

SISTEMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

ZAŠTITA OD NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

Prof dr Vera Marković



IZLOŽENOST NEJONIZUJUĆEM ZRAČENJU U ŽIVOTNOJ I RADNOJ SREDINI

Kao što je već rečeno, izloženost ljudi elektromagnetnim poljima dolazi iz različitih izvora i dešava se u raznim situacijama u svakodnevnom životu.

Sveprisutno je izlaganje elektromagnetnim poljima u opsegu izuzetno niskih frekvencija, u domaćinstvima, u blizini energetske vodova i postrojenja i slično.

Poslednjih godina pažnja je usmerena i na dugoročnu izloženost ljudi koji žive pored transformatora ugrađenih u stambene zgrade.

- U frekvencijskom opsegu iznad 100 kHz do nekoliko GHz glavni doprinos izloženosti pojedinaca daju mobilni telefoni i DECT telefoni, jer su to predajnici u neposrednoj blizini tela ili na samom telu. Posebno za tkiva mozga, mobilni telefon koji se koristi uz uho ostaje glavni izvor izloženosti.
- Smart-telefoni koji funkcionišu u mrežama različitih tehnologija, kao i drugi prenosivi bežični uređaji, poput tableta i laptop računara, povećali su kompleksnost izloženosti korisnika i promenili regione tela koji su izloženi. Ovo može zahtevati dozimetriju specifičnu za pojedine organe.

- Zbog različitih izvora koji se koriste pored tela, važno je uzeti u obzir višestruku izloženost da bi se uradila procena rizika.
- Ovo pitanje je takođe važno za izlaganje na radnom mestu, jer mogu postojati situacije, kao što je rad profesionalaca u kabinetima za magnetnu rezonancu, gde su profesionalci istovremeno izloženi poljima iz više opsega frekvencija, različitog trajanja i jačina polja.

- U spoljnoj životnoj sredini, izloženost opšte populacije dominantno je vezana za radiodifuzne predajnike, antene za razne privatne i državne telekomunikacione usluge i bazne stanice za mobilne komunikacije.
- Udaljenost od izvora je glavni parametar koji određuje nivo izloženosti, zajedno sa snagom zračenja.
- Jedna od glavnih osobina elektromagnetskog polja je ta da **gustina snage zračenja antene opada nominalno sa kvadratom rastojanja od predajnika.**
- U praksi, merenja su pokazala da gustina snage opada i brže sa rastojanjem, zbog različitih efekata pri prostiranju, što je povoljno s aspekta opasnosti od zračenja.

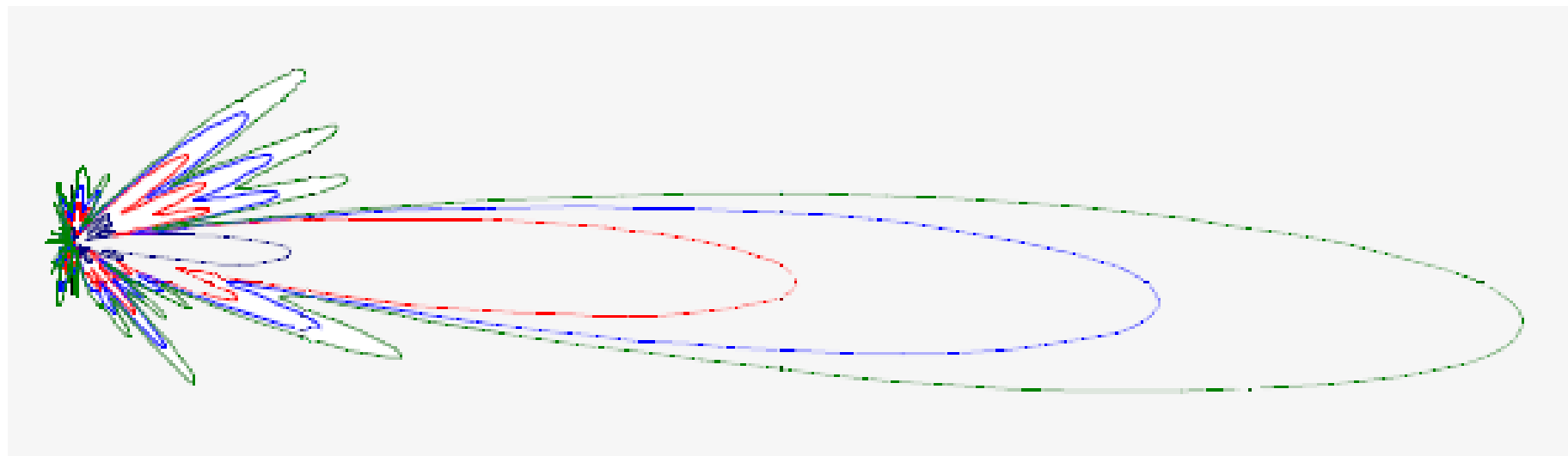


Antene za mobilne komunikacije mogu biti na posebnim stubovima ili na zgradama

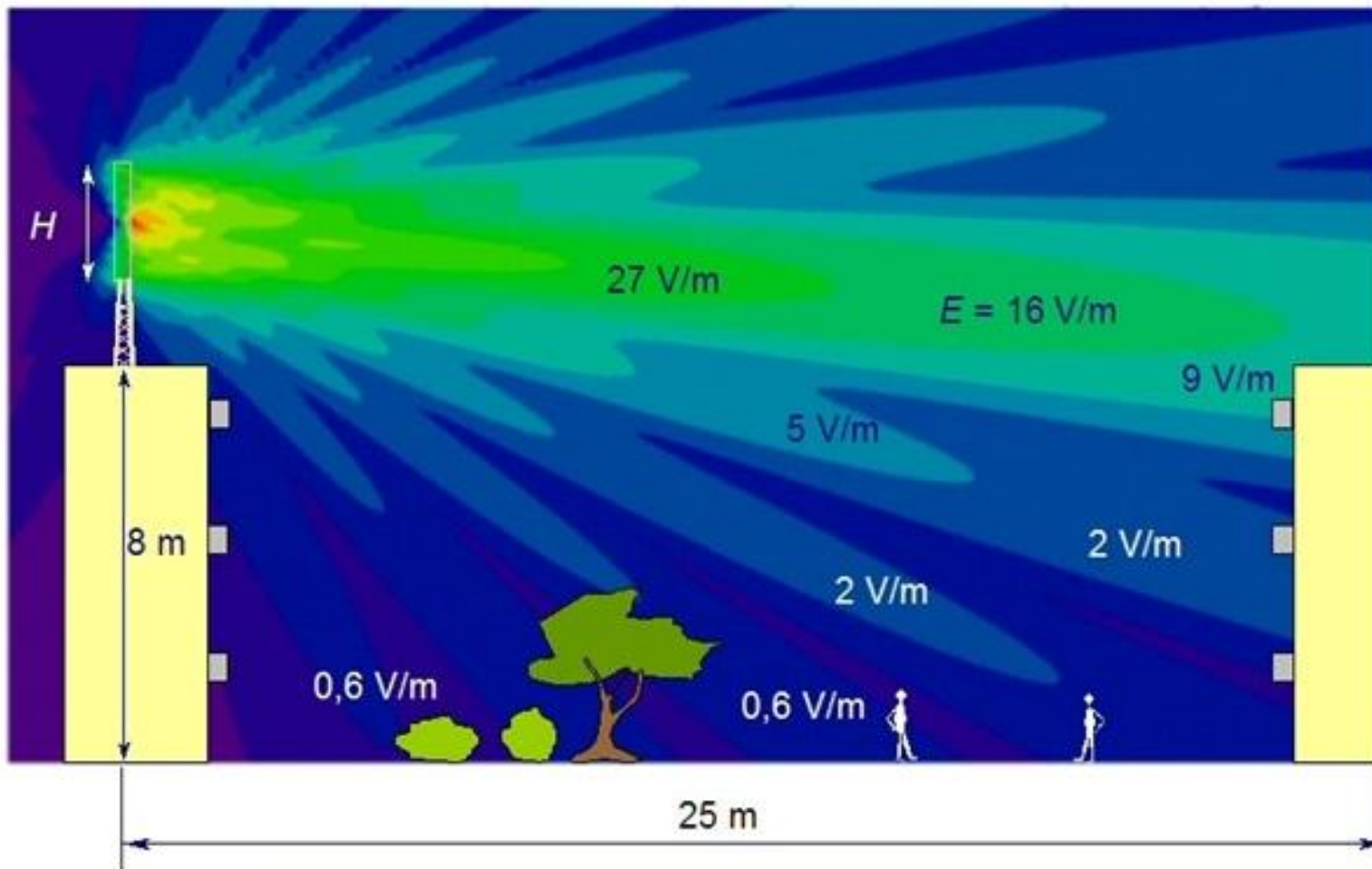


Fotografije antena za mobilne komunikacije

Dijagram zračenja antene



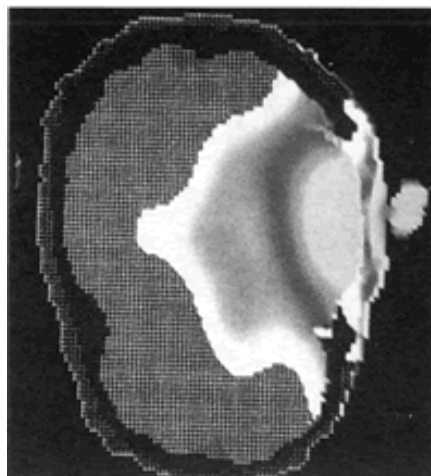
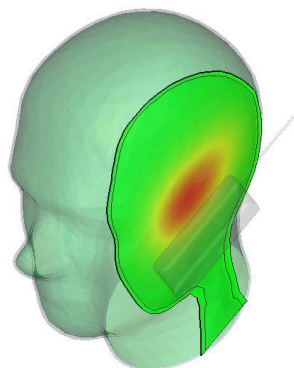
Primer: antena na zgradi



- Što se tiče zatvorenog prostora, broj izvora je poslednjih godina veoma povećan. Tome doprinosi instalacija pristupnih tačaka (*access points*) i baznih stanica kratkog dometa, u okviru sistema kao što su 3G, 4G, WiFi, DECT i slično.
- Sve ovo doprinosi izloženosti EM poljima na veoma bliskim rastojanjima (unutar 1m)
- Medjutim, emitovana polja iz ovih uređaja, čak i kada se kombinuju, još uvek ne premašuju propisane nivoe.
- Uopšteno gledano, čini se da u savremenim telekomunikacijama, tehnološki trend je upotreba predajnika slabije snage, bliže ljudskom telu ili na samom telu, i pomeranje ka višim frekvencijama.

- Očekuje se da će aplikacije u oblasti millimetarskih talasa biti dostupne uskoro u različitim oblicima.
- Te aplikacije trenutno ne utiču značajno na prosečnu izloženost opšte populacije.
- Ove aplikacije koriste predajnike male snage, i zbog male dubine prodiranja ovih talasa, izloženost je ograničena na površinska tkiva.

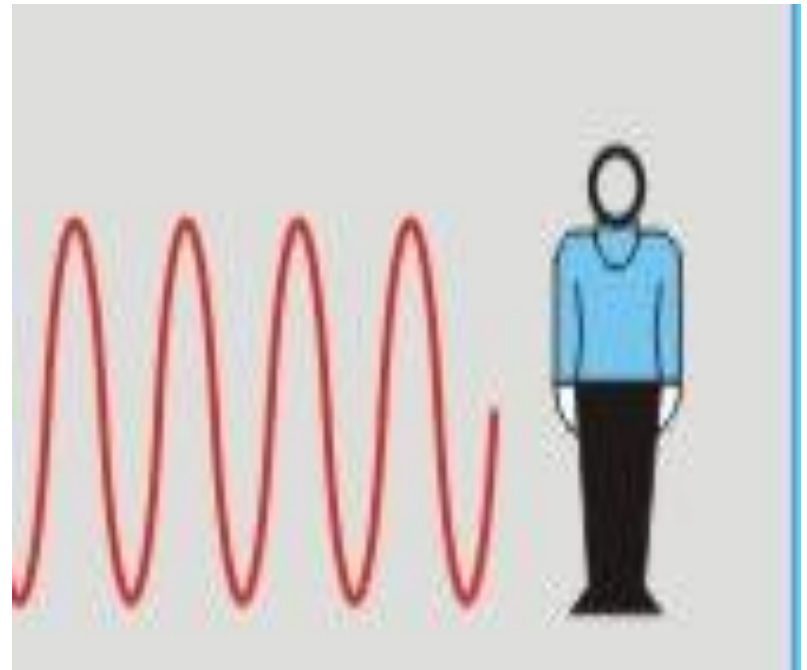
PRODIRANJE EM TALASA U ORGANIZAM



- Izlaganje EM poljima može dovesti do apsorbcije energije u organizmu
- Postoje specifičnosti kada je u pitanju prostiranje EM talasa kroz biološka tkiva.

Glavni faktori apsorpcije EM energije u telu čoveka:

- Dielektrične osobine tkiva
- Frekvencija (talasna dužina)
- Oblik i položaj tela



Dielektrične osobine tkiva:

Za opisivanje EM osobina biološkog tkiva koristi se kompleksna dielektrična konstanta tkiva:

$$\underline{\epsilon} = \epsilon_r \epsilon_0 + j \frac{\sigma}{2\pi f}$$

gde je:

$\epsilon_0 = 8,86 \times 10^{-12}$ F/m (Farada po metru),

ϵ_r – relativna dielektrična konstanta tkiva,

σ - električna provodljivost tkiva,

f – frekvencija EM talasa i

j – imaginarna jedinica.

Veličina provodljivost σ koja se izražava u S/m (Simens po metru) takođe je zavisna od frekvencije kojoj je izloženo ljudsko telo.

Tipične vrijednosti električne provodljivosti σ za pojedina ljudska tkiva u zavisnosti od frekvencije				
Ljudsko tkivo	Provodljivost (S/m)- <i>Simens po metru</i>			
	150 MHz	450 MHz	900 MHz	1800 MHz
Mišići	0,73	0,81	0,94	1,3
Koža (mokra)	0,56	0,69	0,85	1,2
Krv	1,2	1,4	1,5	2,0
Siva moždana masa	0,60	0,76	0,94	1,4
Bijela moždana masa	0,35	0,46	0,59	0,93
Masno tkivo	0,07	0,083	0,11	0,19
Kosti	0,070	0,096	0,14	0,28
Jetra	0,53	0,68	0,86	1,3

Dubine prodiranja EM talasa u ljudski organizam na nekoliko tipičnih frekvencija:

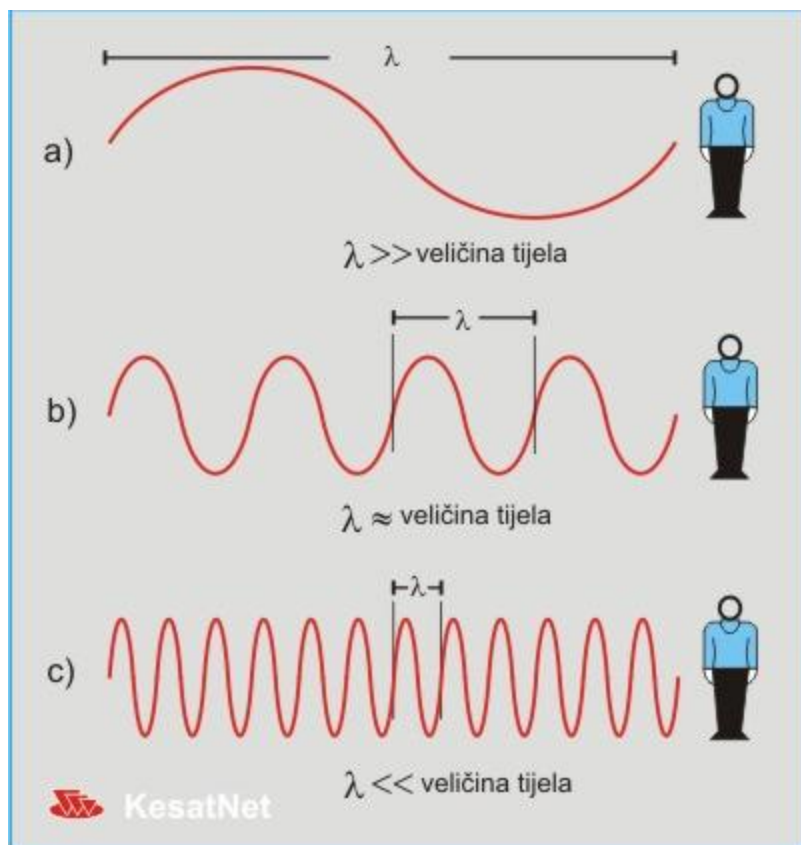
	FM radio	TV predajnik	GSM 900	GSM 1800
Frekvencija (u MHz)	100	450	900	1 800
Dubina prodiranja δ (polje opadne e puta)	3 cm	1.5 cm	1 cm	0.7 cm
Dubina do koje snaga opadne na 1%	9 cm	4.5 cm	3 cm	2 cm

Terminom dubina prodiranja EM polja – δ , označava se rastojanje od površine tela do dubine na kojoj jačina polja opadne e puta (e je osnova prirodnog logaritma i iznosi 2.7), a to je oko 37% početne vrednosti.

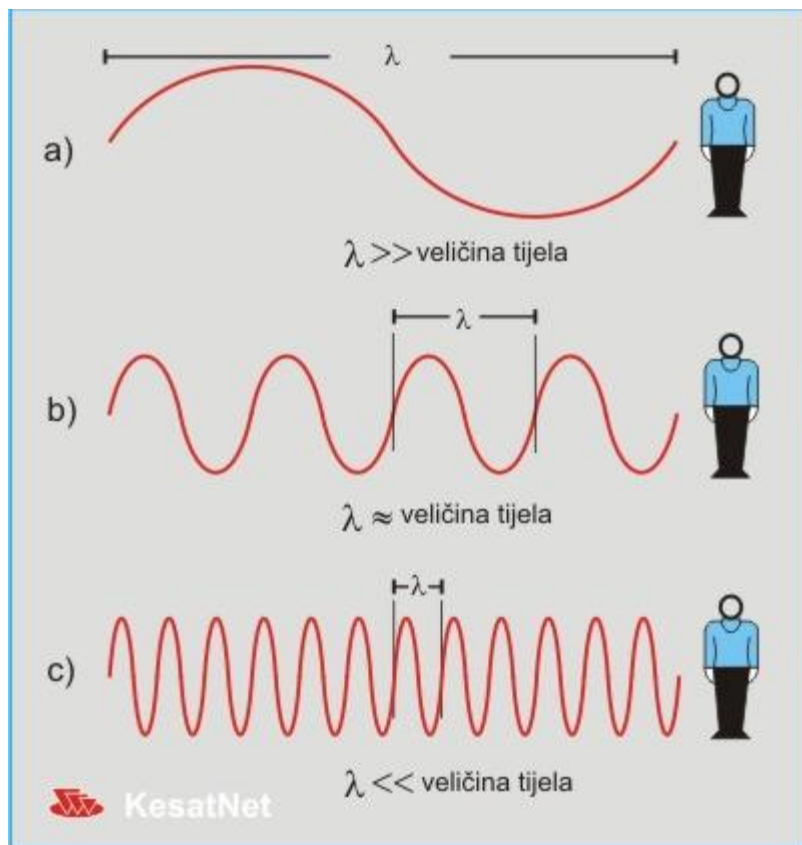
Iz tabele se vidi da EM polja nižih frekvencija više prodiru u ljudsko telo.

Frekvencija (talasna dužina):

Raspodela apsorbovane energije EM polja zavisi i od od frekvencije, odnosno kolika je veličina ljudskog tela u odnosu na talasnu dužinu EM talasa.



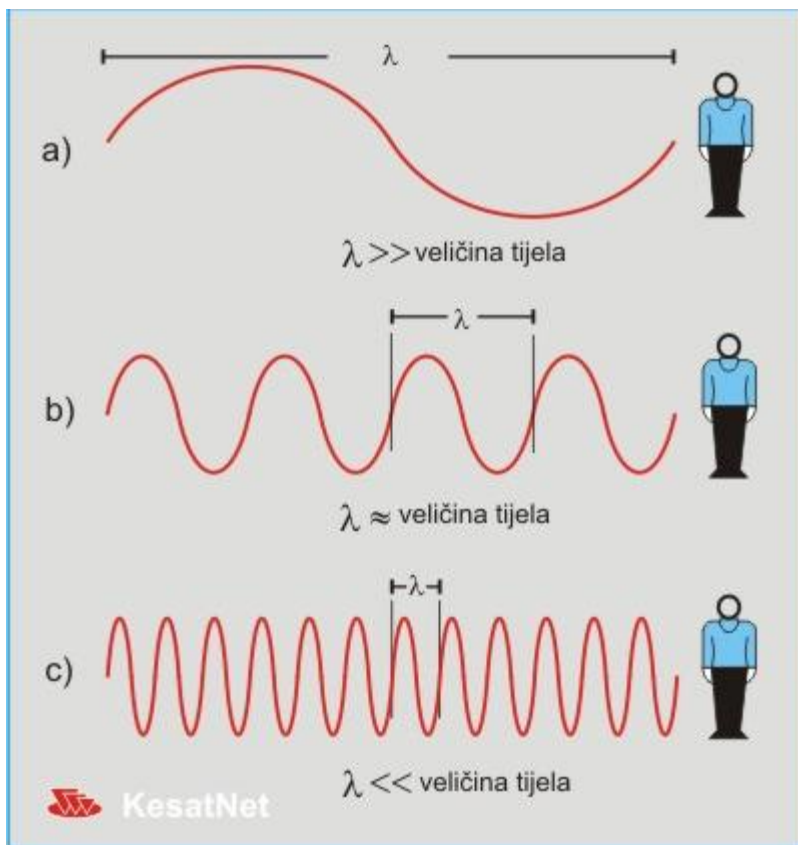
a) U slučajevima kada je veličina tela manja od talasne dužine postoji mala apsorpcija i jednoobrazna raspodela energije.



b) Kada je talasna dužina približno jednaka veličini tela tada se javlja najveća apsorpcija sa nejednakom raspodjelom energije.

U opsegu od desetak MHz do oko 300 MHz može se javiti relativno velika apsorbcija u celom telu.

Na frekvencijama od oko 300 MHz do nekoliko GHz nastaje značajna lokalna neuniformna apsorbcija.



c) Kada je talasna dužina dosta manja od veličine tela, npr. za frekvencije reda veličine 10GHz i više, tada je apsorpcija ograničena na površinske slojeve tela.

- ✚ Zbog nehomogenog sastava ljudskog organizma, dolazi do neuniformne distribucije energije EM polja unutar tela.
- ✚ Za opisivanje raspodele apsorbovane energije u telu koristi se veličina **SAR – specifična stopa apsorpcije** (*specific absorption rate*) [W/kg].
- ✚ SAR se definiše kao snaga apsorbovana po jedinici mase tkiva i izražava se u **W/kg**.
- ✚ SAR je osnova za većinu standarda bezbednosti upotrebe uređaja koji zrače EM talase.

Ako želimo da definišemo SAR u određenoj tački prostora, potrebno je veličine posmatrati lokalno, tj., definiše se **lokalni SAR** prema sledećoj formuli:

$$\text{SAR} = \sigma E^2 / \rho \quad [\text{W/Kg}]$$

gde je:

σ (S/m) - električna provodljivost tkiva,

E (V/m) intenzitet električnog polja, a

ρ (g/cm²) gustina tkiva.

Usrednjeni SAR.

Usrednjeni SAR se izračunava za celo telo, glavu, ruke ili drugi deo tela i koristi se za opisivanje izloženost zračenju od izvora u dalekoj zoni zračenja, kao što je to slučaj antene baznih stanica u zoni korišćenja.

SAR za 10 g mase, 1g mase ili 1 cm³
zapremine

Ovako definisan SAR je usrednjeni SAR za određeni deo prostora. Ukoliko je taj deo prostora izuzetno mali, na primer 1g, može se posmatrati kao lokalni SAR.

Vršni SAR ili maksimalna vrednost lokalnog SAR.

Maksimalna vrednost SAR je značajna jer ukazuje na mesta u telu kod kojih se može pojaviti povećano zagrevanje i mogući izraženiji biološki efekti. Ovo je bio glavni razlog uvođenja lokalnog SAR. Iz standarda i preporuka možemo uočiti da je vrednost za maksimalni dozvoljeni lokalni SAR uvek veća od SAR za celo telo ili deo tela

Oblik i položaj tela:

Apsorpcija elektromagnetskih talasa u telu čoveka može varirati sa oblikom i položajem tela u EM polju.

Na primer, osoba koja je izložena vertikalno polarizovanim talasima apsorbuje više energije nego kada je ta ista osoba izložena horizontalno polarizovanim talasima.

Rezultati istraživanja pokazuju da SAR ima najveću vrednost kada je osa tela paralelna vektoru električnog polja, i u okolini rezonantne frekvencije čoveka, koja iznosi oko 70-80 MHz.

Može doći do fokusiranja i samim tim povećanja EM energije ukoliko se čovek nalazi u prostoru sa metalnom konstrukcijom.