

# MERANIE PARAMETROV ELEKTROMAGNETICKÝCH POLÍ PRI POUŽÍVANÍ PROSTRIEDKOV MOBILNEJ KOMUNIKÁCIE V ŠKOLSKOM PROSTREDÍ

Daniela Špigúthová<sup>1</sup>, Hana Habiňáková<sup>1</sup>, Jakub Míšek<sup>1</sup>, Viera Jakušová<sup>2</sup>, Ján Jakuš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav lekárskej biofyziky, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského  
v Bratislave, SR

<sup>2</sup>Ústav verejného zdravotníctva, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského  
v Bratislave, SR

## Súhrn

Nárast využívania moderných komunikačných technológií vrátane mobilnej komunikácie zasiahol v pozitívnom i negatívnom smere aj stredoškolské prostredie. Cieľom práce bolo analyzovať v školskom prostredí úroveň hodnôt parametrov vysokofrekvenčných elektromagnetických polí v pásmach mobilnej komunikácie. Merania parametrov elektromagnetických polí: intenzity elektrického poľa, intenzity magnetického poľa, hustoty toku výkonu elektromagnetického poľa a špecifickej miery absorpcie (SAR) sme realizovali v rokoch 2013-2015 na Gymnáziu V. Paulinyho-Tótha v Martine za aktívnej účasti študentov. Na meranie sme použili osobné monitorovacie zariadenie RadMan XT ESM-30 a vysokofrekvenčný snímač Narda 550. Expozícia elektromagnetickým poliam podlieha príslušným hygienickým normám a aj v našich meraniach spravidla nepresiahla povolené limitné hodnoty pri meraní v priestoroch bez tienenia. Pri telefonovaní v tienených priestoroch školy sme však zistili významný nárast hodnôt hustoty toku výkonu elektromagnetického žiarenia vyžarovaného z mobilných telefónov. Štatistickým hodnotením bolo potvrdené zvýšenie hustoty toku výkonu elektromagnetického poľa v školských priestoroch s väčším tienením, v porovnaní s kontrolnými podmienkami bez tienenia. Bezpečné používanie mobilných zariadení na školách je nevyhnutnou súčasťou ochrany a podpory verejného zdravia obyvateľstva.

## KPúčov<sup>é</sup> slová

Elektromagnetické pole, intenzita elektrického poľa, intenzita magnetického poľa, hustota toku výkonu elektromagnetického poľa, SAR, expozícia, mobilná komunikácia, stredoškolskáci

## Abstract

A general increase in the use of modern communication technologies, including mobile communication, had a positive, and a negative impact on the high school environment. The aim of this study was to analyse the level of high-frequency electromagnetic field values in the mobile communication band in the school environment. We conducted measurements of parameters of the electromagnetic fields: the electric field intensity, the magnetic field intensity, the power flux density of the electromagnetic field and the specific absorption rate (SAR) between years 2013-2015 at Grammar School of V. Pauliny-Toth in Martin. The tools used for the measurements were the personal monitor RadMan XT ESM-30 and the broadband high frequency field meter Narda 550. Exposure to electromagnetic fields is subjected to specific safety standards and did not exceeded the allowed limits also during our measurements in unshielded spaces. However we found that electromagnetic radiation from mobile phones increased significantly during phone calls within shielded spaces of the grammar school. Statistical evaluation confirmed the rise of power flux density of electromagnetic field in the school with greather schielding, compared to control unshielded spaces. Safe use of mobile devices at schools is an inevitable part of the protection and health support of the citizen 's public health.

## Keywords

Electromagnetic field, intensity of electric field, intensity of magnetic field, power flux density of electromagnetic field, SAR, exposure, mobile communication, high school students

## Úvod

Vzrastajúci počet zariadení používaných vo vyučovacom procese (počítače, internetové WiFi smerovače, mobilné telefóny, atď.) výrazne zvyšuje intenzitu elektromagnetického žiarenia v priestoroch škôl. Cieľom našej práce bolo analyzovať v školskom prostredí úroveň hodnôt vysokofrekvenčných (vf) elektromagnetických polí v pásmach mobilnej komunikácie. Viaceré štúdie zamerané na využívanie mobilných telefónov u študentov potvrdili enormné používanie často viac ako 1 mobilného telefónu [1, 2]. U intenzívnych užívateľov mobilných telefónov boli potvrdené nepriaznivé zdravotné účinky vf elektromagnetických polí (ELMP) napr. na mozog [3], oko [4], ucho [5], pohlavné orgány [6] atď. Mechanizmus pôsobenia týchto polí je tepelný [7] a netepelný, pričom dochádza ku prieniku energie dovnútra tkanív [8]. V roku 2011 klasifikovala Svetová zdravotnícka organizácia (WHO – World Health Organization) v spolupráci s Medzinárodnou agentúrou pre výskum rakoviny (IARC - International Agency for Research on Cancer) vf elektromagnetické žiarenie ako možný karcinogén typu 2B, obdobne ako v prípade pôsobenia nízkofrekvenčných ELMP. Dôkazy o karcinogénnych účinkoch vf ELMP na ľudský organizmus uvádzané v literatúre sú rozporné, nemožno ich však vylúčiť [9, 10]. Pri zvýšenom počte užívateľov mobilnej komunikácie vo vnútorných priestoroch školských budov v kombinácii so zhoršeným signálom pri prevádzke digitálnych sietí GSM dochádza k nárastu hodnôt parametrov ELMP. Vyžiarovaný výkon mobilného telefónu (MT) sa tak môže priblížiť k maximálnym povoleným hodnotám a pri uskutočňovaní dlhšie trvajúcich hovorov ich môže aj výrazne prekročiť.

Cieľom práce bolo analyzovať v školskom prostredí úroveň hodnôt parametrov vysokofrekvenčných elektromagnetických polí v pásmach mobilnej komunikácie.

## Materiál a metodika

### I. Merania osobným monitorovacím zariadením RadMan XT ESM-30

V školskom roku 2013/14 na Gymnáziu Viliama Paulinyho – Tótha (GVPT) v Martine boli merané hodnoty dvoch parametrov vf ELMP: úroveň intenzity elektrického poľa  $E$  (V/m) a úroveň intenzity magnetického poľa  $H$  (A/m). Merania boli realizované v rámci vyučovacích hodín prírodovedných predmetov, čísla meraní 1–22 pri minimálnej prevádzke zariadení generujúcich vf ELMP a merania 23–45 pri zvýšenej expozícii (v priestoroch triedy zapnuté WiFi smerovače, mobilné telefóny, počítače). Meraní osobným monitorovacím zariadením RadMan XT ESM-30 (výrobca Narda GmbH, Nemecko) sa zúčastnili

stredoškólači vo veku 16–18 rokov. Nastavenie zariadenia vzhľadom na stanovené normy parametrov ELMP (ICNIRP 1998 a Vyhláška č. 534/2007 Z. z. Slovenskej republiky [11, 12]) bolo v percentuálnych hodnotách. Frekvenčný rozsah ELMP (podľa technických parametrov výrobcu) bol pre  $E$ : 1 MHz – 40 GHz, pre  $H$ : 27 MHz – 1 GHz pevne nastavený v prístroji monitorovacieho zariadenia. Dĺžku každého merania sme stanovili na 30 minút a intervaly záznamu hodnôt na prístroji na 10 sekúnd. Softvér prístroja zaznamenával maximálnu, priemernú a minimálnu hodnotu v každom intervale, čo umožňovalo spracovať optimálny grafický hodnotiaci výstup meraní.

### II. Údaje o hodnotách SAR - špecifickej miery absorpcie (Specific Absorption Rate)

Údaje o hodnotách SAR mobilných telefónov pravidelne používaných stredoškólskou mládežou boli získané zo vzorky 117 študentov GVPT v Martine v mesiacoch november a december 2014. SAR predstavuje pohlcovanie elektromagnetickej (EM) energie ELMP telesnými tkanivami v rozmedzí frekvencií 100 kHz až 10 GHz, medzi ktoré sa radia aj frekvencie používané v mobilnej komunikácii. Výrobcom mobilných telefónov sú povinní od roku 1999 zverejňovať hodnoty SAR, pričom pre používanie mobilných telekomunikačných zariadení (vrátane MT) je podľa Európskej normy ENV 50166-2 maximálna hodnota SAR 2 W/kg [13]. Zo vzorky 117 mobilných telefónov používaných každodenne stredoškólkami vo veku  $17 \pm 0,84$  (priemer  $\pm$  štandardná odchýlka SD) boli získané aktuálne údaje SAR. Každý študent zo sledovaného súboru vlastnil a používal jeden mobilný telefón.

### III. Meranie hodnôt intenzity elektrického poľa $E$

Merania hodnôt  $E$  na GVPT v Martine boli zrealizované u 117 študentov v priestoroch školy, kde sa najčastejšie zdržiavajú vo vyššom počte (učebne, chodby, šatne, bufet a pod.). Použili sme širokopásmový vysokofrekvenčný snímač ELMP Narda 550 s integrovaným nastavením korekčnej frekvencie na prístroji pre pásmo 1800 MHz. Podľa Európskej normy ENV 50166-2 navrhutej v r. 1995 Európskou komisiou pre normalizáciu v elektrotechnike CENELEC [13] sú maximálne povolené hodnoty intenzity elektrického poľa  $E$  41,25 V/m (v pásme 900 MHz), 58,33 V/m (v pásme 1800 MHz) a maximálne povolené hodnoty intenzity magnetického poľa  $H$  = 0,111 A/m (v pásme 900 MHz),  $H$  = 0,157 A/m (v pásme 1800 MHz).

V našom prípade boli monitorované hodnoty  $E$  (V/m) počas 6minútových intervalov, čo je priemerný časový interval meraní parametrov ELMP podľa ICNIRP 1998 a Vyhlášky č. 534/2007 Z. z. v Slovenskej republike [11, 12]. Z celkového počtu 28

meraní bolo 20 meraní realizovaných pri neobmedzenom používaní mobilných telefónov študentmi (telefonovanie, pripojenie na Internet, SMS a MMS správy). 8 meraní bolo realizovaných v tých istých priestoroch bez aktívnej prevádzky mobilných telefónov (MT zapnuté, ale bez realizácie hovorov, posielania SMS, MMS správ a pripojenia na Internet, tzv. pozadie). Výsledky sú znázornené v grafickej forme a sú porovnané s prípustnými hodnotami normy.

#### IV. Meranie hodnôt hustoty toku výkonu $S$ ELMP

Akčné hodnoty hustoty toku výkonu  $S$  sú závislé od frekvencie a pre potreby vyhodnocovania expozičnej doby sú vzťahované taktiež na 6minútový interval (čas stredovania  $T_{St}$ ). Pre vyžarovanie v pásme 900 MHz je maximálna povolená hodnota  $S = 4,5 \text{ W/m}^2$  a v pásme 1800 MHz  $S = 9,0 \text{ W/m}^2$  [13].

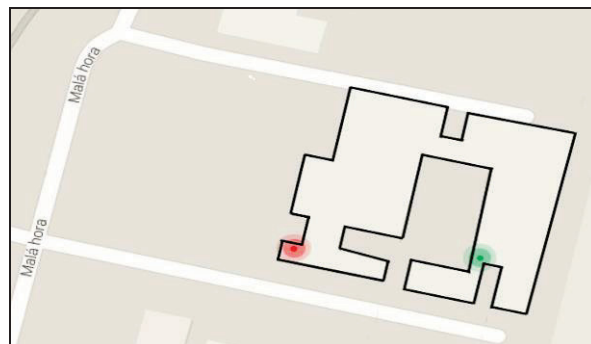
Hodnoty  $S$  boli namerané širokopásmovým vysoko-frekvenčným snímačom ELMP Narda 550. Nastavenie korekčnej frekvencie na snímači pre pásmo 1800 MHz spresnilo meranie v rozsahu používanom pri štandarde GSM DCS – 1800 v pásme mobilnej komunikácie.

Štandardizovaním podmienok bola anténa snímača umiestnená na stative tak, aby sa 10 telefonujúcich párov študentov nachádzalo po obvode kruhu v okolí antény vo vzdialenosti 1,5 metra. Súbor údajov A–F boli merané v rôznych priestoroch školy s cieľom kompletnejšej štatistickej analýzy parametrov v ELMP, v návaznosti na I. – III. časť meraní spracovaných v metodike.

Charakteristika súborov a počet meraní A–F:

- A: 21 meraní, učebňa fyziky, najvyššie poschodie, okenné žalúzie zatiahnuté, aktívna prevádzka MT
- B: 21 meraní, učebňa fyziky, najvyššie poschodie, okenné žalúzie zatiahnuté, pozadie
- C: 21 meraní, učebňa fyziky, najvyššie poschodie, okenné žalúzie vytiahnuté, aktívna prevádzka MT
- D: 21 meraní, učebňa fyziky, najvyššie poschodie, okenné žalúzie vytiahnuté, pozadie
- E: 21 meraní, priestor na prízemí pri bufete, aktívna prevádzka MT
- F: 21 meraní, priestor na prízemí pri bufete, pozadie.

Merania A–D sa uskutočnili na treťom – najvyššom poschodí školy s oknami po oboch stranách miestnosti (označený ľavý bod na pláne – Obr. 1). Merania E–F boli realizované na prízemí pri školskom bufete a chodbe ku telocvični, kde sú len malé okná vo vzdialenosti 6 metrov od miesta merania (bod označený vpravo – Obr. 1).



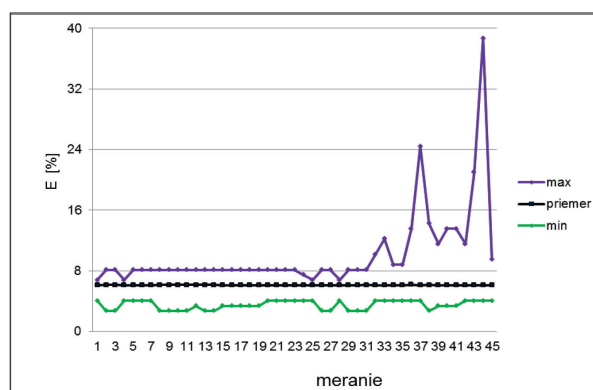
Obr. 1: Pôdorys GVPT s vyznačením priestorov meraní A–D vľavo a priestoru E–F vpravo.

Záznam každého zo 126 meraní hodnoty  $S$  (interval každého merania – 6 minút) bolo možné odčítať vo forme maximálnej, priemernej a minimálnej hodnoty. Získané hodnoty sú štatisticky spracované a uvádzané ako aritmetický priemer  $\pm$  štandardná odchýlka ( $\bar{x} \pm SD$ ). Na ďalšie hodnotenie bol použitý Kruskal-Wallisov test a neparametrický test ANOVA.

## Výsledky

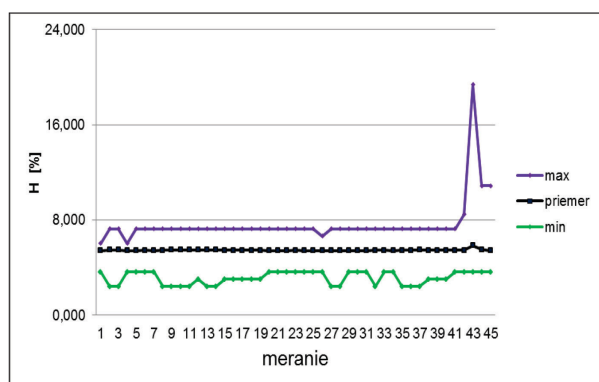
### I. Merania osobným monitorovacím zariadením RadMan XT ESM-30

V grafickom zobrazení sú na vertikálnych osiach obrázkov uvedené % úrovne intenzity elektrického poľa  $E$  (Obr. 2) a úrovne intenzity magnetického poľa  $H$  (Obr. 3) zaznamenané na osobnom monitorovacom zariadení RadMan XT ESM-30. Hodnoty meraní 1–22 sú bez zvýšenej expozície a merania 23–45 so zvýšenou expozíciou. Údaje v grafoch sú priemernými hodnotami v jednotlivých 30minútových intervaloch.



Obr. 2: Vyhodnotenie maxima, priemeru a minima intenzity elektrického poľa  $E$ .

Obr. 2 ukazuje rozptyl (rozdiel maxima a minima  $E$ ), ktorý je v meraniach so zvýšenou expozíciou (č. 23–45) vyšší v priemere o 30,54 % pre jednotlivé 30minútové merania.

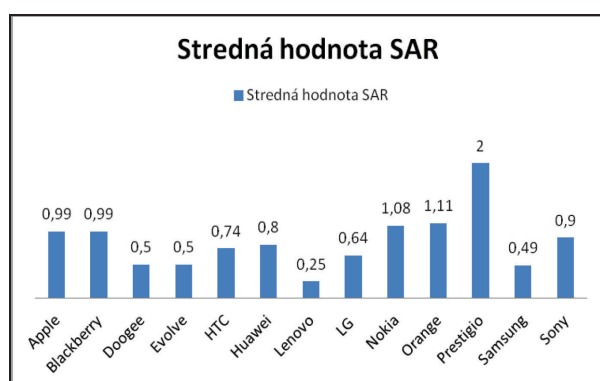


Obr. 3: Vyhodnotenie maxima, priemeru a minima intenzity magnetického poľa  $H$ .

Obr. 3 ukazuje rozptyl (rozdiel maxima a minima  $H$ ), ktorý je v priemere o 12,11 % vyšší v meraniach so zvýšenou expozíciou (č. 23–45).

## II. Údaje o hodnotách SAR - špecifickej miery absorpcie (Specific Absorption Rate)

Študenti GVPT používali MT s hodnotou SAR menšou (len v jednom prípade s limitnou) ako uvádza Európska norma ENV 50166-2 [13]. Priemerná hodnota SAR všetkých použitých telefónnych prístrojov bola  $0,74 \pm 0,22$  (W/kg). Na Obr. 4 uvádzame priemerné hodnoty SAR udávané výrobcom pre jednotlivé MT používané študentmi.



Obr. 4: Priemerné hodnoty SAR (W/kg) mobilných telefónov používaných študentmi.

Priemerná hodnota SAR používaných MT bola porovnaná s hodnotou vypočítanou podľa rovnice [13]:

$$SAR = \frac{\sigma \cdot E_i}{\rho}, \quad (1)$$

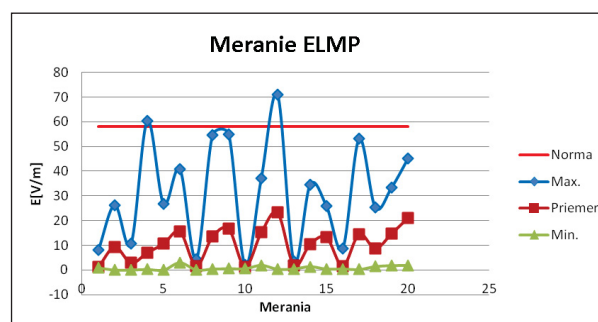
kde  $\sigma$  je konduktivita tkaniva (elektrická vodivosť),  $\rho$  - hustota tkaniva a  $E_i$  - intenzita elektrického poľa. Údaje  $E_i$  boli zistené v III. časti: Meranie hodnôt intenzity elektrického poľa  $E$ . Priemerná výpočtom zistená hodnota SAR v monitorovaných miestnostiach budovy GVPT bola pri aktívnej prevádzke MT  $0,28 \pm 0,103$  (W/kg).

## III. Meranie hodnôt intenzity elektrického poľa $E$

Priemerná hodnota intenzity elektrického poľa  $E$  v školských priestoroch (odborné učebne, školské chodby, šatne, bufet a pod.) pri aktívnom používaní MT bola  $10,192 \pm 5,665$  (V/m).

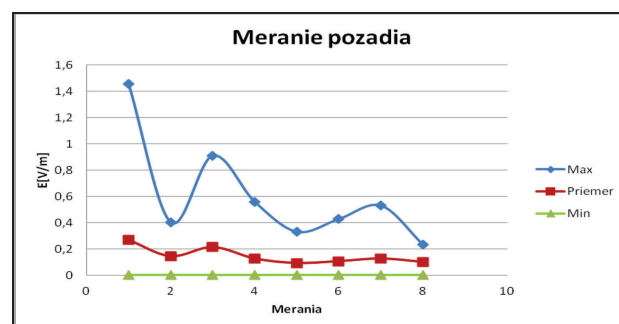
Priemerná hodnota intenzity elektrického poľa  $E$  v tých istých priestoroch nezaťažených expozíciou EM žiarenia z mobilných prostriedkov (tzv. pozadie) bola  $0,147 \pm 0,047$  (V/m). MT pri týchto meraniach boli zapnuté, ale bez realizácie hovorov, posielania SMS, MMS správ a pripojenia na Internet (tzv. pozadie).

Obr. 5 znázorňuje namerané hodnoty (minimálna, priemerná a maximálna hodnota  $E$  (V/m) v 20tich meraniach pri aktívnom používaní MT.



Obr. 5: Hodnoty intenzity elektrického poľa  $E$  pri aktívnom používaní mobilných telefónov (20 meraní).

V grafe Obr. 6 sú interpretované namerané hodnoty pozadia ELMP (8 meraní).



Obr. 6: Hodnoty intenzity elektrického poľa  $E$  pozadia ELMP (8 meraní).

#### IV. Meranie hodnôt hustoty toku výkonu $S$ ELMP

Výsledky v súboroch meraní A–F (priemerné hodnoty  $S$  6minútových intervalov) sú uvedené v Tab. 1). Celkový počet meraní bol 126.

Tab. 1: Výsledky meraní  $S$  ( $mW/m^2$ ) v súboroch A–F.

	A	B	C	D	E	F
1	5,24	0,039	5,278	0,055	27,11	0,109
2	5,716	0,042	7,106	0,065	24,047	0,075
3	9,991	0,064	6,865	0,105	26,791	0,142
4	6,334	0,026	5,97	0,058	18,373	0,091
5	5,485	0,049	3,84	0,066	20,664	0,124
6	5,339	0,052	4,37	0,113	21,847	0,055
7	6,427	0,09	5,015	0,076	24,7	0,037
8	4,792	0,06	4,315	0,105	18,878	0,029
9	5,64	0,154	6,326	0,131	16,982	0,108
10	5,775	0,053	4,645	0,107	18,9	0,076
11	9,155	0,063	5,08	0,094	21,264	0,133
12	5,63	0,018	5,476	0,035	20,842	0,372
13	6,925	0,306	5,791	0,286	14,341	0,111
14	5,27	0,104	6,295	0,118	15,549	0,85
15	5,491	0,251	5,728	0,098	15,957	0,18
16	5,673	0,042	5,503	0,072	16,354	0,212
17	5,837	0,079	7,212	0,025	15,625	1,48
18	7,31	0,082	6,455	0,118	15,022	0,074
19	5,689	0,074	3,781	0,298	14,665	0,207
20	5,426	0,065	4,341	0,059	15,497	0,087
21	5,724	0,09	5,11	0,048	13,932	0,171

V Tab. 2 je uvedený prehľad základných štatistických charakteristík meraných veličín v súboroch A–F.

Tab. 2: Základné štatistické charakteristiky meraných veličín v súboroch A–F.

	A	B	C	D	E	F
$S$ ( $mW/m^2$ )	6,137	0,086	5,453	0,102	18,921	0,225
Interval -95%	5,553	0,054	4,986	0,07	17,039	0,071
Interval + 95%	6,721	0,118	5,919	0,133	20,803	0,378
Min.	4,792	0,018	3,781	0,025	13,932	0,029
Max.	9,991	0,306	7,212	0,298	27,110	1,480
SD	1,283	0,071	1,024	0,070	4,135	0,337
Medián	5,689	0,064	5,476	0,094	18,373	0,111

V priestoroch s aktívnou prevádzkou MT boli priemerné hodnoty  $S$  v súboroch:

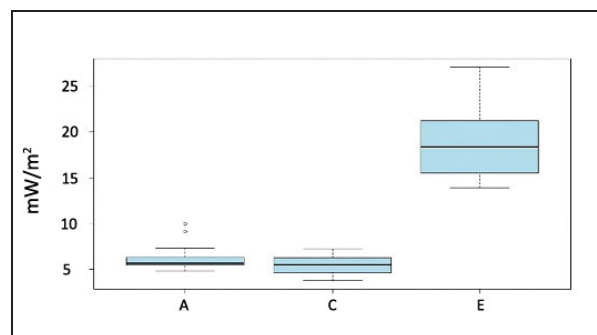
A – učebňa fyziky so zatahnutými žalúziami:  $(6,137 \pm 1,283) mW/m^2$ ,

C – učebňa fyziky s vyťahnutými žalúziami:  $(5,453 \pm 1,024) mW/m^2$  a

E – prízemie pri bufete:  $(18,921 \pm 4,135) mW/m^2$ .

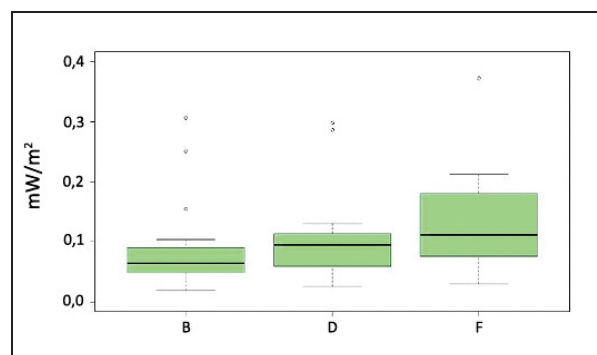
Štatistické porovnanie výsledkov v súboroch A–E, C–E sa ukázalo ako štatisticky významné ( $p < 0,001$ ), v súboroch A–C ako nesignifikantné ( $p > 0,05$ ), čo znázorňuje graf Obr. 7.

V súboroch B, D, F sa v priemerných hodnotách vyskytovali len málo významné odlišnosti. Najnižšia priemerná hodnota  $S$  pozadia bola v priestoroch učebne fyziky v súbore B:  $(0,086 \pm 0,071) mW/m^2$ .



Obr. 7: Grafické hodnotenie štatistických súborov A, C, E pre veličinu  $S$  ( $mW/m^2$ ) ELMP.

V grafe (Obr. 8) je porovnanie výsledkov v súboroch B, D a F. Štatistické porovnanie B–D, D–F nebolo významné ( $p > 0,05$ ), ale v súboroch B–F bolo signifikantné ( $p < 0,01$ ).



Obr. 8: Grafické hodnotenie štatistických súborov B, D, F pre veličinu  $S$  ( $mW/m^2$ ) ELMP.

V grafickej forme hodnotenia výsledkov sú vyznačené bodmi najextrémnejšie hodnoty distribúcie súborov.

## Diskusia

Expozícia obyvateľstva rádiofrekvenčnému spektru neionizujúceho žiarenia sa bude s pokrokom technológií neustále zvyšovať. Pri používaní prostriedkov mobilnej komunikácie je potrebné najmä u mladých ľudí prehodnotiť limity pre absorpciu EM žiarenia [14]. Meraniam parametrov ELMP v konkrétnych školských podmienkach sa zatiaľ nevenuje dostatočná pozornosť, pretože väčšina štúdií týkajúcich sa adolescentov a ich vzťahu k MT sa zaoberá zdravotnými a psychickými prejavmi. Objasňovanie vzťahov medzi časom trvania telefónnych hovorov a psychikou študentov stredných škôl je v pozornosti záujmu aktuál-

nych výskumov vo svete. Depresívna nálada, napätie, vzrušenie a únava preukázateľne súvisia s používaním MT [15, 16]. Obrovská popularita využívania MT u detí a neustále znižovanie priemerného veku, kedy deti začínajú pravidelne využívať vlastný mobilný telefón, sú predmetom štúdií vplyvu na potenciálne zdravotné účinky MT v tejto skupine populácie. Prejav nepohody, únavy a bolesti hlavy sú hodnotené podľa dotazníka prieskumu HBSC (Health Behaviour in School – Aged Children) [17].

Z výsledkov našich meraní vyplýva, že pri aktívnej prevádzke MT (telefonovanie, pripojenie na Internet, posielanie SMS a MMS správ) v netienených priestoroch školy nedochádzalo spravidla k prekročeniu maximálnych efektívnych hodnôt  $E$ ,  $H$  a  $S$  stanovených normou pre priemernú 6minútovú expozíciu [13]. Ku prekročeniu hodnôt stanovených normou došlo v školských priestoroch GVPT v dvoch prípadoch meraní maximálnych hodnôt intenzity elektrického poľa  $E$  pri aktívnej prevádzke mobilných zariadení. Vyhodnocovanie parametrov ELMP sa považuje za dôležité aj z hľadiska posúdenia špecifických okolností napr. pri znížení výkonu prijímaného signálu MT v súvislosti s úrovňou tienenia uzavretých školských priestorov.

Zistili sme, že hodnoty hustoty toku výkonu  $S$  v súborech A–F majú preukázateľnú súvislosť s miestom merania v budove školy GVPT v Martine, kde sme ich realizovali. Štatisticky významne sa odlišujú hodnoty meraní v priestoroch pri bufete, ktorý sa nachádzal na konci chodby a najbližšie okná boli malé, vzdialené minimálne 6 metrov od miesta merania. Nepotvrdil sa predpoklad, že zatiahnutie kovových žalúzií na všetkých oknách v priestore učebne fyziky významne zníži intenzitu signálu mobilného operátora. Hodnotenia meraní pozadí v súborech B, D a F prezentujú mierny nárast úrovne pozadí vzhľadom na efekt tzv. tienenia priestorov.

Celosvetovo stúpa zastúpenie užívateľov mobilnej komunikácie u detí a mládeže, s čím je spojené konkrétne zhoršenie zdravotného stavu [18]. Výsledky štúdie upozorňujú na potrebu opatrnejšieho prístupu vzhľadom na expozíciu v ELMP pri využívaní MT, s čím na základe našich zistení jednoznačne súhlasíme. Analýzou údajov o výbere a používaní mobilných zariadení stredoškólakmi sme zistili, že hodnota SAR udávaná výrobcom mobilného telefónu nie je pre hodnotenú vzorku stredoškólakov rozhodujúca pri výbere typu MT. Študenti používali mobilné telefóny s hodnotou SAR menšou alebo v jednom prípade s hodnotou rovnou limitnej hodnote stanovenej Európskou normou ENV 50166-2, spracovanou Európskou komisiou CENELEC v roku 1995 [13]. V našom prieskume sú všetci adolescenti aktívnymi užívateľmi mobilných komunikátorov, väčšinou s pripojením na Internet. MT nosia blízko pri tele a počas vyučovania ho nevypínajú, čo zvyšuje riziko zdravotných ohrození vplyvom celodenne pôsobiaceho v EM žiarenia.

## Záver

V prostredí stredných škôl, kde je užívateľmi mobilnej komunikácie spravidla 100 % žiakov a pracovníkov, ktorý sa nachádzajú v uzavretých priestoroch s rôznym stupňom tienenia, je expozícia rádiofrekvenčným elektromagnetickým poľom veľmi aktuálna. Posúdenie škodlivosti pôsobenia dlhodobého aktívneho užívania prostriedkov mobilnej komunikácie je naďalej predmetom výskumov [14, 19, 20]. Bez merania príslušných parametrov ELMP a ich zhodnotenia nie je možné vytvoriť objektívny obraz pôsobenia v školskom prostredí. Perspektívnym krokom je odporúčanie obmedzení pri používaní mobilných komunikačných prostriedkov v tienených priestoroch škôl. Z hľadiska biologických účinkov sa dajú predpokladať možné zdravotné komplikácie mládeže v súvislosti s dlhodobou expozíciou v ELMP, ktorej je človek vystavený už od útleho detstva. Preto je dôležitou úlohou predchádzať zvýšenej expozícii adolescentov v školských priestoroch a vplývať na všetkých užívateľov, aby nepoužívali mobilné telefóny v tienených priestoroch.

## PodĎakovanie

Práca bola podporovaná „Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV – 0189-11“ (prof. Jakuš).

## Literatúra

- [1] Jakušová, V., Špigúthová, D., Jakuš, J., Osina, O.: *Vedomosti študentov gymnázia a potreba ich edukácie o elektromagnetickom žiarení z mobilných telefónov*. 2013. Aktuálne problémy verejného zdravotníctva vo výskume a praxi. Martin: JLF UK, 2013, s. 127-132. ISBN 978-80-89544-39-4.
- [2] Tutkun, E. et al.: *Ownership And Use Of Mobile Phone – A Population Based Study Physical Education And Sport College Students In Turkey*. 2014. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014, 116: 5215–5222.
- [3] Hardell, L., Carlberg, M.: *Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma – Analysis of pooled case-control studies in Sweden 1997-2003 and 2007-2009*. 2014. *Pathophysiology*. 2014, 22(1), 1-13.
- [4] Stankovic V. et al.: *Electric field distribution and SAR in human head from mobile phones*. 2015. IEEE (2015): "IEEE 9th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2015." IEEE. 974 p 392–397. ISBN 978-1-4799-7514-3.
- [5] Khullar, S. et al.: *Auditory Brainstem Responses and EMFs Generated by Mobile Phones*. 2013. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013, Dostupné na internete: <http://10.1007/s12070-013-0676-0>.
- [6] Kesari, K. et al.: *Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern*. 2013. *Cell Biochemistry and Biophysics* [online]. 2013, (65)2, 85-96 <http://link.springer.com/article/10.1007/s12013-012-9414-6#page-1>

- [7] Choi, S. et al.: *Effects of short-term radiation emitted by WCDMA mobile phones on teenagers and Adults*. 2014. BMC Public Health [online]. 2014, 14:438. <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/14/438>.
- [8] Karanasiou, I. et al.: *SAR estimation in human head models related to TETRA, GSM and UMTS exposure using different computational approaches*. 2014. WSEAS TRANSACTIONS on BIOLOGY and BIOMEDICINE [online]. 2014, (11), 101-11. ISSN 2224-2902. <http://www.wseas.com>.
- [9] IARC. International Agency for Research on Cancer. *IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans*. 2011. [online] Dostupné na internete: [www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2011/pdfs/pr208\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf).
- [10] WHO. World Health Organization. *Mobile phone use: a growing problem of driver distraction*. 2012. [online] Dostupné na internete: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/distracted\\_driving\\_summary.pdf](http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/distracted_driving_summary.pdf).
- [11] ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*. 1998. Health Physics. 1998; 74 (4): 494-522.
- [12] *Vyhľadka Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 534/2007 Z. z o podrobnostiach a požiadavkách na zdroje elektromagnetického žiarenia a na limity expozície obyvateľov elektromagnetickému žiareniu v životnom prostredí*.
- [13] CENELEC: *Expozícia EMP v pásme vysokých kmitočtov (10 kHz – 300 GHz)*. 1995. Bruxelles, CENELEC, 1995, 44 s.
- [14] Gherardini, L. et al.: *Searching for the perfect wave: the effect of radiofrequency electromagnetic fields on cells*. 2014. International journal of molecular sciences. 2014, 15.4: 5366-5387.
- [15] Ikeda, K., Nakamura, K.: *Association between mobile phone use and depressed mood in Japanese adolescents: a cross-sectional study*. 2014. Environmental health and preventive medicine. 2014, 19(3): 187-193.
- [16] Redmayne, M., Smith, E., Abramson, M.: *The relationship between adolescents well-being and their wireless phone use: a cross-sectional study*. 2013. Environmental Health. 2013, doi: 10.1186/1476-069X-12-90.
- [17] Chiu, C., T. et al.: *Mobile phone use and health symptoms in Children*. 2015. J Formos Med Assoc. 2015, 114(7): 598-604.
- [18] Zheng, F. et al.: *Association between mobile phone use and self-reported well-being in children: a questionnaire-based cross-sectional study in Chongqing, China*. 2015. BMJ Open. 2015, doi:10.1136/bmjopen-2014-007302.
- [19] Moriwaki, A., Kamio, Y.: *Normative data and psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire among Japanese school-aged children*. 2014. Child Adolesc Psychiatry Ment Health [online]. 2014, 8:1. Dostupné na internete: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3903008/>.
- [20] Osina, O., Vasičko, T., Habiňáková, H., Špigúthová, D., Osinová, D., Jakušová, V., Jakuš, J.: *The environmental exposure of young people to electromagnetic fields – personal exposimetric evaluation*. 2014. EHE 2014: International Conference of Electromagnetic Fields, Health and Environment, 2014, ISBN 978-972-8822-28-6.

RNDr. Daniela Špigúthová  
 Ústav lekárskej biofyziky  
 Jesseniova lekárska fakulta v Martine  
 Univerzita Komenského v Bratislave  
 Malá hora 4A, 036 01 Martin  
 Slovenská republika  
 E-mail: [danielaspiguthova@gmail.com](mailto:danielaspiguthova@gmail.com)  
 tel.: + 0421905786099