

M Ű S Z A K I

A hálózatépítés műszaki háttere

Az első mobiltelefon-rendszert kiszolgáló hálózatot az 1990-es évek elején kezdték kiépíteni Magyarországon. A mobiltelefon azóta életünk része, mindennapos társunk lett: 2005 közepén hazánkban a három szolgáltató összesen mintegy 8,3 millió aktív mobil-előfizetést tartott nyilván, ami 2014 végére 11,6 millióra (száz lakosra 117,9 előfizetés) emelkedett. E magas előfizetői szám és az ügyfelek igényei folyamatos fejlődésre, fejlesztésre készítetik a szolgáltatókat. A fejlesztés nem csak az újabb szolgáltatások bevezetésére hat ösztönzően, hanem a meglévő hálózat – a lefedettséget, mindennapos kifejezéssel élve a térerőt nyújtó bázisállomásaik által biztosított kapacitás – bővítését is igényli.

A Magyar Telekom, a Telenor és a Vodafone mellett 2014 október 16-án egy új szolgáltató, a DIGI elnyerte az „F” frekvencia csomaghoz kapcsolódó hatósági szerződést. A szolgáltató október 21-én kapta meg a frekvenciakijelölést, amely alapján a 1725–1730/1820–1825 MHz (2x5 MHz, azaz 10 MHz) frekvenciatartományban hang- és adatszolgáltatásra is alkalmas (negyedik generációs: 4G/LTE) rádióhálózatot telepít.

A DIGI, az 2014 október 29-én az NMHH-től (Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság) átvett rádióengedély birtokában, az eddigi három mobilhálózat mellett egy új, negyedik generációs hálózat üzemeltetésére szerzett jogot. A nemzetközi példák azt mutatják, hogy egy új belépő mobilizálja, felpezsdíti a piacot, fokozza az árversenyt és új szolgáltatások megjelenését generálja, emellett a szolgáltatók és a szolgáltatások sokszínűsége hozzájárul a fogyasztói jólét és a hazai vállalkozások versenyképességének növeléséhez, valamint új szolgáltatások jelennek meg az ország egész területén. A fogyasztókért folytatott piaci verseny pedig a szolgáltatások árának csökkenését eredményezheti.

A mobilkommunikációban a rádiótelefon és a bázisállomások közötti szabadtéri szakaszon, elektromágneses hullámok segítségével kialakuló rádiós kapcsolat teremti meg a mozgási szabadságot, a mobiltelefonok helytől független használhatóságát. A mobiltelefon-szolgáltatás elképzelhetetlen rádió adó-vevő párok, vagyis bázisállomások és mobiltelefonok nélkül.

A bázisállomás kisteljesítményű adó-vevő berendezés, adási teljesítménye néhány száz Watt, szemben az URH rádió- és tv-adók több tízezer Wattos teljesítményével. Érdekes módon, nem ezeken a területeken alakul ki lakossági aggodalom, hanem a mobil bázisállomások környezetében, pedig az átlagos bázisállomások teljesítménye a rádióadók elenyésző töredéke! A bázisállomások tornyokra, vagy épületek tetejére szerelt irányított antennái biztosítják a célterület lefedettségét.

Videotelefonálás, mp3-letöltés, gyors internetezés

A mobiltelefonía újabb mérföldkőhöz érkezett: a harmadik generációs rendszer (3G) kiépítése megteremtette a minden eddiginél gyorsabb adatátvitel, az internet-alapú multimédiás szolgáltatások igénybevételének lehetőségét. Lehetővé vált a videotelefonálás, a zenefájlok letöltése, a szélessávúhoz hasonló sebességű internetezés, valamint a digitális fényképek és videofelvételek letöltése és továbbítása.

A 21. század mobil felhasználóinak fenti igényeire a harmadik generációs rendszer Európában alkalmazott technológiája, az UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – Univerzális Mobil Távközlési Rendszer) jelentette az első megoldást.

A rendszer sajátosságából fakad, hogy az UMTS-hálózat bázisállomásait sokkal sűrűbben kell telepíteni, mint a GSM-rendszerét. Európa-szerte folyamatosan építik ki az UMTS-hálózatokat, amelyek kiegészítik a korábbi GSM-alapú rendszereket.

Hazánkban a 2004-ben kiírt tender győzteseinek (T-Mobile Magyarország, a Telenor Magyarország korábban Pannon GSM, és a Vodafone Magyarország) a megkötött szerződéseknek megfelelően kell kiépíteniük saját 3G-s hálózatukat. Ezt a munkát mind a három szolgáltató már 2005 elején megkezdte.

A mára már elterjedt harmadik generációs hálózat továbbfejlesztéseként a nagyfelbontású video tartalmak és egyéb, nagy sáv szélességet igénylő szolgáltatások számára, 2012-től folyamatosan világszerte kiépítésre kerül a negyedik generációs LTE (Long Term Evolution) rendszer. Míg a korábbi technológia 28 Mbit/sec elméleti maximumot támogat, az LTE elvileg 326 Mbit/sec átvételére is képes lesz 4x4 antennával, 20 MHz széles frekvenciatartomány esetén.

A hálózatépítés jogi háttere

Részletes jogszabályok írják elő, hogy a szolgáltatóknak a bázisállomások építésekor milyen előírásoknak, feltételeknek kell eleget tenniük. Rendelet szabályozza azt is, hogy mely esetekben – például meghatározott magasság esetén – van szükség egyedi, többlépcsős engedélyezési eljárásra.

A mobiltelefonokat kiszolgáló bázisállomások telepítése esetében az egyes építményekkel, építési munkákkal és építési tevékenységekkel kapcsolatos építésügyi hatósági engedélyezési eljárásoknál a 14/2013. (IX. 25.) NMHH rendelet a mérvadó.¹⁾

Az engedélyezési eljárásban az antennákra, antennatartó szerkezetekre és az azokhoz kapcsolódó műtárgyakra vonatkozó engedélyezés során az alábbi szakhatóságok megkeresése szinte minden esetben kötelező:

ÁNTSZ, Honvédelmi Minisztérium, Katonai Légügyi Hivatal, Polgári Légiközlekedési Hatóság, NMHH, területileg illetékes nemzeti park igazgatóság, területileg illetékes környezetvédelmi felügyelőség, körzeti földhivatalok, fővárosi vagy megyei közlekedési felügyelet.

1) http://nit.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=163444.248410



EMF-LAB Műszaki Kft.

H-1112 Budapest, Repülőtéri út 2.

Tel: (36-1) 248-0273

Fax: (36-1) 248-0274

Internet: www.emf-lab.hu

E-mail: emf@emf-lab.hu

Fővárosi Cégbíróság: Cg. 01-09-887429

**EMF
Laboratórium**

Rádiójelek szórása cellás elv alapján

Egy szolgáltató által lefedett terület ún. cellákra van osztva. Egy cella megfelel egy adótorony vagy ismétlőadók esetén több kisebb adótorony által lefedett területnek. A cella méretét az adó kisugárzott teljesítménye határozza meg és ez fordítva is igaz, adott cellamérethez adott teljesítmény szükséges. A celluláris hálózatok alap gondolata az, hogy alacsony energiaszintű adók használatával lehetővé tegye a hatékony frekvencia-újrafelhasználást. Ugyanis abban az esetben, ha erős adókat használnának, akkor az adott frekvenciát csak több 100 kilométer távolságban lehetne újra felhasználni.

A celluláris mobil hálózathoz lefoglalt frekvenciasáv cellacsoportok között van elosztva. Ez az elosztás a szolgáltató által lefedett területen cellacsoportonként ismétlődik. Az elérhető rádiócsatornák teljes számban használhatóak minden egyes cellacsoportban, és ez alkotja a szolgáltató lefedett területét. Egy frekvencia, amelyet egy cella használ, pár cellával arrébb is használható, de két, ugyanazt a frekvenciát használó cella között megfelelő távolságnak kell lennie az interferencia elkerülése végett. A frekvencia-újrafelhasználás jelentősen megnöveli a hálózaton lévő felhasználók számában mért kapacitást.

A helyes működés érdekében a celluláris hálózatoknak a következő két fő feltételnek kell megfelelniük:

- egy cellában az adó teljesítménye korlátozott kell, hogy legyen, a szomszédos cellákkal lévő interferencia elkerülése végett. Az interferencia semmilyen kárt nem okoz a rendszerben, ha a két egyazon frekvenciát használó adó között legalább egy cellának az átmérőjével megegyező távolság van. Ezen kívül a vételi szűrők jó minősége is nagyon fontos.
- a szomszédos cellák nem osztozhatnak ugyanazon a csatornán. Az interferencia csökkentése érdekében a frekvencia-újrafelhasználás csak bizonyos minta alapján tehető meg.

A mobiltelefon-szolgáltatás akkor teljesíti az előfizetők által támasztott elvárásokat, ha az ügyfelek bárhol és bármikor, kiváló minőségben tudnak hívást kezdeményezni, vagy fogadni. A mozgó (például autóban utazó) előfizető szempontjából fontos követelmény, hogy a felépített összeköttetés cellahatárok átlépésekor ne szakadjon meg. Mindez csak úgy lehetséges, ha a mobiltelefonokkal kapcsolatot létesítő bázisállomások által kibocsátott rádióhullámok az előfizetők tartózkodási- és mozgási területét hézagmentesen fedik le.

Az antennák helyének meghatározása körültekintő mérnöki tervezés eredménye, amelynek lényege, hogy olyan helyekre telepítsék az antennákat, ahol az előfizetők igénybe vehetik azt, hiszen a mobiltelefont használók minden esetben a bázisállomással létesítenek kapcsolatot, és az állomásnak a legcélszerűbb olyan helyen állnia, ahol magas a mobiltelefonálók száma.

A szolgáltatók mindig arra törekednek, hogy a szolgáltatás biztosításához optimálisan a legkevesebb bázisállomás építésére és a lehető legkisebb adóteljesítményre legyen szükség.

Gyakori kérdések a bázisállomásokról

Miért van szükség új bázisállomásokra?

Az új antennák telepítésének legfőbb oka, hogy a mobiltelefon-előfizetők számának növekedésével párhuzamosan növelni kell a hálózat kapacitását is, az új technológiához (pl. LTE) pedig új hálózat kiépítésére van szükség.

Hová építik a bázisállomásokat?

Az antennákat (bázisállomásokat) a cellás elv alapján – elsősorban a sűrűn lakott területekre kell telepíteni. Ennek oka, hogy itt az előfizetők száma, illetve a mobilhasználat időtartama folyamatosan növekszik.

Milyen irányban bocsát ki rádióhullámokat a bázisállomás?

A bázisállomások vízszintesen, az autók fényszóróihoz hasonlóan bocsátanak ki rádióhullámokat, tehát nagyon kevés energia jut az antenna alatti területre. Az antennák által kibocsátott rádióhullámok vízszintes irányítottságából adódik, hogy közvetlenül az antenna alatti területeken az elektromágneses tér intenzitása rendkívül csekély, és a távolsággal négyzetes arányban csökken. Az ENSZ Egészségügyi Világszervezetének (WHO) egyértelmű állásfoglalásából is tudjuk, hogy a bázisállomások lakosságot érintő elektromágneses hatása elhanyagolható, egészségkárosodással nem kell számolni.

Biztonságos-e olyan épület legfelső emeletén lakni, amelyen bázisállomás van?

Igen, biztonságos. Közvetlenül az antenna alatti területet nagyon kevés elektromágneses hullám éri el a tető, illetve a fal pedig még ennek is nagy részét elnyeli.



emflab

EMF-LAB Műszaki Kft.

H-1112 Budapest, Repülőtéri út 2.

Tel: (36-1) 248-0273

Fax: (36-1) 248-0274

Internet: www.emf-lab.hu

E-mail: emf@emf-lab.hu

Fővárosi Cégbíróság: Cg. 01-09-887429

**EMF
Laboratórium**

E G É S Z S É G Ü G Y

Elektromágneses hullámok

A mobil kommunikáció működését biztosító elektromágneses hullámok a szabad térben terjednek a kezünkben lévő mobiltelefon és az összeköttetést biztosító bázisállomás antennája között. A rádiófrekvenciás hullámok az úgynevezett nem-ionizáló családhoz tartoznak, fizikai jellemzőik és egészségügyi hatásai jelentősen különböznek az ionizáló sugárzásokétól, így a röntgen- és gamma-sugárzásétól. A mobiltelefonokban alkalmazott rádiófrekvenciás hullámok energiája olyan alacsony, hogy élő szervezet sejtjeire nincs közvetlen hatással, bizonyítottan egészségkárosító hatása nincs.

Egy-egy bázisállomás teljesítménye körülbelül egy 60 wattos izzó teljesítményével egyezik meg. Az antennák az elektromágneses hullámokat irányítottan, vízszintesen bocsátják ki, ebből adódik, hogy közvetlenül az antenna alatti területeken az elektromágneses tér nagysága rendkívül csekély.

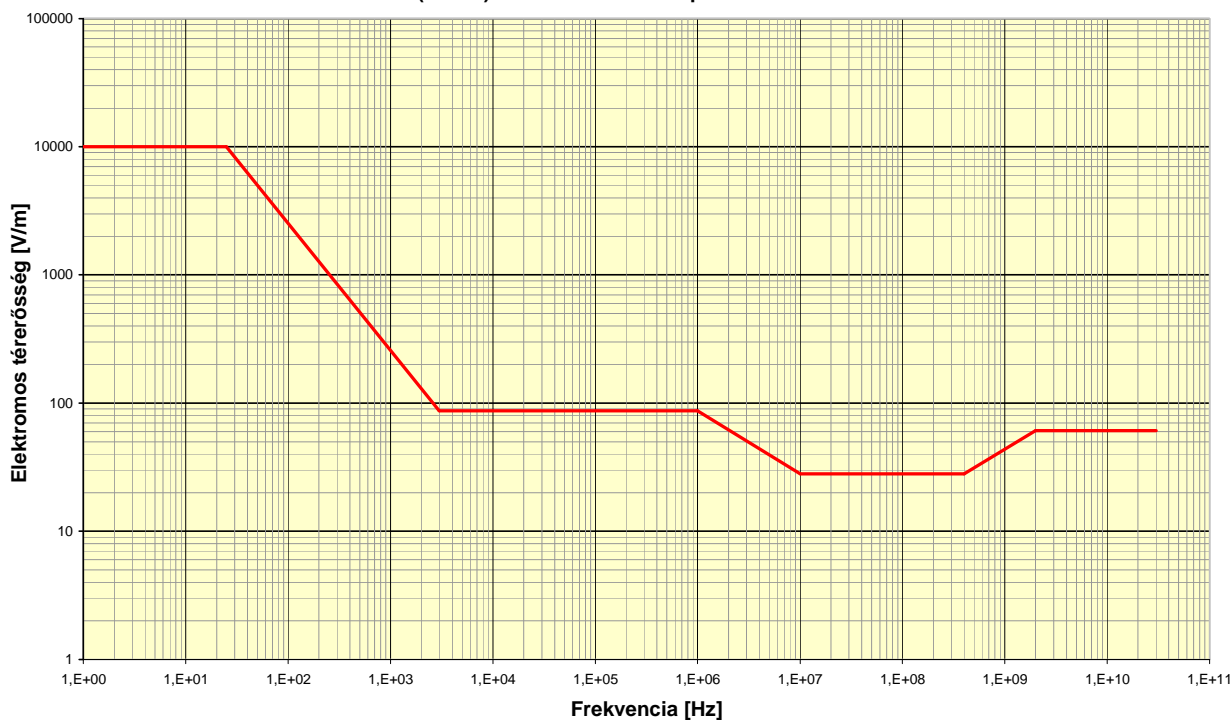
A mobiltelefonok kis teljesítményű rádiófrekvenciás sugárzók 0,1-2 W közötti csúcsteljesítménnyel. A kézi készülék kizárólag akkor sugároz, ha be van kapcsolva. Telefonálás közben egy mobiltelefon sokkal erősebb elektromágneses expozíciót hoz létre a felhasználó közvetlen környezetében, mint a bázisállomás. Ennek az az oka, hogy a mobiltelefont az emberek nagyon közel tartják a fejükhöz, miközben nem mennek néhány méternél közelebb egy bázisállomás antennáihoz. A kisugárzott teljesítmény (és ezáltal a személyt érő rádiófrekvenciás sugárzás) a készüléktől való távolsággal rohamosan csökken. Azt a személyt, aki a telefont a testtől 30-40 cm-re használja (pl. SMS írásra, internetezésre, vagy kihangosított állapotban telefonálásra) jelentősen kisebb sugárzás éri, mint azt, aki a fejéhez közel tartja. A kezek szabad használatát lehetővé tevő eszközök (pl. kihangosító) alkalmazásán túlmenően, amelyek a telefont a fejtől és a testtől távolabb tartják hívás közben, az expozíció csökkenthető a hívások számának és hosszának mérséklésével. A telefont jó vételi helyen (jó lefedettség, megfelelő térerősség) használva az expozíció tovább csökkenhet, mivel ilyenkor a készülék kisebb teljesítménnyel sugározhat.

Az ENSZ Egészségügyi Világszervezete (WHO) tanulmánya szerint a bázisállomások lakosságot érintő elektromágneses hatása elhanyagolható, ezért abból származó egészségkárosodással nem kell számolni.

A bázisállomások teljesítménye

Az európai ajánlás értelmében, hazánkban 2004. augusztus 8-án lépett hatályba az a korábbi hasonló szabályozást felváltó egészségügyi minisztériumi rendelet, amely a 0 Hz – 300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses, ill. elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről szól. A 63/2004. (VII.26.) EszCsM rendelet 1. számú melléklete tartalmazza – az EU-ajánlását elfogadva – az új, jelenleg érvényben lévő hazai határértékeket.

63/2004. (VII.26.) EszCsM rendelet expozíciós határértékei



Ennek alapján a vonatkoztatási határértékek a GSM-900, GSM-1800, 3G-UMTS és az LTE mobiltelefon-bázisállomások által használt frekvenciákon:

| Frekvencia | Elektromos térerősség | | Teljesítménysűrűség | |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|--|
| | V/m | W/m ² | μW/cm ² | |
| 800 MHz (4G-LTE) | 38,9 | 4,0 | 400 | |
| 900 MHz (GSM) | 41,2 | 4,5 | 450 | |
| 1800 MHz (GSM; 4G-LTE) | 58,3 | 9,0 | 900 | |
| 2100 MHz (3G) | 61 | 10 | 1000 | |
| 2600 MHz (4G-LTE) | 61 | 10 | 1000 | |

Ez a rendelet az EU-ajánlást követve az elővigyázatosságra vonatkozó előírásokat is tartalmazza. A lakosságra vonatkozó határérték azért olyan szigorú, mert az mindenkire (idős, beteg, gyermek) érvényes.

A fenti táblázatban szereplő határértékek kötelező érvényűek, és ezáltal a bázisállomás működését, annak teljesítményét szabályozza. Az elektromágneses hullámok élettani hatásaival kapcsolatban ez idáig több tízezer tudományos publikáció jelent meg. A

tanulmányok alapján az Egészségügyi Világszervezet (WHO) azt a végkövetkeztetést vonta le, hogy a bázisállomások által kibocsátott nagyfrekvenciás elektromos hullámok nem okozhatnak betegségeket, hiszen mennyiségük messze a lakosságra vonatkozó határértékek alatt maradnak.

Egy városban telepített bázisállomás teljesítménye korlátozott. A bázisállomás antennájának főnyalábjában az antennától 5-6 méterre már teljesül az egészségügyi határérték, 15-20 méterre az expozíció $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ alatt marad. A főnyalábon kívül (általában az antennákat úgy helyezik el, hogy a főnyaláb útja optikailag szabad legyen) ez az érték kb. 10-ed, 100-ad részre csökken.

Az egészségügyi szabályozás úgynevezett megengedő határértékeket határoz meg. A megengedhető határértékek megállapítása nemzetközi tudományos testületek feladata. A rendelkezésre álló kutatási eredmények figyelembevételével határozzák meg a határértékeket, ahol a lakosság esetében 50-szeres biztonsági faktort alkalmaznak arra az intenzitásra, ahol bármely biológiai hatás felmerül.

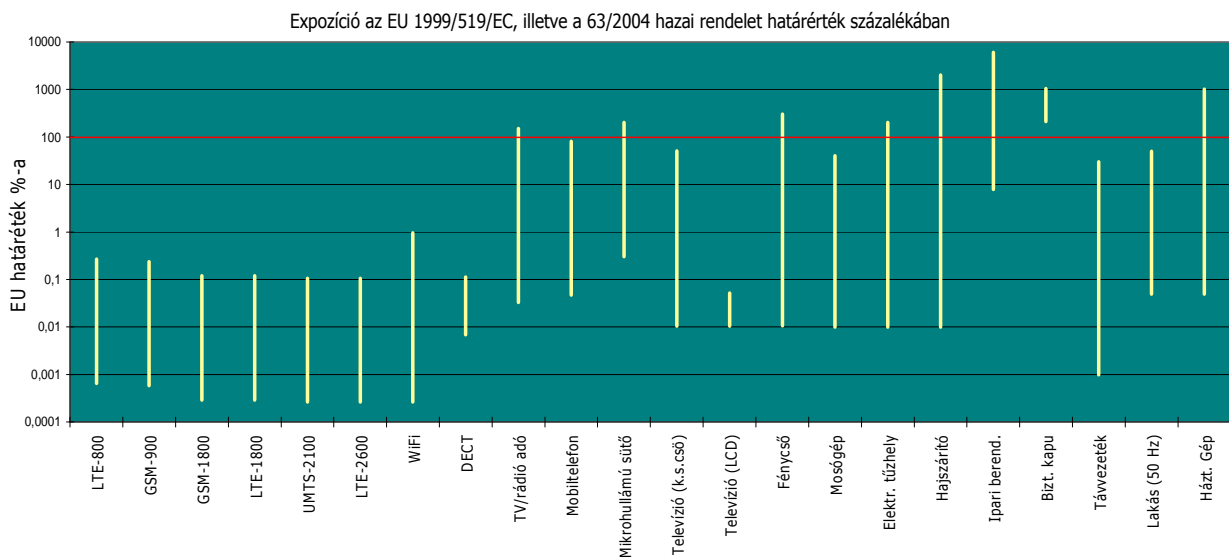
Mérési tapasztalataink azt mutatják, hogy hazánkban a rádiótelefon bázisállomások szinte kivétel nélkül kielégítik a hazai – nemzetközi ajánlásokon alapuló – előírásokat. Ennek megfelelően a bázisállomások környezetében mért rádiófrekvenciás elektromágneses tér intenzitása nagyságrenddel a megengedhető határérték alatt van. Ez azt jelenti, hogy egy bázisállomástól 15 méterre az elektromágneses intenzitás jóval a jogszabályban rögzített határérték alatt van, azaz $400/450/900/1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ alá csökken. Az egy házzal odébb működő bázisállomás által keltett elektromágneses tér, különösen egy épületen belül kisebb, mint $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Az épületek antennák alatti területeire nem közvetlenül, hanem a szemközti épület falairól visszaverődéssel (reflexió), juthat el a sugárzás. Ez magyarázza azt a jelenséget, hogy gyakran az alacsonyabban elhelyezkedő emeleteken, az ablak fronton magasabb sugárzás mérhető, mint a legfelső emeleten. (lsd.: 1. ábra)



1. ábra

Az alábbi 2. ábrán jól látható, hogy a háztartásokban használt eszközök által kibocsátott elektromágneses terek nagysága magasabb a bázisállomások működéséből adódó elektromágneses hullámok nagyságánál, illetve néhány esetben még a határértékeket is meghaladják.



2. ábra

A különböző háztartásban használt berendezésekből származó elektromágneses expozíció összehasonlítása az EU 1999/519/EC ajánlás, illetve a 63/2004 EszCsm rendelet határértékeinek százalékában. A piros vonal az egészségügyi határértékét jelöli (100%). A háztartási berendezésekből származó expozíciós adatok a 3 cm és 1,5 m közötti távolságra vonatkoznak. Az expozíciós értékek a berendezések környezetében, illetve személyi dózismérések mérései során lettek meghatározva irodalmi adatok és saját vizsgálatok alapján.²⁾

Gyakori kérdések a bázisállomások hatásairól

Mi az egészségügyi határérték?

Az egészségügyi szabályozás úgynevezett megengedett határértékeket határoz meg. A megengedhető határértékek megállapítása nemzetközi tudományos testületek feladata. A határértékek alapját rendelkezésre álló kutatási eredmények képezik. Lakosság esetében 50-szeres biztonsági faktort alkalmaznak arra az intenzitásra, ahol bármely káros biológiai hatás felmerül.

A magyarországi bázisállomások antennái megfelelnek ezeknek az előírásoknak?

Természetesen megfelelnek. Azon bázisállomásoknál, amelyek építési engedélykötelesek, a telepítés előtt független, erre akkreditált laboratórium vagy intézmény az aktuális adatok alapján kiszámítja, üzembe helyezéskor pedig méréssel ellenőrzi az állomás működését. Nem engedélyköteles bázisállomások esetében a szerződő partner (bérbeadó) kérésére történik a vizsgálat, szintén akkreditált eljárás szerint.

Zavarhatják-e a mobiltelefon által kibocsátott elektromágneses hullámok az orvosi vagy egyéb műszereket?

²⁾ http://oki.wesper.hu/files/dokumentumtar/RP_kezirat_final-1-lakasesegszeg_pt.pdf

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | EMF-LAB Műszaki Kft. H-1112 Budapest, Repülőtéri út 2. Tel: (36-1) 248-0273 Fax: (36-1) 248-0274 Internet: www.emf-lab.hu E-mail: emf@emf-lab.hu Fővárosi Cégbíróság: Cg. 01-09-887429 | EMF Laboratórium |
|---|---|-----------------------------|

A gyakorlatban nagyon kicsi az esélye annak, hogy a különböző műszerek által kibocsátott hullámok zavarják egymást. Azonban, az elővigyázatosság elvét követve, a kiemelten kockázatos helyeken (például kórházak, repülőgép) korlátozzák a mobiltelefon használatát. Erről a kórházak és a szolgáltatók számára már a hazai GSM szolgáltatás kezdetén külön ajánlás született az illetékes kormányzati szervek részéről.

Készít-e valaki hivatalos sugázmérést Magyarországon?

Igen, az EU gyakorlatának megfelelően, a hatósági ellenőrzésen túl, erre akkreditált laboratóriumok végeznek üzembe helyezett bázisállomásnál működés közbeni méréseket, illetve készítenek szakvéleményt a megadott műszaki adatok alapján. A bázisállomások engedélyezése és üzembe helyezése során a telepítő köteles megrendelni ezeket a vizsgálatokat.

Felhasznált irodalom:

- <http://www.matud.iif.hu/02aug/thuroczy.html>
- <http://www.osski.hu/info/emfph/emfph4/emfph4.html>
- <http://www.osski.hu/info/emfph/emfph2/emfph2.html>
- <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00686/index.html?lang=en>
- <http://ttk.pte.hu/biologia/phd/dolg/ThuroczyT.pdf>
- <http://epa.oszk.hu/00700/00775/00045/1010-1025.html>
- http://tudasbazis.tmte.hu/04textilipari-tudasbazis/Tudasbazis_4_4_4_Thuroczy-Gyorgy.pdf
- <http://home.mit.bme.hu/~bako/DOC/mobil.pdf>