

## A SUGÁRVÉDELEM MOSTOHAGYERMEKEI: A NEM-IONIZÁLÓ SUGÁRZÁSOK

Finta Viktória

ELTE-TTK, Környezettudományi Centrum, 1117 Budapest, Pázmány P. s. 1/C

\*fintaviki@caesar.elte.hu

A kézirat beérkezett: 2019.09.19.

Közlésre elfogadva: 2019.11.26.

*The stepchildren of the radiation protection: the non-ionizing radiations – The experts of radiation protection usually focus much less on non-ionizing radiations most probably because there is no obvious evidence of the harmful health effects connected to them like in the case of ionizing radiation. Even though the quantumenergy of these radiations is below the ionizing threshold, it would be important to know about all alarming facts. The aim of this paper is to describe these radiations in detail and to draw more attention to this particular field of radiation protection based on our research's findings.*

*Keywords: non-ionizing radiations, electromagnetic waves, radiofrequency, extremely low frequency, possibly human carcinogen*

***Kivonat – Sugárvédelmi szakmai körökben kevés hangsúlyt kapnak a nem-ionizáló sugárzások. Ennek oka többek között az, hogy eddig nem találtak olyan nyilvánvaló egészségkárosító hatást, mint az ionizáló sugárzásoknál. Habár ezen sugárzások kvantumenergiája nem éri el az ionizáló szintet, azonban hasznos tisztában lenni azokkal a tényekkel, amik mégis némi aggodalomra adhatnak okot. A cikk célja röviden bemutatni ezt a területet és az eddigi kutatási eredmények alapján felhívni a figyelmet a sugárvédelem ilyen vonatkozásaira.***

***Kulcsszavak – nem-ionizáló sugárzások, elektromágneses hullámok, rádiófrekvencia, extrém alacsony frekvencia, lehetséges emberi rákkeltő***

### BEVEZETÉS

Nem-ionizáló sugárzásoknak a 3 PHz alatti frekvenciájú elektromágneses (EM) sugárzásokat (hullámokat, tereket) nevezzük. Ide tartoznak az optikai sugárzások, a rádióhullámok, valamint az alacsonyfrekvenciás EM terek. A tömeges hétköznapi használat és a mesterséges források nagy aránya miatt a WHO kiemelten kezeli a rádiófrekvenciás és mikrohullámú tartományt (RF-MH: 300 kHz–300 GHz), valamint az extrém alacsony frekvenciájú tereket (ELF: 3 – 300 Hz) [1]. Az elsőbe tartoznak többek között a TV- és rádióadók, a mobiltelefon készülékek és bázisállomások, az egyéb vezeték nélküli eszközök és a mikrohullámú sütő is. Az ELF sávban pedig a mindennapi életben legjelentősebb az 50/60Hz-es EM tér, ami gyakorlatilag minden elektromossággal működő készülékünk körül létrejön (számos háztartási gépünk meglehetősen nagy mágneses indukciót generál), illetve kiemelendő források még a nagyfeszültségű távvezetékek és a transzformátorállomások.

Ezek a sugárzások bár nem ionizálnak, de elektromos-, mágneses-, és hőhatásuk jelentőséggel bírhat biológiai szempontból is, különösen, mert a természetes háttér pl. a rádiófrekvenciás a tartományban gyakorlatilag nulla [2]. Ráadásul például a mobiltelefon technológia esetében a nagy érintett népesség miatt már egy kis egészségügyi kockázat is népegészségügyi következményekkel járhat.

Éppen ezért állatkísérletek alapján már jogszabályban rögzítettek egészségügyi lakossági és munkahelyi határértékeket emberre nézve a 0–300 GHz közötti tartományra [3a-b]. Ezen felül

epidemiológiai tanulmányokra alapozva az IARC (Nemzetközi Rákkutató Ügynökség) mind a RF-MH sugárzásokat, mind az ELF tereket besorolta a lehetséges emberi rákkeltő (2B) kategóriába [4].

## SUGÁRVÉDELEM

Az ionizáló sugárzások elleni védelem alapelvei az indokoltság, az optimálás (ALARA) és a dóziskorlátozás. A védekezés fizikai megvalósításának három pillére pedig az idő, a távolság és az árnyékolás. A következőkben ezeket a nem-ionizáló sugárzások összefüggésében vizsgáljuk meg.

Alapvető különbség van az ionizáló és nem-ionizáló sugárzások között a fizikai tulajdonságaikban, és ez nem csak az ionizálási képességben nyilvánul meg. A hullámhossz növekedésével egyre kevésbé tekinthetőek sugárzásnak, a kölcsönhatásokban nem közvetlenül a leadott energia játszik szerepet, a fizikai expozíció és biológiai dózis összefüggése is bonyolultabb. A biológiai és káros egészségi hatás közötti összefüggés pedig még kevésbé egyértelmű, tehát nem is állítható fel az ionizáló sugárzásoknál jellemző dózis-hatás görbe. Ezen kívül nem bizonyított az sem, hogy bármely kis expozíciónak lehet egészségügyi következménye. Ezért a WHO bár az elővigyázatosság elvét támogatja, de az ICNIRP ajánlásai alapján a bizonyított egészségkárosító hatások elleni védelem elvét alkalmazza (nem a bármilyen mértékű biológiai hatások elleni védelmet) ebben a tartományban [2].

Az indokoltság elve és az ALARA-elv az elővigyázatos megközelítéshez tartozik, amely azt hangsúlyozza, hogy a sugárzási szinteket a technológiailag elérhető legalacsonyabb szinten kell tartani, és ettől csak gazdaságilag indokolt esetben és kellő tudományos alátámasztottság mellett lehet eltérni. Azonban ezek alkalmazására az ionizáló sugárzásokkal ellentétben a nem-ionizáló tartományban nincs elég tudományosan igazolt ok. A dóziskorlátozás már az egészség védelmének körébe sorolható, ami azon alapul, hogy a tudományosan igazolt hatások alapján egészségügyi határértékeket állapítanak meg. A lakossági, illetve munkahelyi határértékekre vonatkozó magyar jogi szabályozás a nemzetközi ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP), illetve az EU Irányelveivel összhangban született meg [3a-b, 5].

## „DOZIMETRIA”

A hatásmechanizmusban egyébként a két kiemelt frekvenciatartomány különbözik egymástól. A RF-MH frekvenciasávban az egészségi hatások elsősorban a sugárzás hőhatásával hozhatók összefüggésbe. Így ezt a szövetben fajlagosan elnyelt teljesítményhez (Specific Absorption Rate – SAR) kötik, míg az expozíció jellemzésére a levegőben mért elektromos térerősséget, illetve a teljesítménysűrűséget használjuk. Az ELF tartományban az EM tér által keltett testáramokhoz kapcsolható az egészségi hatás, ezért itt a biológiai dóziszjellegű fogalom az áramsűrűség, az expozíciót pedig leggyakrabban a levegőben mérhető mágneses indukcióval jellemezzük. Ugyanakkor az új ICNIRP ajánlásban az 1 Hz–100 kHz tartományban már a szövetekben indukált elektromos térerősség a dózis ún. alapkorlátja, de a hazai rendeletben még az előbbi szerepel [6a-b].

1. táblázat. A jellemző fizikai és biológiai mennyiségek összefoglalása

Megnevezés	Tartomány	A fogalom		
		neve	jele	mértékegysége
EXPOZÍCIÓ	RF-MH	Elektromos térerősség	E	V/m
		Teljesítménysűrűség	S	W/m <sup>2</sup>
	ELF	Mágneses indukció	B	T
DÓZIS	RF-MH	Fajlagosan elnyelt teljesítmény	SAR	W/kg
	ELF	Áramsűrűség (indukált elektromos térerősség)	j (E)	A/m <sup>2</sup> (V/m)

A levegőben mérhető teljesítménysűrűségből nem számolható ki egyszerű összefüggéssel az SAR, mert a rádiófrekvenciás hullámok elnyelődése a frekvencia mellett függ az anyag elektromos és mágneses tulajdonságaitól. Ezt egyébként nagyban befolyásolja a szövet víztartalma, és a mérések alapján például ugyanaz a testrészt más elnyelődést mutathat kortól és nemtől függően is. Ezért az SAR-t a levegőben mérhető expozícióból számítógépes szimulációval lehet meghatározni, de készültek erre direkt mérési módszerek is [7, 8, 9, 10].

Az in vitro és in vivo kísérletek alapján, az emberre nézve meghatároztak ún. alapkörlátokat az SAR, illetve indukált áramsűrűség, indukált elektromos térerősség értékekre. Ezek alapját a RF-MH tartományban a hőhatás, az ELF tereknél pedig a testáramok, illetve a szövetekben indukált elektromos térerősség képezte, mint olyan biofizikai kölcsönhatás, ami bizonyos kitétség felett egészségi következményekkel járhat. Emellett a levegőben mérhető, expozíciót jellemző mennyiségekre frekvenciafüggő vonatkoztatási határértékeket, szinteket rögzítettek [3a-b].

Mivel az EM expozíció térben és időben rendkívül változékony, ráadásul nagymértékben függhet az egyéni elektromos, illetve mobil készülékek használatától is, ezért erre a célra hordozható expozimétereket is kifejlesztettek mindkét fent említett frekvenciatartományban. A mobiltelefonok robbanászerű elterjedése miatt a 2000-es években számos felmérés indult az egyént érő valós RF-MH expozíció meghatározására. A szerző közreműködésével az ELTE és az OSSKI (jelenleg NNK) között 2007-ben kezdődött együttműködés keretében több ilyen felmérés is készült az expoziméterekkel.

Az ELF tartományban az EMDEX PAL (Enertech) mérőeszköz a 40–1000 Hz frekvenciasávban fél másodpercenként méri a mágneses indukció értékét, majd egy szoftver segítségével ezt kiolvashatjuk és ábrázolhatjuk az idő függvényében [11].



1. ábra. EMDEX PAL (saját fotó)

A RF-MH sugárzás esetében az EME Spy 121 (Satimo) műszer a 88–2500 MHz frekvenciatartományon belül 12 sávban (FM, TV-VHF, TV-UHF, TETRA, GSM

uplink/downlink, DCS uplink/downlink, DECT, UMTS uplink/downlink, WLAN) változtatható mérési idővel méri az elektromos térerősséget az idő függvényében, szintén szoftveres kiolvasással és ábrázolással [12]. (Mindkét műszerből készültek azóta továbbfejlesztett verziók, melyeket az Enertech, illetve a Microwave Vision Group forgalmaz.)



2. ábra. EME Spy 121 (saját fotó)

A mérések tanúsága szerint egy átlagembert érő expozíció nagyságrendekkel alatta marad a jogszabályban jelenleg meghatározott egészségügyi határértékeknek [13, 14].

## EM SUGÁRZÁSOK ÉS EGÉSZSÉG

Számos kutatás vizsgálta mind az ELF terek, mind a RF-MH sugárzások biológiai és egészségi hatásait. A kutatások egy része kísérletes (in vitro, in vivo), másik része epidemiológiai tanulmányokból áll. Az egészségügyi határértékek meghatározásánál főleg állatkísérletekben megfigyelt hatásokat vettek alapul, melyek az ELF esetén általában idegi és izom ingerlékenységet, a RF-MH esetén pedig viselkedési zavarokat jelentettek. A legfontosabb kutatási területek a tumorgenezis, genotoxicitás, benne a DNS károsodások kutatása, azonban egyelőre nincsenek olyan jellegű eredmények, mint az ionizáló sugárzásoknál. Ezen felül a nagy mennyiségű ellentmondásos kutatás között az ELF esetében a melatonin-termelődésre, a RF-MH esetében a vér-agy-gátra való hátrányos hatás látszott igazolódni. Ezeket a főleg állatokban észlelt elváltozásokat azonban emberben igazolni, illetve egészségi hatással összefüggésbe hozni eddig nem sikerült [15, 16].

Létező jelenség az elektromágneses túlérzékenység (hiperszenzitivitás), amikor egyes személyek állításuk szerint érzik az EM sugárzásokat, és azok különböző negatív testi tüneteket okoznak náluk. Egy átfogó elemzés szerint, mely kettős vak kísérleteket is tartalmazott, ennek oka feltehetően az ún. nocebo, amely a placebo ellentéte, azaz vélt negatív hatástól való félelem hatására kialakuló valós negatív tünetek megjelenése [17].

Természetesen az örök nagy kérdés, amely minden ágens esetén felmerül és a közérdeklődésre talán a leginkább számot tart: van-e az emberi szervezetben daganatkeltő/növelő hatása az EM tereknek. Erre nézve a kísérletek nem hoznak egyértelmű eredményt, nagyobb biztonsággal csak hosszú idő alatt nagy népességen elvégzett részletes epidemiológiai tanulmányok sorozatának elemzésével kaphatunk választ. Az eddigi (gyenge) bizonyítékok alapján a WHO-IARC besorolta a „lehetséges emberi rákkeltő” (2B) kategóriába 2002-ben az ELF mágneses tereket a gyermekkori leukémia epidemiológiai vizsgálatai alapján, illetve 2011-ben pedig a RF EM tereket a mobiltelefon használat során glioma és akusztikus neurinoma epidemiológiai vizsgálatai alapján [4].

Az IARC besorolásokat tekintve egyébként a 2B besorolás azt jelenti, hogy emberben, illetve állatban történő rákkeltésre vonatkozóan elégtelen, illetve korlátozott bizonyítékok állnak rendelkezésre. Amennyiben a bizonyítékok indokoltá teszik, úgy átsorolják egy erősebb kategóriába, a „2A – valószínű emberi rákkeltő” vagy akár az „1 – emberi rákkeltő” típusba.

Az ionizáló sugárzások és – 2018 óta – az UV-sugárzás is az 1-es, emberi rákkeltő kategóriába tartoznak. Olyan is előfordul, hogy ellentmondásos tanulmányok hatására egy ágens kikerül a besorolásból, ekkor „3 – emberi rákkeltés szempontjából nem besorolható”-vá válik, ahogyan 2018-ban a kávéfogyasztással is történt. Itt érdekességként megemlítendő, hogy az EM terekkel azonos a megítélése, tehát az IARC lehetséges emberi rákkeltőnek minősítette az aloe verát és a ginkgo bilobát is (2016-ban) [4].

## ÖNKÉNTES SUGÁRVÉDELEM

A fentiekből látható, hogy a nem-ionizáló EM sugárzások egészségünkre gyakorolt hatásainak kutatása az ionizálókhoz képest gyerekcipőben jár. Habár több mint 60 éve kutatják, nem találtak eddig meggyőző bizonyítékot a határértékek alatti vagy nem-termális hatások igazolására. Számos szabvány (CENELEC, IEEE), ajánlás és direktíva (ICNIRP, EU) foglalkozik a témával, mégis rengeteg a nyitott kérdés. Összetett a problémakör, és az ionizáló sugárzásoknál alkalmazott módszertan csak korlátozottan használható. Különösen a RF-MH tartományra igaz, hogy egész egyszerűen nem telt még el annyi idő a tömeges használattal, amely időskálán egyértelmű trendek lennének megállapíthatóak.

A lakosság részéről kettős a hozzáállás: egyfelől a sugárzásokkal mint érzékszerveinkkel nem észlelhető misztikus démonokkal szembeni – gyakran – indokolatlan félelem, melyre sokszor a média és bizonyos érdekcsoportok még rá is erősítenek (pl. „elektroszmog”-mítosz) [18]. Másfelől természetes, hogy a civilizált életünk része a gépesített otthon, az okostelefon, és az egyéb eszközök, melyeknél gyakran bele sem gondolunk, hogy egy-egy ilyen kényelmi funkció mekkora többlet-expozíciót okozhat. A mindennapokban legnagyobb expozícióval járó személyes használati tárgyaink a RF-MH tartományban pl. a mobiltelefon, helymeghatározó rendszerek, WiFi-router, mikrohullámú sütő; az ELF tartományban pl. a hajszárító, villanyborotva, konyhai robotgép [19].

Az ionizáló sugárzások elleni védelemben alkalmazott elővigyázatossági alapelvek éppen egy olyan arany középutat jelölnek ki, amin talán a nem-ionizáló sugárzásoknál is érdemes járni a mindennapokban – szabályozás hiányában önkéntesen.

Az első az *indokoltság elve*, amit érdemes megvizsgálni saját életünkben. Habár a környezetünkben mások és a társadalom által használt sugárforrásokra (adótornyok, bázisállomások, távvezetékek stb.) nincs hatásunk, de a saját szokásainkat felülvizsgálhatjuk. Megismerve és mérlegelve a környezetünkben lévő eszközök sugárzási tulajdonságait, továbbá az eddigi kutatási eredmények alapján a lehetséges egészségi kockázatokat, mindenki egyénileg eldöntheti, hogy milyen készülékeket és hogyan használ a hétköznapijában. Pl. indokolt-e okostelefont használnom (talán igen), indokolt-e WiFi-routert használnom vezetékes internet helyett (lehet, hogy nem), indokolt-e hajszárítót használnom (lehet, hogy nem) stb.

A következő lépés az *ALARA-elv* alkalmazása lenne, azaz: ha egy EM sugárzást kibocsátó eszköz használatát a saját életemben indokoltnak tartom, akkor is törekedni kell az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartani az abból származó expozíciót. Ezt az ionizáló sugárzásokhoz hasonlóan ebben a tartományban is a sugárforrástól való távolság növelésével, a forrás közelében eltöltött idő csökkentésével és esetleges árnyékolással lehet a gyakorlatban megvalósítani. Ugyanakkor fontos látni, hogy vannak hasonlóságok és vannak eltérések ezek alkalmazhatóságában.

Az ELF mágneses indukció a *távolsággal* általában arányosan csökken, a RF-MH teljesítménysűrűség a távolság négyzetével csökken. Ilyen módon tehát a távoli források, még ha nagyobb a sugárzási teljesítményük (bázisállomás), illetve feszültségük (távvezeték), az egyén helyén kisebb pillanatnyi expozíciót szolgáltatnak, mint a saját használatú közeli források (pl. mobiltelefon vagy hajszárító).

Az időfaktor azért kérdéses, mert a kísérleti tapasztalatok alapján ezek a sugárzások nem raktározódnak a szervezetben és biológiailag sem kumulálódnak a hatások. Például nincs arra bizonyíték, hogy egy kétszer hosszabb telefonbeszélgetés kétszer nagyobb (vagy akár csak egyszerűen nagyobb) kockázattal járna. Mindazonáltal a szerző véleménye szerint érdemes az expozíció idejét is optimalni, már csak gazdasági (energiafelhasználás) szempontból is. Erre egészen egyszerű módszerek is vannak, például az okostelefonokat éjszakára repülő vagy „ne zavarjanak” üzemmódba állíthatjuk.

A legkritikusabb téma pedig az árnyékolás. Mindkét tartományban működőképes megoldás lehetne a megfelelő méretű Faraday-kalitka [20], csak hogy a gyakorlatban egyiknél sem igazán működik. Az ELF áthatol a fémes Faraday-kalitkán, legfeljebb ferromágneses megoldás jöhet szóba. Ami azonban kiemelendő, hogy a két tartomány között alapvető különbséget kell tenni az árnyékolás alkalmazásánál. Míg az ELF terek jellemzően „melléktermékként” alakulnak ki a hálózati váltakozó áram környezetében, addig a környezetbe kerülő RF-MH sugárzások javarészt a technológia részeként, vivőkként funkcionálnak. Ha egy transzformátort leárnyékolunk, azzal a működését nem akadályozzuk, míg egy mobiltelefon esetében ez azt jelenti, hogy nem tud hívást, illetve adatot fogadni és küldeni, tehát a működésének a lényegétől fosztjuk meg. Ráadásul, és itt egy létező veszélyre is szeretném felhívni a figyelmet, ha nem teljes leárnyékolásról van szó, akkor a helyzet a visszájára fordul. Kereskedelmi forgalomban kaphatóak olyan eszközök (matricák), amelyek – leírásuk szerint – a mobiltelefonra rakva (ragasztva) csökkentik annak sugárzását. Ha tisztában vagyunk a mobiltelefon működésével, akkor könnyen beláthatjuk, hogy amennyiben egy ilyet alkalmazunk, azzal rontjuk a mobiltelefonunk kommunikációjának minőségét, aminek következtében megnő az általa kibocsátott sugárzás szintje. Ilyen matricákat több alkalommal is vizsgáltunk az ELTE-TTK-n és a fenti állítást mérési adatokkal is igazoltuk. Itt megint az eszközök tulajdonságainak, működésének és kockázatainak megismerésének fontosságát kell kiemelni.

## ÖSSZEGZÉS

Szakmai körökben is vannak olyan nézetek, melyek szerint a nem-ionizáló sugárzásoknak bizonyosan nincsen semmilyen egészségkárosító hatása, és nem várható semmilyen meglepetés a jövőben ezzel kapcsolatban, ezért fölösleges is a nem-ionizáló sugárzás elleni védelemmel érdemben foglalkozni. Mások óvatosságra intenek, és aggodalmukat fejezik ki a fejlődés üteme és az expozíció drasztikus és ellenőrizetlen megnövekedése miatt. Egyes vélemények szerint egy világméretű emberkísérlet zajlik, és az igazság néhány generációnyi idő múlva fog kiderülni. A történelem már megmutatta néhányszor, hogy semmilyen új találmány vagy felfedezés kezelését és vizsgálatát nem szabad félvállról venni.

Amikor az 5G és az okosvárosok bevezetésének küszöbén állunk, tudatosítanunk kell, hogy egy technológiai forradalom részesei vagyunk, ezért fontos megismernünk a minket körülvevő EM sugárforrásokat és azok valós kockázatait. Bár a WHO szakmailag egyelőre nem tartja indokoltnak az ALARA elvét alkalmazni, észszerű kereteken belül tehetünk azért, hogy a mindennapi életünkben csökkentsük a kockázatokat úgy, hogy az nem megy a kényelem rovására.

## IRODALOM

- [1] [www.who.int](http://www.who.int) Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [2] Thuróczy Gy (2002). A rádiófrekvenciás sugárzások egészségügyi kérdései. Magyar Tudomány 2002/08.

- [3a] 63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet a 0 Hz–300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400063.esc> (2019. 11. 22.)
- [3b] 33/2016. (XI. 29.) EMMI rendelete a fizikai tényezők (elektromágneses terek) hatásának kitett munkavállalókra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600033.emm> (2019. 11. 22.)
- [4] [www.iaarc.fr](http://www.iaarc.fr) Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [5] ICNIRP (1998). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz). Health Physics 74: 494-521
- [6a] McKinlay AF, Repacholi MH (ed) (1999). Exposure Metrics and Dosimetry for EMF Epidemiology, NRPB, Radiation Protection Dosimetry 83: No. 1-2
- [6b] <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf> Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [7] Lin JC (ed) (1989). Biological Effects of EM Fields. Plenum Press
- [8] Joseph W, Frei P, Rössli M, Vermeeren G, Bolte J, Thuróczy G, Gajsek P, Trcek T, Mohler E, Juhász P, Finta V, Martens L (2012). Between-Country Comparison of Whole-Body SAR From Personal Exposure Data in Urban Areas. Bioelectromagnetics 33(8): 682-94
- [9] Christ A, Kainz W, Hahn EG, Honegger K, Zefferer M, Neufeld E, Rascher W, Janka R, Bautz W, Chen J, Kiefer B, Schmitt P, Hollenbach HP, Shen J, Oberle M, Szczerba D, Kam A, Guag JW, Kuster N (2010). The Virtual Family-development of surface-based anatomical models of two adults and two children for dosimetric simulations. Phys Med Biol 55(2): 23-38.
- [10] <https://www.maschek.de/pdf/ESM-120-uk.pdf> Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [11] [http://www.enertech.net/catalog/specs/pal\\_specs.html](http://www.enertech.net/catalog/specs/pal_specs.html) Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [12] [http://siwoninc.com/00\\_pdf/satimo/EMESpy121.pdf](http://siwoninc.com/00_pdf/satimo/EMESpy121.pdf) Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [13] Eröss A (2010). Komplex elektromágneses környezetünk vizsgálata (szakdolgozat). ELTE
- [14] Bánréviné Finta V (2012). Személyi expozíció mérése az elektromágneses spektrum rádiófrekvenciás és mikrohullámú tartományában (doktori értekezés). ELTE
- [15] Thuróczy Gy (1996). Elektromágneses terek biológiai hatásai I: Mikrohullámú és rádiófrekvenciás sugárzások. Magyar Távközlés 7: 50
- [16] Thuróczy Gy (1996). Elektromágneses terek biológiai hatásai II: Alacsonyfrekvenciás elektromos és mágneses terek. Magyar Távközlés 7: 21
- [17] Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S (2010). Idiopathic Environmental Intolerance Attributed to Electromagnetic Fields (Formerly 'Electromagnetic Hypersensitivity'): Provocation Studies. Bioelectromagnetics 31: 1-11
- [18] <http://radiesztezia.blogspot.com/2011/01/mit-okoz-az-elektoszmog-betegsegek-es.html> Letöltés időpontja: 2019. 11. 22.
- [19] Kokol J (2016). Fizika a környezetünkben – Háztartási gépek vizsgálata (szakdolgozat). ELTE
- [20] Tichy G (2005). Hogyan árnyékolható le a mobiltelefon? Fizikai Szemle 2005/9: 323

Készült a SOMOS Alapítvány támogatásával.