

SAREMF

UN PROIECT PENTRU IMPLEMENTAREA IN ROMANIA A MASURARII SAR LA TERMINALELE UTILIZATE IN TELEFONIA MOBILA

1 INTRODUCERE

1.1 Aspecte generale

În ultimii câțiva ani a crescut interesul referitor la efectele biologice asociate cu expunerea la câmpurile electromagnetice folosite în comunicații mobile. Creșterea a fost determinată de sporirea deosebit de rapidă a numărului de utilizatori ai acestor dispozitive, ceea ce a condus la apariția multor probleme referitoare la unele efecte posibile ale acestor câmpuri.

În prezent, folosirea unor surse de RF este larg răspândită în societate. Exemple de primă importanță pot fi aduse din comunicații mobil, radiodifuziune (sonoră și / sau video) precum și aplicații industriale și medicale. În multe cazuri se dispune de informații referitoare la emisiile care ajung de la sursele de RF, informații care pot fi folosite împreună cu măsurători la fața locului. Trebuie însă să se aibă în vedere faptul că informațiile referitoare la expunerea persoanelor sunt destul de puține și că este necesară optimizarea metodologiei pentru confirmarea expunerii individuale, de exemplu pentru o dezvoltare a dozimetrelor existente.

Multe dintre echipamente folosite sunt de tipul unor emițătoare RF mobile, peste 1,5 miliarde de persoane folosind telefoanele mobile, la nivel mondial. În Europa, procentul din populație care folosește telefoane mobile a depășit 80%. Înainte de a pătrunde pe piața europeană este necesar ca pentru echipamente să se certifice că acestea sunt conforme cu directivele europene și că, în particular, nu se depășesc limitele de putere admisibile pentru puterea absorbită în corpul uman. De exemplu, limita până la care se admite folosirea telefoanelor mobile din punctul de vedere al ratei specifice de absorbție, SAR, este de 2 W / kg pentru capul uman.

Restricțiile și reglementările referitoare la expunerea la câmpuri electromagnetice se bazează pe informații acumulate în ultimele decenii și reflectă stadiul actual de înțelegere al nivelurilor acestor câmpuri pentru a fi considerate nepericuloase. Lista efectelor posibile este mare și, în prezent, se desfășoară o activitate intensă de cercetare pentru studierea posibilelor efecte ale câmpurilor electromagnetice. Multe dintre aceste studii și reglementări se concentrează asupra echipamentelor de comunicații mobile și includ, de exemplu, studii epidemiologice, cercetări în biologie, evaluarea unor constatări, precizări referitoare la expunere etc.

Cercetătorii din domeniul EMF au stabilit, prin cercetări desfășurate până în prezent pentru stabilirea efectelor radiației electromagnetice asupra sănătății, că problemele cele mai relevante ce apar în domeniu, nu pot fi rezolvate de experți dintr-un singur domeniu. Este necesară stabilirea unei serii de „evenimente”, și în legătură cu acestea se pot stabili disciplinele științifice ce trebuie să fie implicate în evaluarea efectelor (figura 1).

Secvența de evaluare a efectului EMF începe cu evaluarea surselor de câmpuri electrice și / sau magnetice. Sursa nu reprezintă în sine o problemă, fiind în general cunoscută împreună cu caracteristicile sale tehnice. În cazul prezentei lucrări, principalele tipuri de surse analizate

sunt stațiile de bază ale sistemelor de comunicații mobile de generația a doua și, pentru viitor și cele de generația a treia.

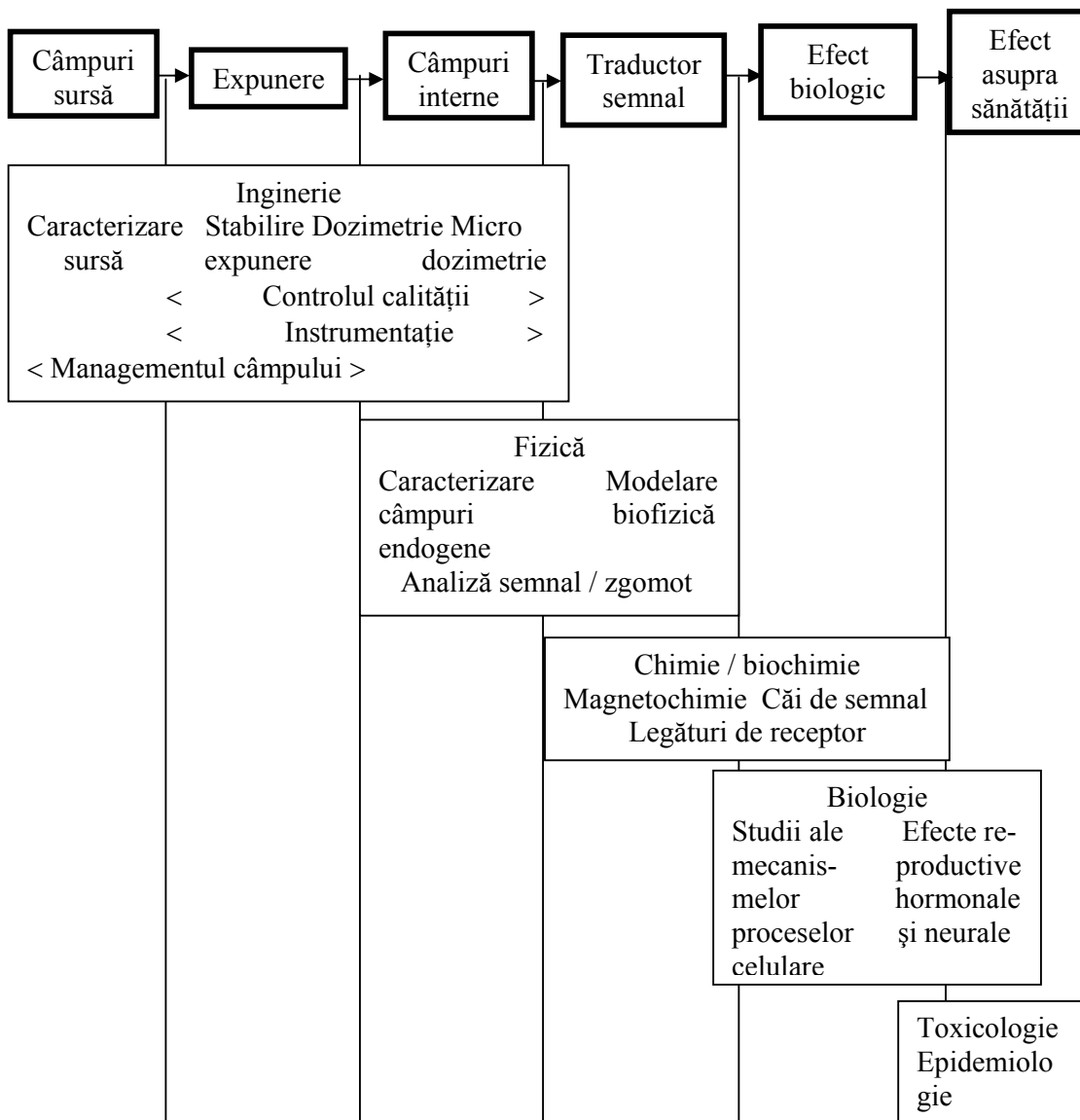


Fig. 1 Evenimente și legături stabilite pentru determinarea efectelor biologice ale câmpurilor electromagnetice asupra sănătății

Următorul domeniu de analiză este expunerea. Expunere există doar când una sau mai multe persoane muncesc sau trăiesc în câmpurile produse de aceste surse, se poate vorbi despre expunere EMF. Expunerea este „complicată” de factori ca deplasarea persoanei expuse în câmp, variațiile spațiale ale acestuia precum și de numeroase combinații posibile ale parametrilor de expunere.

În cazul expunerii la radiații electromagnetice, este necesar să fie luate în considerare câmpurile interne rezultate. Câmpurile magnetice interne sunt aproape identice cu cele exterioare, deoarece permeabilitatea magnetică a corpului este apropiată de unitate. Dimpotrivă, câmpurile electrice interioare corpului diferă considerabil de cele externe, fiind reduse cu

aproximativ șase ordine de mărime. În același timp, câmpurile magnetice alternative induc prin efect Faraday câmpuri electrice cu valori importante. În plus, există câmpuri electrice endogene care pot fi comparabile ca amplitudine. Prin combinarea tuturor acestor factori și dacă se ține seama de proprietățile electrice extrem de complexe ale țesuturilor corpului, problema rezultată este deosebit de complexă. Se ajunge astfel la problema dificilă de a înțelege expunerea interioară: celulele și țesuturile corpului sunt afectate de câmpurile create în interior și nu de cele externe, care pot măsurate.

Studiile câmpurilor sursă, expunerea și câmpurile interne sunt discipline ingineresti. Măsurarea radiațiilor electromagnetice non-ionizante [11] reprezintă în sine o problemă cu multe aspecte și dificultăți. Studiile ingineresti EMF conțin caracterizarea surselor, evaluarea expunerii, calculul câmpurilor interne, dezvoltarea instrumentelor necesare precum și controlul calității pentru experimentările de laborator.

Atât calculul câmpurilor interioare cât și investigația mecanismelor de interacțiune se situează în domeniul fizicii. Pentru aceasta se aplică teoria electromagnetică, având în vedere și unele probleme fundamentale privind zgomotul, auto-organizarea și dinamica neliniară. Există și probleme suplimentare, care cuprind caracterizarea câmpurilor endogene precum și investigarea procesării informațiilor din interiorul organismului viu.

Cercetarea câmpurilor electromagnetice din punctul de vedere al efectelor asupra sănătății aduce în prim plan, pentru inginer și fizician, o problemă de primă mărime, aceea a dozei de expunere și, prin consecință, a efectului acesteia. În această situație este necesar să se ofere soluția pentru două probleme:

- i Care sunt, în fond, scopul cercetărilor ingineresti în domeniu?
- ii Ce se speră să se obțină pentru a fi util în aflarea răspunsului la întrebarea despre riscurile potențiale de sănătate?

În cazul câmpurilor electromagnetice relația doză-răspuns este cunoscută doar în mică măsură și deci nu este clar în prezent modul de acțiune a acesteia. Se pun probleme, de exemplu, cum să se definească un nivel de siguranță și ce schimbări pot avea loc pentru ceilalți parametri relevanți, dacă se realizează atenuarea pentru unul dintre parametri. Un prim exemplu al acestei ultime probleme se află în noile pături electrice, care au fost reproiectate pentru a produce un câmp magnetic mai redus: atât densitatea de curent electric și intensitatea câmpului electric au crescut ca rezultat al noii proiectări pentru câmp de mică intensitate, iar răspunsurile tranzitorii de înaltă frecvență sunt necontrolate în ambele proiectări.

Cercetările de laborator pot să izoleze un singur parametru pentru investigație. În realitate există o multitudine de parametri ce trebuie să fie investigați. Este deci necesar să se adopte o abordare apropiată de lumea reală. Pentru cercetarea inginerescă în domeniu se pot sugera o serie de direcții de dezvoltare:

- ⇒ Integrarea cercetărilor ingineresti în domeniul câmpurilor electromagnetice într-un proces iterativ cu cercetarea biologică.
- ⇒ Caracterizarea mediului electromagnetic și furnizarea de informații pentru cercetătorii din laboratoare.
- ⇒ Analiza „metricii” sugerată de cercetarea de laborator pentru mediu.
- ⇒ Asistența acordată studiilor epidemiologice.

În domeniul studiului expunerii și al efectelor la radiațiile electromagnetice generate de echipamentele de radiocomunicații mobile celulare se pot pune în evidență mai multe direcții de cercetare:

- Modelarea absorbției de putere electromagnetică de către corpul uman.
- Efecte biomedicale ale câmpurilor electromagnetice.
- Efectul radiațiilor electromagnetice generate de echipamente de comunicații mobile asupra diferitelor viețuitoare.

Un exemplu în acest sens îl reprezintă modul de abordare a măsurătorilor de SAR (Specific Absorption Rate). Recomandările actuale referitoare la expunere sunt realizate în funcție de parametri specifici ca: rata specifică de absorbție, SAR (W/kg), energia electromagnetică absorbită sau disipată într-un anumit volum de țesut uman. Acest mod de definire creează probleme tehnice, deoarece SAR din interiorul unei persoane nu poate fi măsurat. De aceea, pentru a stabili acordul unui anumit dispozitiv cu restricțiile de bază, sunt necesare unele metode indirecte. În prezent, în Comitetul European pentru Standardizare în Electrotehnică (CENELEC), se definesc cerințele pentru acordul testărilor cu echipamentele de comunicație mobile. Testele trebuie să includă măsurători dozimetrice pe modele umane.

Măsurătorile de SAR se pot realiza în laboratoare specializate, cu echipamente corespunzătoare, folosind modele ale părților umane cele mai expuse la radiația echipamentelor și a terminalelor de tModelarea absorbției de câmp electromagnetic înseamnă dezvoltarea unor metode numerice referitoare la modul în care utilizatorul unui echipament mobil „de mână” este expus câmpului radiat de telefonul mobil. Simulările numerice sunt importante deoarece nu este posibil, în realitate, să se măsoare distribuția de câmp sau valorile specifice de absorbție (SAR) în țesuturile persoanelor. Aceste valori sunt importante, deoarece expunerea umană este evaluată în funcție de SAR.

1.2 Expunerea la câmpuri electromagnetice

Conform ICNIRP [4], expunerea la câmpuri electromagnetice de radiofrecvență sub 100 kHz are ca efect o absorbție neglijabilă de energie.

Din contră, expunerea la câmpuri electromagnetice cu frecvențe mai mari de 100 kHz poate conduce la absorbții semnificative de energie și creșteri de temperatură.

În general, expunerea la câmpuri electromagnetice uniforme (undă plană) are ca efect o distribuție foarte neuniformă a acestora în corp și, implicit, a absorbției de energie.

Ținând cont și de proprietățile fizico-chimice ale corpului omului, neuniform distribuite (în raport cu zona din corp și vârstă) rezultă că absorbția de energie trebuie evaluată prin măsurări dozimetrice și calcul.

La cele de mai sus, o problemă specifică privind expunerea la câmpuri electromagnetice, în special în domeniul microundelor, o reprezintă utilizarea telefoanelor mobile în imediata apropiere a corpului utilizatorului în timpul convorbirii (lângă cap) sau în așteptarea unui apel (purtat la brâu, într-un buzunar etc.).

În acest caz, evaluarea expunerii se complică ținând cont de particularitatea de „câmp apropiat” a câmpului electromagnetic, la care cele două componente ale câmpului trebuie evaluate separat.

Din punctul de vedere al absorbției de energie de către corpul omului câmpurile electromagnetice uniforme pot fi clasificate /3/ în patru categorii, ținând cont de domeniul de frecvență al acestora:

- 100 kHz – 20 MHz; absorbția de energie descrește rapid cu frecvența, dar o absorbție semnificativă poate apare în zona gâtului și membre;
- 20 MHz – 300 MHz; se manifestă o absorbție relativ pronunțată în tot corpul, valori mai mari putând apare în anumite zone din cauza rezonanțelor;
- 300 MHz – 10 GHz; apar absorbții semnificative locale;
- peste 10 GHz; absorbția de energie se manifestă, în principal, la suprafața corpului.

Rezultatele experimentale și studiile teoretice realizate până în prezent pe plan internațional au pus în evidență faptul că efectele biologice adverse ale expunerii la câmpuri de microunde sunt de natură termică ; acestea se manifestă dacă absorbția de putere în țesuturi este mai mare de 4 W/kg, mediată pentru întreg corpul.

Față de acest prag, nivelul maxim al expunerii profesionale este stabilit prin standarde sau reglementări internaționale la 0,4 W/kg, pentru întreg corpul.

Ținând cont de faptul că populația poate fi expusă permanent și acceptând implicit un efect cumulativ al expunerii la microunde, ținând cont, de asemenea, și de alți factori de mediu sau de sensibilitatea sporită a unor grupuri populaționale, limita de expunere a populației a fost redusă de standardele internaționale în raportul 1/5 față de limita expunerii profesionale, adică este de 0,08 W/kg, pentru întreg corpul.

Limitele de expunere locale (pentru părți ale corpului) sunt deduse, de asemenea, pe baza unor criterii termice. Conform FCC, limita ratei absorbției specifice de energie (SAR) pentru expunere localizată este ≤ 8 W/kg, în cazul expunerii profesionale și $\leq 1,6$ W/kg în cazul expunerii populației.

Expunerea populației la câmpuri de microunde produse de sisteme de comunicații mobile celulare prezintă două aspecte :

- expunerea datorită stațiilor de bază;
- expunerea datorită telefoanelor celulare

În zona de acces din vecinătatea stațiilor de bază expunerea publicului este mult sub limitele acceptate de standarde (conform „Medical College of Wisconsin - Electromagnetic Fields and Human Health – 2 Ianuarie 2002 se dau următoarele valori de expunere a populației: valoare tipică = $0,0002 \text{ mW/cm}^2$; valoare maximă = $0,01 \text{ mW/cm}^2$, față de limitele FCC; $0,5 \text{ mW/cm}^2$ la 900 MHz și 1 mW/cm^2 la 2000 MHz). Se pun în discuție totuși probleme referitoare la efectele manifestate în imediata apropiere față de antenele stațiilor de bază, spre exemplu pentru locatarii

apartamentelor deasupra cărora sunt amplasate acestea, precum și în cazurile unor persoane mai sensibile. Spre exemplu în cazul amplasării antenelor stațiilor de bază în apropierea școlilor sau a spitalelor.

Expunerea la radiațiile echipamentelor mobile celulare și posibilele efecte ale acestora reprezintă în continuare un subiect de discuție, de experimentări și de analize, dat fiind folosirea terminalelor mobile în imediata apropiere a corpului uman în momentul emisie. Analizele se realizează în funcție de categorii de populație (tineri, vârstnici, copii etc.), de zona din corp în apropierea căreia funcționează terminalul mobil (cap, corp - de obicei în zona ficatului) precum și de parametrii funcționali ai terminalului mobil.

1.3 Terminale de radiocomunicații destinate folosirii de masă

În prezent sunt în funcțiune numeroase tipuri de echipamente de radiocomunicații, destinate publicului mai larg sau mai restrâns, în diferite benzi de radiofrecvență. Multe dintre acestea funcționează și radiază în imediata apropiere a corpului uman. Dintre acestea se pot menționa:

- Terminalele de radiotelefonie mobilă, folosite în cadrul sistemelor celulare, de generația a doua (pentru Europa GSM). În România sunt folosite ambele variante ale GSM, atât cea din banda de 900 MHz cât și cea din banda de 1800 MHz.
- Terminalele de radiotelefonie mobilă, folosite în cadrul sistemelor celulare, de generația de generația a treia (în Europa, inclusiv în România, fiind folosite atât UMTS cât și cdma2000). Pentru sistemele din generația a treia s-au elaborat mai multe variante constructive, care au avut ca obiectiv mărirea vitezei de transmisie la utilizator precum realizarea unor facilități și oferirea unor noi categorii de servicii. Astfel, ETSI și 3GPP au dezvoltat succesiv mai multe variante de standarde pentru UMTS și anume varianta '99 (prima variantă), urmată apoi, până în prezent, de variantele 4, 5, 6, 7. În paralel, 3GPP2 a dezvoltat mai multe variante ale sistemului cdma2000, dintre care se amintesc cdma2000 1xEV-DO și cdma2000 1xEV-DV.
- Terminalele destinate funcționării în rețele celulare de generația 2,5G. Aceasta deoarece în infrastructura GSM au fost investite sume uriașe, înainte de a se trece la o nouă generație de sisteme de comunicații mobile celulare s-au elaborat diferite soluții pentru mărirea vitezei de transmisie ca GPRS, HSCSD etc. În același timp, au fost elaborate protocoale și echipamente care să permită unor terminale să evolueze atât în rețele celulare de generația a doua cât și în cele de generația a treia.
- Terminalele cordless, de "prelungire" a liniei telefonice de abonat cu un echipament de radio emisie-recepție care oferă utilizatorului o mobilitate de până la circa 150÷200 m față de stația de bază. În varianta digitală, modernă, acesta este sistemul DECT, care funcționează în banda 1880÷1900 MHz, cu produse disponibile și pe piața românească.
- Echipamente de telecomunicații (rutere, puncte de acces wireless) destinate constituirii unor rețele locale ca cele cunoscute sub denumirea comercială WiFi, care folosesc puteri reduse de emisie, de până la 100 mW, în banda ISM (2,4÷2,4835 GHz), folosite de multe ori pentru a realiza rețele radio în interiorul unor întreprinderi sau la domiciliul posesorilor.

- Echipamente Bluetooth, cu funcționare tot în banda de ISM, folosite inițial pentru automatizări la domiciliu (noțiunea de locuința viitorului sau de locuință "inteligentă") și a căror utilizare a fost apoi extinsă la tot mai numeroase aplicații (de exemplu în telemedicină).
- Echipamente de telecomunicații WiMAX, funcționând în principal în banda de 3,5 GHz dar și în banda de 5 GHz și care sunt din ce în ce mai des folosite pentru realizarea unor rețele de acce local radio dar și pentru constituirea unor rețele celulare cu acoperire mare (rețele metropolitane etc.).
- Nu trebuie să fie "omise" nici echipamentele de calcul, laptop-uri și PC-uri, tot mai des echipate și cu module de radiofrecvență și care radiază, de asemenea, în imediata apropiere a utilizatorilor acestora.

Toate aceste echipamentele de radiocomunicații destinate în deosebi publicului larg precum și unor segmente de populație în prezent mai restrânse dar care se pot extinde în viitor, trebuie să se respecte trei categorii de cerințe și anume:

- a. încadrarea în banda de radiofrecvență în care sunt destinate să funcționeze;
- b. îndeplinirea condițiilor de compatibilitate electromagnetică;
- c. respectarea condițiilor de siguranță și de sănătate.

1.4 Probleme generale ale SAR

1.4.1 Noțiunea de SAR

Conceptul de raport normalizat la masă a ratei de absorbție a energiei produse de către o sursă de microunde a fost introdus la sfârșitul anilor '60 și începutul anilor '70 ai secolului trecut. În 1981 Consiliul Național pentru Protecția la Radiație și Măsurători a introdus oficial termenul de rată specifică de absorbție, SAR. Institutul Național American pentru Standarde, ANSI a fost prima organizație care a considerat SAR ca un parametru fundamental în dozimetrie, în cadrul unui standard referitor la protecția la expunere la radiație.

SAR este formal definit ca derivata în timp a energiei incrementale (dW) absorbite (și disipate) într-o masă incrementală (dm) conținută într-un volum (dV), de densitate cunoscută (ρ) SAR se exprimă în unități de wați / kg și este dată de expresia [8]:

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) \text{ [w/kg]}$$

SAR este o funcție de câmpul electric indus în țesut, fiind exprimat prin relația:

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

unde:

E reprezintă valoarea rădăcină medie patrată a intensității câmpului electric indus [V/m] în țesut,

ρ este densitatea țesutului, exprimată în [kg/m³],

σ este conductivitatea dielectrică a țesutului [Siemens/m],

SAR este puternic dependent atât de frecvență și distanță cât și de câmpul H și de puterea echipamentului supus testării. Este, de asemenea, dependent de compoziția țesutului precum și de alți factori. Relațiile care se stabilesc în cazul echipamentelor mobile sunt complexe, fiind în general nelineare.

Pentru caracterizarea obiectivă a echipamentelor de telefonie mobilă din punctul de vedere al expunerii este necesară existența unei proceduri de testare dozimetrică bazată pe determinarea directă a SAR.

1.4.2 Organisme de standardizare internațională în domeniu

În domeniul expunerii la energia de radiofrecvență, au fost dezvoltate diferite standarde. Acestea au ca obiectiv recomandarea unor niveluri "sigure" în ceea ce privește expunerea, atât pentru publicul larg cât și pentru lucrătorii în domeniu.

În SUA, FCC a folosit încă din 1985 norme de siguranță pentru expunerea în mediul de radiofrecvență, dar extinderea acestora pentru toate tipurile de emițătoare a fost realizată deabia în 1996.

Două organizații internaționale importante s-au preocupat de stabilirea unor limite în domeniu. Acestea sunt ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) și IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), prin comitetul SCC 28. De asemenea, un rol major îl joacă WHO (World Health Organization).

După constituire, și o perioadă de dezvoltare sub egida ANSI, IEEE SCC 28 s-a transformat ulterior în ICES (International Committee on Electromagnetic Safety), modificare aprobată de către IEEE-SASB în 2000. În prezent reprezintă o asocierie de specialiști din 17 țări, dintre care circa 33% din afara SUA. Este definit ca un mediu transparent de evaluare a cercetărilor științifice. grupul se auto-finanțează.

Structura ICNIRP este complet diferită. Reprezintă o organizație non-profit, fondată prin granturi, dar care nu acceptă granturi din partea industriei. Nu dispune de un personal permanent, cu proceduri formale și lucrează doar pentru stabilirea unor recomandări referitoare la expunere, fără să elaboreze standarde de produs sau standarde de măsură. ICNIRP nu dispune și nici nu specifică reguli speciale pentru implementare.

Între cele două organizații există diferențe în ceea ce privește valorile recomandate. De exemplu, în domeniul de definiție a SAR, recomandarea ICNIRP se exprimă în funcție de o medie pe 10 g ($2,0 \text{ W/kg}$ în cazul celor mai afectate 10 g pentru populație). Limitele stabilite de IEEE sunt diferite în frecvență și pentru SAR. În fapt, atât limitele cât și volumul diferă (de exemplu $1,6 \text{ W/kg}$ pentru 1 g cel mai afectat în general pentru populație).

La nivel mondial, organismele de reglementare din diferite țări au adoptat una sau alta dintre recomandările celor două organizații, ca bază pentru stabilirea unor reglementări proprii, uneori folosind o combinație între recomandările celor două organizații (de exemplu limita recomandată de una dintre organizații cu cerințele medii formulate de către cealaltă). În multe dintre cazuri, organismele naționale sau internaționale joacă un rol activ în recomandarea și impunerea unor limite.

Recomandarea ICNIRP se exprimă în funcție de o mediere pe 10 g (2,0 W/kg în cazul celor mai afectate 10 g pentru populație). Limitele stabilite de IEEE sunt diferite în frecvență și pentru SAR. În fapt, atât limitele cât și volumul diferă (de exemplu 1,6 W/kg pentru 1 g cel mai afectat în general pentru populație).

Ca exemplu sunt prezentate limitele stabilite pentru SAR de FCC (tabelul 1. 1)

Tabelul 1. 1

Limitele FCC stabilite pentru SAR

Rata absorbtiei specifice (SAR)	
Expunerea profesională / controlată (100 kHz – 6 GHz)	Expunerea generală / necontrolată (100 kHz – 6 GHz)
< 0,4 W/kg întreg corpul ≤ 8 W/kg părți ale corpului	< 0,08 W/kg întreg corpul ≤ 1,6 W/kg părți ale corpului

1.5 Parametri tehnici de care depinde SAR, ai terminalelor mobile

1.5.1 Terminale GSM

Terminalele GSM sunt reglementate de standardele:

- ETSI ETS 300 607-1 [1]
- ETSI TS 100 607-1 [2]
- ETSI EN 300 607-1 [3]
- ETSI TS 151 010-1 [4]

Echipamentele trebuie să fie conforme cu cerințele de securitate definite prin recomandarea standardului IEC 60950-1 [5].

Terminalele mobile GSM funcționează în benzile înscrise în tabelul 1. 2

Tabelul 1. 2

Benzile europene uzuale pentru funcționarea echipamentelor GSM

Tipul	Emițător [MHz]	Receptor [MHz]	Distanța între canale [kHz]
GSM 900	880÷915	935÷960	200
GSM 1800	1710÷1785	1805÷1880	200

Există și alte benzi de frecvență de funcționare, unele în dispută, altele în funcțiune, însă cele din tabelul 1 sunt cele mai uzuale, fiind standardizate pentru întreaga Europă. De menționat că sistemele care folosesc GPRS și / sau HSCSD operează în aceleași benzi de frecvență ca și GSM.

Clasele de putere ale echipamentelor GSM sunt sintetizate în tabelul 1. 3, iar pentru GSM 1800 în tabelul 1. 4, ambele în cazul folosirii modulației GMSK și în tabelul 1. 5 pentru cazul folosirii modulației 8 PSK.

Tabelul 1. 3

Clasele de putere pentru stația mobilă GSM 900 cu modulație GMSK

Clasa de putere	Tipul de stație	Putere maximă /dBm/	Putere maximă / W /	Toleranța /dB/ pentru condiții	
				normale	extreme
2	Vehicol/portabil	39	8	± 2	± 2,5
3	Portabil	37	5	± 2	± 2,5
4	De mână	33	2	± 2	± 2,5
5	De mână	29	0,8	± 2	± 2,5

Tabelul 1. 4

Clasele de putere pentru stația mobilă DCS 1800 cu modulație GMSK

Clasa de putere	Puterea de maximă /dBm/	Puterea de maximă /W/	Toleranța /dB/ pentru condiții :	
			normale	Extreme
1	30	1	± 2	± 2,5
2	24	0,25	± 2	± 2,5
3	36	4	± 2	± 2,5

Tabelul 1. 5

Clasele de putere la stațiile mobile ce folosesc modulația 8 PSK

Clasa de putere	GSM 900			DCS 1800		
	Putere maximă /dBm/	Toleranța /dB/ pentru condiții		Putere maximă /dBm/	Toleranța /dB/ pentru condiții	
		normale	extreme		normale	extreme
E1	33	± 2	± 2,5	30	± 2	± 2,5
E2	27	± 3	± 4	26	-4 / +3	-4,5/+4
E3	23	± 3	± 4	22	± 3	± 4

Puterea maximă de ieșire pentru stațiile ce folosesc modulația 8 PSK, în oricare dintre benzi, este întotdeauna egală sau mai mică decât puterea aceluiși echipament ce folosește modulația GMSK, în aceeași bandă.

Nivelul de putere la echipamentul mobil este reglabil, fiind controlat de sistem. Puterea maximă a emițătorului stației mobile reprezintă un șir monoton de valori, cu pasul de $2 \pm 1,5$ dB între trepte (tabelul 1. 6 pentru cazul stațiilor mobile funcționând în banda de 900 MHz și tabelul 1. 7 pentru cazul stațiilor funcționând în banda de 1800 MHz).

Tabelul 1. 6

Nivelurile de putere la emițătoarele stațiilor mobile GSM 900

Nivelul de control al puterii	Puterea nominală de ieșire /dBm/	Toleranța /dB/ pentru condiții	
		normale	Extreme
0 – 2	39	± 2	± 2,5
3	37	± 3	± 4
4	35	± 3	± 4
5	33	± 3	± 4
6	31	± 3	± 4
7	29	± 3	± 4
8	27	± 3	± 4
9	25	± 3	± 4
10	23	± 3	± 4
11	21	± 3	± 4
12	19	± 3	± 4
13	17	± 3	± 4
14	15	± 3	± 4
15	13	± 3	± 4
16	11	± 5	± 6
17	9	± 5	± 6
18	7	± 5	± 6
19 - 31	5	± 5	± 6

Tabelul 1. 7

Nivelurile de putere la emițătoarele stațiilor mobile GSM 1800

Nivel de control al puterii	Puterea nominală de ieșire /dBm/	Toleranța /dB/ pentru condiții	
		normale	Extreme
29	36	± 2	± 2,5
30	34	± 3	± 4
31	32	± 3	± 4
0	30	± 3	± 4
1	28	± 3	± 4
2	26	± 3	± 4
3	24	± 3	± 4
4	22	± 3	± 4
5	20	± 3	± 4
6	18	± 3	± 4
7	16	± 3	± 4
8	14	± 3	± 4

9	12	± 4	± 6
10	10	± 4	± 6
11	8	± 4	± 6
12	6	± 4	± 6
13	4	± 4	± 6
14	2	± 5	± 6
15 - 28	0	± 5	± 6

Schimbarea nivelului de control al puterii la stația mobilă este cerută de stația de bază, funcție de calitatea semnalului recepționat de la stația mobilă.

Pentru transmisiile de tip cordless, puterea nominală de ieșire va fi restricționată la valorile:

- 11 dBm (0,015 W) pentru GSM 900, deci nivelul de control 16 al puterii;
- 12 dBm (0,016 dBm) pentru DCS 1800, deci nivelul de control al puterii 9.

Din punctul de vedere al SAR, terminalele GSM trebuie să respecte recomandările:

- EN 50360: 2001 [6];
- EN 50361: 2001 [7].

De remarcat faptul că, recomandările [6] și [7] sunt valabile pentru toate tipurile de echipamente și terminale de telefonie mobilă, inclusiv cele cordless, citate în paragraful 1. 1, dat fiind că acestea funcționează în domeniul de aplicație al respectivelor recomandări.

1.5.2 Terminale UMTS

Benzile de frecvențe pentru echipamentul de utilizator, în sistemul WCDMA sunt conforme cu tabel 1. 8.

Tabelul 1. 8

Benzile de frecvențe folosite de echipamentele de utilizator WCDMA

Direcția de transmisie	Benzi de frecvență /MHz/ pentru CDMA cu împrăștiere directă
Transmisia	1920 – 1980
Recepția	2110 - 2170

Puterea nominală maximă de transmisie precum și toleranțele acesteia sunt conforme claselor de putere ale echipamentului de utilizator. Puterea nominală este definită în banda de transmisie pentru echipamentul de utilizator.

Puterile folosite de echipamentul de utilizator WCDMA, conforme claselor de putere adoptate, sunt prezentate în tabelul 1. 9, fiind valabile și pentru cazul modului de transmisie multi-cod.

Tabelul 1. 9

Puteri folosite la emisie pentru echipamentul de utilizator WCDMA

Clasa de putere	Puterea nominală maximă de ieșire /dBm/	Toleranța echipamentului de utilizator /dB/
3	+ 24	+ 1,7 / - 3,7
4	+ 21	± 2,7

Benzile de frecvență folosite de echipamentele TD-CDMA sunt conforme tabelului 1. 10

Tabelul 1. 10

Benzile de transmisie folosite pentru echipamentul de utilizator TD-CDMA

Direcția de transmisie	Benzile de frecvențe de lucru pentru CDMA-TDD /MHz/
Transmisie și recepție	1900 – 1920
Transmisie și recepție	2010 - 2025

Puterile folosite de echipamentul de utilizator TD-CDMA, conforme claselor de putere adoptate, sunt prezentate în tabelul 1. 11, fiind date pentru un singur cod.

Tabelul 1. 11

Puteri folosite la emisie pentru echipamentul de utilizator TD-CDMA

Clasa de putere	Puterea nominală maximă de ieșire /dBm/	Toleranța echipamentului de utilizator /dB/
2	+ 24	+ 1,7 / - 3,7
3	+ 21	± 2,7

1.5.3 Terminale cdma2000

Benzile de frecvențe pentru echipamentul de utilizator, conform tabel 1. 12

Tabelul 1. 12

Direcția de transmisie	Benzi de frecvență /MHz/ pentru CDMA cu purtătoare multiplă
Transmisia	1920 – 1980
Recepția	2110 – 2170

Puterea radiată de stația mobilă este conformă cu tabelul 1. 13

Puterea efectiv radiată pentru maximul de putere la stația mobilă

Clasa stației mobile	Radiația	Limita inferioară	Limita superioară
Clasa I	EIRP	28 dBm (0,63 W)	33 dBm (2 W)
Clasa II	EIRP	23 dBm (0,2 W)	30 dBm (1 W)
Clasa III	EIRP	18 dBm (63 mW)	27 dBm (0,5 W)
Clasa IV	EIRP	13 dBm (20 mW)	24 dBm (0,25 W)
Clasa V	EIRP	8 dBm (6,3 mW)	21 dBm (0,13 W)

1.6 Situația reglementărilor în diferite țări

Situația reglementării în domeniu în diferite țări europene este prezentată în [10]. Se va prezenta în continuare situația din România.

Autoritățile care răspund de această problemă sunt:

Ministerul Sănătății Publice
 Ministerul Educației și Cercetării (ANCS)
 Ministerul Economiei și Finanțelor
 Ministerul Comunicațiilor și Tehnologiei Informatice (ANRCTI)

Care beneficiază de concursul ACER (Asociația pentru Compatibilitate Electromagnetică din România) și a nou creată SRPRNI (Societatea pentru Protecția împotriva Radiațiilor Neionizante)

Reglementările existente în România se bazează pe **Directiva 2004/40/EC - EMF profesional** și **Directiva 1999/519/EC - EMF populație**

transpuse în legislația românească prin HG nr. 1136 din 30/08/2006 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de câmpuri electromagnetice și respectiv ORDINUL 1193 din 29/09/2006 pentru aprobarea Normelor privind limitarea expunerii populației generale la câmpuri electromagnetice de la 0 Hz la 300 GHz

Studiile efectuate în România se desfășoară în Institute Naționale și Institute de Igienă și Sănătate și în Universități tehnice și medicale și au de multe ori scopul de a simula patrunzerea cimpului electromagnetic în țesuturi umane, în animale de probă etc baza materială fiind destul de precară.

Cu toate acestea în perioada 2002-2004, în cadrul programului INFOSOC s-a realizat o cercetare teoretică și experimentală privind "Riscul generat de câmpurile electromagnetice produse de echipamentele de telecomunicații mobile celulare" 2002-2004. Coordonator: INSCC, Parteneri: ICMET Craiova, Universitatea din Craiova, UMF "Carol Davila" București

În aceeași perioadă s-a desfășurat Programul COST 261 "Compatibilitatea electromagnetică în sisteme de comunicație extinse și difuze" la care a participat un consorțiu românesc coordonat de ICMET Craiova având ca parteneri: INSCC, Procetel, UT Timișoara, UPB, ICPE

Abia în ultimii ani putem constata ca finanțările prin Programul National de CDI au crescut substantial facand posibila imbunatatirea bazei materiale si prin aceasta accesul la colaborari externe

1.7 Reglementări în domeniu, la nivel european

1.7.1 Standarde armonizate RTTE

După cum se arată în [15], standardele armonizate joacă un rol extrem de important în evaluarea conformității produselor cu cerințele esențiale ale Directivei RTTE, inclusiv în ceea ce privește activitatea de protecție la radiații electromagnetice și bazele pentru determinarea SAR. Conform sursei citate:

„Produsele conforme cu standardele armonizate sunt considerate (presumed) ca fiind conforme cu Directiva RTTE. Producătorii care nu utilizează standardele armonizate vor trebui să demonstreze pe larg (in extenso) faptul că produsele lor răspund cerințelor esențiale ale Directivei.”

Pot fi utilizate de către producători în scopul arătat mai sus acele (și numai acele) standarde care sunt cuprinse în **Lista standardelor europene armonizate**, care se publică periodic în **Jurnalul Oficial al Uniunii Europene**.

La data elaborării acestei pagini Web (decembrie 2007) lista cea mai recentă a Standardelor armonizate sub Directiva RTTE este cea publicată în Jurnalul Oficial la data de 25 septembrie 2007.

Lista în limba română poate fi accesată la adresa [16], iar cea în limba engleză la adresa [17].

În tabelul de mai jos este indicat numărul de standarde armonizate existent în Lista oficială pentru fiecare din cerințele esențiale cuprinse în articolele 3.1.a, 3.1.b, 3.2 și 3.3 ale Directivei RTTE. De menționat că cifrele din tabel s-au obținut prin numărarea **tuturor** pozițiilor din Listă, fără a se ține seama de faptul că unele poziții sunt ocupate de versiuni diferite ale unuia și aceluiași standard.

Tabelul 1. 14

Sinteza standardelor RTTE pe categorii de cerințe esențiale

Numărul standardelor elaborate de:	Art. 3.1.a (Securitate)	Art. 3.1.b (EMC)	Art. 3.2 (Utilizarea spectrului)	Art. 3.3 (Cerințe speciale)	Număr total de standarde
CENELEC	18	16	-	-	34
ETSI	-	44	131	9	184
Număr total de standarde	18	60	131	9	218

1.7.2 Comitetul SCENIHR

Comitetul SCENIHR al Comunității Europene se preocupă de problemele expunerii la radiațiile electromagnetice ale corpului uman. O problemă centrală a acestui este analiza posibilității ca asupra voepului să se producă efecte în cazul unor niveluri aflate sub cele determinate de mecanisme biologice stabilite, în particular de expunerea pe termen lung la asemenea niveluri relativ scăzute. În prezent, părerile asupra acestui fapt sunt împărțite și sunt funcție de banda de frecvențe.

Începând cu adoptarea în 2001 a acestor opinii, au fost realizate cercetări intensive referitoare la posibilele efecte asupra sănătății ale expunerii la câmpuri electromagnetice de radiofrecvență, de joasă intensitate, inclusiv cercetări epidemiologice, in vivo și in vitro.

Rezultatele cercetărilor arată că prin folosirea mai puțin de 10 ani a telefoanelor mobile nu conduce la un risc crescut de apariție a unor tumori la creier sau a unor tulburări acustice. În ceea ce privește cercetările pe termen mai lung rezultatele sunt încă puține și nu se poate trage o concluzie asupra tumorilor la creier, dar există unele dovezi asupra unor tulburări acustice [18].

Raportul SCENIHR [18], stabilește limitele de radiație admise pentru diferite echipamente funcționând în banda de radiofrecvență (tabelul 1. 15).

Tabelul 1. 15

Niveluri de putere considerate

Domeniul de frecvențe	Banda de frecvențe	Sursa de câmp	Exemple de intensități maxime
RF	100 kHz÷300 GHz	Radiodifuziune și televiziune, telefonie mobilă	0,1 W/m ²
		Cuptoare cu microunde	0,5 W/m ²
		Radar, transceivere radio staționare și portabile, radio mobil personal	0,2 W/m ²

Conform rapoartelor SCENIHR [18], [19], limita SAR de expunere a capului uman este de 2 W / kg. Deci telefoanele mobile trebuie să fie încercate în condițiile cele mai defavorabile, de exemplu la un nivel de putere de 2 W. Valoarea maximă de SAR local, mediată pe 10 g de țesut este, în mod tipic, cuprinsă între 0,2 și 1,5 W / kg, în funcție de tipul de telefon mobil. Trebuie avut în vedere că, adesea, puterea emisă este cu un ordin de mărime mai mică decât puterea maximă, în cazul activării funcției de control a puterii și al transmisiei discontinue folosite în GSM, ceea ce conduce la o expunere mult mai redusă. Controlul puterii la un telefon GSM reduce puterea emisă de până la 1000 ori, dacă nivelul de putere nu este necesar pentru o emisie stabilă. Telefoanele mobile aflate în modul de așteptare (stand-by) folosesc, de obicei, un nivel mai redus decât în funcționarea activă, dar valorile exacte ale expunerii depend de detalii ca poziția față de stația de bază, traficul necesar pentru protocolul de comunicație precum și de SMS-urile de intrare sau de ieșire.

Alte aplicații mobile, ca sistemele DECT sau WLAN au multe trăsături comune. În general, acestea operează cu puteri mici, aflate sub nivelul folosit de telefoanele mobile. Nivelul maxim, de vârf, folosit în DECT este de 250 mW, iar cel din sistemele WLAN de 200 mW. Trebuie avut în vedere și că puterea medie este simțitor mai mică decât cea de vârf. În

consecință, expunerea obținută pentru aceste sisteme este mai mică decât cea pentru telefoanele mobile. De exemplu, expunerea tipică a sistemelor WLAN este de sub $0,5 \text{ mW} / \text{m}^2$.

Altă categorie de surse este constituită de cele aflate la distanță de corpul uman. În acest caz, nivelul de referință la 900 MHz este dat de o Recomandare europeană [13], și este stabilită la valoarea de $4,5 \text{ W}/\text{m}^2$. Domeniul de expunere al populației la radiațiile transmițătorilor RF ai rețelelor GSM este cuprins între câteva sute de nW / m^2 și câteva zeci de mW / m^2 , în funcție de distanță și de factorii de mediu. Pentru UMTS, valorile generate de stațiile de bază sunt de ordinul de circa $1 \text{ mW} / \text{m}^2$.

2 CONCLUZII

-În contextul general al îngrijorării privind consecințele poluării electromagnetice produse de sistemele de comunicație mobile, a creșterii fără precedent a numărului acestor terminale și a utilizării necontrolate de către copii (cca 18 milioane terminale în funcțiune în 2007 în România și cca 320 milioane în Europa) precum și a influenței stațiilor de bază, s-au elaborat la nivel internațional și de curând la nivel național recomandări și norme de limitare a expunerii umane la câmpuri electromagnetice.

-Certificarea telefoanelor mobile în vederea comercializării impune, conform standardelor actuale, determinarea experimentală a factorului SAR (rata specifică de absorbție a câmpului electromagnetic măsurată în W/kg corp utilizator) și limitarea valorii acestuia la nivele reglementate național și internațional, considerate nepericuloase (la nivelul de cunoștințe actual).

-În ceea ce privește piața autohtonă de telefonie mobilă, statului îi revine rolul de a proteja cetățenii în calitate de consumatori (prin intermediul ANPC și în ultimul timp prin ANRCTI), de a efectua sau finanța studii și teste comparative în conformitate cu REC.1999/519/CE transpusă în legislația românească prin *ORDINUL Nr. 1193 din 29/09/ 2006 pentru aprobarea Normelor privind limitarea expunerii populației generale la câmpuri electromagnetice de la 0 Hz la 300 GHz al Ministerului Sănătății Publice*.

-Pana acum, în România nu există nici o facilitare de determinare a valorii SAR și valorile înscrise pe terminale (conform legii) provin de la producătorii acestora și nu de la laboratoare acreditate independente.

-În țările Uniunii Europene există zeci de laboratoare independente specializate pentru evaluarea SAR și caracterizarea completa a acestor terminale și aceasta chiar în țările recent intrate în UE, cu excepția României și Bulgariei.

-Prin acest proiect se realizează un laborator specializat în evaluarea SAR independent de operatorii de telefonie mobilă, destinat pentru:

-evaluarea și validarea conformității cu standardele europene și internaționale în vigoare a produselor comercializate, inclusiv cele second hand;

-efectuarea de studii și teste comparative la nivel internațional privind efectul nociv al utilizării necontrolate a telefoniei mobile (inclusiv participarea la scheme de intercomparare);

-crearea condițiilor de participare a comunității științifice românești la dezvoltarea sistemelor moderne de comunicație cu poluare electromagnetică redusă în cadrul unor proiecte europene.

3 BIBLIOGRAFIE

- [1] *** "European Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2) (GSM); Mobile Station (MS) Conformance Specification; Part 1: Conformance Specification", ETSI ETS 300 607-1.

- [2] *** "European Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+) (GSM); Mobile Station (MS) Conformance Specification; Part 1: Conformance Specification", ETSI TS 100 607-1.
- [3] *** "Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+) (GSM); Mobile Station (MS) Conformance Specification; Part 1: Conformance Specification", EN 300 607-1.
- [4] *** "European Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+) (GSM); Mobile Station (MS) Conformance Specification; Part 1: Conformance Specification", ETSI TS 151 010-1.
- [5] *** "Information technology equipment - Safety - Part 1: General Requirments", MS IEC 60950-1.
- [6] *** "Product standard to demonstrate the compliance of mobile phones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz)", EN 50360:2001
- [7] *** "Basic standard for the measurement of Specific Absorbtion Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz - 3 GHz)", EN 50361:2001.
- [8] Kathy MacLEAN: "Introduction to specific absorbtion rate standards", Interference Technology, Annual EMC Guide 2004.
- [9] ICNIRP – Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz) Health Physics April1998, Volume 74, Number 4:494-522.
- [10] *** "Country reports on EMF and Health: Sources, Regulation and Risk. Communication Approaches", December 2005.
- [11] *** "Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz - 300 GHz)" Revised ECC Recomendation (02)04.
- [12] *** "The Swedish Radiation Protection Authority'w General Advice on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields", October 28th 2002.
- [13] *** "Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)" (1999/519/EC).
- [14] *** "Regulation on Initial Measurement and Operational Monitoring for Sources of Electromagnetic Radiation and on Conditions for Their Execution", Official Gazette of the Republic Slovenia No. 70/96.
- [15] <http://ec.europa.eu/enterprise/rtte/harstand.htm>
- [16] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/ro/oj/2007/c_225/c_22520070925ro00200051.pdf
- [17] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/c_225/c_22520070925en00200051.pdf
- [18] *** "Preliminary Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health", Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), European Commission, Health & Consumer Protection Directorate General, 19 July 2006.
- [19] *** "Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health", Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), European Commission, Health & Consumer Protection Directorate General, 21 March 2007.
- [20] Proiect INFOSOC –INF 68: "Riscul generat de campurile electromagnetice produse de echipamentele de telecomunicatii mobile celulare" 2002-2004. Coordonator: INSCC,Parteneri: ICMET Craiova, Universitatea din Craiova, UMF "Carol Davilla" Bucuresti
- [21] Morega Mihaela, Bioelectromagnetism Editura MATRIX ROM ,1999
- [22] Asociația de compatibilitate electromagnetică din România(ACER) www.acero.ro