

Prístup k riešeniu problematiky elektromagnetických polí vo vzťahu k zdraviu ľudí

Čo sú elektromagnetické polia a žiarenie?

Elektromagnetické žiarenie existuje od doby vzniku vesmíru; svetlo je jeho najznámejšou formou. Elektrické a magnetické polia sú časťou spektra elektromagnetického žiarenia, ktoré zahŕňa rôzne formy, začínajúc statickou elektrinou a magnetickými poliami cez rádio – frekvenčné a infračervené žiarenie až po röntgenové lúče.

EMP: neionizujúce formy žiarenia

Niektoré formy žiarenia, napr. röntgenové lúče, porušujú v molekulách pevnosť chemických väzieb a môžu tak byť svojim priamym škodlivým vplyvom na genetický materiál príčinou rakoviny. Elektromagnetické polia (EMP) nie sú schopné týmto spôsobom biologický materiál poškodzovať.

Všetky druhy elektromagnetického žiarenia je možné charakterizovať ich vlnovou dĺžkou a kvantom energie. Čím vyššia je frekvencia, tým kratšia je vzdialenosť medzi jednotlivými vlnami (to znamená, že tým kratšia je vlnová dĺžka) a vyššie kvantum energie v danom poli. Predstavme si analógiu, v ktorej je kvantum energie porovnávané s mernou hmotnosťou: ak sa deti gulujú (merná hmotnosť snehových gúl je nízka), potom aj možnosť poranenia je nízka. Ak však po sebe hádžu kameňmi (kamene, ktoré majú rovnakú hmotnosť ako snehové gule a sú vrhané rovnakou silou), je možnosť poranenia, vzhľadom na ďaleko vyššie merné hmotnosti kameňov v porovnaní so snehovými gulami, samozrejme, vyššia. Ak je vlnová dĺžka kratšia ako 0,1 mm (kratšia ako vlnová dĺžka ultrafialového žiarenia), je kvantum energie žiarenia dostatočne vysoké, aby vyvolalo porušenie väzieb a poškodenie štruktúry biologického materiálu. To je nazývané ionizujúcim elektromagnetickým žiarením – príkladom je gama žiarenie vznikajúce premenou rádioaktívneho materiálu. Mobilné telefóny pracujú napr. na frekvenciách s vlnovou dĺžkou okolo 30 cm a kvantum energie je nižšie ako jedna milióntina energie potrebnej pre ionizáciu. Elektrické vedenie produkuje elektromagnetické žiarenie o vlnovej dĺžke 6 000 kilometrov s kvantom energie miliónkrát nižším.

Elektrické a magnetické polia

Pri nízkych frekvenciách sú elektrické a magnetické polia uvažované oddelene. Vznikajú pri výrobe, prenose, distribúcii a využívaní elektriny a stretne sa s nimi v blízkosti vedení vysokého napätia, elektrických káblov a elektrických prístrojov používaných v domácnostiach a kanceláriách. Elektrické polia vznikajú rozdielmi napätí: čím vyššie je napätie, tým silnejšie bude vzniknuté pole. Magnetické polia vznikajú prietokom elektrického prúdu: čím vyšší je prúd, tým silnejšie je magnetické pole. Elektrické pole bude prítomné aj v neprítomnosti prietoku prúdu. Ak preteká prúd, bude sa magnetické pole meniť podľa spotreby elektrického prúdu, ale elektrické pole zostane konštantné. Vplyv elektrických polí je možné znížiť tienením, najmä kovovými materiálmi. Pôsobenie elektrických polí vznikajúcich v blízkosti vedení vysokého napätia je redukované stenami, budovami a stromami. Pokiaľ sú káble vysokého napätia vedené v zemi, tak na povrchu prakticky elektrické pole nevzniká. Magnetické polia nie sú stromami, stenami alebo budovami tienené. Vedenie káblov vysokého napätia v zemi magnetické pole na rozdiel od poľa elektrického neovplyvní. Pôsobenie magnetického poľa je však výrazne závislé na vzdialenosti od zdroja. So

stúpajúcou vzdialenosťou jeho vplyv výrazne klesá. Pri vysokých frekvenciách (mikrovlnné a rádiové frekvencie) sú elektrické a magnetické polia často posudzované ako zložky elektromagnetickej vlny. Mikrovlnné zariadenia a mobilné telefóny, televízne a rádiové vysielacie, mikrovlnné rúry a radar vytvárajú rádiové frekvenčné pole.

Jednotky a terminológia

- Vlnová dĺžka je „vzdialenosť“ medzi dvoma po sebe nasledujúcimi vrcholmi elektromagnetickej vlny. Frekvencia je počet vln za sekundu. Frekvencia je vyjadrovaná v hertzoch (Hz): 1 Hz = 1 cyklus za sekundu. Rádiové a mikrovlnné žiarenie má vysokú frekvenciu a jednotkami sú preto kilohertz (kHz), megahertz (MHz) a gigahertz (GHz). 1 kHz je rovný 1 000 Hz, 1 MHz je 1 000 kHz a 1 GHz je 1 000 MHz.

- EMP vytvárané vedením vysokého napätia má v Európe vlnovú dĺžku 6 000 km a frekvenciu 50 Hz. Emisie z domácich mikrovlnných rúr majú vlnovú dĺžku 12,2 cm a frekvenciu 2 450 MHz.

- Elektrické pole sa meria vo voltoch na meter (V/m).

- Jednosmerný elektrický prúd prúdi iba v jednom smere. Striedavý elektrický prúd mení smer v pravidelných intervaloch.

- Jednotkou pre meranie nízkofrekvenčného magnetického poľa je tesla (T). 1 T predstavuje veľmi vysokú úroveň expozície, a preto sa viac používajú jednotky nižšie, ako sú militesla (mT), mikrotesla (μ T) a nanotesla (nT). 1 T je ekvivalentný 1 000 mT, 1 mT je rovný 1 000 μ T a 1 μ T je rovný 1 000 nT.

- Vysokofrekvenčné EMP (rádiové a mikrovlnné žiarenie) je merané vo wattoch na meter štvorcový (W/m^2). Tiež sa používa jednotka miliwatt na meter (mW/cm^2). V oboch prípadoch sa používa pojem *výkonová hustota*.

Podstata obáv verejnosti

Expozícia EMP nie je novým fenoménom, aj keď pred príchodom priemyselnej revolúcie boli zdroje expozície obmedzené iba na prírodné polia vznikajúce v životnom prostredí. V priebehu 20. storočia environmentálne expozície umelo vytváraným EMP v dôsledku stúpajúceho dopytu a spotreby elektriny, technologického pokroku a sociálnych zmien a zmien v štýle života plynule stúpa. V konečnom dôsledku je takmer každý exponovaný v komplexnej zmesi elektrických a magnetických polí, a to tak doma, ako v zamestnaní. Zdrojom je výroba a prenos elektrickej energie, používanie domácich elektrických prístrojov, elektrických zariadení v priemysle, telekomunikácie, rozhlasové a televízne vysielanie. V 60. a 70. rokoch minulého storočia sa ľudia zaujímali o vedenie vysokého napätia hlavne z estetických dôvodov, z dôvodu vplyvu na rušenie rozhlasového a televízneho príjmu a v súvislosti s nepríjemným hlukom. V roku 1972 hlásili pracovníci v mnohých sovietskych elektrických rozvodných staniách, kde boli exponovaní účinku vysoko intenzívnych elektromagnetických polí, nešpecifické obtiaže. Až do doby anglického prekladu týchto sovietskych pozorovaní, o 10 rokov neskôr, neboli výsledky týchto štúdií široko publikované. Medzitým bolo v roku 1976 zistené, že personál Amerického veľvyslanca v Moskve bol tajne exponovaný nízkymi dávkami mikrovlnného žiarenia. Široko založený prieskum, ktorého cieľom bolo študo-



vať dôsledky ožiarenia na zdravotný stav personálu, vyvolal vo verejnosti veľké obavy a záujem o problém EMP. Do tejto doby nebol o výskum problému EMP a jeho vzťahu k zdraviu človeka veľký záujem a nie je známa žiadna rozsiahlejšia koordinovaná štúdia. Obavy z možného vzťahu medzi rakovinou a expozíciou EMP vzrástli v r. 1979 po zverejnení výsledkov štúdie, ktorá pojednávala o výskyte detskej rakoviny. Záujem, ktorý táto štúdia vzbudila vo verejnosti a v médiách, stimuloval v nasledujúcom období rad vedeckých štúdií, ktoré sa touto problematikou zaoberali.

Od tej doby boli na celom svete publikované stovky štúdií. Niektoré našli zvýšenú chorobnosť v blízkosti vedení vysokého napätia, ale mnoho iných hlásilo výsledky negatívne. Iba v niekoľko málo štúdiách sa podarilo riziko kvantifikovať. Je obvyklé, že sa často venuje značná pozornosť jednej štúdiu, ktorá sa snaží dokázať, že tu riziko je, a celkom sa zabúda na desiatky ďalších, ktoré sú ukončené s negatívnym výsledkom. Okrem toho je často veľmi problematické verejnosti objasniť rozdiel medzi vzťahom a príčinou súvislostí, t. j. veľmi dôležitými pojmami interpretácie každého vedeckého výsledku. Pochopenie významu tohto rozdielu je dôležité najmä pri objasňovaní nejakého problému verejnosti. Pokiaľ by sme sa chceli pokúsiť zhrnúť výsledky aj tých najdôležitejších štúdií, je ich taký počet, že to na tomto mieste nie je možné vykonať, ale niekoľko skupín národných expertov spracovalo najdôležitejšie poznatky do stručných prehľadov. Tieto prehľady sú v skutočnosti pre rozhodovanie v oblasti verejného zdravia dôležitejšie než pôvodné štúdie. Všeobecne možno povedať, že problémom EMP a jeho vplyvu na zdravie človeka sa zaoberal veľký počet výskumných projektov, výsledky boli spracované v rade prehľadov a na objasnenie možných vzťahov EMP a zdravia boli vynaložené nesmierne prostriedky. Tento problém však zostáva aj naďalej kontroverzný a je tu rad nejasností, ktoré sú vyvolané často si odporujúcimi výsledkami. (Pozn.: *Prehľad fenoménu elektromagnetického žiarenia* nájdete v prílohe na s. 7.)

EMP a zdravie

Účinok expozície EMP

Nizkofrekvenčné elektrické polia neprenikajú do tela hlboko, ale vytvárajú na jeho povrchu náboj. Dôsledkom je prúd pretekajúci tkanivami z povrchu kože do zeme. Pri striedavom poli mení prúd pri priechode telom so zmenou polarizácie náboja na povrchu tela smer z pozitívneho na negatívny. V rozsiahlych poliach striedavého prúdu, napr. pod vedením vysokého napätia, môžu niektorí ľudia pociťovať meniaci sa náboj tým, že sa naježí ochlpenie ich tela. Nie je to škodlivé, ale môže to byť obťažujúce.

Nizkofrekvenčné magnetické polia ľahko prenikajú do tkanív tela, kde potom vytvárajú cirkulujúce prúdy. Tieto prúdy nesmerujú nevyhnutne k zemi. Ak sú dostatočne silné môžu stimulovať nervy, svaly a ovplyvňovať niektoré biologické procesy. Napríklad predstava videnia slabých svetielkujúcich bodov môže byť dôsledkom stimulácie sietnice oka. Tento jav vzniká pri expozícii veľmi silným poliam a stretávame sa s ním len pri profesionálnych expozíciách, ako je indukčný ohrev alebo zváranie elektrickým oblúkom. Pri ešte intenzívnejších poliach, s akými je možné sa stretnúť pri niektorých experimentálnych a klinických situáciách, napr. pri vyšetovaní magnetickou rezonanciou, môžu byť indikované prúdy natoľko silné, že vyvolajú kontrakcie a zákmity svalov.

Vzostup teploty je hlavným biologickým efektom vysokofrekvenčného EMP (toto je využívané v mikrovlnných rúrach). Úroveň polí, ktorým je väčšina ľudí vystavená, sú zvyčajne veľmi nízke a nevyvolávajú zahriatie tkanív alebo vzostup telesnej teploty. Tepelný šok však môže vzniknúť pri expozícii hladinám presahujúcim odporúčané limity, a to predovšetkým vtedy, ak k expozícii dôjde v priebehu telesnej aktivity alebo v prostredí s vysokou teplotou a vlhkosťou. V týchto prípadoch klesá pracovná výkonnosť a stúpa počet úrazov.

Poškodenie zdravia

Záverov vedeckých štúdií

Väčšina štúdií vplyvu EMP na zdravie ľudí, ktoré už prebehli alebo práve v Európe a v USA prebiehajú, sa zameriava na štúdium EMP ako možného faktora zvyšujúceho riziko vzniku rakoviny. Aj keď niekoľko štúdií predpokladá, že expozícia nízkym hodnotám EMP by mohla mať nejaké zdravotné dôsledky, preukázateľnosť týchto výsledkov je väčšinou slabá a nekonzistentná. V rade ďalších štúdií nebolo preukázané zvýšené riziko poškodenia zdravia. Najsilnejší vzťah bol obvykle pozorovaný v štúdiách opierajúcich sa o nepriame alebo zástupné odhady expozície a nie o priame meranie EMP. Štúdie ľudského zdravia sú dobré v tom, že síce dokážu odlišiť veľké zmeny zdravia od malých, bohužiaľ však zlyhávajú pri snahe rozlíšiť malé a žiadne zmeny. Až doposiaľ sa vedci a klinickí pracovníci zhodujú v tom, že zdravotné účinky EMP nízkych hodnôt sú s najväčšou pravdepodobnosťou veľmi malé, pokiaľ vôbec nejaké sú. V priebehu posledných 30 až 40 rokov bolo vykonaných niekoľko tisíc laboratórnych štúdií. Experimenty s ľudskými dobrovoľníkmi jasne ukazujú, že krátkodobé expozície EMP dosahujúcich hodnôt, aké sú bežné v životnom prostredí alebo aj v domácnostiach, nie sú spojené so žiadnymi klinickými prejavmi choroby alebo patologickými zmenami. Niektoré štúdie síce prišli k záveru, že účinok bol pozorovaný, ale porovnanie ich výsledkov nie je možné pre ich nekonzistenciu. Expozícia intenzívnym magnetickým poliam môže vyvolať ilúziu svetielkujúcich bodov; tie môžu odvádzať pozornosť, ale nemajú škodlivý účinok a nevedú k poškodeniu oka. S poľom tejto intenzity sa možno prakticky stretnúť len v experimentálnych podmienkach, kedy

pole presahuje hodnotu 10 mT. Štúdie na experimentálnych zvieratách a tkanivových kultúrach tiež neprišli k dôkazom o významných účinkoch expozície. Pozorované účinky sú väčšinou malé a experimenty je potrebné vykonávať veľmi dôsledne, aby bolo možné vôbec nejaký efekt pozorovať. Okrem toho výsledky týchto štúdií sú v mnohých prípadoch nekonzistentné a je obtiažne tieto pokusy opakovať. V štúdiách, v ktorých bol nejaký efekt pozorovaný, je vzťah k ľudskému zdraviu zatiaľ nejasný.

Ako súčasť projektu Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) venovaného elektromagnetickým poliam bola vykonaná aj analýza výsledkov publikovaných vedeckých prác. Analýza dospela k záveru, že aj keď naše znalosti biologických účinkov EMP sú neúplné, je potrebné, aby tejto otázke výskum venoval pozornosť aj v budúcnosti. Na základe súčasných poznatkov je možné tvrdiť, že neexistujú dôkazy o zdravotných dôsledkoch expozície EMP nízkych hodnôt.

Oblasti výskumu v súčasnosti

V súčasnej dobe je mnoho úsilia venovaného výskumu účinku EMP na vznik rakoviny. Niektoré faktory môžu byť príčinou vzniku rakoviny, niektoré môžu hrať pri jej vzniku podpornú úlohu a niektoré faktory môžu plniť obe úlohy. Na základe dnešných poznatkov je možné usudzovať, že magnetické polia samy o sebe zrejme nie sú príčinou vzniku rakoviny, ale niektoré laboratórne štúdie ukazujú, že u zvierat by mohli napomáhať k vzniku kožnej rakoviny vyvolanej vplyvom niektorých chemikálií. Iné štúdie skúmajú možné mechanizmy, ktoré sa pri tom môžu uplatňovať.

Dlhodobé zdravotné dôsledky mobilných telefónov sú ďalšou témou mnohých vedeckých štúdií. Skupina expertov zaoberajúcich sa týmto problémom pri Európskej komisii neočakáva v najbližšej budúcnosti definitívnu odpoveď na otázku či používanie mobilných telefónov má nejaké zdravotné dôsledky. Odporúča vykonanie širokej škály ďalších biologických štúdií zameraných na objasnenie vzťahu tohto faktora k riziku rakovinného bujnenia v mozgu a ďalších foriem rakoviny. Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICINRP) vydala k otázkam rizika rakoviny prehlásenie, ktoré sa týka základných staníc a používania mobilných telefónov. Komisia prišla k záveru, že zatiaľ nie je jednoznačný dôkaz, že by mobilné telefóny boli spojené s rizikom rakoviny, ale že podľa výsledkov niektorých experimentálnych štúdií si tento problém zasluhuje, aby bol i naďalej intenzívne študovaný. V roku 1996 začala



WHO Medzinárodný projekt, ktorý hodnotí efekt expozície statickým a časovo premenlivým EMP na zdravie a životné prostredie. Projekt je realizovaný v spolupráci s národnými a medzinárodnými inštitúciami. Bude pripravená séria brožúr, tlačovín a tlačových vyhlásení pre spravodajské agentúry, s cieľom zabezpečiť publicitu projektu. Okrem uvedeného sú informácie dostupné i prostredníctvom internetu.

Prevenция expozície

Existujúce odporúčané limity

V mnohých štátoch sú spracované národné normy, ktoré určujú pravidlá expozície EMP a žiareniu. Niektoré štáty prebrali odporúčania ICINRP (tiež Slovensko). Národné a medzinárodné odporúčania vychádzajú z premisie potreby zabrániť zdravotným dôsledkom expozície. Pri nízkych frekvenciách sú obmedzenia založené na indikovanej hustote prúdu v tkanivách a na vnímaní elektrického poľa. Pri vyšších frekvenciách sú obmedzenia založené na lokálnom alebo celotelovom ohreve tkanív. Žiadna odborná skupina, ktorá sa podieľa na príprave odporúčaní sa nezaoberala ochranou pred dlhodobým pôsobením EMP z hľadiska jeho zdravotných dôsledkov, napr. z hľadiska vzniku rakoviny.

Súbor odporúčaných limitov vypracovaných ICINRP pre EMP. Táto komisia po rozsiahlej analýze literatúry spracovala návrh odporúčaných limitov expozície pre EMP, ktorý pokrýva frekvencie do 300 GHz. Ako už bolo vyššie uvedené, ICINRP sa sústredila predovšetkým na problematiku mobilných telefónov. Otázka odporúčaných hodnôt expozície je ďalej komplikovaná i závislosťou efektu expozície na frekvencii, a nie je preto jednoduché urobiť prehľad limitov pre každú frekvenciu.

Veľa ľudí má implantované elektronické lekárske prístroje, ako sú srdcové pacemakery. Je možné, že EMP a žiarenie môže interferovať s funkciou týchto prístrojov. Tieto prístroje sú však zo všetkých úvah o expozíčných limitoch vylúčené a je nemožné predpovedať ako sa bude chovať ktorýkoľvek prístroj za rôznych podmienok expozície. Preto sa odporúča, aby zohľadnenie vplyvov rôznych expozíčných podmienok a informácie o ich vplyve na funkciu týchto prístrojov boli vyžadované priamo od výrobcov a pracovníkov, ktorí prístroje implantujú.

Sú expozície prekračujúce odporúčané limity škodlivé?

Zmyslom odporúčaní je zabezpečiť, aby stanovené podmienky expozície boli oveľa nižšie než tie, pri ktorých bol počas vedeckých štúdií preukázaný ich biologický efekt. Akonáhle je známa prahová hodnota expozície, pri ktorej dochádza k nežiaducemu efektu, je možné pri použití bezpečnostného faktora získať hodnotu odporúčaného limitu. Každá frekvencia má preto pomerne veľkú zónu medzi odporúčaným limitom a hodnotou s už škodlivým efektom. Táto zóna plní funkciu bezpečnostnej poistky. Okrem toho môžu byť použité dodatočné bezpečnostné faktory, aby bola zabezpečená bezpečnosť citlivejších jedincov v komunite (mladá a stará ľudia, chorí). Napr. pri stanovení limitov expozície pre obyvateľstvo sa v Kanade používa pre rádiový frekvenčný pole bezpečnostný faktor 50. (Pozn: Súhrn odporúčaných limitov ICINRP je v prílohe na s. 7.)

V situáciách každodenného života nedochádza u väčšiny ľudí k prekročeniu odporúčaných limitov expozície EMP. V skutočnosti sú expozície oveľa nižšie ako limitné hodnoty. Sú však prípady, kedy môže byť jedinec vystavený krátkodobou týmto limitným alebo i vyšším hodnotám. Príkladom je prechod detektorom kovov na letiskách alebo chôdza pod vedením vysokého napätia. Expozícia rádiovým frekvenciám a mikrovlnným zdrojom môže byť vyjadrená priemerom v čase a ICINRP odporúčania udávajú 6 minút ako

prijateľnú hodnotu pre výpočet priemernej hodnoty a krátkodobá expozícia nad odporúčanú hodnotu je prijateľná. Niektoré štáty, napr. Nemecko, výslovne povoľujú krátkodobé expozície verejnosti prekračujúce odporúčané limity. Tieto môžu byť napr. nakrátko prekročené pri chôdzi pod vedením vysokého napätia. Orgánom miestnej samosprávy je odporúčané, aby nepovoľovali alebo neignorovali prípady, kedy sú odporúčané hodnoty expozície bežne prekračované. K takýmto prípadom však dochádza zriedkakedy alebo vôbec. Ak sa však vyskytnú, je potrebné si vyžiadať stanovisko experta, aby bolo možné vstup do oblastí, kde sú hodnoty expozície prekročené, zakázať alebo zdroj odtieniť.

Čo je možné na miestnej úrovni v ochrane pred EMP urobiť?

Na otázku expozície obyvateľstva EMP je potrebné sa pozerať z dvoch celkom rozdielnych uhlov. Po prvé je treba riešiť otázku, či expozícia určitému zdroju predstavuje jednoznačne riziko pre zdravie, a po druhé je potrebné sa vysporiadať s obavami verejnosti zo škodlivých účinkov EMP. Miestna samospráva môže prijať také opatrenia, ktoré zaisťujú, že expozície budú v rámci povolených limitov, ale tiež musí osloviť komunitu a pokúsiť sa otázky spojené s EMP objasniť a súčasne vysvetliť svoje postoje.

Monitorovanie EMP

Pre monitorovanie EMP je k dispozícii široká škála prístrojov. Domácu expozíciu magnetickým poľami z elektrických vedení a prístrojov je možné merať príručnými meracími prístrojmi a podobne je to v prípade vysokofrekvenčných polí mikrovlnných rúr a počítačov. Prevažná časť expozície obyvateľstva rádiovým frekvenciám a mikrovlnným poľami z rozhlasových a TV vysielačov bude príliš nízka, aby ju bolo možné týmito prístrojmi detekovať. V týchto prípadoch je potrebné ďaleko zložitejšie prístrojové vybavenie a expertízy špecialistov, ktorí však nie sú na miestnej úrovni bežne dostupní. Ostatné zdroje, ako sú vlaky, bezpečnostné systémy, radary a priemyselné zdroje, vyžadujú pre posúdenie úplnú charakteristiku ich emisného spektra a zmeranie intenzity ich elektrického a magnetického poľa. Interpretácia výsledkov merania týchto zdrojov môže byť vo svetle odporúčaných štandardov však obtiažna a ich posúdenie je preto úlohou špecializovaných organizácií, ako sú národné laboratória, vládne agentúry alebo akreditované pracoviská. Tieto organizácie môžu tiež zmerať nízke úrovne signálov v prípade televíznych a rozhlasových vysielačov a základných staníc mobilných telefónov.

Náklady na meranie musia byť posudzované s prihliadnutím k očakávanému úspechu, ktorý tento prieskum prinesie. V prípadoch, keď je možné očakávať prekročenie odporúčaných limitov, je zavolanie špecialistu ospravedliteľné. Tam, kde sú expozičné úrovne známe alebo sa očakáva, že zďaleka nedosiahnu odporúčané limity, ako to býva nako- niec v prípade väčšiny expozícií obyvateľstva, je nutné rozhodnúť, či vynaložiť prostriedky na upokojenie obáv niekoľkých jedincov. Tu sa pre miestne orgány ponúka priestor pre upokojovanie potrieb verejnosti, pretože sa môžu rozhodnúť poskytnúť meracie služby ako súčasť svojej informačnej stratégie. Tieto merania môžu byť zaisťované pri vynaložení malých prostriedkov nájmom meracej techniky alebo nákupom príručných meracích prístrojov (je však dôležité zaisťiť vyššie kvalifikáciu obsluhy). Otázkou je, či tento prístup, zaisťiť meranie vlastnými silami, poskytne argumenty, ktoré členov komunity upokojia. Niekedy však pomôže, ak sú výsledky merania interpretované v kontexte s inými hodnotami: napr. magnetické polia v blízkosti vedenia vysokého napätia je možné porovnať s hodnotami pozadia domova, ktorý neleží v blízkosti takéhoto zdroja.

Obvyklé zdroje expozície obyvateľstva

Prírodné

Elektrické a magnetické polia vznikajú v zemi solárnu činnosťou a v atmosfére bleskami a v priebehu elektrických búrok. Zem produkuje statické magnetické pole: strelka kompasu alebo iný malý zmagetizovaný predmet sa orientuje súbežne s týmto poľom a ukazuje k severu. Jeho hodnota je 30 – 70 μT a je vo veľkej miere závislá na zemepisnej šírke a môže byť ovplyvnená miestnymi horninami alebo minerálnymi ložiskami. Tvrdí sa, že malé kolísanie v sile zemského magnetického poľa môže vyvolávať dramatické zmeny v správaní ľudí a vyústiť až do psychologických porúch, kolapsu spoločenského poriadku, extrémnych výkyvov klímy, zemetrasenia a masového úhynu rastlín a zvieracích druhov. Zem tiež vytvára statické elektrické pole, ktoré je závislé na atmosférických podmienkach. Počas pokojného a jasného počasia je intenzita tohto poľa asi 100 – 200 V/m, ale počas elektrických búrok môže jeho hodnota dosiahnuť až 10 000 V/m. Tiež existujú prírodné polia, ktoré sa menia v čase. Tie sú spojené so zmenami prúdenia v zemskej atmosfére a sú ovplyvňované aktivitou slnka. Tieto polia majú veľmi široký frekvenčný rozsah, a to od 0,1 Hz až do niekoľkých MHz. Ich intenzita je závislá na faktoroch ako geografická poloha, časť dňa, sezóna a je pre ne typické, že sú veľmi slabé (od 0,1 do 500 mV/m). Okrem toho sú elektrické a magnetické polia vytvárané aj biologickými procesmi v organizmoch zvierat a ľudí. Tieto polia sú predovšetkým výsledkom aktivity srdca a ostatných svalov a v menšej miere mozgu a nervového systému, ale všeobecne možno povedať, že elektrické pole vytvárať všetky živé bunky. Intenzita týchto elektrických polí dosahuje všeobecne v srdci asi 50 mV/m a si do 5 mV/m v mozgu a ostatných veľkých orgánoch. To sú signály, ktoré môžu lekári zachytiť v priebehu elektrokardiografického alebo elektroencefalografického vyšetrenia. Poruchy funkcie srdca a mozgu môžu byť často identifikované meraním zmien polí v týchto orgánoch.

Umelé vytvorené zdroje

Prenos, distribúcia a spotreba elektrickej energie (50 alebo 60 Hz)

Elektrina je prenášaná na veľké vzdialenosti s využitím vysokého napätia (130 – 750 kV). To je potom pre miestnu distribúciu redukované v transformátoroch na napätie 110 alebo 250 V. Expozícia ľudí magnetickému poľu priemyselnej frekvencie má tri komponenty: vedenie vysokého napätia; miestna distribučná sieť o nízkom napätí privádzajúca elektrinu do podnikov a domácností a domáce spotrebiče. Prvé dva komponenty sa podieľajú na vytváraní „pozadia“ alebo úrovne indukcie magnetického poľa v životnom alebo bytovom prostredí. Tieto polia majú indukciu do 300 nT v obydlíach, ktoré nie sú v blízkosti vedenia vysokého napätia. Priamo pod vedením je možné namerať až 20 μT , ale už vo vzdialenosti 50 – 100 m tieto hodnoty klesajú k normálu. Tiež expozícia poľami vznikajúcim pri používaní domácich spotrebičov môže pri vzdialenosti kratšej ako 1 m presiahnuť hodnoty normálneho pozadia a dosahovať úroveň desiatok alebo aj stoviek μT . Expozícia týmto zdrojom je však väčšinou, ale nie vždy, príležitostná a krátko.

Intenzita elektrického poľa pod elektrickým vedením môže



byť až 10 kV/m. Za istých okolností a v určitých lokalitách bude pri chôdzi pod vedením (pod stredným vodičom) o napätí 400 kV človek exponovaný elektrickému poľu, ktorého hodnota môže byť o niečo vyššia ako je 5 kV/m – limit ICNIRP odporúčaný pre expozíciu verejnosti. Steny budov však významne znižujú elektrické pole a intenzita elektrického poľa v pozadí nedosahuje obvykle ani 20 V/m, aj keď hodnoty v blízkom okolí spotrebičov môžu byť vyššie.

Elektrické vlaky a mestské elektrické dráhy

Vlaky na dlhé vzdialenosti majú obvykle jednu alebo viac ťažných lokomotív, ktoré sú od osobných vozňov oddelené. Osádka vlaku môže byť exponovaná magnetickému poľu, ktorého zdrojom je motor a ostatné zariadenia, ale expozícia pasažierov má svoj pôvod vo vysokom napätí striedavého prúdu z trolejového vedenia. Indukcia magnetického poľa v osobných vozňoch vlakov na dlhé vzdialenosti môže dosiahnuť až 50 μT a intenzita elektrického poľa môže byť až 300 V/m. Ľudia, ktorí žijú v blízkosti tratí týchto vlakov, môžu byť exponovaní magnetickému poľu z nadzemného trolejového vedenia. Hodnoty indukcie magnetického poľa z týchto vedení sa môžu bližšie expozičným hodnotám platným pre vedenia vysokého napätia, ale expozícia je tu do značnej miery závislá na konfigurácii železničného systému a v rôznych krajinách sa bude líšiť.

Vozidlá mestských elektrických dráh môžu byť poháňané buď jednosmerným alebo striedavým prúdom z nadzemného vedenia alebo v prípade jednosmerného prúdu aj zo zvláštnych kolaj. Motor a trakčné zariadenia sú väčšinou umiestnené pod podlahou vozidiel pre pasažierov a expozícia niektorých cestujúcich môže byť preto vyššia než osádka vlaku. Cestujúci môžu byť exponovaní tak striedavému, ako aj statickému magnetickému poľu. Hodnoty magnetického poľa na miestnych dráhach môžu byť veľmi vysoké (až 2 alebo 3 mT). Expozície horných častí tela cestujúcich môžu dosiahnuť až 30 μT , ale odporúčané limity nie sú prekročené.

Bezpečnostné systémy

Systémy zamedzujúce krádežiam v obchodoch používajú vysielajú, ktoré sú detekované zariadením pri východe. Ak je tovar zakúpený, je visačka odstránená alebo trvale deaktivovaná. EMP zo zariadení na detekciu visačiek majú frekvenciu niekoľko sto kHz až do niekoľko MHz a ich používanie obvykle nevedie k prekročeniu odporúčaných limitov. Systémy kontroly vstupu osôb pracujú na rovnakom princípe a zdroj je umiestnený buď v kľúčik alebo v osobnej karte. Bezpečnostné systémy v knižniciach používajú visačky, ktoré môžu byť deaktivované pri vypožičaní knihy a reaktivované pri jej vrátení. Dostiaľ je publikovaných len málo informácií o pravdepodobnosti expozície z týchto systémov, ale je celkom možné, že odporúčané limity sú prekračované

v tesnej blízkosti zariadení, ktoré emitujú impulzné magnetické polia o frekvencii niekoľko kHz. Detektory kovov a le-tiskové bezpečnostné systémy vytvárajú silné magnetické pole (až do 100 μ T pri frekvencii pod 1 MHz), ktoré je narušené prítomnosťou kovových predmetov. V tesnej blízkosti rámu detektora môže magnetické pole dosiahnuť a niekedy aj prekročiť odporúčané limitné hodnoty.

Televízne prijímače a obrazovky počítačov

Väčšina obrazoviek počítačov sa podobá televíznym a pracuje na podobnom princípe. Obrazovky vytvárajú statické elektrické pole a striedavé elektrické aj magnetické pole o rôznych frekvenciách. Obrazovky počítačov na báze tekutých kryštálov nevytvárajú elektrické a magnetické pole, ktorých hodnoty by boli významné. Obrazovky starších počítačov vytvárajú statické elektrické polia vyššie než 100 kV/m do 5-centimetrovej vzdialenosti od obrazovky a môžu presiahnuť 10 kV/m na vzdialenosť 30 – 40 cm. Pri moderných počítačoch obrazovky nie sú až tak vodivé. Výsledkom je, že vznik statických polí z obrazovky bol redukovaný na úroveň normálneho pozadia v domácnostiach a na pracoviskách. Chôdza po kobercoch môže generovať v suchom prostredí elektrické pole až 20 kV/m a je hlavným zdrojom statických polí vo vnútornom prostredí. Operátor je pri práci na počítači vzdialený od obrazovky 30 – 50 cm a striedavé magnetické polia, ktorým je exponovaný, majú hodnoty výrazne nižšie ako 700 nT. Vo vzdialenosti do niekoľkých centimetrov je však magnetická indukcia aj niekoľko μ T. Striedavé elektrické pole dosahuje na mieste operátora hodnoty od 1 V/m do 10 V/m. V podstate možno tvrdiť, že ani v tesnej blízkosti televíznych a počítačových obrazoviek neprihádza k prekročovaniu limitných hodnôt.

TV a rozhlas

Rozhlasové signály sú v závislosti na spôsobe, ktorým je informácia prenášaná, charakterizované ako amplitúdovo modulované (AM) alebo frekvenčne modulované (FM). AM signály sú používané na prenos informácie na veľké vzdialenosti, zatiaľ čo FM rozhlas pokrýva obmedzené oblasti, ale pri lepšej kvalite zvuku. Antény pre vysielanie AM (dlhé, stredné a krátke vlny) sú vysoké veže alebo ich je celý súbor, ktorý môže dosahovať výšku aj niekoľko desiatok metrov. Umiestnené sú väčšinou v oblastiach, kam nie je verejnosti povolený prístup. Expozícia v blízkosti antén a napájacích káblov môže byť veľmi vysoká, ale tieto expozičné hodnoty majú skôr charakter profesionálnych, ako charakter expozičných, ktorým môže byť vystavené obyvateľstvo. Je dôležité zaistiť, aby hodnota expozičie mimo tieto vymedzené územia nedosahovala úroveň odporúčaných limitných hodnôt. Antény pre televíziu a FM vysielacie sú omnoho menšie než AM antény a sú montované v celých zhlukoch na vrchole veží dosahujúcich výšku desiatok, ale aj stoviek metrov. Samotné veže slúžia iba ako nosné štruktúry. Pretože sú antény umiestnené na vrchole veží, je prístup verejnosti povolený aj k úpätiu veží, kde expozičie nedosahuje limitné hodnoty. Malé, lokálne televízne a rozhlasové antény môžu dokonca byť montované na vrchole budov a v týchto prípadoch je však nutné prístup na strechy týchto objektov kontrolovať.

Mobilné telefóny a stožiare (800 MHz až 2 GHz)

Mobilné telefóny sú nízkovýkonné mikrovlnné prístroje, ktoré vysielajú a prijímajú signály zo siete stabilných základňových staníc pracujúcich s vyšším výkonom. Pôvodný mobilný telefónny systém používal ku komunikácii medzi vreckovými prístrojmi a základňovými stanicami analógové signály, ale tie sú teraz rýchlo nahradzované systémami digitálnymi. Väčšina mobilných telefónnych systémov operuje v súčasnej dobe na frekvenciách od 800 MHz do 2 GHz,

ale je pravdepodobné, že v budúcnosti budú využívané aj vyššie frekvencie.

Je možné, že vo vzdialenosti do niekoľko metrov sú limitné hodnoty expozičie pri niektorých anténach základňových staníc prekračované, ale tie sú obvykle montované na stožiaroch alebo vrchole budov. V miestach normálne prístupných verejnosti preto tieto hodnoty nebudú prekročené, ale odporúča sa zamedziť prístup do strešných priestorov, kde sú antény namontované.

Do doby, než prišlo k masovému rozšíreniu mobilných telefónov, bola verejnosť exponovaná emisiami rádiových frekvencií veľmi zriedka a prakticky to boli emisie rozhlasového a televízneho vysielania. Tieto signály sú však slabé, častokrát 1 000 x nižšie než odporúčané limitné hodnoty. Nakoniec aj dnes stožiare systému mobilných telefónov zvyšujú celkovú expozičiu len veľmi málo, pretože intenzita signálu je v prírodných vrstvách rovnakého rozsahu ako v prípade rozhlasu a televízie a často dokonca nižšia. Užívateľia mobilných telefónov sú však exponovaní rádiovými frekvenciami ďaleko vyššieho rádu. V týchto prípadoch sa môžu expozičné hodnoty veľmi priblížiť limitom. Aj keď väčšina moderných mobilných telefónov (napr. tie, ktoré používajú GSM technológiu) generujú pole o intenzite, ktorá je pod odporúčanými hodnotami, je užívateľ mobilného telefónu exponovaný rádiovým frekvenciám v rozsahu vyššom o niekoľko rádov, než sú tie, s ktorými sa bežne stretávame v bežnom prostredí. Pretože mobilné telefóny sú pri použití v blízkosti hlavy, nie je celkom správne porovnávať intenzitu vyžarovaného poľa s odvodenými odporúčanými hodnotami. Namiesto toho je v tomto prípade potrebné určiť energiu absorbovanú hlavou užívateľa. Sofistikovaný počítačový model telefónu a hlavy, ako spojený systém, by mal poskytnúť spoľahlivú informáciu o absorbovanej energii. Výstupný výkon väčšiny vreckových digitálnych prístrojov je oveľa nižší než 1 W a výkony starších analógových prístrojov sú limitované predovšetkým životnosťou batérie. Z dôvodu týchto výkonových obmedzení sa dá predpokladať, že moderné mobilné telefóny negenerujú absorbovateľnú energiu vo svetle prijatých odporúčaných hodnôt v nadlimitných úrovniach. Dotýkanie hlavy a antény v priebehu hovoru však zvyšuje hodnotu rádiokvencovej energie, ktorá by mala byť prijatá anténou základňovej stanice. Tá potom vysiela signál prístroju k zvýšeniu výkonu a dôsledkom je ďalšie zvýšenie absorpcie energie hlavou, pokiaľ sa kontakt hlavy s anténou nepreruší.

Zvyšujúce sa využitie mobilných telefónov vzbudilo obavy verejnosti z eventuálnych dlhodobých zdravotných následkov. Európska komisia ustanovila expertnú skupinu, ktorá by mala prehodnotiť súčasný a zväziť smery budúceho výskumu. Ustanovená expertná skupina vo svojej správe uvádza, že je nepravdepodobné, že by definitívna odpoveď na otázky spojené so zdravotnými dôsledkami mobilných telefónov bola získaná v dohľadnej dobe. Skupina sa domnieva, že zvýšený počet dobre navrhnutých a vedených štúdií by mohol poskytnúť dostatočne vierohodné informácie, svedčiace pre to, že tento druh zariadení nepoškodzuje zdravie ľudí. Expertná skupina odporučila vykonať ďalšie štúdie biologických účinkov a štúdií nepriaznivých vplyvov mobilných telefónov na zdravie ľudí. ICNIRP zaujala k otázke vplyvu mobilných telefónov a základňových staníc na zdravie stanovisko, ktoré zverejnila vo svojom prehlásení. Vo svojom stanovisku komisia dochádza k záveru, že nie je jednoznačný dôkaz zvýšeného rizika rakoviny, ale že doposiaľ získané výsledky hovoria pre pokračovanie výskumu v tejto oblasti. WHO v rámci svojho medzinárodného projektu

venovaného problematike EMP spolupracuje s Európskou komisiou, ICNIRP a ostatnými medzinárodnými inštitúciami a národnými orgánmi na riešení otázok týkajúcich sa vplyvu expozičie rádiokvencových polí emitovaných mobilnými telefónmi a ich základňovými stanicami na zdravie ľudí.

Využitie mikrovln pre prenos dát

Parabolické mikrovlnné antény generujú smerové pramene zväzky lúčov, ktoré sú používané pre prenos dát. Operujú na frekvenciách od 2 GHz do 40 GHz. Parabolické antény sú montované na budovy alebo veže, a pretože priemer zväzku lúčov je malý, pripadá expozičie do úvahy len pri expozičii hlavnému zväzku, ktorá je možná iba vo vzdialenosti stoviek metrov od antény. Používaný výkon je nízky (niekedy do 8 W, ale často menej ako 1 W) a expozičie obyvateľstva bude ďaleko nižšia ako sú stanovené limity.

Mikrovlnné rúry

Mikrovlnné rúry v domácnostiach pracujú na frekvencii 2,45 GHz. Účinok mikrovln pri ich úniku klesá veľmi rýchlo so vzdialenosťou od rúry. Veľa krajín má už definované hodnoty tohto úniku, ktoré jasne stanovujú povolený rozsah tohto úniku pri nových zariadeniach. Ak rúra vyhovuje týmto štandardom, nehrozí užívateľovi žiadne nebezpečenstvo. Ale napr. rúra s poškodeným tesnením dvierok by mohla byť príčinou expozičie zvýšeným dávkam mikrovlnného žiarenia. Ak bezpečnostný vypínač mikrovlnnej rúry nevypne, keď sa pri zapnutej rúre otvoria dvierka, mohlo by dôjsť k poškodeniu zdravia obsluhy. Tieto situácie boli popísané v niektorých „Fast Food“ reštauráciách, ktoré sa snažili zvýšiť výkon používaných zariadení vyradením funkcie bezpečnostného spínača.

Radar

Radar emituje mikrovlny o frekvencii od niekoľko sto MHz do niekoľko desiatok GHz. Radarové signály majú impulzný charakter a pri impulze môže byť vyžarovaná energia vysokých hodnôt, aj keď priemerná hodnota môže byť celkom nízka. Expozičné štandardy vypracované pre ľudí exponovaných mikrovlnám sa opierajú hlavne o tepelný efekt tohto žiarenia, ktorý má vzťah skôr k priemernej výkonovej hustote v radarovom lúči než k jeho špičkovým hodnotám. Veľa radarov sa otáča alebo sa pohybuje po zvislej osi a to redukuje priemer výkonovej hustoty, ktorej by mohlo byť obyvateľstva vystavené. S výnimkou niektorých vysoko výkonných nerotujúcich vojenských radarov sú expozičie na stanoviskách s prístupom obyvateľstva nižšie než odporúčané limity. (Pozn.: *Prehľad typickej maximálnej expozičie obyvateľstva z bežných zdrojov je v prílohe na s. 7*)

Záver

Možnosť ohrozenia zdravia v dôsledku expozičie EMP je sporná a v súčasnej dobe je to veľmi citlivý problém. Otázky a diskusie s ním spojené vychádzajú skôr z nepodložených správ a obáv, než z vedecky overených znalostí a údajov. Neistota a pochybnosti sú u verejnosti zvyšované tiež nekonzistentnými výsledkami experimentálnych štúdií a, samozrejme, tu môže spolupôsobiť aj nutná dávka skepticizmu vyvolaného prehlásením vládou podporovaných vedcov a zdravotníckych úradníkov. Z týchto dôvodov je preto nevyhnutné, aby predstavitelia miestnej správy boli pri komunikácii s verejnosťou na tému EMP objektívni, čestní, a aby ich vysvetlenia neumožňovali dvojaký výklad. Obavy verejnosti musia byť správne rozpoznané a neposudzované s povýšenou blahosklonnosťou. Ak nie je známa jednoduchá odpoveď, je potrebné toto verejnosti povedať.

Ing. Juraj Roščák

Úrad verejného zdravotníctva SR Bratislava

Ilustračné foto: J. Lichý, T. Kopečný