji impulsa. Mikrovalni zvukovi su termički efekt, što u glavi čovjeka mogu uzrokovati termoelastične tlačne valove te time utjecati na sluh.

-plodnost- općepoznato je da zagrijavanje testisa nepovoljno utječe na pokretljivost spermatozoida, a time i na plodnost. Nastanak spermija može se jako umanjiti ili potpuno obustaviti. Proveden je pokus na miševima koji su bili izloženi mikrovalnom zračenju 2.45 GHz te su svi spermiji bili ubijeni.

## Direktna netermička djelovanja

To su efekti koji se ne mogu povezati s utjecajem topline. Njihovo postojanje se dugo osporava odnosno njihov utjecaj se ne smatra relevantnim.

- krv likvor spremnici /gubitak kalcija- krv likvor spremnici su biokemijski „spremnici“ koji sprečavaju da mozak nekontrolirano bude izložen promjenama koncentracije iona kao kalciji ili hormonima i aminokiselinama. Preko nisko frekvencijskih polja manjeg intenziteta (srednji SAR =1,3 mW/cm<sup>2</sup> ) javlja se reverzibilna promjena propusnosti ovih spremnika za kalcij ione, koja se ne može objasniti termičkim efektom. Ovaj efekt se javlja kod određenih amplituda i frekvencijskih područja. Takva istraživanja su zahtjevna i traže veliku preciznost. Do sada utvrđeni efekti su mali i djelomično oprečni. Postojanje takvih djelovanja ipak nije isključeno.

- ponašanje- iz mnogih istraživanja proizlazi da kod SAR >1 W/kg dolazi do određenih (reverzibilnih) promjena ponašanja kod životinja. U pokusima na životinjama sa štakorima (2,45 GHz, SAR= 0,7 mW/cm<sup>2</sup>) pokazuje se smanjena osjetljivost na električni podražaj za cca 20%, smanjena reakcija bijegom, smanjena pokretljivost i povećan broj grešaka kod korištenja automata za hranjenje. Rezultati su se razlikovali i sukladno vremenu kada su se odvijali.

- centralni živčani sustav- prilikom pretraga je utvrđeno da visokofrekvencijska polja mogu utjecati na djelovanje lijekova za centralni živčani sustav. Moglo se utvrditi da se kod SAR > 8W/kg povećava lučenje određenih neurotransmitera odnosno smanjuje lučenje drugih.

- endokrini sustav- visokofrekvencijsko zračenje može utjecati na nadbubrežnu žlijezdu, štitnu žlijezdu i lučenje hormona rasta. Kod nekih ispitivanja utvrđen je utjecaj na štitnu žlijezdu kod SAR=2,1 W/kg utvrđen, dok su kod drugih ispitivanja iste vrste do 25 W/kg nisu utvrđene promjene.

- rak- kancerogeni učinak visokofrekvencijskog zračenja nije do sada mogao nedvojbeno biti dokazan, niti u pokusima na životinjama niti u epidemiološkim studijama. Prije svega su dosadašnje studije pružile smjernice i osnove za daljnja detaljnija istraživanja izloženog stanovništva. Iz daljnjih istraživanja proizlazi da visokofrekvencijsko zračenje pogoduje raku, ali ga ne uzrokuje.

- mutagenost- kod neznatnih povećanja temperatura nema ponovljenih istovjetnih opažanja promjena na kromosomima i DNK molekulama. Visokofrekvencijsko zračenje ne uzrokuje

niti kod bakterija genetske promjene, osim kod temperatura koje su jasno izvan normalnog fiziološkog područja.

### **Indirektno djelovanje**

-mikrošokovi- u dobro vodljivim metalnim predmetima, u elektromagnetskim visokofrekvencijskim poljima mogu nastati opasni visoki izmjenični naponi između dviju točaka ili između predmeta i zemlje. Kod pokretnih predmeta, tijekom podizanja, spuštanja ili okretanja nastati rezonancije s frekvencijom odašiljača. Visoko inducirani naponi prouzrokuju mikrošokove, opekline, nekrozu tkiva i strah.

-opasnost od eksplozije- svi metalni dijelovi koji se nalaze u visokofrekvencijskim poljima djeluju kao prijemne antene i mogu kod dovoljnog intenziteta polja prouzročiti u eksplozivnoj atmosferi zapaljenje. Ako dođe do usijanja tankih žica zbog inducirane struje u eksplozivnoj atmosferi, može doći do zapaljenja ili eksplozije. U visokofrekventnom području sigurna udaljenost od detonatora do odašiljača snage 1000 kW oko 250m.

-zagrijavanje metala- visokofrekventna polja induciraju u metalnim predmetima vrtložne struje koje za posljedicu imaju zagrijavanje metala. Kod elektrostimulatora srca i metalnog nakita može doći do lokalnih opekline na mjestu gdje se nalazi metal. Metalni nakit treba skinuti kada se čovjek nađe u jakim poljima. Zbog toga se zabranjuje metalni nakit (metalne naušnice, prsteni, piercing) na pojedinim radnim mjestima.

-utjecaj na elektrostimulatore srca- u svijetu postoje stotine različitih tipova elektrostimulatora srca različite elektroničke građe. Broj nositelja elektrostimulatora se procjenjuje na milijune. Postoje dvije vrste elektrostimulatora srca:

1. stariji asinkroni s nepromjenjivom frekvencijom
2. novi sinkroni s varijabilnom frekvencijom

Asinkroni elektrostimulatori srca s nepromjenjivom frekvencijom daju stimulacijske impulse bez da u obzir uzmu spontani podražaj srca. Nedostatak je taj da možda u sporadičnom podražaju srca može elektrostimulator srca doći u kritičnu fazu i potaknuti treptanje srčane komore, gdje bez liječničke pomoći može doći do zatajenja rada srca i smrt.

Sinkroni elektrostimulatori srca s varijabilnom frekvencijom prepoznaju smetnju, uređaj se sam prilagođava u radu zadanoj frekvenciji. Sinkroni stimulatori srca se dijele u dvije grupe: elektrostimulatori u pripravnosti i na zahtjev.

Elaktrostimulatori srca koji su u pripravnosti pokreću se uz podražaj srčane predkomore, odašilju vremenski definirani simulacijski impuls u srčanu komoru (ventrikulu). Ako postoji samo podražaj ventrikule, tada se on usklađuje sa stimulacijskim impulsima elektrostimulatora srca. Njegov nedostatak je velika potrošnja energije, jer se u svakom slučaju simulacijski impuls šalje u ventrikulu.

Elektrostimulatori srca na zahtjev elektrode koriste istovremeno i za nadzor rada srca. Stimulacijski se impuls samo tada šalje kada vlastiti impuls srca izostane dulje nego je to predviđeno vremenom tolerancije. Pogrešno tumačenje signala smetnje dovodi do inhibiranja stimulacije. Kod kratkih smetnji nema opasnosti. Ako inhibiranje stimulacije traje dulje, koja se istovremeno poklapa sa izostankom vlastitog podražaja, dolazi do nedostatka prokrvljenosti i time do istih posljedica kao i titraj srčane komore.

Nastanak ovih dvaju događaja je izrazito rijedak, pa je rizik mali.



## 9. IZVORI ZRAČENJA

Električna energija proizvedena u elektranama prenosi se vodovima visokog napona od 110 kV do 759 kV prema potrošačkim područjima. Transformatorima se reducira napon na 400/230 V za mjesnu distribuciju. Široka populacija izložena je magnetskim poljima mrežne frekvencije 50 Hz preko prijenosnih vodova visokog napona, mjesnog sustava distribucije električne energije niskog napona kod kuće i na poslu i kućanskih električnih naprava. Prijenosni vodovi i mjesni sustav za distribuciju niskog napona stvaraju magnetsko zračenje, tj. magnetski tok okoline. Prosječna vrijednost magnetske indukcije iznosi 200 nT u stambenim i poslovnim zgradama. Ispod nadzemnih vodova visokog napona izmjereno je 5.2  $\mu$ T do 20.1  $\mu$ T. Na udaljenostima od 50 m do 100 m ta vrijednost naglo opada. Izloženost magnetskim poljima kućanskih naprava premašuje vrijednosti temeljne indukcije okoliša koja ima vrijednost 10  $\mu$ T do 100  $\mu$ T. Primjerice sušilo za kosu na udaljenosti od 15 cm od glave stvara gustoću magnetskog toka od 30  $\mu$ T. Izloženost magnetskim poljima kućanskih aparata je neredovita i kratkog je trajanja.

Sustavi osiguranja u trgovačkim centrima koriste elektromagnetsko polje stvoreno prikladnom zavojnicom koje detektira postojanje ili nepostojanje odgovarajuće naljepnice. Elektromagnetsko polje frekvencije varira od nekoliko stotina kHz do nekoliko MHz i ne prelazi dopuštene granice. Na sličnom principu rade sustavi za otvaranje vrata sa identifikacijskom karticom. Za praćenje posudbe knjiga u knjižnicama koristi se sličan sustav s magnetskim kodom koji djeluje na frekvenciji nekoliko kHz, a gustoća magnetskog toka ne može prijeći dopuštene granice. Detektori metala rade na jačim magnetskim tokom od 100  $\mu$ T, frekvencije ispod 1 MHz. Prisutnost metala narušava magnetsko polje i na prikladan način ova se pojava signalizira. U tom slučaju jakost magnetske indukcije može biti iznad dopuštene granice.

Radijske i televizijske antene: radiovalove dijelimo na dvije grupe s obzirom na način prijenosa informacija. To su signali s amplitudnom modulacijom (AM) i signali s frekvencijskom modulacijom (FM). Signali s amplitudnom modulacijom koriste se za prijenos informacija na velike i srednje duljine. Signali s frekvencijskom modulacijom koriste se za mjesno područje, ali s mnogo boljom kvalitetom zvuka. Antene AM valova smještene su na visokim stupovima ili se sastoje od metalnih žica razapetih između visokih stupova, koji mogu biti visoki nekoliko desetaka metara. Pristup i područje blizu antene tmora biti zapriječen zbog visokog zračenja antena i dovodnih kablova. Frekvencije radiovalova su u

području od 1 MHz do 300 MHz, a za televiziju se koriste i do 1 GHz. Za jačinu izloženosti ovim poljima se koristi snaga elektromagnetskog vala ( $W/m^2$ ).

Električni vlakovi imaju jednu ili više električnih lokomotiva koje su odvojene od putničkih vagona zbog utjecaja elektromagnetskog polja. Zaposlenici u lokomotivi su izloženi elektromagnetskim poljima električnih motora i ostale električne opreme. Putnici su također izloženi elektromagnetskim poljima, ali onim što ga stvara opskrbeni nadzemni visokonaponski vod izmjenične struje iznad željezničke pruge. Stanovništvo koje živi neposredno uz željezničke pruge može biti izloženo elektromagnetskim utjecajima nadzemnog opskrbenog voda, kao i kod prijenosnih nadzemnih visokonaponskih vodova, ali je izloženost podosta niža te ovisi o sustavu napajanja električnom energijom željezničke pruge. Lokalni vlakovi, podzemne željeznice i tramvaji opskrbljuju se električnom energijom izmjenične ili istosmjerne struje preko nadzemnih vodova ili posebnih tračnica za istosmjernu struju.

### **9.1. Otvoreni izvori zračenja**

Radio- radiovalovi su oblik elektromagnetskog zračenja koje se stvara kada električki nabijen objekt (elektron) ubrza s frekvencijom koja leži u radiofrekvencijskom opsegu elektromagnetskog spektra (RF). U radiju ovo ubrzavanje izaziva izmjenična struja u anteni. Radiovalovi imaju raspon do 300 GHz.

Radari- Radar emitira mikrovalove s frekvencijom od nekoliko stotina MHz do nekoliko desetaka GHz. Radarski signali su pulsirajući i vršni val ima mnogo veću snagu od osnovnog vala. Za određivanje graničnih dopuštenih vrijednosti zračenja uzimaju se toplinski učinci uzrokovani osnovnim valom. Radi pulsnog rada nastaje vremenski mali intenzitet zračenja.

Postoje više vrsta radara sa različitim djelovanjima i jačinama zračenja, a to su:

prometni radar

radar u avionu

radar za sigurnost letova u zračnoj luci

satelitski sustavi

brodski radar

vojni radar

Prometni radar služi za mjerenje brzine u prometu i radi na osnovu frekvencijskog pomaka između odašlanog i reflektiranog vala. Frekvencija odašiljanja iznosi 9 GHz – 35 GHz i snaga odašiljanja 0.5 mW do 100 mW te intenzitet do 0.4 mW/cm<sup>2</sup>.

Radar u avionu služi za pomoć pri navigaciji u avionima. Radi u frekvencijskom području između 5.4GHz – 9.5 GHz. intenzitet iznosi do 15 mW/cm<sup>2</sup>.

Radar za sigurnost letova u zračnoj luci: može se javiti impulsna snaga do nekoliko tisuća kW, a općenito su vrijednosti oko 500 kW. Kod ovih radara javljaju se najviši intenziteti preko 10000 mW/cm<sup>2</sup>.

Satelitski sustavi služe za istraživanje svemira, te koriste snagu od preko 3000 GW i intenzitet 30 mW/cm<sup>2</sup> izmjeren na 1 km udaljenosti.

Brodski radar služi kao navigacijska pomoć prekomorskim brodovima i u riječnom prometu. Uređaji u prekomorskim brodovima imaju veliku snagu i proizvode značajan intenzitet, dok oni u riječnom prometu koriste manji intenzitet i snagu, do 10 mW/cm<sup>2</sup>.

Vojni radari služena nadzor zračnog prostora i imaju veliku snagu i intenzitet

Ekрани računala i televizora- stvaraju statična električna polja te izmjenična električna i magnetska polja pri različitim frekvencijama. Najnoviji ekрани s tekućim kristalima stvaraju elektromagnetska polja jako malih vrijednosti. Ekрани starijih računala i sva ona koja koriste elektroničke cijevi, uzrokuju pojavu statičnog električnog polja jakosti preko 100 kV/m na udaljenosti 5 m od ekrana. Ekрани modernih računala su vodljivi i smanjuju statička električna polja na razinu temeljnih vrijednosti u stambenim zgradama i uredima. Na udaljenosti od nekoliko centimetara od ekrana gustoća magnetskog toka iznosi nekoliko  $\mu$ T. Prilikom uporabe računala i televizora korisnici neće biti izloženi zračenjima iznad dopuštenih vrijednosti ako se budu pridržavali normalne udaljenosti od ekrana (30 cm – 50 cm).

Visokonaponski vodovi- uzrokuju visokonaponska polja smetnji. Zbog velike jakosti na neravnim mjestima površine žice nastaje iskrenje. Pošto takva visokofrekvencijska polja smetnji mogu osloboditi radio i televizijski prijam, razine smetnji visokonaponskih vodova su ograničene.

Medicinske svrhe- visokofrekvencijska elektromagnetska polja koriste su u medicini za zagrijavanje potkožnog tkiva, čime se povećava prokrvljenost i aktivira razmjenjena tvari i krvne žile se proširuju. Najčešće se koriste kratkovalni dijametrijiski uređaji i mikrovalna dijametrija. Kod kratkovalnih uređaja koristi se intenzitet zračenja od  $100 \text{ mW/cm}^2$ . U blizini uređaja nastaju rasipna polja značajnog intenziteta, koji za osoblje i pacijente mogu predstavljati rizik.

## **9.2. Zatvoreni izvori zračenja**

Zatvoreni izvori zračenja su industrijski i komercijalni uređaji kod kojih se objekti koji zrače hermetički zatvaraju u kućišta. Svejedno rasipno zračenje u nekim slučajevima primjene može imati visoke vrijednosti zračenja, preko dozvoljene granice. Kod svih uređaja ove vrste koriste se najvažnije osobine visokofrekventnog elektromagnetskog zračenja, a to je proizvodnja topline u materijalima.

Indukcijske peći se koriste za zagrijavanje metala u različitim postupcima obrade metala. Primjeri za primjenu su dubinsko i površinsku kaljenje, zavarivanje, mekano i tvrdo lemljenje, vruće navlačenje, vruće prešanje šipki i cijevi, izrada metalnih spojeva itd. Frekvencije koje se koriste su 10 kHz i 10 MHz. Pošto se kod indukcijskih peći javljaju visoke struje, javljaju se visoka magnetska polja koja često premašuju granične vrijednosti i mogu prouzročiti biološka oštećenja kod osoblja koje s njim rade.

Aparati za zavarivanje plastike se koriste u industriji plastike za zavarivanje. Snaga koja se koristi je do 200 kW, a frekvencija je do 30 MHz. Ovi aparati rade na takav način da je granična vrijednost izlaganja tijela gotovo uvijek prekoračena. Zato se pokušava onog koji radi na aparatu, što je više moguće zaštititi osobnim zaštitnim sredstvima (maska za zavarivanje, rukavice, odjeća za zaštitu od elektromagnetskog zračenja, zaštitne cipele pa i kaciga u nekim slučajevima).

Mikrovalne pećnice rade pri zagrijavanju 2.45 GHz. Zračenje elektromagnetskih valova te frekvencije ne razara tkivo, već ga jako i brzo zagrijava. Rasipni elektromagnetski valovi vrlo brzo opadaju s udaljavanjem od pećnice. Postoje standardi kojima se ograničava snaga rasipnih valova. Mikrovalne pećnice koje su izrađene u skladu s tim standardima ne

predstavljaju opasnost za zdravlje korisnika. Osim spomenute frekvencije, mikrovalne pećnice imaju snagu od 150 kW kod industrijskih peći i 300-1300 W u kućanstvu.

Mikrovalne pećnice se primjenjuju za:

- zagrijavanje hrane u domaćinstvu
- u industriji hrane za sušenje
- u industriji umjetnih materijala: zavarivanje folija, postupci ekstrudiranja i sl.
- sušenje drveta u drvnoj industriji
- sušenje žitarica

## 10. ZAKLJUČAK

Prisutnost elektromagnetskih polja u okolišu i njihova potencijalna štetnost za ljudsko zdravlje kontroverzno su znanstveno, tehničko ali i socijalno pitanje. Razvitak pokretnih komunikacijskih sustava i nagli porast instaliranih baznih stanica kao izvora elektromagnetskog zračenja popularizirao je pitanje istraživanja utjecaja elektromagnetskih polja na ljudski organizam. Na temelju rezultata koje pruža dozimetrija, mogu se razmatrati biološki učinci koji se pojavljuju kad izloženost elektromagnetskim poljima uzrokuje fiziološke promjene u biološkom sustavu. Ako je biološki učinak zbog izloženosti izvan normalnog raspona koje organizam može kompenzirati, nastaje opasnost za zdravlje čovjeka. Izloženost poljima niskih frekvencija značajnih amplituda mogu uzrokovati induciranje značajne gustoće struje u tkivu, a dominantni efekti zbog izloženosti poljima visokih frekvencija značajnih amplituda su zagrijavanje tkiva, promjena kemijskih reakcija ili induciranje električnih struja u tkivima i u stanicama. Zračenje elektromagnetskih polja visokih frekvencija kvantificira se konceptom specifične gustoće apsorbirane snage (SAR). Neke eksperimentalne spoznaje djelomice podupiru vezu između razina polja ekstremno niskih frekvencija u okolišu i promjena u biološkim funkcijama. Takve su poveznice, npr. između polja ekstremno niskih frekvencija i različitih vrsta tumora, kao leukemije u djece. Prema kategoriji Svjetske zdravstvene organizacije, ta su polja klasificirana kao kancerogena. Zadnje desetljeće povećalo se zanimanje javnosti za utjecaj neionizirajućeg elektromagnetskog polja na zdravlje ljudi. Živimo u vremenu brzih tehnoloških promjena i razvoja. Mnogi uređaji koji proizvode elektromagnetska polja i rasipne elektromagnetske valove dolaze na tržište bez dovoljne prethodne provjere njihovog djelovanja na zdravlje čovjeka. Razlog tome je težnja proizvođača da što prije uvedu proizvod u prodaju zbog utrke s konkurencijom i što većom dobiti. S druge strane, gotovo je nemoguće znanstveno dokazati nepostojanje negativnih učinaka nekog proizvoda. Neki učinci mogu biti kumulativni, što znači da se njihovo postojanje može otkriti tek nakon dužeg izlaganja. Znanstvena zajednica bi trebala imati ključnu ulogu u informiranju javnosti i političara koji donose zakone o graničnim vrijednostima izlaganja elektromagnetskim poljima.

## 11. POPIS LITERATURE

- [1] Poljak, D. : Teorija elektromagnetskih polja s primjenama u inženjerstvu, Školska knjiga, Zagreb, 2014.
- [2] Dželalija, M. : Ionizirajuće zračenje u biosferi, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2011.
- [3] Vučinić, J., Vučinić, Z. : Osobna zaštitna sredstva i oprema, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011.
- [4] Duftschmied, K. : Biološka djelovanja visoko frekvencijskih elektromagnetskih polja
- [5] Utjecaj neionizirajućih elektromagnetskih polja  
<http://ljskola.hfd.hr/arhiva/2001/susac-ana/susac-ana.pdf> 21.8.2015.
- [6] Elektromagnetsko zagađenje  
<http://www.mandrilo.com/index.php/elektromagnetsko-zagadjenje> 21.8.2015.
- [7] Visokofrekventna elektromagnetska polja, biološki učinci  
<http://www.mrms.hr/wp-content/uploads/2013/03/visokofrekvencijska-elektromagnetska-polja.pdf> 25.8.2015.
- [8] Djelovanje elektromagnetskog zračenja na stanicu  
<http://matrixworldhr.com/2015/02/17/elektromagnetsko-zracenje-zdravlje-i-djeca/> 21.9.2015.
- [9] Elektrosmog  
<http://www.gradimo.hr/clanak/elektrosmog/23708> 3.9.2015.
- [10] Utjecaj bežičnih tehnologija na ljudsko zdravlje  
<file:///C:/Users/Ivan/Downloads/Pejnovic.pdf> 3.9.2015.
- [11] Utjecaj elektromagnetskih polja  
<http://www.gradimo.hr/clanak/utjecaj-elektromagnetskih-polja/25853> 3.9.2015.
- [12] Hrvatski Sabor, Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, Zagreb 9. Srpnja 2010. NN

## 12. POPIS SLIKA I TABLICA

Tablica 2.1. Izvor neionizirajućeg zračenja i vrste polja

Slika 3.1. Predodžba izvora zračenja u elektromagnetskom okolišu

Slika 3.2. Predodžba rasprostiranja elektromagnetskog vala

Slika 3.3. Predodžba vezanja električnih naboja s ljudskim organizmom

Slika 3.4. Predodžba pojave induciranih kružnih struja

Slika 3.5. Predodžba izlaganja zračenju mobitela

Slika 5.1. Predodžba pojedinih izvora elektrosmoga

Slika 5.2. Predodžba inducirane struje u fetusu (maks. u 8. tjednu trudnoće)

Slika 6.1. Predodžba mutacije stanice- nastajanje raka

Slika 7.1. Predodžba uspostave poziva s mobitela do najbliže bazne stanice

Slika 7.2. Predodžba dometa i smjer bazne stanice postavljene na zgradu

Slika 7.3. Predodžba postavljanja baznih stanica u naseljenom području

Slika 7.4. Predodžba ovisnost o mobitelu

Slika 7.5. Predodžba ovisnost djece i mladih o zabavnim uređajima



### **13. POPIS PRILOGA**

Prilog 1: Pravilnik o zaštiti elektromagnetskih polja.....	46
Prilog 2: Temeljna ograničanja.....	62
Prilog 3: Granične razine referentnih veličina.....	64

# PRILOG 1

## MINISTARSTVO ZDRAVSTVA I SOCIJALNE SKRBI

2036

Na temelju članka 8. stavka 2. Zakona o zaštiti od neionizirajućeg zračenja (»Narodne novine«, broj 91/10) ministar zdravstva uz prethodno pribavljeno mišljenje ministra mora, prometa i infrastrukture donosi

### PRAVILNIK

#### O ZAŠTITI OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

##### I. OPĆE ODREDBE

###### Članak 1.

Ovim se Pravilnikom propisuju:

- a) granične razine elektromagnetskih polja, u skladu s člankom 8. Zakona o zaštiti od neionizirajućih zračenja (u daljnjem tekstu: Zakon), postupci njihovog provjeravanja i uvjeti za dobivanje ovlasti za obavljanje tih postupaka, kao i posebni zahtjevi za uređaje, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja;
- b) izvori elektromagnetskih polja, u skladu s člankom 14. Zakona, za koje je obvezna dozvola ministra zdravstva za uporabu i promet,
- c) detaljniji uvjeti, u skladu s člankom 14. Zakona, koje moraju ispunjavati pravne ili fizičke osobe za stavljanje u promet, postavljanje i uporabu izvora elektromagnetskih polja, kao i rokovi i način periodičnog ispitivanja radi provjere udovoljavanja propisanim uvjetima;
- d) uvjeti za izdavanje ovlaštenja za obavljanje stručnih poslova zaštite od neionizirajućih zračenja, u skladu s člankom 20. Zakona, kao i način vođenja evidencija te dostavljanja izvješća i podataka ovlaštenih pravnih osoba.

###### *Pojmovi i značenja*

###### Članak 2.

Pojedini pojmovi u smislu ovoga Pravilnika imaju sljedeće značenje:

1. Elektromagnetska polja jesu statička i periodički promjenjiva električna i magnetska polja te elektromagnetski valovi frekvencije do 300 GHz, prema članku 2. Zakona;
2. Temeljne veličine jesu veličine koje se izravno povezuju uz do sada potvrđene zdravstvene učinke elektromagnetskih polja i na koje se postavljaju temeljna ograničenja. Zaštita od potvrđenih štetnih zdravstvenih učinaka zahtijeva da temeljna ograničenja nisu prekoračena.

Ovisno o frekvenciji, fizikalne veličine na koje se postavljaju temeljna ograničenja su: gustoća struje, specifična apsorbirana snaga, specifična apsorbirana energija te gustoća snage.

3. Referentne veličine jesu mjerljive veličine čijim nadzorom se posredno osigurava zadovoljenje temeljnih ograničenja. Fizikalne veličine koje se mogu koristiti kao referentne veličine jesu: jakost električnog polja, jakost magnetskog polja, gustoća magnetskog toka, dodirna struja i gustoća snage (ekvivalentnoga ravnog vala). Usklađenošću s graničnim razinama referentnih veličina, danim u ovom Pravilniku, osigurava se usklađenost s temeljnim ograničenjima. Zbog mogućih znanstveno još nepotvrđenih štetnih zdravstvenih učinaka elektromagnetskih polja, primjenom načela predostrožnosti, granične razine su smanjene u odnosu na pripadna temeljna ograničenja.

4. Gustoća struje ( $J$ ) jest vektorska veličina čiji je integral po nekoj površini jednak struji koja teče kroz tu površinu, a izražava se u amperima po kvadratnom metru ( $A/m^2$ ). Rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području do 10 MHz.

5. Specifična apsorbirana energija (SA) jest apsorbirana energija elektromagnetskog vala po jedinici mase biološkog tkiva i izražava se u džulima po kilogramu ( $J/kg$ ). Rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području od 300 MHz do 10 GHz i to u slučaju impulsnih elektromagnetskih polja.

6. Specifična apsorbirana snaga (SAR) jest mjera brzine apsorbiranja energije po jedinici mase biološkog tkiva, a izražava se u vatima po kilogramu ( $W/kg$ ). Rabi se kao temeljna veličina u frekvencijskom području od 100 kHz do 10 GHz.

7. Dodirna struja ( $I$ ) jest struja koja teče tijekom dodira ljudskog tijela s vodljivim objektom u elektromagnetskom polju, a izražava se u miliamperima (mA). Može se rabiti kao referentna veličina za posredne učinke polja do frekvencije od 110 MHz.

8. Gustoća toka snage ( $S$ ) je omjer snage i površine okomite na smjer širenja elektromagnetskog vala, a izražava se u vatima po metru kvadratnom ( $W/m^2$ ). Rabi se kao temeljna veličina za frekvencijsko područje od 10 GHz do 300 GHz, a kao referentna veličina od 10 MHz do 300 GHz.

9. Jakost električnog polja ( $E$ ) jest vektorska veličina koja pokazuje razinu električnog polja. Određena je silom na mirujući električni naboj, a izražava se u voltima po metru ( $V/m$ ).

10. Gustoća magnetskog toka ( $B$ ) jest vektorska veličina koja pokazuje razinu magnetskog polja. Određena je silom na električni naboj koji se kreće, a izražava se u teslama (T).

11. Jakost magnetskog polja ( $H$ ) pokazuje razinu magnetskog polja i izražava se u amperima po metru ( $A/m$ ), a s gustoćom magnetskog toka u zraku povezana je magnetskom konstantom  $\mu_0$ .

12. Efektivna izračena snaga (ERP) (u danom smjeru) jest umnožak snage privedene anteni i dobitka antene u smjeru glavne latice u odnosu na poluvalni dipol.

13. Izvor niskofrekvencijskog elektromagnetskog polja (u daljnjem tekstu: niskofrekvencijski izvor) jest svaki element elektroenergetskog sustava (kao npr. generator transformatorska stanica, elektroenergetski vod, rasklopno postrojenje) nazivnog napona većeg od 1 kV,

element ili postrojenje električne vuče, zatim uređaj ili objekt čije statičko magnetsko polje prelazi razinu iz tablice 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika (kao npr. uređaj za magnetsku rezonanciju, akcelerator, postrojenje za proizvodnju aluminijske, elektrolizu ili galvanizaciju i sl.), ili bilo koji drugi sklop, uređaj, sustav ili objekt koji svoj rad temelji na stvaranju elektromagnetskog polja frekvencije do uključivo 100 kHz.

14. Elektroenergetski vod jest nadzemni vod ili podzemni kabel za prijenos ili distribuciju električne energije napona većeg od 1 kV. Elektroenergetski vod kao pojedini izvod iz napojne trafostanice cijelom duljinom, sve do kraja svoje naponske razine razmatra se kao jedinstveni izvor elektromagnetskog polja.

15. Izvor visokofrekvencijskog elektromagnetskog polja (u daljnjem tekstu: visokofrekvencijski izvor) jest uređaj ili objekt koji stvara elektromagnetsko polje frekvencije od 100 kHz do uključivo 300 GHz. Visokofrekvencijskim izvorom ne smatra se uređaj predviđen za usmjerenu nepokretnu mikrovalnu vezu, satelitsku vezu, te sve nepokretne radijske postaje efektivne izračene snage manje od 6 W, koje na istom mjestu odašilju manje od 800 sati godišnje, kao i nepokretne amaterske radijske postaje efektivne izračene snage manje od 100 W.

16. Stacionarni izvor jest izvor elektromagnetskog polja koji ima određeno stalno mjesto djelovanja. U stacionarne izvore ne ubrajaju se ugradbeni kućanski aparati (kao što je npr. mikrovalna pećnica i sl.).

17. Novi izvor jest stacionarni izvor elektromagnetskog polja koji na dan stupanja na snagu ovoga Pravilnika nije imao pravovaljanu dozvolu za rad prema propisima koji su vrijedili prije stupanja na snagu ovoga Pravilnika, a također se novim smatra svaki izvor elektromagnetskog polja nakon rekonstrukcije.

18. Zatečeni izvor jest stacionarni izvor elektromagnetskog polja koji je na dan stupanja na snagu ovoga Pravilnika imao pravovaljanu dozvolu za rad prema propisima koji su vrijedili prije stupanja na snagu ovoga Pravilnika.

19. Rekonstrukcija izvora elektromagnetskog polja jest svaki zahvat kojim se bitno mijenjaju osnovne tehničke značajke, način uporabe ili djelovanja, snaga ili smještaj stacionarnog izvora, a ima za posljedicu promjenu razina ili vrste elektromagnetskog polja izvora.

20. Područja povećane osjetljivosti jesu:

a) zgrade javne, stambene i poslovne namjene namijenjene boravku ljudi;

b) čestice na kojima su izgrađene zgrade stambene namjene, škole, ustanove predškolskog odgoja, rodilišta, bolnice, smještajni turistički objekti te dječja igrališta (prema urbanističkom planu);

c) površine neizgrađenih čestica namijenjene prema urbanističkom planu za a) ili b).

21. Područja profesionalne izloženosti jesu područja radnih mjesta koja nisu u području povećane osjetljivosti i na kojima se pojedinci mogu zadržavati do 8 sati dnevno, pri čemu je kontrolirana njihova izloženost elektromagnetskim poljima.

22. Značajan izvor elektromagnetskog polja pojedine frekvencije jest onaj stacionarni izvor čije elektromagnetsko polje u području povećane osjetljivosti, ili u području profesionalne izloženosti, doseže barem 10% iznosa granične razine zadane za tu frekvenciju u Prilogu 2. ovoga Pravilnika.

23. Upisnik izvora elektromagnetskih polja jest baza podataka o izvorima elektromagnetskih polja na koje se odnose odredbe ovoga Pravilnika, s podacima o korisniku izvora elektromagnetskih polja, općim podacima o izvorima (proizvođač, naziv, tip, model, serijski broj, godina proizvodnje i namjena), tehničkim podacima o izvorima (nazivna snaga, nazivni napon, predvidivo opterećenje, frekvencijsko područje rada i sl.), adresom lokacije na kojoj je izvor smješten i mišljenje ovlaštene pravne osobe o izvoru elektromagnetskih polja.

### *Područje primjene*

#### Članak 3.

Ovaj Pravilnik primjenjuje se na izvore elektromagnetskih polja pri njihovom stavljanju u promet i pri uporabi.

Ovaj Pravilnik uređuje zaštitu ljudi u području povećane osjetljivosti i u području profesionalne izloženosti.

Ovaj Pravilnik ne primjenjuje se na zaštitu ljudi s ugrađenim medicinskim implantatima.

## II. TEMELJNA OGRANIČENJA

#### Članak 4.

Ovisno o frekvencijskom području, temeljna ograničenja postavljaju se na sljedeće veličine:

- a) gustoća struje od 1 Hz do 10 MHz,
- b) specifična apsorbirana snaga od 100 kHz do 10 GHz,
- c) gustoća struje i specifična apsorbirana snaga od 100 kHz do 10 MHz,
- d) gustoća snage od 10 GHz do 300 GHz.

### *Temeljna ograničenja na području profesionalne izloženosti*

#### Članak 5.

Na području profesionalne izloženosti temeljne veličine iz članka 4. ovoga Pravilnika ne smiju prelaziti ograničenja navedena u tablici 1. Priloga 1. ovoga Pravilnika.

Temeljna ograničenja na području povećane osjetljivosti

#### Članak 6.

Na području povećane osjetljivosti temeljne veličine iz članka 4. ovoga Pravilnika ne smiju prelaziti ograničenja navedena u tablici 2. Priloga 1. ovoga Pravilnika.

### III. GRANIČNE RAZINE REFERENTNIH VELIČINA

#### *Granične razine na području profesionalne izloženosti*

##### Članak 7.

Na području profesionalne izloženosti razine elektromagnetskog polja za pojedinačnu frekvenciju ne smiju prelaziti granične razine navedene u tablici 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

Ako je boravak ljudi u tom području kontroliran i vremenski ograničen, razine elektromagnetskog polja stacionarnog izvora za pojedinačnu frekvenciju smiju prelaziti granične razine navedene u tablici 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika, i to u slučaju ako su mjera dopuštenog prekoračenja ovih razina i maksimalno dopušteno trajanje boravka utvrđeni posebnim propisom.

##### Članak 8.

Na području profesionalne izloženosti za frekviencijsko područje iznad 10 MHz razine vršne gustoće snage impulsnog elektromagnetskog ravnog vala za pojedinačnu frekvenciju za vrijeme srednje vrijednosti širine impulsa ne smiju prelaziti 1000 puta granične razine navedene u tablici 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika. To je ekvivalentno vrijednosti električnog polja impulsnog elektromagnetskog ravnog vala koja ne smije biti veća od umnoška broja 32 i granične razine električnog polja iz tablice 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

Dodatno, kod impulsnih polja efektivne vrijednosti jakosti električnog i magnetskog polja, kao i gustoće magnetskog toka, za vrijeme trajanja jednog impulsa ne smiju prelaziti vrijednosti navedene u tablici 3. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

##### Članak 9.

Na području profesionalne izloženosti razine jakosti vremenski promjenjive dodirne struje uzrokovane elektromagnetskim poljem za pojedinačnu frekvenciju ne smiju prelaziti granične razine navedene u tablici 5. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

#### *Granične razine na području povećane osjetljivosti*

##### Članak 10.

Na području povećane osjetljivosti razina elektromagnetskog polja za pojedinačnu frekvenciju ne smije prelaziti granične razine navedene u tablici 2. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

##### Članak 11.

Na području povećane osjetljivosti za frekviencijsko područje iznad 10 MHz razine vršne gustoće snage impulsnog elektromagnetskog ravnog vala za pojedinačnu frekvenciju za vrijeme srednje vrijednosti širine impulsa ne smiju prelaziti 1000 puta granične razine

navedene u tablici 2. Priloga 2. ovoga Pravilnika. To je ekvivalentno vrijednosti električnog polja impulsnog elektromagnetskog ravnog vala koja ne smije biti veća od umnoška broja 32 i granične razine električnog polja iz tablice 2. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

Dodatno, kod impulsnih polja efektivne vrijednosti jakosti električnog i magnetskog polja, kao i gustoće magnetskog toka, za vrijeme trajanja jednog impulsa ne smiju prelaziti vrijednosti navedene u tablici 4. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

#### Članak 12.

Na području povećane osjetljivosti razine jakosti vremenski promjenjive dodirne struje uzrokovane elektromagnetskim poljem za pojedinačnu frekvenciju ne smiju prelaziti granične razine navedene u tablici 6. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

Istodobno djelovanje elektromagnetskih polja više frekvencija

#### Članak 13.

Na mjestima gdje istodobno djeluju elektromagnetska polja više frekvencija dodatno moraju biti zadovoljeni i uvjeti navedeni u Prilogu 3. ovoga Pravilnika.

### IV. ZAHTJEVI ZA IZVORE ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

#### *Uvjeti uporabe i stavljanja u promet izvora elektromagnetskih polja*

#### Članak 14.

Izvor elektromagnetskog polja smije se upotrebljavati i stavljati u promet samo ako pri normalnoj uporabi razine elektromagnetskog polja u njegovoj okolini zadovoljavaju uvjete iz članaka 7., 8., 10., 11. i 13. ovoga Pravilnika.

Za zatečeni izvor koji je zračni elektroenergetski vod razina elektromagnetskog polja za pojedinačnu frekvenciju na području povećane osjetljivosti smije prelaziti granične razine navedene u tablici 2. Priloga 2. ovoga Pravilnika, ali ne smije prelaziti granične razine navedene u tablici 1. Priloga 2. ovoga Pravilnika.

Zatečeni izvor elektromagnetskog polja, koji ne udovoljava uvjetima propisanim stavcima 1. i 2. ovoga članka, mora se rekonstruirati.

#### Članak 15.

Stacionarni izvor elektromagnetskog polja pri uporabi mora imati valjano izvješće o mjerenjima elektromagnetskog polja, izdano od pravne osobe ovlaštene prema članku 35. ovoga Pravilnika, kojim se potvrđuje da razine elektromagnetskih polja u okolini izvora pri njegovu radu zadovoljavaju uvjete iz članka 14. ovoga Pravilnika.

#### Članak 16.

Za izvore elektromagnetskih polja koji nisu stacionarni vrijedi sljedeće:

u slučaju kada za uređaj koji je izvor elektromagnetskog polja, ali nije stacionarni izvor, postoji hrvatska norma koja normira razine od uređaja emitiranih elektromagnetskih polja, tada pri uporabi, kao i pri stavljanju u pogon ili promet, uređaj mora imati izvješće o tipnom ispitivanju, izdano od strane pravne osobe ovlaštene za obavljanje poslova zaštite od elektromagnetskih polja, kojim se potvrđuje zadovoljavanje graničnih razina elektromagnetskih polja u skladu s dotičnom hrvatskom normom, ovim Pravilnikom i Zakonom.

#### Članak 17.

Ako se mjerenjem od strane pravne osobe ovlaštene prema članku 35. ovoga Pravilnika utvrdi da u okolini jednoga ili više stacionarnih izvora iz članka 15. ovoga Pravilnika razine elektromagnetskih polja ne zadovoljavaju uvjete iz članka 14. ovoga Pravilnika, sanitarni inspektor ministarstva nadležnog za zdravstvo (u daljem tekstu: ministarstvo) naredit će rekonstrukciju, smanjenje uporabe ili prestanak rada stacionarnog izvora, i to tako dugo dok navedeni uvjeti ne budu zadovoljeni.

#### *Rekonstrukcija stacionarnog izvora elektromagnetskog polja*

#### Članak 18.

Rekonstrukcija stacionarnog izvora elektromagnetskog polja obavit će se mjerama koje su tehnički i operativno moguće i gospodarski prihvatljive, u roku od najviše godinu dana od dana uručenja rješenja kojim se naređuje rekonstrukciju izvora.

U slučaju da se rekonstrukcija izvora elektromagnetskog polja iz opravdanih razloga ne može izvršiti u roku iz stavka 1. ovoga članka, ministar nadležan za zdravstvo (u daljnjem tekstu: ministar) iznimno može produljiti rok rekonstrukcije tog izvora.

### V. UVJETI KOJE MORAJU ISPUNJAVATI PRAVNE ILI FIZIČKE OSOBE ZA POSTAVLJANJE I UPORABU IZVORA ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

#### Članak 19.

Investitor izgradnje stacionarnog izvora elektromagnetskog polja (u daljnjem tekstu: investitor) za izgradnju ili postavljanje određenog izvora mora pribaviti odobrenje ministra.

Uz zahtjev za dobivanje odobrenja iz stavka 1. ovoga članka, investitor je dužan priložiti proračun ili procjenu očekivanih razina elektromagnetskog polja te mišljenje o udovoljavanju uvjetima iz članka 14. ovoga Pravilnika, izdano od pravne osobe ovlaštene prema članku 35. ovoga Pravilnika.

Proračun ili procjena iz stavka 2. ovoga članka mora sadržavati:

a) očekivane razine elektromagnetskih polja na mjestima gdje se očekuju najviše razine polja, i to: na tri mjesta u području povećane osjetljivosti i na tri mjesta u području profesionalne izloženosti i

b) prostorni plan smještaja izvora na kojemu su označena mjesta proračuna ili procjene iz točke a) ovoga stavka.



## Članak 20.

Korisnik stacionarnog izvora elektromagnetskog polja (u daljnjem tekstu: korisnik) za uporabu toga izvora, mora pribaviti odobrenje ministra. Zahtjev za odobrenje korisnik upućuje ministarstvu.

Odobrenje iz stavka 1. ovog članka izdaje ministar na temelju pisanog zahtjeva korisnika te mišljenja ovlaštene pravne osobe o udovoljenju uvjetima propisanim Zakonom i odredbama ovoga Pravilnika.

Mišljenje iz stavka 2. ovoga članka, uz zahtjev korisnika, mora sadržavati najmanje sljedeće podatke:

a) izvješće o prvim mjerenjima razina elektromagnetskih polja u okolini stacionarnog izvora, te

b) mišljenje o udovoljavanju uvjetima iz članka 14. ovoga Pravilnika, izdanim od pravne osobe ovlaštene sukladno članku 35. ovoga Pravilnika.

Tijelo nadležno za izdavanje dozvola za postavljanje i rad radijskih postaja ne može izdati dozvolu za rad bez dobivanja odobrenja ministra u skladu s odredbama ovoga Pravilnika.

Ako korisnik posjeduje izvor elektromagnetskog polja koji radi na frekvencijskom polju, za koje ne postoji akreditirana i/ili ovlaštena pravna osoba, ministarstvo će korisniku takvog izvora elektromagnetskog polja odrediti akreditiranu i/ili ovlaštenu pravnu osobu koja će izvršiti prva i periodička mjerenja takvih izvora, a korisnik je obavezan ministarstvu dostaviti mišljenje akreditirane i/ili ovlaštene pravne osobe.

Ministarstvo zadržava pravo od korisnika izvora elektromagnetskih polja zatražiti rezultate mjerenja za bilo koji izvor koji su u njihovom vlasništvu. Ako za pojedini izvor ili kategoriju izvora postoji iskazani interes javnosti i/ili ministarstva korisnici izvora elektromagnetskih polja obvezuju se izvršiti dodatna mjerenja, te dostaviti rezultate tih mjerenja ministarstvu.

## Članak 21.

Ministarstvo vodi popis izvora elektromagnetskih polja u obliku upisnika na koje se odnose odredbe ovoga Pravilnika i koje je pravna ili fizička osoba, koja je krajnji korisnik izvora elektromagnetskog polja, obvezna dostavljati ministarstvu radi evidencije.

Prijava za upis u evidenciju ministarstva, koja će se ažurirati kao upisnik izvora elektromagnetskih polja, mora sadržavati najmanje sljedeće priloge:

1. podaci o korisniku stacionarnog izvora te njegovoj djelatnosti,
2. akt o imenovanju odgovorne osobe zadužene za taj izvor,
3. opće podatke o izvoru: proizvođač, naziv, tip, model, serijski broj, godina proizvodnje i namjena,

4. tehničke podatke o izvoru: nazivna snaga, nazivni napon, predvidivo opterećenje, frekvencijsko područje rada i sl.,

5. adresu lokacije na kojoj je izvor smješten,

6. mišljenje ovlaštene pravne osobe ili presliku rješenja o prihvaćanju Studije iz članka 41. i 42. ovoga Pravilnika.

Ako pravna ili fizička osoba koja je bila krajnji korisnik izvora elektromagnetskih polja prestane koristiti izvor elektromagnetskog polja dužna u pisanom obliku izvijestiti ministarstvo. Zahtjev o prestanku korištenja izvora elektromagnetskog polja sadrži podatke iz stavka 2. ovoga članka s naznakom datuma prestanka uporabe izvora.

#### Članak 22.

U svrhu obavljanja prvih mjerenja iz članka 20. stavka 3. točke b) ovoga Pravilnika, korisnik stacionarnog izvora iz članka 20. ovoga Pravilnika može taj izvor pustiti u rad uz prijavu početka rada ministarstvu.

#### Članak 23.

U slučaju da se nakon prijave početka rada izvora ne postigne najveća snaga koja se očekuje pri redovitom radu i opterećenju stacionarnog izvora, vlasnik ili korisnik tog izvora mora zatražiti od ministarstva da se prva mjerenja obave nakon puštanja izvora u rad s nazivnom snagom.

Za stacionarni izvor koji uobičajeno radi sa snagom manjom od nazivne (npr. elektroenergetski objekti), procjena udovoljavanja uvjetima iz članka 14. ovoga Pravilnika može se dati na temelju prvih mjerenja obavljenih pri radu izvora s uobičajenom snagom koja je manja od nazivne, uz prilaganje dijagrama dnevnih i tjednih opterećenja dotičnog izvora.

Korisnik stacionarnog izvora mora u roku od 30 dana od dana puštanja izvora u rad dostaviti ministarstvu zahtjev za izdavanjem odobrenja iz članka 20. ovoga Pravilnika.

#### Članak 24.

Korisnik zatečenog stacionarnog izvora elektromagnetskog polja, koji nema odobrenje ministra iz članka 20. ovoga Pravilnika, mora obaviti prva mjerenja razina elektromagnetskih polja u okolini tog izvora te najkasnije u roku od dvije godine od dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika dostaviti ministarstvu zahtjev za izdavanjem odobrenja iz članka 20. ovoga Pravilnika.

#### Članak 25.

Korisnik stacionarnog izvora elektromagnetskog polja za čiju je uporabu izdano odobrenje ministra zdravstva, obvezan je nakon stavljanja izvora u pogon osigurati periodička mjerenja razina elektromagnetskih polja u okolini izvora i to jedanput svake druge kalendarske godine.

Izvešće o periodičkom mjerenju, zajedno s mišljenjem ovlaštene pravne osobe o udovoljavanju uvjetima iz članka 14. ovoga Pravilnika, korisnik mora dostaviti ministarstvu u

roku od 30 dana od dana mjerenja, a najkasnije do 31. prosinca kalendarske godine u kojoj je obavezan izvršiti mjerenje.

Korisnik je obavezan čuvati preslike mjernog izvješća i mišljenja o udovoljavanju uvjetima najmanje 4 godine nakon obavljenih mjerenja.

#### Članak 26.

U slučaju da su tijekom dva uzastopna periodička mjerenja u okolini stacionarnog izvora elektromagnetskog polja izmjerene razine elektromagnetskih polja, koje su manje od 10% iznosa graničnih razina određenih u člancima 7., 8., 10., 11. i 13. ovoga Pravilnika, ministar može vlasnika ili korisnika tog izvora, na njegov zahtjev, osloboditi obveze obavljanja periodičkih mjerenja, i to sve do rekonstrukcije dotičnog izvora.

#### Članak 27.

Vlasnik ili korisnik stacionarnog izvora koji je upisan u upisnik ministarstva, obavezan je u roku od najviše 30 dana od dana promjene korisnika ili tehničkih značajki izvora, ili pak prestanka uporabe tog izvora, u pisanom obliku izvijestiti ministarstvo o datumu i vrsti nastalih promjena, odnosno danu prestanka uporabe izvora.

### VI. STRUČNI POSLOVI ZAŠTITE OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

#### Članak 28.

Stručni poslovi zaštite od elektromagnetskih polja obuhvaćaju proračune i procjene te prva i periodička mjerenja razina elektromagnetskih polja u okolini izvora elektromagnetskih polja.

Stručne poslove zaštite od elektromagnetskih polja u okolini izvora elektromagnetskog polja, za čije se postavljanje ili uporabu izdaje odobrenje iz članka 20. ovoga Pravilnika, obavlja pravna osoba ovlaštena prema članku 35. ovoga Pravilnika, a koja nije vlasnik i/ili korisnik i/ili investitor i/ili suinvestitor i/ili projektant i/ili izvođač izvora elektromagnetskog polja obuhvaćenog navedenim mjerenjima.

#### Članak 29.

Prva mjerenja elektromagnetskog polja u okolini stacionarnih izvora (u daljnjem tekstu: prva mjerenja) moraju se obaviti prije dobivanja odobrenja iz članka 20. ovoga Pravilnika, kao i nakon svake rekonstrukcije stacionarnog izvora.

#### Članak 30.

Prva i periodička mjerenja moraju se obaviti na onim mjestima gdje se očekuju najviše razine elektromagnetskog polja kao posljedica djelovanja pojedinog izvora, i to:

- a) na tri mjerna mjesta u području profesionalne izloženosti, i
- b) na tri mjerna mjesta u području povećane osjetljivosti.

#### Članak 31.

O obavljenim prvim i periodičkim mjerenjima ovlaštena pravna osoba iz članka 35. ovoga Pravilnika obvezna je korisniku izdati mjerno izvješće s mišljenjem o udovoljavanju uvjetima iz članka 14. ovoga Pravilnika.

Ovlaštena pravna osoba koja je obavila mjerenja mora preslike mjernog izvješća s mišljenjem o zadovoljavanju uvjeta iz stavka 1. ovoga članka čuvati najmanje dvije godine.

#### Članak 32.

Mjerno izvješće iz članka 31. stavka 1. ovoga Pravilnika mora sadržavati najmanje podatke o:

- a) izvođaču mjerenja,
- b) korisniku i njegovoj djelatnosti,
- c) glavnim tehničkim značajkama izvora elektromagnetskog polja,
- d) radnom stanju izvora u vrijeme mjerenja,
- e) temperaturi zraka te meteorološkim uvjetima za vrijeme mjerenja (kiša i sl.),
- f) mjernim veličinama,
- g) datumu i vremenu mjerenja
- h) mjernim mjestima, uključujući skicu mjerenja,
- i) tipu, osjetljivosti i frekvencijskom opsegu te datumu umjeravanja korištenih mjerila polja,
- j) postupku mjerenja,
- k) rezultatima pojedinačnih mjerenja,
- l) procjeni mjerne nesigurnosti provedenih mjerenja,
- m) vrednovanju rezultata mjerenja u odnosu na članak 14. ovoga Pravilnika,
- n) imena i potpise osobe koja je izvršila mjerenje te osobe koja je odgovorna za nadzor i procjenu mjernih rezultata.

Primjer obrasca s osnovnim podacima mjernog izvješća tiskan je u Prilogu 4. ovoga Pravilnika.

#### Članak 33.

Mjerenja parametara niskofrekvencijskih elektromagnetskih polja obavljaju se u skladu s normom HRN IEC 61786.

#### Članak 34.

Mjerenja te proračun i procjena parametara visokofrekvencijskih elektromagnetskih polja obavljaju se u skladu s normom HRN EN 61566 te normom EN 50383.

## VII. OVLAŠĆIVANJE ZA STRUČNE POSLOVE ZAŠTITE OD ELEKTROMAGNETSKIH POLJA

### Članak 35.

U svrhu dobivanja ovlaštenja ministra zdravstva za obavljanje stručnih poslova zaštite od elektromagnetskih polja, pravna osoba mora imati:

- a) sjedište na području Republike Hrvatske,
- b) akreditaciju iz članka 36. stavka 3. ovoga Pravilnika izdanu od strane tijela nadležnog za akreditaciju, ili
- c) prethodno ovlaštenje tijela nadležnog za akreditaciju.

Prethodno ovlaštenje iz točke b) stavka 1. ovoga članka, u ovom Pravilniku označava potvrdu akreditacijskog tijela o stručnoj i tehničkoj kompetenciji za mjerenje i procjenu elektromagnetskih polja prema odredbama ovoga Pravilnika.

### Članak 36.

U svrhu davanja potvrde o stručnoj i tehničkoj kompetenciji iz članka 35. točke b) ovoga Pravilnika, akreditacijsko tijelo na zahtjev pravne osobe ocjenjuje osposobljenost i opremljenost pravne osobe za mjerenja i procjenu elektromagnetskih polja u skladu s odredbama ovoga Pravilnika.

Potvrda o stručnoj i tehničkoj kompetenciji iz stavka 1. ovoga članka mora između ostaloga sadržavati:

- a) datum izdavanja potvrde,
- b) rok trajanja potvrde,
- c) popis mjerne opreme s datumima umjeravanja,
- d) frekvencijski opseg elektromagnetskih polja za koji se ovlaštenje izdaje,
- e) ime osobe kompetentne i odgovorne za nadzor mjerenja te procjenu mjernih rezultata.

Za pravnu osobu kojoj je od akreditacijskog tijela prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 izdana akreditacija za mjerenje elektromagnetskih polja, smatra se da time ujedno ispunjava uvjete o stručnoj i tehničkoj kompetenciji za mjerenje elektromagnetskih polja u frekvencijskom opsegu te s mjernom opremom i osobljem kako je navedeno u akreditaciji.

### Članak 37.

Za dobivanje ovlaštenja ministra za obavljanje stručnih poslova zaštite od elektromagnetskih polja, pravna osoba podnosi zahtjev ministarstvu.

Zahtjev iz stavka 1. ovoga članka mora sadržavati:

- a) podatke o podnositelju zahtjeva,
- b) dokaze o ispunjenju uvjeta iz članka 35. stavka 1. točke a) i b) ovoga Pravilnika, ili
- c) presliku potvrde akreditacijskog tijela o stručnoj i tehničkoj kompetenciji prema članku 36. stavku 2. ovoga Pravilnika.

Ovlaštenje iz stavka 1. ovoga članka mora sadržavati i podatke iz točaka a), b), c), d) i e) stavka 2. članka 36. ovoga Pravilnika.

Utvrđivanje udovoljavanja uvjetima za dobivanje ovlaštenja iz stavka 1. ovoga članka provodi stručno povjerenstvo koje imenuje ministar, a u čiji sastav ulaze: predstavnici upravne organizacije za sanitarnu inspekciju ministarstva, predstavnik akreditacijskog tijela – stručnjak za područja koje pokriva ovlašćivanje, i jedan priznati stručnjak iz područja mjerenja i proračuna elektromagnetskih polja.

#### Članak 38.

Za obavljanje stručnih poslova zaštite od elektromagnetskih polja iz članaka 37. ovoga Pravilnika, ministar daje ovlaštenje i privremeno ovlaštenje pravnoj osobi koja ispunjava uvjete propisane ovim Pravilnikom.

Ovlaštenje iz stavka 1. ovoga članka daje se pravnoj osobi koja ispunjava uvjete propisane člankom 37. stavkom 2. točkom a) i b) ovoga Pravilnika iz područja zaštite od elektromagnetskih polja, za poslove za koje se ovlašćuje, za period trajanja (važenja) akreditacije.

Privremeno ovlaštenje iz stavka 1. ovoga članka daje se pravnoj osobi koja ispunjava uvjete propisane člankom 37. stavkom 2. točkom a) i c) ovoga Pravilnika iz područja zaštite od elektromagnetskih polja, za period od godine dana od dana dobivanja potvrde akreditacijskog tijela.

Pravna osoba koja je dobila privremeno ovlaštenje iz stavka 3. ovoga članka obvezna je udovoljiti zahtjevu iz članka 37. stavka 2. točke b) ovoga Pravilnika, u roku važenja privremenog ovlaštenja. Ako pravna osoba, koja je dobila privremeno ovlaštenje, ne udovolji odredbama članka 35. stavka 1. točke b) ovoga Pravilnika, u roku važenja privremenog ovlaštenja, privremeno odobrenje ne može se produžiti.

Ovlaštenje iz članka 37. ovoga Pravilnika može se obnoviti na zahtjev ovlaštene pravne osobe, podnesen najmanje tri mjeseca prije isteka roka iz stavka 2. ovoga članka.

#### Članak 39.

Ministar može putem posebnog stručnog povjerenstva provesti nadzor rada pravne osobe ovlaštene prema članku 37. ovoga Pravilnika, glede vjerodostojnosti mjernog izvješća (odabir mjernih mjesta, postupci i točnost mjerenja, umjerenost mjerne opreme i sl.).

Ministar može ovlaštenoj pravnoj osobi oduzeti ovlaštenje iz članka 37. ovoga Pravilnika i prije isteka roka na koji je to ovlaštenje izdano, ako se utvrdi da je ta pravna osoba postupala protivno odredbama Zakona i ovoga Pravilnika, ili je pak prestala udovoljavati propisanim uvjetima.

#### Članak 40.

Ministarstvo vodi upisnik svih pravnih osoba kojima je izdano ovlaštenje iz članka 37. ovoga Pravilnika.

### VIII. STUDIJA

#### Članak 41.

Pravna osoba koja je korisnik više od 300 zatečenih stacionarnih izvora elektromagnetskog polja obvezna je ministarstvu dostaviti vjerodostojnu Studiju značaja korištenih izvora obzirom na razine emitiranih elektromagnetskih polja (u daljnjem tekstu: Studija), izrađenu od ovlaštene stručne osobe iz članka 36. i 37. ovoga Pravilnika.

Studija iz stavka 1. ovoga članka, na temelju mjerenja i analize elektromagnetskih polja u okolini pojedinih stacionarnih izvora, mora kao rezultate ponuditi:

- a) kategorizaciju izvora u odnosu na razine emitiranih elektromagnetskih polja (vezano uz najveću previđenu snagu rada izvora i njegov smještaj u okolišu), te identifikaciju značajnih izvora elektromagnetskog polja u skladu s definicijom iz točke 22. članka 2. ovoga Pravilnika;
- b) prioritete i vremenski plan izvođenja prvih mjerenja, s obzirom na napravljenu kategorizaciju iz točke a) ovoga stavka;
- c) rezultate mjerenja polja uz navedene mjerne postupke, instrumentaciju i mjernu nesigurnost, kao i kriterije na kojima je utemeljena kategorizacija iz točke b) ovoga stavka.

Studija iz stavka 1. ovoga članka mora sadržavati popis svih izvora elektromagnetskih polja, sa zemljopisnim pozicijama istih, na koje se Studija odnosi.

#### Članak 42.

Na temelju rezultata studije iz članka 41. ovog Pravilnika, ministar može pravnoj osobi produljiti rok za izvedbu prvih mjerenja zadan u članku 24. ovoga Pravilnika.

Na temelju rezultata studije iz članka 41. ovoga Pravilnika, ministar može pravnu osobu osloboditi obveze obavljanja periodičkih mjerenja, ili čak prvih mjerenja elektromagnetskih polja u okolini pojedinih izvora za koje se studijom pokaže da ne predstavljaju značajne izvore elektromagnetskog polja sukladno točki 22. članka 2. ovoga Pravilnika.

Rješenjem iz stavka 2. ovoga članka obuhvaćeni su samo izvori elektromagnetskih polja navedenih u Studiji iz članka 41. stavka 2. i 3. ovoga Pravilnika. Izvori elektromagnetskih polja koji nisu navedeni u Studiji podliježu obvezi iz članka 20. – 27. ovoga Pravilnika.

#### Članak 43.

U slučaju da se nekom području, koje je u doseg zračenja već postojećeg stacionarnog izvora elektromagnetskog polja, a ne pripada u područje povećane osjetljivosti, želi urbanističkim planom dati neka od namjena navedenih u podtočkama a) i b), članka 2. točke 20. ovoga Pravilnika, potrebno je prethodno mjerenjima, obavljenim od strane pravne osobe ovlaštene prema članku 35. ovoga Pravilnika, utvrditi da su na tom području zadovoljeni uvjeti iz članaka 10., 11. i 13. ovoga Pravilnika, te mjerno izvješće dostaviti ministarstvu.

U području koje je u blizini već postojećeg stacionarnog izvora elektromagnetskog polja, a koje na dan stupanja na snagu ovoga Pravilnika nije bilo područje profesionalne izloženosti, smiju se postavljati nova radna mjesta ako je prethodno mjerenjima, obavljenim od strane pravne osobe ovlaštene prema članku 35. ovoga Pravilnika, utvrđeno da su na tom području ispunjeni uvjeti iz članaka 7., 8. i 13. ovoga Pravilnika, a mjerno izvješće poslodavac je dužan čuvati i predočiti na zahtjev sanitarnom inspektoru ministarstva.

Iznimno, područja objekata koji su izgrađeni naknadno, unutar granica koridora već postojećih zračnih elektroenergetskih vodova, ne smatraju se područjima zaštite prema stavku 2. članka 3. ovoga Pravilnika.

### IX. PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

#### Članak 44.

*Prilozi 1., 2., 3. i 4. otisnuti su uz ovaj Pravilnik i čine njegov sastavni dio.*

#### Članak 45.

Ovlaštene pravne osobe koje su dobile ovlaštenje na temelju Pravilnika o zaštiti od elektromagnetskih polja (»Narodne novine«, broj 204/03, 15/04 i 41/08) obvezne su se uskladiti s odredbama ovoga Pravilnika u roku od godine dana od dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika.

#### Članak 46.

Danom stupanja na snagu ovoga Pravilnika prestaje važiti Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskih polja (»Narodne novine«, broj 204/03, 15/04 i 41/08).

#### Članak 47.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu osmoga dana od dana objave u »Narodnim novinama«.

Klasa: 011-02/11-06/80

Urbroj: 534-08-1-7/1-11-1



Zagreb, 3. kolovoza 2011.

Potpredsjednik Vlade

i ministar zdravstva i socijalne skrbi

**mr. Darko Milinović, dr. med., v. r.**

## PRILOG 2

### TEMELJNA OGRANIČENJA

Tablica 1 *Ograničenja gustoće struje za glavu i trup, specifična apsorbirana snaga uprosječna po cijelom tijelu, lokalizirana specifična apsorbirana snaga u glavi i trupu i lokalizirana specifična apsorbirana snaga za udove za vremenski promjenjiva električna i magnetska polja za pojedinačne frekvencije za područje profesionalne izloženosti. Ograničenja su dana za efektivne vrijednosti gustoće struje.*

Frekvencija $f$	Gustoća struje u glavi i trupu $J$ (mA/m <sup>2</sup> )	Specifična apsorbirana snaga uprosječna po cijelom tijelu $SAR$ (W/kg)	Specifična apsorbirana snaga lokalizirana u glavi i trupu $SAR$ (W/kg)	Specifična apsorbirana snaga lokalizirana u ekstremitetima $SAR$ (W/kg)	Gustoća snage $S$ (W/m <sup>2</sup> )
< 1 Hz	40	-	-	-	-
1 – 4 Hz	40/ $f$	-	-	-	-
4 Hz – 1 kHz	10	-	-	-	-
1 – 100 kHz	$f/100$	-	-	-	-
100 kHz – 10 MHz	$f/100$	0,4	10	20	
10 MHz – 10 GHz	-	0,4	10	20	
10 – 300 GHz	-	-	-	-	50

**Tablica 2** Ograničenja gustoće struje za glavu i trup, specifična apsorbirana snaga uprosječena po cijelom tijelu, lokalizirana specifična apsorbirana snaga u glavi i trupu i lokalizirana specifična apsorbirana snaga za udove za vremenski promjenjiva električna i magnetska polja za pojedinačne frekvencije za područje povećane osjetljivosti. Ograničenja su dana za efektivne vrijednosti gustoće struje.

Frekvencija $f$	Gustoća struje u glavi i trupu $J$ (mA/m <sup>2</sup> )	Specifična apsorbirana snaga uprosječena po cijelom tijelu $SAR$ (W/kg)	Specifična apsorbirana snaga lokalizirana u glavi i trupu $SAR$ (W/kg)	Specifična apsorbirana snaga lokalizirana u ekstremitetima $SAR$ (W/kg)	Gustoća snage $S$ (W/m <sup>2</sup> )
< 1 Hz	8	-	-	-	-
1 – 4 Hz	$8/f$	-	-	-	-
4 Hz – 1 kHz	2	-	-	-	-
1 – 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

Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun gustoće struje u pojedinom se retku obiju tablica odnosi na vrijednost frekvencije u Hz.

a. Zbog električne nehomogenosti tijela gustoće struje trebaju se uprosječiti preko presjeka od 1 cm<sup>2</sup>, okomitog na smjer struje.

b. Sve se SAR vrijednosti uprosječuju kroz bilo koji 6-minutni period.

c. Masa za uprosječenje lokalnog SAR-a iznosi bilo kojih 10 g kontinuiranog tkiva. Za procjenu izloženosti uzima se vrijednost maksimalnog SAR-a.

d. Za impulse trajanja  $t_p$  ekvivalentna frekvencija koja se primjenjuje izračunava se prema izrazu  $f = 1/(2t_p)$ . Dodatno se za frekvijsko područje od 0,3 GHz do 10 GHz i za lokaliziranu izloženost glave traži zadovoljavanje još jednog ograničenja temeljnih veličina: Vrijednost specifične apsorbirane energije ne smije prelaziti 10 mJ/kg za profesionalno izloženo osoblje (tablica 1) u područjima profesionalne izloženosti, odnosno 2 mJ/kg za pučanstvo (tablica 2) u područjima povećane osjetljivosti, uprosječeno preko 10 g tkiva.

## PRILOG 3

### GRANIČNE RAZINE REFERENTNIH VELIČINA

**Tablica 1** Granične razine električnog i magnetskog polja, gustoće magnetskog toka i gustoće snage ekvivalentnog ravnog vala za pojedinačnu frekvenciju za područja profesionalne izloženosti. Granične razine dane su za efektivne vrijednosti jakosti nesmetanog polja i gustoće magnetskog toka, a vrijede za jednoliku izloženost cijelog ljudskog tijela elektromagnetskim poljima.

Frekvencija $f$	Jakost električnog polja $E$ (V/m)	Jakost magnetskog polja $H$ (A/m)	Gustoća magnetskog toka $B$ ( $\mu$ T)	Gustoća snage (ekvivalentnog ravnog vala) Sekv (W/m <sup>2</sup> )	Vrijeme uprosječenja $t$ (minute)
< 1 Hz	14 000	32 000	40 000		*
1 – 8 Hz	10 000	32 000/ $f^2$	40 000/ $f^2$		*
8 – 25 Hz	10 000	4000/ $f$	5000/ $f$		*
0,025 – 0,8 kHz	250/ $f$	4/ $f$	5/ $f$		*
0,8 – 3 kHz	250/ $f$	5	6,25		*
3 – 100 kHz	87	5	6,25		*
100 – 150 kHz	87	5	6,25		6
0,15 – 1 MHz	87	0,73/ $f$	0,92/ $f$		6
1 – 10 MHz	87/ $f^{1/2}$	0,73/ $f$	0,92/ $f$		6
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2	6
400 – 2000 MHz	1,375 $f^{1/2}$	0,0037 $f^{1/2}$	0,0046 $f^{1/2}$	$f/200$	6
2 – 10 GHz	61	0,16	0,20	10	6
10 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10	68/ $f^{1.05}$

**Tablica 2** Granične razine električnog i magnetskog polja, gustoće magnetskog toka i gustoće snage ekvivalentnog ravnog vala za pojedinačnu frekvenciju za područja povećane osjetljivosti. Granične razine dane su za efektivne vrijednosti jakosti nesmetanog polja i gustoće magnetskog toka, a vrijede za jednoliku izloženost cijelog ljudskog tijela elektromagnetskim poljima.

Frekvencija $f$	Jakost električnog polja $E$ (V/m)	Jakost magnetskog polja $H$ (A/m)	Gustoća magnetskog toka $B$ ( $\mu$ T)	Gustoća snage (ekvivalentnog ravnog vala) Sekv (W/m <sup>2</sup> )	Vrijeme uprosječenja $t$ (minute)
< 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 $f^{1/2}$	$f/1250$	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/ $f^{1,05}$

\*Relevantna je najviša efektivna vrijednost.

Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun efektivnih vrijednosti jakosti električnog i magnetskog polja, gustoće magnetskog toka i gustoće snage ekvivalentnog ravnog vala u pojedinom retku obiju tablica uzima se u jedinicama za frekvenciju navedenim u prvom stupcu.

**Tablica 3** Granične razine električnog i magnetskog polja i gustoće magnetskog toka za pojedinačnu frekvenciju impulsnog polja za područja profesionalne izloženosti. Granične razine dane su za efektivne vrijednosti jakosti nesmetanog polja i gustoće magnetskog toka, a vrijede samo za jednoliku izloženost cijelog ljudskog tijela elektromagnetskim poljima.

Frekvencija $f$	Jakost električnog polja $E$ (V/m)	Jakost magnetskog polja $H$ (A/m)	Gustoća magnetskog toka $B$ ( $\mu$ T)	Vrijeme uprosječenja $t$ (minute)
10 – 400 MHz	900	2,3	2,9	trajanje impulsa
400 – 2000 MHz	$44 \cdot \sqrt{f}$	$0,12 \cdot \sqrt{f}$		trajanje impulsa
2 – 300 GHz	1950	5,1	6,4	trajanje impulsa

Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun efektivnih vrijednosti jakosti električnog i magnetskog polja i gustoće magnetskog toka u drugom retku tablice uzima se u MHz.

**Tablica 4** Granične razine električnog i magnetskog polja i gustoće magnetskog toka za pojedinačnu frekvenciju impulsnog polja za područja povećane osjetljivosti. Granične razine dane su za efektivne vrijednosti jakosti nesmetanog polja i gustoće magnetskog toka, a vrijede samo za jednoliku izloženost cijelog ljudskog tijela elektromagnetskim poljima.

Frekvencija $f$	Jakost električnog polja $E$ (V/m)	Jakost magnetskog polja $H$ (A/m)	Gustoća magnetskog toka $B$ ( $\mu$ T)	Vrijeme uprosječenja $t$ (minute)
10 – 400 MHz	180	0,46	0,58	trajanje impulsa
400 – 2000 MHz				trajanje impulsa
2 – 300 GHz	390	1,02	1,28	trajanje impulsa

Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun efektivnih vrijednosti jakosti električnog i magnetskog polja i gustoće magnetskog toka u drugom retku tablice uzima se u MHz.

**Tablica 5** Granične razine za vremenski promjenjive dodirne struje za vodljive objekte u području profesionalne izloženosti.

Frekvencija $f$	Najveća dodirna struja $I$ (mA)
< 2,5 kHz	1,0
2,5 – 100 kHz	$0,4f$
100 kHz – 110 MHz	40

Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun najveće dodirne struje drugom retku tablice uzima se u kHz.

**Tablica 6** *Granične razine za vremenski promjenjive dodirne struje za vodljive objekte u području povećane osjetljivosti.*

Frekvencija $f$	Najveća dodirna struja $I$ (mA)
< 2,5 kHz	0,5
2,5 – 100 kHz	$0,2f$
100 kHz – 110 MHz	20

*Vrijednost frekvencije  $f$  za proračun najveće dodirne struje u drugom retku tablice uzima se u kHz*