

Miroslav Priščák, Marek Pavlík, Martin Kanálik, Dušan Medved'

Mapovanie elektrosmogu v životnom prostredí

Predkladaný príspevok sa venuje problematike elektrosmogu v životnom prostredí. Autori si stanovili cieľ, zmapovať elektromagnetické pole v životnom prostredí. Mapovanie elektromagnetického poľa prebiehalo v meste Prešov a bolo vykonané vo frekvenčnej oblasti od 1 MHz do 9.4 GHz. Z výsledkov vyplýva, že najvyššie hodnoty intenzity elektrického poľa E boli namerané vo frekvenčnej oblasti od 6 GHz do 9.4 GHz, čo mohlo byť spôsobené lokálnymi zdrojmi elektromagnetického poľa. Rovnako to platí aj pre intenzity magnetického poľa H . Najvyššie hodnoty hustoty toku výkonu S boli namerané pre frekvenčné pásmo od 2 GHz do 3 GHz.

Kľúčové slová: intenzita elektrického poľa, intenzita magnetického poľa, hustota toku výkonu, zdroje elektromagnetického poľa

The present paper deals with the problematic of electrosmog in the environment. The authors set a goal to map of electromagnetic field in the environment. Mapping of electromagnetic field was performed in Prešov and was performed in the frequency range from 1 MHz to 9.4 GHz. Results shown to highest values of the intensity of electric field E were measured in the frequency range from 6 GHz to 9.4 GHz. It was caused by local sources of electromagnetic fields. The same results are for the intensity of magnetic field. The highest values of the power flux density S were measured in the frequency range from 2 GHz to 3 GHz.. (**Mapping electrosmog in the environment.**)

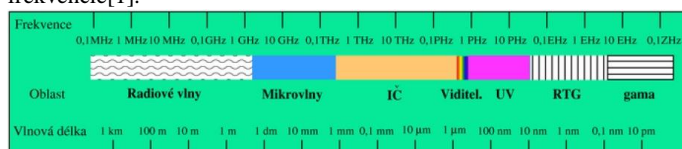
Keywords: intensity of electric field, intensity of magnetic field, power flux density, sources of electromagnetic field

I. ÚVOD

Zvyšujúce množstvo elektrických zariadení ma za následok zvyšovanie hodnôt elektromagnetického poľa v životnom prostredí. Dôležitou vlastnosťou elektromagnetického poľa je jeho vlnová dĺžka λ , ktorá je daná pomerom rýchlosti šírenia vo vákuu c a frekvencie f . Na základe tejto definície môžeme tento vzťah popísať rovnicou vlnovej dĺžky[1]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Vzťah medzi frekvenciou f a vlnovou dĺžkou λ zobrazuje Obr. č. 1. Zo vzťahu (1) vyplýva že čím vyššia frekvencia, tým je nižšia vlnová dĺžka λ . Na Obr. č. 1 sú vyznačené druhy žiarenia ktoré sú charakteristické svojou hranicou vlnovej dĺžky a hranicou frekvencie[1].



Obr. 1. Spektrum elektromagnetického poľa[1].

V každom z týchto druhov žiarenia elektromagnetického spektra majú svoje zastúpenie zdroje elektromagnetického žiarenia. Vlastným okom dokážeme vnímať len malú časť spektra elektromagnetického poľa kvôli tomu, že to spektrum je široké. Dôležité je si uvedomiť, ktoré zariadenie produkuje ktoré žiarenie v elektromagnetickom spektre. V tomto elektromagnetickom spektre majú zastúpenie zariadenia, ktoré používame každý deň[2].

S rýchlym vývojom techniky dochádza k čoraz častejšiemu používaniu rôznych zariadení ako sú mobilné telefóny, televízne a rozhlasové prijímače, bezdrôtový internet a podobne. Bez týchto zariadení si moderný človek bežný deň ani nevie predstaviť. Všetky tieto zariadenia však vyžarujú do okolia elektromagnetické pole (vlnenie), ktoré v určitých frekvenciách negatívne pôsobí na ľudský

organizmus. Keďže sa pohybujeme vo svete techniky, nedá sa už vyhnúť elektromagnetickému žiareniu. Táto problematika je skúmaná už niekoľko rokov. Zatiaľ však nebol jednoznačne dokázaný negatívny vplyv pôsobenia elektromagnetického žiarenia na živé organizmy. Pôsobenie elektromagnetického žiarenia nemusí mať len negatívny vplyv, ktorý pozostáva z tepelných a netepelných účinkov, ale môže mať aj pozitívny vplyv, ktorý sa využíva v medicíne.

II. ZDROJE ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA

Najviac spoločnosťou citovanými zdrojmi elektromagnetického poľa sú mobilné zariadenia a Wi-Fi vysielacie. Frekvencie, ktoré sa využívajú pre mobilnú komunikáciu však nepozostávajú iba z jednej frekvencie, ale sú tvorené viacerými frekvenciami. Je to spôsobené tým, že aj vývoj v tejto oblasti značne napreduje. Spomenieme len niektoré frekvencie využívané mobilnými zariadeniami.

Rádiokomunikačný systém NMT 450 (1. generácia) Flarion

Frekvenčné pásmo MHz bolo na Slovensku vyčlenené práve pre systém NMT. Pre tento systém sa v niektorých krajinách Európy používalo aj pásmo 900 MHz. Tento systém využíval na plno duplexný prenos, ktorý umožňuje prijímanie a vysielanie hlasu súčasne. Mobilné telefóny verzie NMT využívali vysielací výkon až do 1 W, autotelefóny až do 15 W. Výhodou tohto systému je dobre šírený signál v horských oblastiach kde je lepší ohyb elektromagnetických vln a taktiež dobré pokrytie z vysoko položených vysielacích staníc. Nevýhodou tohto systému je fakt, že telefónny prenos nie je šifrovaný v pôvodnej NMT špecifikácii [3] [4].

Rádiokomunikačný systém GSM 900 (2. generácia)

Tento systém je plne digitálny a využíva sa k prenosu dátových signálov (textov a obrázkov) a taktiež k prenosu hovorových signálov. Digitálna forma prenosu signálu umožňuje rozšíriť rozsah poskytovaných služieb a dosiahnuť kompatibilitu s inými digitálnymi sieťami v rámci kontinentov, ale taktiež aj v rámci jedného štátu.

System GSM druhej generácie sa rozdeľuje na dva ďalšie systémy a to: [5]

- Primárny systém GSM 900 (P-GSM 900)
- Rozšírený systém GSM 900 (E-GSM 900)

Primárny systém, ktorý je označovaný aj ako P-GSM 900 má pridelené frekvenčné pásmo od 890 MHz až po 960 MHz a je rozdelený na dve časti. Prvá časť obsahuje spojenie mobilnej stanice MS a základňovej stanice BTS (uplink), ktorý má vyhradené frekvenčné pásmo 890 MHz až 915 MHz. Druhá časť obsahuje spojenie základňovej stanice BTS a mobilnej stanice MS (downlink), ktorý má vyhradené frekvenčné pásmo 935 MHz až 960 MHz. Šírka pásma jedného rádiového kanála je 200 kHz.

Rozšírený systém, ktorý je označovaný aj ako E-GSM obsahuje pásma na spodných okrajoch ktoré sú rozšírené o 10 MHz, čím sa zvýšila kapacita systému o 50 duplexných kanálov a ochranný úsek na spodných koncoch obidvoch pásiem sa posunul o 10 MHz nižšie. Tento rozšírený systém GSM sa používa aj v SR, pričom každý z operátorov má od regulačného úradu priradený určitý počet rádiových kanálov vid'. Tab. I [6].

TABULKA I
Frekvenčná tabuľka – E-GSM 900 vrátane nadstavieb[6]

Mobilný operátor	Kanál	Frekvenčný rozsah uplink/downlink [MHz]	Poznámka
Slovak Telekom, a.s.	31-60	896,2/941,2-902,0/947,0	6,0 MHz duplex
	76-90	905,2/950,2-908,0/953,0	3,0 MHz duplex
	97	909,4/954,4	0,2 MHz duplex
	102-104	910,4/955,4-910,8/955,8	0,6 MHz duplex
	109-110	911,8/956,8-912,0/957,0	0,4 MHz duplex
O2 Slovakia, s.r.o.	91-94	908,2/953,2-908,8/953,8	
	98-101	909,6/954,6-910,2/955,2	
	105-108	911,0/956,0-911,6/956,6	
	112-115	912,4/957,4-913,0/958,0	
	989-1023	883,0/928,0-889,8/934,8	
Orange Slovensko, a.s.	1.30	890,2/935,2-896,0/941,0	6,0 MHz duplex
	61-75	902,2/947,2-905,0/950,0	3,0 MHz duplex
	95-96	909,0/954,0-909,2/954,2	0,4 MHz duplex
	111	912,2/957,2	0,2 MHz duplex
	116-118	913,2/958,2-913,6/958,6	0,6 MHz duplex

Rádiokomunikačný systém GSM 1800 (2,5. generácia)

Tento systém ktorý je 2,5. generácie má prednosť výrazného zvýšenia kapacity v porovnaní so systémom P-GSM 900. Jeho uplink používa frekvenčné pásmo od 1710 MHz až 1785 MHz a pre downlink je toto pásmo v rozmedzí od 1805 MHz až 1880 MHz. Obsahuje 374 rádiových kanálov o šírke 200 kHz[7]. Tak ako pri 2. generácii aj pri tejto generácii má každý z operátorov podľa regulačného úradu pridelený istý počet rádiových kanálov.

Rádiokomunikačný systém UMTS (3. generácia)

Tento systém je medzinárodný štandard ktorý využíva frekvenčné pásmo od 1900 MHz po 2025 MHz alebo 2100 MHz až 2200 MHz. Šírka pásma jedného kanálu je 5 MHz. Tento systém sa delí na dva základné typy v závislosti na spôsobe riešenie duplexnej prevádzky. Najviac používaným a prvým typom je FDD kde pre downlink a uplink je použitý odlišný kanál z pohľadu frekvencie ktorý sa taktiež nazýva párové spektrum. Menej používaným druhým typom je TDD, kde sa už nepoužívajú odlišné kanály z pohľadu frekvencie pre uplink

a downlink ale používa sa jeden kanál ktorého smery sa striedajú v čase (nepárové spektrum). Podľa regulačného úradu má každý z operátorov pridelený istý počet rádiových kanálov podľa Tab.II.

TABULKA II
Frekvenčná tabuľka – UMTS vrátane nadstavieb (aj HSPA+)[6]

Mobilný operátor	Kanál	Frekvenčný rozsah uplink/downlink [MHz]	Poznámka
Slovak Telekom, a.s.	Blok 2	1940 - 1960/2130 - 2150	Párované FDD
		1905 - 1910	Nepárované FDD
O2 Slovakia, s.r.o.	Blok 3	1960 - 1980/2150 - 2170	Párované FDD
		1910 - 1915	Nepárované FDD
Orange Slovensko, a.s.	Blok 1	1920 - 1940/2110 - 2130	Párované FDD
		1900 - 1905	Nepárované FDD

Rádiokomunikačné systémy 4. generácie

Medzi tieto systémy sa radí technológia Mobile WiMAX a technológia LTE. Na území Slovenskej Republiky sa presadila technológia LTE. Na začiatku roka 2014 rozhodol RÚ o pridelení frekvenčného pásma pre LTE, pričom tieto pásma získali všetci štyria operátori Orange Slovensko, a.s, 4k, a.s, O2 Slovakia, s.r.o, Slovak Telekom, a.s. Každý z týchto operátorov má pridelený istý počet rádiových kanálov vo frekvenčnom pásme 800 MHz, 1800 MHz a taktiež aj 2600 MHz nasledovne[7]:

- Orange Slovensko, a.s: 800 MHz, 1800 MHz, 2600 MHz
- 4k, a.s: 1800 MHz
- O2 Slovakia, s.r.o: 800 MHz, 1800 MHz
- Slovak Telekom, a.s: 800 MHz, 1800 MHz, 2600 MHz.

800 MHz pásmo (so zreteľom na fyzikálne princípy šírenia elektromagnetického vlnenia) je vhodné pre pokrytie úseku s nízkou hustotou výstavby.

III. MERANIE ELEKTROSMOGU

Na meranie elektromagnetického poľa bol použitý prístroj od firmy Aaronia, Spectran analyzer HF60105. Tento prístroj pozostáva z vysokofrekvenčnej antény a taktiež aj spektrálneho analyzátora. Frekvenčný rozsah tohto analyzátora je od 1 MHz až 9,4 GHz. Všetky komponenty pre účely merania je možné vidieť na Obr.2

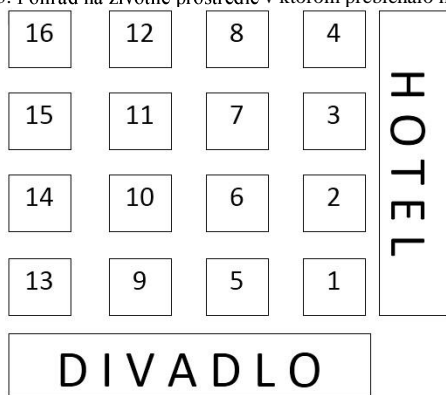


Obr. 2. Spektrálny analyzátor HF60105 s vysokofrekvenčnou anténou.

Meranie prebiehalo v životnom prostredí, konkrétne v meste Prešov v okolí divadla a hotela, kde sa zhromažďuje denne veľké množstvo obyvateľov. Námestie pred divadlom a hotelom bolo rozdelené na sieť bodov 4x4. Sieť bola zvolená redšia, nakoľko neboli zistené veľké výchylky medzi susednými bodmi. Pohľad na životné prostredie, kde bolo meranie vykonané je zobrazené na Obr.3, sieť bodov na Obr.4.



Obr. 3. Pohľad na životné prostredie v ktorom prebiehalo meranie



Obr. 4. Sieť meracích bodov

IV. VÝSLEDKY MERANIA

Mapovanie elektrosmogu prebiehalo vo frekvenčnom pásme od 1 MHz do 9.4 MHz. Nakoľko je toto pásmo značne široké, bolo rozdelené do piatich menších rozsahov a to na:

- Od 1 MHz po 1 GHz,
- od 1 GHz po 2 GHz,
- od 2 GHz po 3 GHz,
- od 3 GHz po 6 GHz,
- od 6 GHz po 9.4 GHz.

Meranie prebiehalo počas bežného pracovného dňa v priebehu obeda, kedy bola frekvencia obyvateľstva na meracom mieste značne vysoká. Meranými veličinami bola intenzita elektrického poľa E , intenzita magnetického poľa H a hustota toku výkonu S . Kvôli značnému množstvu výsledkov, v tomto príspevku boli vybrané mapy elektrosmogu pri najvyšších hodnotách.

Na Obr.5 je možné vidieť mapu elektrosmogu intenzity magnetického poľa H pre frekvenčné pásmo od 6 GHz do 9.4 GHz. V tomto pásme dosahovala intenzita magnetického poľa najvyššie hodnoty - od 180 $\mu A/m$ až po 240 $\mu A/m$.

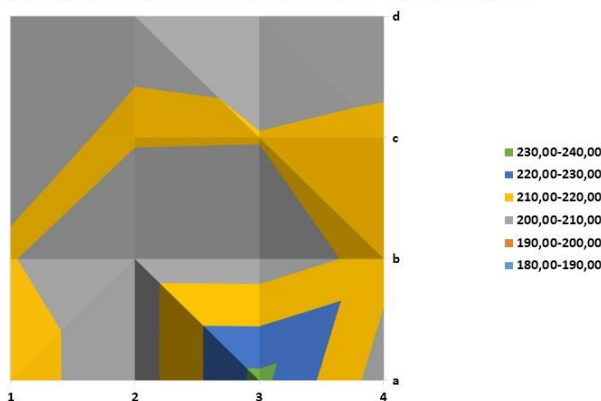
Na Obr.6 je možné vidieť mapu elektrosmogu intenzity elektrického poľa E pre frekvenčné pásmo od 6 GHz do 9.4 GHz. V tomto pásme dosahovala intenzita elektrického poľa najvyššie hodnoty - od 75 mV/m po 90 mV/m.

Na Obr.7 je možné vidieť mapu elektrosmogu hustoty výkonu S pre frekvenčné pásmo od 2 GHz do 3 GHz. V tomto pásme dosahovala hustota toku výkonu najvyššie hodnoty - od 50 nW/m^2 po 150 nW/m^2 .

Z nameraných údajov a z máp elektrosmogu je možné vidieť, že najvyššie hodnoty intenzity elektrického a magnetického poľa boli namerané vo frekvenčnom pásme od 6 GHz do 9.4 GHz. Neboli to najvyššie hodnoty pri mobilných a WiFi frekvenciách, ale v meranom životnom prostredí boli dosiahnuté vyššie hodnoty pri frekvenčnom pásme od 6 GHz do 9.4 GHz. Predpokladá sa preto, že to bolo spôsobené vplyvom lokálnych zdrojov elektromagnetického poľa.

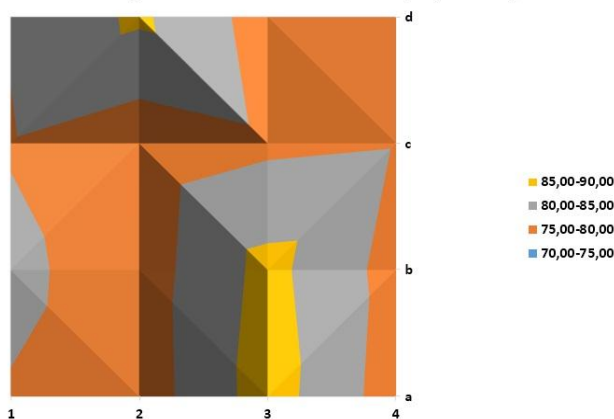
Pre hustotu toku výkonu však platí, že najvyššie hodnoty boli namerané vo frekvenčnom pásme od 2 GHz do 3 GHz, čo sú mobilné frekvencie.

Intenzita magnetického poľa H vo frekvenčnom rozsahu od 6 GHz po 9,4 GHz v $\mu A/m$



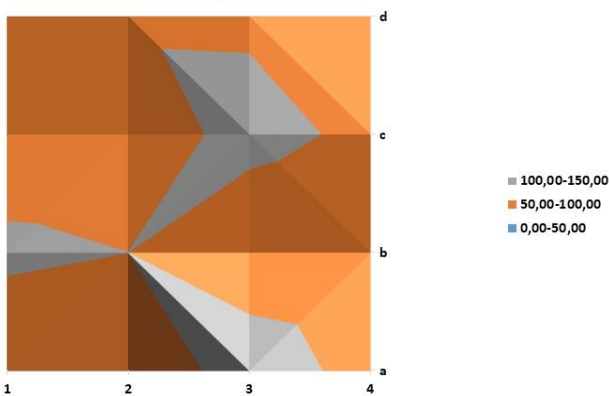
Obr. 5. Mapa intenzity magnetického poľa H vo frekvenčnom rozsahu od 6 GHz do 9.4 GHz

Intenzita elektrického poľa E vo frekvenčnom rozsahu od 6 GHz po 9,4 GHz v mV/m



Obr. 6. Mapa intenzity elektrického poľa E vo frekvenčnom rozsahu od 6 GHz do 9.4 GHz

Hustota toku výkonu ekvivalentnej rovinnnej vlny S_{eq} vo frekvenčnom rozsahu od 2 GHz po 3 GHz v nW/m^2



Obr. 7. Mapa hustoty toku výkonu ekvivalentnej rovinnnej vlny S_{eq} vo frekvenčnom rozsahu od 2 GHz po 3 GHz

V. ZÁVER

Tento príspevok pojednáva o mapovaní elektrosmogu v životnom prostredí. Autori príspevku sa zamerali na meranie elektromagnetického poľa vo frekvenčnom pásme od 1 MHz do 9.4 GHz. Merania boli vykonané na námestí v meste Prešov, pred divadlom a hotelom.

Z výsledkom vyplýva, že najvyššie hodnoty hustoty toku výkonu S boli namerané vo frekvenčnom pásme od 2 GHz do 3 GHz, čomu prislúcha mobilná frekvencia. Najvyššie hodnoty intenzity elektrického poľa E a intenzity magnetického poľa H boli namerané vo frekvenčnom pásme od 6 GHz do 9.4 GHz. Podľa úradu pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb sa toto frekvenčné pásmo využíva na magistralne trasy, pre dočasne IT spoje, obranné systémy, pre leteckú navigáciu a meteorologické radary.

Z výsledkov nie je možné presne určiť, ktoré využívanie bolo v tom období aktívne. Avšak výsledky z týchto meraní je možné brať ako upozornenie, že nie len mobilným a Wi-Fi frekvenciám je potrebné venovať najviac pozornosti, ale že potenciálne hrozby od zdrojov elektromagnetického poľa môžu byť aj od iných verejnosti neznámych zdrojov elektromagnetického poľa.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla vďaka podpore udeľovania grantov FEI č. FEI-2015-6 Vplyv elektromagnetického poľa na vlastnosti materiálov.

Táto práca vznikla na základe podpory vedeckej grantovej agentúry VEGA MŠVVaŠ SR a SAV č. projektu 1/0132/15 Výskum prieniku vysokofrekvenčného elektromagnetického poľa cez stavebné ekologické materiály.

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Ochrana obyvateľstva Slovenskej republiky pred účinkami elektromagnetického poľa, s kódom ITMS: 26220220145, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] V. Žalud, "Moderní radioelektronika," Praha: BEN technická literatúra, 2000. 655 s. ISBN 80-86056-47-3.
- [2] L.X. Chen, et al., "Low frequency electromagnetic field exposure study with possible human body model," IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), Fort Lauderdale, s.702-705, ISBN: 978-1-4244-6305-3.
- [3] E. Colebeck, E. Topsakal, "Ultra-wideband Microwave Ablation Therapy (UMAT)," Microwave Symposium Digest (IMS), 2-7.6.2013, Seattle, s.1-3, ISSN: 0149-645X.
- [4] A. Komadina, D. Poljak, "Analytical model of human body when exposed to high frequency electromagnetic fields," IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC), 29.9.2006-1.10.2006, Split, s.32-36, ISBN: 953-6114-87-9.
- [5] J. Korhonen: "Introduction to 3G mobile communications second edition," Artech House, Boston – London, 2003. 551s. ISBN 1-58053-507-0.
- [6] M. Koóšová, "Hodnotenie intenzity elektromagnetického poľa v záhradkárskej oblasti," Ružomberok, Acta Environmentalica Universitatis Comenianae, Vol. 16, 1, 2008, s.38–46, ISSN: 1335-0285.
- [7] R. Drahoš, "Výskum a vývoj metodológie posudzovania elektromagnetického poľa v životnom a pracovnom prostredí," Dizertačná práca, TUKE Košice, 2015. 151s.
- [8] J. Vaculík, "História a vývojové trendy v oblasti elektronických komunikácií," Pošta, telekomunikácie a elektronický obchod, Odborný časopis, Žilinská univerzita v Žiline, 2010. 57s. ISSN 1336-8281

ADRESY AUTOROV

Miroslav Priščák, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, miroslav.priscak@student.tuke.sk

Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk
Martin Kanálik, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, martin.kanalik@tuke.sk

Dušan Medveď, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, dušan.medved@tuke.sk