

ZÁKLADNOVÉ PŘENOSOVÉ STANICE MOBILNÍCH TELEFONŮ A HODNOCENÍ RIZIKA Z POHLEDU OCHRANY OBYVATELSTVA

BASE TRANSCEIVER STATIONS OF MOBILE PHONES AND RISK ASSESSMENT IN RELATION TO POPULATION PROTECTION

František BOŽEK, Roman MUSELÍK, Adam PAWELCZYK, Karel KUBEČKA,
Magdaléna NÁPLAVOVÁ
frantisek.bozek@unob.cz

Abstract

Expansion of wireless networks mobile phones increase the number of base transmission stations with antenna systems usually located on the school roof buildings or nearby. Antenna systems are a source of non-ionizing electromagnetic fields, which may represent an increased health risk, especially for children and young people due to their higher sensibility, and hence vulnerability. Therefore the spectrum analyser Spectran HF-6080 was used for measuring of electric field strength inside the selected educational establishments in spaces, where children and young people are staying commonly. The measured values were according to expectations distinctly under the actual valid action level of electric field strength, which respects thermal effects of non-ionizing radiation exclusively. That is why the health risk is totally negligible in accordance with this procedure of risk assessment. If the precautionary principle has been taken into account and the biological effects of non-ionizing radiation have been included, in 11 out of 15 educational establishments has been proved the unacceptable risk.

Key words

Base transceiver station, health risks, mobile net, non-ionizing electromagnetic field, non-ionizing radiation, radiofrequency radiation.

Úvod

Bezdrátová mobilní komunikace představuje v poslední době rapidně rostoucí technologickou a komerční oblast se zjevnými sociálními a jinými dopady. Zavádění nových technologií je vždy spojeno se zvýšenými riziky, která se mohou v populaci negativně projevit až za řadu let, zatímco široká veřejnost po dlouhou dobu vnímá pouze jejich uživatelské klady a přínosy. V ČR byl v roce 2014 počet mobilních účtů $1,35 \times 10^7$, tedy více než obyvatel. Obyvatelé ČR přitom ve srovnání s řadou ostatních zemí EU mobilní telefony výrazně upřednostňují na úkor pevných linek a počátek užívání bezdrátových technologií se posunuje stále více do útlejšího věku. Úměrně s tímto rozvojem roste v ČR počet (cca $3,85 \times 10^4$) základnových přenosových stanic (BTS) mobilních sítí, které zajišťují nepřetržité pokrytí signálem pro provoz mobilů, čímž se zvyšuje intenzita radiofrekvenčního elektromagnetického záření v životním prostředí, laicky nazývaného elektrosmog. Vedle jiných uznávaných kontaminací, např. chemickými polutanty, biologickými a jinými činiteli, jde o nový druh environmentálního znečištění.

Na základě výsledků výzkumů vlivu mobilů na určité typy nádorů zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) v roce 2011 vysokofrekvenční elektromagnetická pole (HF EMFs) vzhledem k omezeným důkazům do střední kategorie

karcinogenního rizika 2B, tj. do skupiny „možných karcinogenních rizik pro člověka“. Toto kompromisní zařazení sice umožňuje oboustrannou interpretaci, nicméně ho lze chápat spíše jako sklon směrem k uznání zvýšeného zdravotního rizika HF EMFs na úrovni WHO [1].

Mezi skupiny obyvatelstva, u nichž se předpokládá vyšší senzibilita vůči působení neionizujících elektromagnetických polí (NIEMFs) patří i děti a mládež, což je dáno rozdílnými anatomicko-biologickými charakteristikami jejich organismu a tkání (rozdílná velikost, složení tkání, obsah vody, minerálů, kmenových buněk apod.) a jejich neukončeným vývinem [2]. Budovy škol jsou z technicko-ekonomických důvodů častou lokací, kam bývají umísťovány BTS mobilních sítí, což může být zdrojem nebezpečí, a tedy i významného zdravotního rizika. Jelikož intenzita elektromagnetického záření klesá se čtvercem vzdálenosti od antény, bývá expozice přes vyšší vstupní výkon BTS ve srovnání s mobilním telefonním přístrojem u hlavy ve vzdálenějším okolí výrazně nižší, ale je časově nepřetržitá a nelze ji omezit.

Platné limity, které mají zajišťovat ochranu obyvatelstva před účinky NIEMFs, jsou nastaveny na relativně vyšší úroveň, aby vyhověly rovněž užívání mobilů u hlavy v horších podmínkách příjmu signálu. Tomu odpovídá i zdánlivě racionální přijetí technicistního a lehce měřitelného modelu výhradně termických a krátkodobých účinků bez zvažování doby expozice NIEMFs, na němž jsou stávající limity založeny. Dlouhodobé biologické (netermické) účinky NIEMFs doložené řadou studií i při velmi nízkých dozimetrických hodnotách záření [3, 4] nejsou brány v potaz, jak je ostatně explicitně konstatováno v evropské směrnici [5]. Princip předběžné opatrnosti zohledňující nejistoty existence vlivu netepelných a dlouhodobých biologických účinků NIEMFs na živé organismy při stanovení mezních hodnot NIEMFs nebyl na úrovni orgánů EU respektován již od prvopočátku [6]. Zmíněný fakt přiměl naši skupinu realizovat vedle komparace naměřených dat s aktuálními limity též vyhodnocení rizik metodou akceptující biologické efekty NIEMFs.

1 Analýza současného stavu

Při zkoumání biologických účinků NIEMFs a stanovení rizik nelze vycházet pouze ze zkušenosti televizního a rozhlasového vysílání v minulých desetiletích. Nové bezdrátové technologie posledních let jsou příčinou změn v charakteristikách využívaných NIEMFs, které se pravděpodobně odlišně projevují v účincích na člověka. Jde o ústup od analogových technologií a jejich nahrazení digitálními, které s sebou přinášejí použití pulzně modulovaných polí, kde dochází k náhlým a absolutním změnám průběhu signálu. Otázka větší biologické účinnosti pulzně modulovaného záření je kontroverzně diskutována delší dobu a nezdá se být dosud přesvědčivě vyřešena [7]. Z medicínské oblasti je znám výraznější biologický efekt pulzních magnetických polí ke krátkodobé stimulaci ozdravných tělesných procesů při některých onemocněních, kde jsou ale v praxi pozorovány u části pacientů i vedlejší nepříznivé účinky, které nelze vysvětlit výhradně tepelnými účinky pulzního pole [8].

Dalším závažným faktorem svědčícím rozdílnosti situace oproti minulosti je fakt, že narůstá počet různorodých zdrojů HF EMF s možností nepříznivých interferencí a multiplikovaných účinků, jejichž výzkum je velmi složitý a zatím zaostává. Zdroje záření a jejich antény jsou stále blíže lidskému tělu, ať už v bezprostředním okolí budov (BTS) či přímo v nich (WLAN-routery, bezšňůrové telefony DECT, smart systémy aj.). Všesměrové (izotropní) antény se postupně nahrazují směrovými, jejichž vyzářený výkon je koncentrován do užšího svazku se specifickými důsledky. Zřejmě je též tendence užívat stále vyšší pásma frekvencí.

Větší počet, násobné působení a blízkost zdrojů vysokofrekvenčního záření s relativně nízkým výkonem s sebou přináší relevantně vyšší intenzity EMFs v životním prostředí v relaci s jedním výkonnějším, ale vzdáleným vysílačem pro rozhlasové a televizní vysílání. Tím

vzrůstá hodnota elektromagnetické energie absorbované tělem vyjadřované parametrem „specifické míry absorpce“ (SAR) [9].

1.1 Základnové přenosové stanice

BTS se soustavou antén, které jsou základním elementem vytváření bezdrátových sítí provozu mobilních telefonů, jsou pro své okolí vzhledem k většímu odstupu zdrojem nepoměrně menší intenzity neionizujícího elektromagnetického záření (NIEMR) než mobilní telefony provozované přímo u hlavy, avšak z hlediska časové expozice nepřetržitě po dobu pobytu v NIEMF. Expozice od BTS se tak může jevit nízká, ale vzhledem k vědeckým nejistotám a kontroverzím různých studií nelze dosud vyloučit možnost odlišných či dosud neznámých mechanismů působení nízkých intenzit záření v dlouhodobém časovém horizontu [8].

Holandská studie využívající dozimetrický denní monitoring zátěže stovky osob HF EMFs při běžných činnostech osob uvádí, že 12,7 % sumární expozice pochází z BTS, 37,5 % z mobilních telefonů ostatních lidí hlavně v důsledku silné koncentrace uživatelů mobilů ve městech a zbytek užíváním vlastního mobilu a z jiných zdrojů. Denní sumy expozic byly čtyřikrát vyšší než noční [10]. Lze oprávněně předpokládat, že poměr zátěže od BTS bude specifický pro každou zemi.

Věže BST jsou v městských aglomeracích rozmístovány poměrně hustě podle potřeb signálového pokrytí a kapacity daného území (tzv. buňky), většinou v převýšené pozici na střeších obytných a kancelářských budov, jak je prezentováno na obr. 1. Kvůli šíření signálu ve formě elektromagnetického vlnění, jehož vlastnosti popisují Maxwellovy rovnice [11], je převýšení nad okolním terénem výhodné, a to je pravděpodobně jeden z důvodů, že se často BTS umísťují na budovy škol, jež bývají nejvyšší v okolí. Při umísťování BTS se vychází z teoretického předpokladu, že „majákovitá“ vyzařovací charakteristika směrové antény jednoho sektoru BTS s horizontálním vyzařovacím úhlem 120° vede při určité orientaci hlavní osy k vyzáření hlavního proudu energie mimo budovu, která ve srovnání s okolními objekty není zářením zasažena. Dle zahraničních měření to bývá časté, nikoliv však paušální [12]. Charakteristiky antén BTS rovněž vykazují různou míru přítomnosti zadních laloků, které mohou při nepříznivém umístění ovlivnit prostor pod nimi.

Z hlediska ochrany zdraví obyvatelstva před účinky NIEMR se k umístění BTS na území ČR víceméně formálně vyjadřuje v rámci stavebního povoloovacího procesu příslušná hygienická stanice. Žádost předkládá subjekt zastupující operátora na základě teoretického výpočtu intenzity EMF dle vstupních výkonových parametrů antén. Není požadováno ověření výpočtu měření, ani se na rozdíl od jiných zemí se stejnými standardy neprovádí systematický monitoring NIEMFs z BTS a jiných zdrojů ke zjištění reálné úrovně expozice, což je neopomenutelnouází ke komunikaci rizik s veřejností. Např. na zakázku jednoho z mobilních operátorů bylo u nás během období 2008-2011 provedeno pouhých 12 měření BTS [13], zatímco v sousedním Rakousku sdružení operátorů nechalo v roce 2007 změřit 52 míst a v roce 2009 106 míst [14]. Vypovídá to rovněž o tom, jak se cítí být operátoři ohroženi tlakem otázek a obav veřejnosti. Hraje zde roli i vědomí, že poměrně vysoká úroveň platných limitů je v současnosti v běžných podmínkách expozice osob stěží překročitelná, takže výdaje na měření jsou fakticky zbytečné.



*Obr. 1
Základnová stanice (BTS) se sektorovými anténami*

Vědci se na mezinárodní vědecké konferenci v roce 2011 pořádané v Bruselu z iniciativy orgánů EU shodli, že kvalitativně hodnotný výzkum je rozhodujícím faktorem k odhadu rizik spojených s NIEMFs. Přitom exaktní dozimetrie, stanovení expozice a epidemiologie jsou bází poznání případných zdravotně nepříznivých efektů NIEMFs a hodnocení rizik exponovaného obyvatelstva [15].

1.2 Limity pro neionizující záření

Od počátku milénia se ve většině evropských zemí, ČR nevyjímaje, v rámci unifikčního procesu zvýšily limity NIEMFs v závislosti na frekvenci často o více než jeden řád. Tuzemské limity NIEMFs ve frekvenčním pásmu $f[\text{Hz}] \in \langle 0; 3 \times 10^{11} \rangle$ [16] vycházejí ponejvíce z legislativy EU [5], která akceptuje doporučení Mezinárodní komise na ochranu proti neionizujícímu záření (ICNIRP). Ta na základě pokusů realizovaných převážně na hlodavcích, primátech a několika skupinách dobrovolníků, považuje za dostatečně prokázané výhradně dva přímé biologické účinky NIEMR na živé organismy [17]:

- a) ohřívání tkáně těla při absorpci NIEMR pro frekvence $f[\text{Hz}] \in \langle 10^5; 3 \times 10^{11} \rangle$;
- b) působení elektrických proudů indukovaných v těle proměnným magnetickým a elektrickým polem o frekvenci $f \leq 10^7$ Hz.

Limity dozimetrických parametrů NIEMFs definovaných stávajícími směrnici zůstávají dle našeho mínění reálně vstřícné komerčním zájmům a neomezenému rozvoji bezdrátových technologií bez ohledu na související ohrožení obyvatelstva. Některé evropské země, jako Švýcarsko, Polsko, Itálie, Belgie, Lucembursko, Bulharsko aj., si buď ponechaly individuálně nižší limity, nebo uplatňují určitá restriktivní omezení předpisů [4]. Ve většině zemí, které direktivu [5] implementovaly, zodpovědné úřady ochrany veřejného zdraví na rozdíl

od ČR vydávají alespoň preventivní doporučení k obezřetnému zacházení s prostředky mobilní komunikace a jejich střídavému užívání a zavádění, zvláště ve vztahu ke snadno zranitelným skupinám.

Momentálně neexistuje legislativní vůle mezní hodnoty snížit, přestože neadekvátnost limitů kritizuje řada vědeckých skupin a jednotlivců. Např. ve zprávě cca 60 expertů, kteří realizovali, případně vyhodnotili, značný počet studií (více než 3 000) jsou diskutovány pravděpodobné účinky NIEMFs v oblasti genových a proteinových projevů, genotoxicity, stresové odezvy, imunitních a metabolických funkcí, neurologie a neurologických onemocnění (Alzheimerova choroba, autismus), mozkových nádorů, vlivu na signální a reprodukční soustavu, hematoencefalickou bariéru, leukémii, produkci melatoninu apod. Na základě těchto poznatků navrhuje skupina BioInitiative bezpečný limit pro venkovní kumulativní expozici pulzně modulovaných HF EMFs na úrovni $S = 10^3 \mu\text{W m}^{-2}$, což odpovídá $E \approx 0,6 \text{ V m}^{-1}$ a pro vnitřní prostory $S = 10^2 \mu\text{W m}^{-2}$, tj. $E \approx 0,2 \text{ V m}^{-1}$ [3].

2 Použité metody

Školská zařízení k realizaci měření byla vybrána užitím tradičního brainstormingu skupinou osmi expertů a laika [18]. Středované hodnoty intenzity elektrického pole E_{Av} v místech obvyklého pobytu osob uvnitř sledovaných objektů byly získány certifikovaným příručním spektrálním analyzátozem SPECTRAN HF-6080 výrobce Aaronia AG, citlivost 90 dBm, přesnost $\pm 3 \text{ dB}$. Směrová logaritmicko-periodická anténa HyperLOG 6080 disponovala frekvenčním rozsahem 0,7-8 GHz [19]. Přístroj je znázorněn na obr. 2.

Měření E_{Av} probíhalo selektivně v pásmech GSM 900, GSM 1800¹ a UMTS² metodou rozmítání. Středované hodnoty E_{Av} byly vypočteny dle vztahu (1), v němž E_i jsou intenzity elektrického pole naměřené přes interval $T = 6 \text{ min}$ a $i [\text{min}] \in \langle 1; 6 \rangle \wedge i \in \mathbb{Z}^+$ a \mathbb{Z}^+ je symbol množiny všech kladných celých čísel.

$$E_{Av} = \sqrt{T^{-1} \times \sum_{i=1}^{i=T} (E_i)^2} \quad (1)$$



Obr. 2
Spektrální analyzátor Spectran HF-6080

K hodnocení rizik expozice NIEMF dětí a mládeže byly využity dva postupy.

První způsob vycházel ze srovnání zjištěné intenzity elektrického pole $E_{Av(FR)}^{medián}$ reprezentující medián $E_{Av(FR)}$ intenzit elektrických polí získaných ve frekvenčním pásmu (FR) a obvyklých místech pobytu osob zkoumaného objektu s referenční hodnotou intenzity elektrického pole E_{FR}^{Limit} sledovaného pásma, která je dána právní úpravou. Referenční hodnota je funkcí frekvence a pro pásmo GSM 900 $E_{GSM900}^{Limit} = 90 \text{ V m}^{-1}$, pro pásmo GSM 1800 $E_{GSM1800}^{Limit} = 127 \text{ V m}^{-1}$ a pro UMTS $E_{UMTS}^{Limit} = 140 \text{ V m}^{-1}$ [5]. Jestliže $E_{Av(FR)}^{medián} \leq E_{FR}^{Limit}$, lze považovat riziko za akceptovatelné. Nepřekročení referenční hodnoty E_{FR}^{Limit} , jež je měřitelnou dozimetrickou veličinou NIEMFs, totiž zaručuje, že nebudou překročeny ani nejvyšší přípustné hodnoty uvnitř tkání [5].

Druhý postup akceptoval princip předběžné opatrnosti a vychází z metodiky hodnocení zdravotních rizik U. S. EPA [20]. Bázi hodnocení rizika se stala rovněž referenční hodnota E_{FR}^{Limit} , do níž byly inkorporovány nejistoty ze sféry biologických účinků NIEMFs v podobě faktoru nejistoty $UF = 10^x$ a modifikačního faktoru $MF \in \langle 1; 10 \rangle$ zahrnujícího nejistoty neobsažené v UF . Přitom x značí počet nejistot a $MF \wedge x \in \mathbb{N}$, přičemž \mathbb{N} je symbol pro množinu všech přirozených čísel. Hodnota takto získané modifikované referenční úrovně intenzity elektrického pole $E_{Mod(FR)}^{Limit}$ vypočtená pomocí rovnice (2) byla analogicky jako v předchozím případě srovnána s naměřenou mediánovou středovanou hodnotou $E_{Av(FR)}^{medián}$ uvnitř objektu a zdravotní riziko považováno za akceptovatelné, pakliže $E_{Av(FR)}^{medián} \leq E_{Mod(FR)}^{Limit}$.

$$E_{Mod(FR)}^{Limit} = E_{FR}^{Limit} \times UF^{-1} \times MF^{-1} \quad (2)$$

Protože při stanovení nejvyšších přípustných hodnot byla užita toxikologická data získaná extrapolací ze studií trvajících kratší dobu než inkubační doba většiny onemocnění, z nichž je působení NIEMFs podezřelé, a převážně přenosem ze zvířat na člověka, byl zvolen $UF = 10^2$. Hodnota $MF = 3$ byla navržena kvůli rozdílné zranitelnosti (senzibilitě) jedinců lidské populace vůči účinkům NIEMFs. Za těchto podmínek je podle vztahu (2) $E_{Mod(GSM900)}^{Limit} = 0,30 \text{ V m}^{-1}$, což odpovídá hustotě zářivého toku $S_{Mod(GSM900)}^{Limit} \approx 239 \mu\text{W m}^{-2}$, jak lze zjistit výpočtem dle vzorce (3) [4]. Shodně byly kalkulovány hodnoty $E_{Mod(GSM1800)}^{Limit} = 0,42 \text{ V m}^{-1}$ ($S_{Mod(GSM1800)}^{Limit} \approx 477 \mu\text{W m}^{-2}$) a $E_{Mod(UMTS)}^{Limit} = 0,47 \text{ V m}^{-1}$ ($E_{Mod(UMTS)}^{Limit} \approx 577 \mu\text{W m}^{-2}$). Je patrné, že získané výstupy jsou v relaci se závěry vědců skupiny BioInitiative [3].

$$E = \sqrt{120\pi \times S} \quad (3)$$

Pro sledované objekty bylo současně vyhodnoceno sumární zdravotní riziko vyplývající z expozice dětí a mládeže NIEMFs přes zkoumaná frekvenční pásma GSM 900, GSM 1800 a UMTS. K tomuto účelu byly užity kvadráty poměrů středovaných mediánových

intenzit elektrického pole $E_{Av(FR)}^{medián}$ a modifikované limitní hodnoty elektrického pole $E_{Mod(FR)}^{Limit}$ vypočtené dle vztahu (2).

Sumární riziko R rezultující výhradně z termických účinků NIEMFs, které se projevují v oboru frekvencí f [Hz] $\in \langle 10^5; 3 \times 10^{11} \rangle$, lze považovat za akceptovatelné, jestliže je splněna nerovnice (4), v níž symbol E_f^{Limit} reprezentuje legislativně daný limit intenzity elektrického pole při frekvenci f , $E_{Av(f)}^{medián}$ naměřenou mediánovou hodnotu elektrického pole při frekvenci f a $b = 8,7 \times 10^4 \times f^{-0,5}$:

$$R = \sum_{f=10^5 \text{ Hz}}^{f=10^6 \text{ Hz}} \left[E_{Av(f)}^{medián} \times (b)^{-1} \right]^2 + \sum_{f>10^6 \text{ Hz}}^{f=3 \times 10^{11} \text{ Hz}} \left[E_{Av(f)}^{medián} \times (E_f^{Limit})^{-1} \right]^2 \leq 1 \quad (4)$$

Jelikož pásmo GSM 900 je provozováno v oboru frekvencí f [Hz] $\in \langle 8,76 \times 10^8; 9,60 \times 10^8 \rangle$, GSM 1800 v intervalu f [Hz] $\in \langle 1,71 \times 10^9; 1,88 \times 10^9 \rangle$ a konečně pásmo UMTS v rozmezí f [Hz] $\in \langle 1,92 \times 10^9; 2,17 \times 10^9 \rangle$, lze zjednodušit vztah (4) na vztah (5):

$$R = \sum_{f>10^6 \text{ Hz}}^{f=3 \times 10^{11} \text{ Hz}} \left[E_{Av(f)}^{medián} \times (E_f^{Limit})^{-1} \right]^2 \leq 1 \quad (5)$$

Aplikací zvažovaných frekvenčních pásem FR a odpovídajících modifikovaných referenčních hodnot elektrického pole $E_{Mod(FR)}^{Limit}$ lze pro sumární akceptovatelné riziko R získat nerovnost (6):

$$R = \left(\frac{E_{Av(GSM\ 900)}^{medián}}{E_{Mod(GSM\ 900)}^{Limit}} \right)^2 + \left(\frac{E_{Av(GSM\ 1800)}^{medián}}{E_{Mod(GSM\ 1800)}^{Limit}} \right)^2 + \left(\frac{E_{Av(UMTS)}^{medián}}{E_{Mod(UMTS)}^{Limit}} \right)^2 \leq 1 \quad (6)$$

3 Výsledky a diskuze

Měření byla provedena na území města Brna sumárně v 15 školských objektech, z nichž 3 byly mateřské, 4 základní, 2 střední školy a 6 vysokých škol. Cílem bylo ověřit, jak se projeví umístění BTS na daném objektu či v jeho bezprostřední blízkosti na úrovni záření v místech, kde se často pohybují nebo tráví většinu času děti, resp. mládež. Výsledky měření jsou zaznamenány v tab. 1.

Mediány intenzit elektrického pole ve sledovaných objektech pásma GSM 900 se nacházely v rozmezí 0,136-0,784 V m⁻¹, v pásmu GSM 1800 v intervalu 0,014-1,002 V m⁻¹, v UMTS v rozpětí 0,001-0,718 V m⁻¹. Hodnoty sumárního zdravotního rizika $R \in \langle 0,228; 8,687 \rangle$. Soubor získaných mediánových intenzit elektrických polí včetně sumárního zdravotního rizika je charakteristický vysokým rozptylem, což je logické vzhledem k různému počtu, výkonu a přenosové frekvenci antén situovaných navíc rozdílně a v odlišné vzdálenosti od míst měření.

Tabulka 1

Středované mediánové intenzity elektrického pole a resultující zdravotní rizika v pásmech GSM 900, GSM 1800, UMTS, včetně sumárního zdravotního rizika přes tato pásma

Pořadové číslo	Typ školského zařízení	Středovaná mediánová intenzita elektrického pole [V m ⁻¹]			
		$E_{Av(GSM900)}^{medián}$	$E_{Av(GSM1800)}^{medián}$	$E_{Av(UMTS)}^{medián}$	R
1	MŠ 1	0,160	0,026	0,154	0,396
2	MŠ 2	0,444	0,026	0,190	2,358
3	MŠ 3	0,368	0,026	0,220	1,728
4	ZŠ 1	0,374	0,076	0,164	1,709
5	ZŠ 2	0,364	0,014	0,001	1,473
6	ZŠ 3	0,708	0,126	0,015	5,661
7	ZŠ 4	0,208	0,362	0,306	1,647
8	SŠ 1	0,329	0,134	0,117	1,366
9	SŠ 2	0,136	0,038	0,056	0,228
10	VŠ 1	0,236	0,054	0,110	0,690
11	VŠ 2	0,628	0,484	0,272	6,045
12	VŠ 3	0,212	0,200	0,144	0,820
13	VŠ 4	0,584	0,104	0,170	3,982
14	VŠ 5	0,784	0,122	0,536	8,214
15	VŠ 6	0,244	1,002	0,718	8,687

MŠ = mateřská škola; ZŠ = základní škola; SŠ = střední škola; VŠ = vysoká škola;

tučně zvýrazněné hodnoty středovaných mediánových intenzit elektrického pole, včetně hodnot sumárního rizika R, představují při aplikaci principu předběžné opatrnosti neakceptovatelné zdravotní riziko z pohledu ochrany dětí a mládeže pobývajících ve zkoumaných objektech;

Limity v právní úpravě [5]: $E_{GSM900}^{Limit} = 90 \text{ V m}^{-1}$; $E_{GSM1800}^{Limit} = 127 \text{ V m}^{-1}$; $E_{UMTS}^{Limit} = 140 \text{ V m}^{-1}$;

Modifikované limity akceptující princip předběžné opatrnosti: $E_{Mod(GSM900)}^{Limit} = 0,30 \text{ V m}^{-1}$;

$E_{Mod(GSM1800)}^{Limit} = 0,42 \text{ V m}^{-1}$; $E_{Mod(UMTS)}^{Limit} = 0,47 \text{ V m}^{-1}$.

Největší emisní zátěž ve svém okolí způsobuje vývojově nejstarší síť mobilních telefonů GSM 900, jež je v městské zástavbě dosud hojně používána, jak potvrzují i výsledky zahraničních studií. Výrazně méně zatěžují prostředí vývojově mladší technologie vyšších frekvencí. Je zřejmé, že technologický vývoj může do určité míry přispět k redukci emisí, nicméně lze dedukovat, že snížení emisí v jedné technologii či kategorii, např. hlasových službách, bude substituováno aplikací jiných technologií, např. LTE pro rychlý přenos dat, představujících zdroj rizika v jiných kmitočtových pásmech.

Výše zmíněné závěry korespondují s výsledky hodnocení rizik. Srovnáním naměřených středovaných mediánových hodnot intenzity elektrického pole s platnými limity, které vycházejí výhradně z prokazatelných termických účinků NIEMFs, je možné vzhledem k nízké míře naplnění v právní úpravě zakotvených referenčních hodnot E_{FR}^{Limit} , kdy

$E_{Av(FR)}^{medián} = \max 0,88 \% E_{FR}^{Limit}$ konstatovat, že riziko plynoucí z provozu BTS sítí mobilních telefonů se jeví naprosto zanedbatelným.

K absolutně odlišným závěrům lze však dospět aplikací principu předběžné opatrnosti, jenž respektuje vědecké nejistoty spojené s dlouhodobými biologickými efekty NIEMFs. Jak je evidentní z tab. 1, užití modifikovaných referenčních hodnot středovaných a intenzit elektrických polí odvozených na bázi postupu hodnocení zdravotních rizik zveřejněného U. S. EPA prokázalo neakceptovatelné zdravotní riziko pro děti a mládež v 10 z 15 studovaných objektů. Pouze ve dvou školských zařízeních bylo shledáno nepřijatelné riziko jak v pásmu GSM 1800, tak UMTS. Ještě závažnější se logicky jeví situace v oblasti sumárního zdravotního rizika R přes sledované frekvence GSM 900, GSM 1800 a UMTS, kdy bylo zaznamenáno nepřijatelné riziko dokonce 11 zkoumaných objektů. Nejvyšší riziko je spojeno s technologiemi typu GSM 900, byť v budoucnu lze v důsledku jejich náhrady technologiemi GSM 1800 a zejména UMTS očekávat transfer neakceptovatelného rizika do sféry vyšších pásem frekvencí.

Je jasné, že ne každý biologický efekt radiofrekvenčního elektromagnetického záření se projeví na zdravotní úrovni. Při dlouhodobém působení však může způsobit snížení kvality života postupným vyčerpáváním kapacit opravných a rebalančních mechanismů lidského organismu, jimiž se tělo brání působení akutních škodlivin a jež jsou podmíněny individuálními genetickými předpoklady. Tím se spouští kaskádovité procesy, v jejichž průběhu může dojít např. k chybám v dělení buněk, nebo během nichž se nepřímo připravují podmínky pro působení dalších koincidenčních nebo náhodných činitelů (kofaktory).

Přesto se paradoxně stále vyžaduje předložit prioritně kvantifikovatelné a reprodukovatelné výsledky s vysokou hladinou statistické spolehlivosti, včetně přístupnosti nezávislému potvrzení výstupů, aby bylo možné považovat atermické efekty NIEMFs za prokázané a zohlednit je při stanovení hygienických limitů [17]. Zmíněný přístup je v absolutním rozporu s principem předběžné opatrnosti, podle něhož by mělo být naopak nejprve prokázáno, že navržené hodnoty limitů nepředstavují pro lidskou populaci nepřijatelné zdravotní riziko, a ne spokojit se s konstatováním že zmíněné efekty nebyly dostatečně prokázány.

Závěr

BTS jsou pro své okolí permanentním aktivním zdrojem radiofrekvenčního záření, které v místně a časově proměnlivých intenzitách dle vytížení sítě tvoří územní signálové pokrytí mobilní telefonie. Jsou častou součástí školských objektů a zařízení, kde nevzbuzují u osob pobývajících v těchto objektech výraznější obavy, zvláště z důvodu, že záření není viditelné. Z aspektu limitů, které v ČR a ve většině zemí EU více než desetiletí platí v legislativně navýšené míře, je úroveň vyzařování BTS nepatrná a představuje absolutně zanedbatelné riziko pro zdraví dětí a mládeže. Je však třeba připomenout, že legislativně zakotvené hygienické limity jsou pouze reflexe dočasného poznání, nikoli provždy danou veličinou a mohou nekontrolovaně podléhat odtažitým nepatřičným vlivům. Limity tak nutně neodpovídají riziku pro exponované obyvatelstvo a aktuálně jsou dle našeho názoru spíše výsledkem loby ekonomicky silných subjektů provozujících sítě bezdrátové komunikace.

Při hodnocení zdravotních aspektů nelze rozhodně opomenout faktory, které vnáší do procesu prvek nejistoty. Při implementaci principu předběžné opatrnosti v souladu s metodikou posuzování zdravotních rizik rezultujících z kontaminovaných složek životního prostředí a doporučenou U. S. EPA se ukázalo, že převážná část naměřených intenzit elektrického pole vysokofrekvenčního neionizujícího záření ve zkoumaných objektech nemůže být označena jako

bezriziková. Naopak představuje pro obyvatelstvo často neakceptovatelné zdravotní riziko, zejména jeho sumární výši přes sledovaná frekvenční pásma, z aspektu ochrany dětí a mládeže, jak bylo ostatně potvrzeno pro 11 z 15 hodnocených objektů školských zařízení.

Námi prezentované závěry ve formě modifikovaných referenčních hodnot pro sledovaná frekvenční pásma GSM 900, GSM 1800 a UMTS korespondují s doporučeními vědců skupiny BioInitiative, kteří k nim dospěli poněkud odlišným způsobem. Nebude-li při vyhodnocování rizik plynoucích pro obyvatelstvo z expozice NIEMFs respektován princip předběžné opatrnosti a přitom se prokáží nepříznivé atermické účinky záření, obzvláště při nízkých dozimetrických hodnotách, připravuje si společnost vzhledem k vysoké inkubační době řady onemocnění, z nichž je NIEMR podezřelý, závažné zdravotní a ekologické problémy, jejichž vyřešení může být spojeno s astronomickými náklady.

POZNÁMKY:

¹ GSM – globální systém pro mobilní komunikaci

² UMTS – univerzální telekomunikační mobilní systém

Literatura

- [1] International Agency for Research on Cancer (IARC). *IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as Possibly Carcinogenic to Humans* [online]. Geneva: IARC, 2011 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
- [2] BELYAEV, I., E. MARKOVA, L. Malmgren. Microwaves from Mobile Phones Inhibit 53BP1 Focus Formation in Human Stem Cells Stronger than in Differentiated Cells: Possible Mechanistic Link to Cancer Risk. *Environmental Health Perspectives*. 2010, 118, (3), 394-399.
- [3] BioInitiative. *A Rationale for a Biologically-Based Exposure Standard for Low-Intensity Electromagnetic Radiation* [online]. [The BioInitiative Report] 2012 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.bioinitiative.org/table-of-contents/>
- [4] BOZEK, F. et al. Radars and Health Risk Assessment. In: BRIS, R. et al., eds. *Proceedings of ESREL Conference on Reliability, Risk and Safety: Theory and Applications*. Volume 1. London: Taylor & Francis Group, 2009, 729-736.
- [5] The European Parliament and the Council (EPC). *Directive 2013/35/EU on the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents* [online]. Brussels: EPC, 2013 [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32013L0035>
- [6] *Implementation Report on the Council Recommendation Limiting the Public Exposure to Electromagnetic Fields (0-300 GHz)* [online]. 2002 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/publications_en
- [7] *Gepulste Felder*. [Monograph] [online]. 2008 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.fgf.de/publikationen/index.html>
- [8] NOVÁK, J. *Elektromagnetické pole a zdravotní rizika I-VI* [online]. 2003-2012 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://empvf.cz/>
- [9] STRECKERT, J. Exposition der Allgemeinbevölkerung durch Hochfrequenz-Sender. *EMF-Spectrum*. 2012, (2), 24-27.

- [10] BOLTE, J., T. EIKELBOOM. Personal Radiofrequency Electromagnetic Field Measurements in the Netherlands: Exposure Level and Variability for every Day's Activities, Times of Day and Types of Area. *Environment International*. 2012, 48, (11), 133-142.
- [11] HALLIDAY, D., R. RESNICK, J. WALKER. *Fyzika, Část 3 – Elektřina a magnetismus*. Brno: VUTIUM, 2000. 850 s.
- [12] IMST GmbH. *Untersuchung der Immissionen durch Mobilfunk-Basisstationen* [online]. 2002 [cit. 2016-11-01]. Dostupné z: https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/laerm_licht_mobilfunk/MessungMobilfunk-NRW.pdf
- [13] Vodafone. *Nezávislé měření sítě* [online]. 2008-2011 [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.vodafone.cz/odpovednost/ferova-hra/telefony-a-zdravi/>
- [14] FMK – Forum Mobilkommunikation. *Mobilfunk – Messreihe* [online]. 2012 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://messwerte.fmk.at>
- [15] European Commission. *2011 International Scientific Conference on EMF and Health* [online]. Brussels, 2011 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/events/ev_20111116_presentations_en
- [16] Ministerstvo zdravotnictví ČR (MZ ČR). *Narizení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením* [online]. Praha: MZ ČR, 2015 [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-29>
- [17] International Committee of the Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). *ICNIRP Statement on the Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)* [online]. 2009 [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <http://icnirp.org/documents/StatementEMF.pdf>
- [18] OSBORN, A. F. *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*. 3rd Ed. New York: Charles Scribner's Sons, 1963, p. 88.
- [19] Aaronia AG. *Spektrumanalysatoren, SPECTRAN® HF - Handbuch Manual*. Strickscheid: Gewerbegebiet Aaronia AG. 2007. 72 s.
- [20] U.S. EPA. *Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1. Human Health Evaluation Manual*. Part A. Washington, D.C.: U.S. EPA, 1989, p. 7-7.