



Személyi rádiófrekvenciás expozíciós mérések nyári zenei fesztiválon

Vecsei Zsuzsanna

biológus

Szilágyi Zsófia, Pintér Bertalan, Thuróczy György

NNK - NISO

Rádiófrekvenciás (RF) expozimetria?

Valamit mérünk...

MIT?

MIÉRT?

MIVEL?

HOGYAN?

RF expozimetria - MIT?

- a **rádiófrekvenciás (RF) sugárzás** (10 MHz – 300 GHz) mindennapi expozíciós szintjét
- levegőben mérhető elektromos térerősséget E [V/m]
- A **kültéri** expozíciót elsősorban az *FM rádió* műsorszórás, valamint a *GSM, DCS* és *LTE (2G, 3G, 4G)* **bázisállomások** határozzák meg.
- Tipikus **beltéri** frekvenciák a vezeték nélküli internetből származó **WiFi**, és a vezeték nélküli telefonok és a bébiőrök **DECT**-je.

RF expozimetria - MIT?



Rádiófrekvenciás sugárzások 10 MHz – 300 GHz

RF expozimetria - MIÉRT?

- meg akarjuk tudni, hogy milyen elektromágneses **környezetben** élünk
(pl. a bázisállomásokból eredő expozíció mikor éri el az egészségügyi határértékeket? Milyen expozíciót jelentenek a mobiltelefonok?)
- rendelkezünk expozíciós adatokkal epidemiológiai vizsgálatokhoz
> mekkora **egészségügyi** kockázatnak vagyunk kitéve?

RF expozimetria - MIVEL?

Személyi RF expoziméterrel (2005 óta)

Ezek olyan hordozható eszközök, amelyek

- előre meghatározott szűk frekvenciasávban regisztrálják a RF expozíciót
- A frekvenciasávok a vezeték nélküli rendszerekből származnak:
 - műsorszóró adók (FM rádió, TV)
 - mobiltelefon bázisállomások (downlink)
 - mobiltelefonok (uplink)
 - vezeték nélküli telefonok
 - vezeték nélküli internet (WiFi).

RF expozimetria - HOGYAN?

- **helyszíni** / **lakossági (személyhez kötött)** mérésekkel

a mikrokörnyezetet írja le

Egy **helyszíni felmérés**

az expozíciót

(az expozíciók közötti különbségeket)

a releváns **mikrokörnyezetekben (ME)**

vizsgálja.

Az időbeli vizsgálatokat általában úgy

végzik, hogy **ugyanazon az útvonalon**

(több hónapon vagy éven keresztül)

mérnek.

a viselkedést írja le

Egy **lakossági felmérés**

az **egyének** expozícióját (a köztük lévő

különbségeket) tanulmányozza azok

tipikus viselkedése során, ezért a

részvevők csoportjának a vizsgált

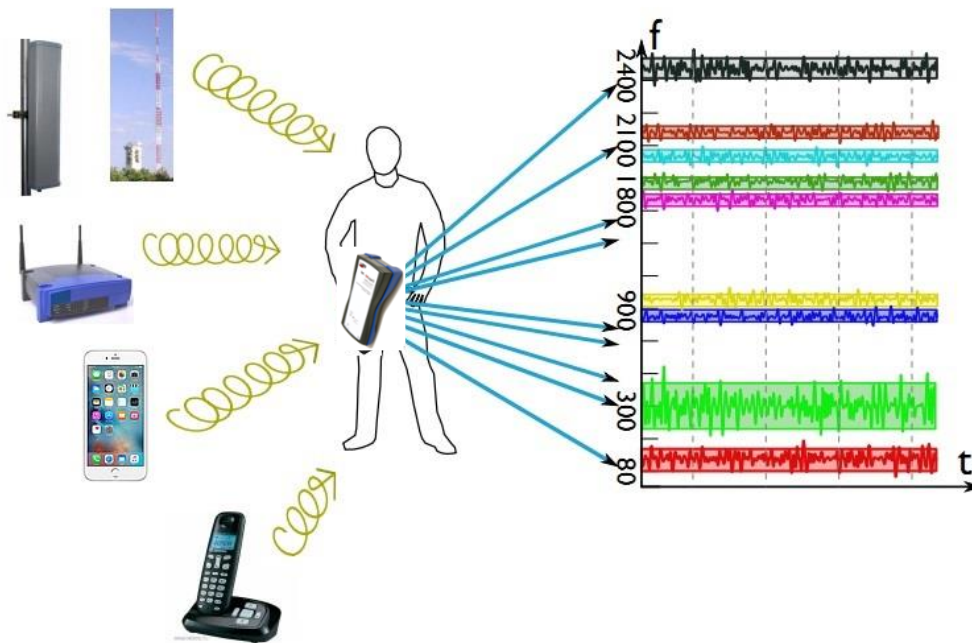
populáció véletlenszerűen kiválasztott

representatív mintájának kell lennie.

RF expozimetria – MI EZ?

Hosszú távú, előre meghatározott **frekvenciasáv-szelektív felvétel** a *helyszíni* (mikrokörnyezeti) vagy a *személyi* rádiófrekvenciás expozícióról, amely a **vezeték nélküli rendszerekből** és műsorszórásból származik.

A gyakorlatban: a vizsgálatba bevont személy egy vagy több napon keresztül hordoz egy kisméretű rádiófrekvenciás frekvencia-szelektív expozimétert, és részletes naplót vezet.



Expoziméterek generációi

Satimo EME Spy-121



2006

EME Spy-200



2010

ExpoM-RF



2014

ExpoM-RF4



2021

ExpoM-RF – mért frekvenciasávok

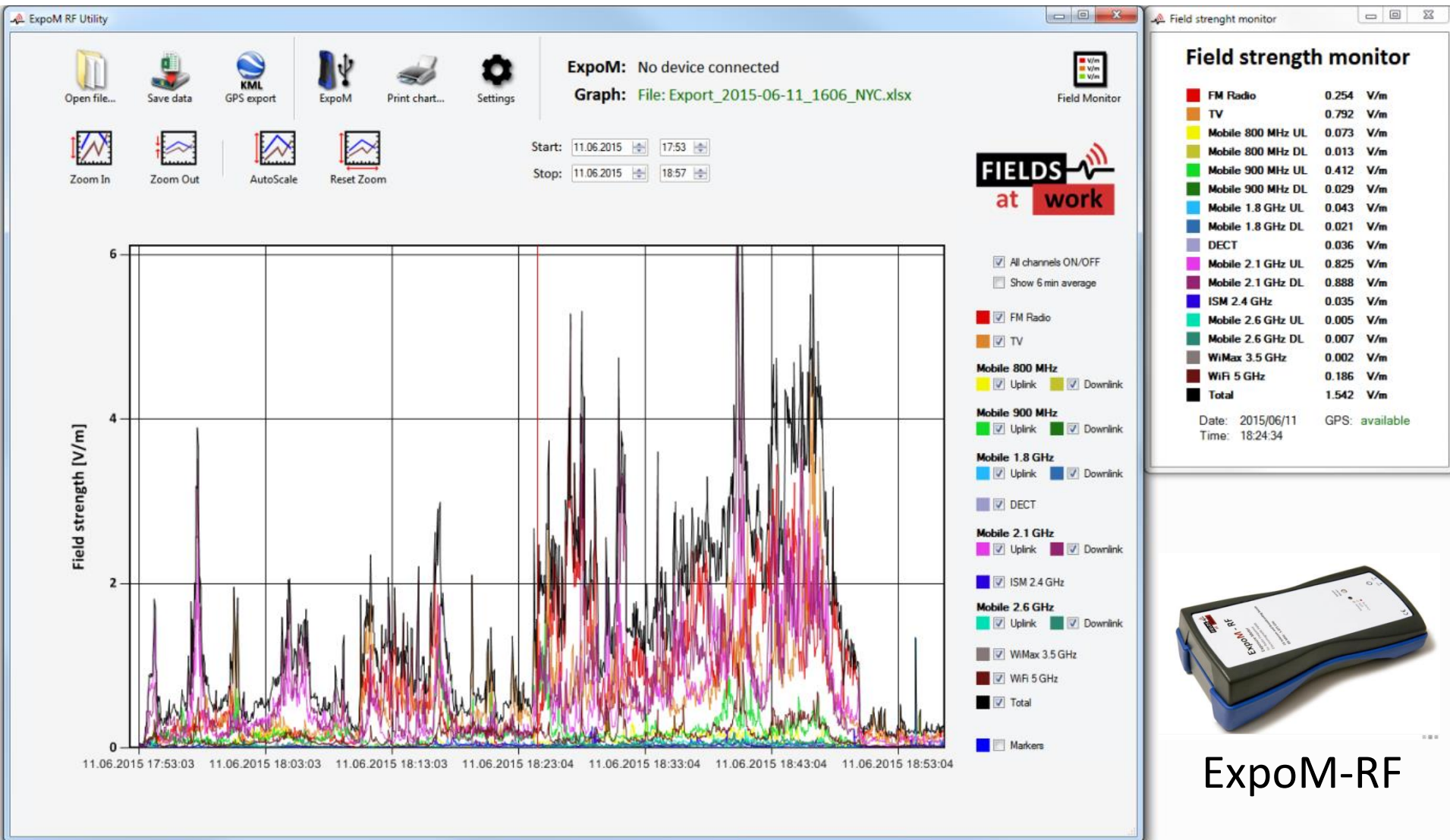
Frekvenciasávok és mérési tartományok

Band name	E-UTRA Band	Frequency range	Typical dynamic range	
FM Radio		87.5 – 108 MHz	0.02 V/m	5 V/m
DVB-T		470 – 790 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 800 MHz downlink	Band XX	791 – 821 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 800 MHz uplink	Band XX	832 – 862 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 900 MHz uplink	Band VIII	880 – 915 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 900 MHz downlink	Band VIII	925 – 960 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 1800 MHz uplink	Band II	1710 – 1785 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 1800 MHz downlink	Band II	1805 – 1880 MHz	0.005 V/m	5 V/m
DECT		1880 – 1900 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 2.1 GHz uplink	Band I	1920 – 1980 MHz	0.003 V/m	5 V/m
Mobile 2.1 GHz downlink	Band I	2110 – 2170 MHz	0.003 V/m	5 V/m
ISM 2.4 GHz		2400 – 2485 MHz	0.005 V/m	5 V/m
Mobile 2.6 GHz uplink	Band VII	2500 – 2570 MHz	0.003 V/m	5 V/m
Mobile 2.6 GHz downlink	Band VII	2620 – 2690 MHz	0.003 V/m	5 V/m
Mobile 3.5 GHz	Band 42	3400 – 3600 MHz	0.003 V/m	3 V/m
ISM 5.8 GHz / U-NII 1-2e		5150 – 5875 MHz	0.05 V/m	5 V/m



Detection method	True-RMS, 0.3 seconds integration time for each band
Sample interval	User-selectable; from 3 to 6000 seconds in steps of 0.5 second
Antenna	Tree axis isotropic antenna
Crosstalk	Typically between -40 and -60 dB

Expoziméterek



ExpoM-RF

Az ExpoM-RF szoftver által megjelenített (otthoni) **RF expozíció felvétel.**

Frekvenciasávok a jobb oldalon, a mért elektromos térerősség grafikonok a bal oldalon.

Expoziméterek

Ezeket az expozimétereket elsősorban a **lakosság mindennapi tevékenységének** monitorozására, illetve bizonyos korlátozásokkal a munkavállalók expozíciójának mérésére tervezték.

A **személyi expozíciós mérések** biztosítják a **legjobb eszközt** az emberek egész napos expozíciójának megfigyelésére.

Fő korlátai a következők:

- használatuk idő- és munkaerő igényes
- az elektromágneses spektrumot sávselektíven mérik
- csak a test helyi expozícióját mérik, nem a teljes testét
- bizonyos tevékenységeknél nem hordozhatók

Személyi RF expozíciós mérések
nyári ifjúsági fesztiválon
EFOTT 2021

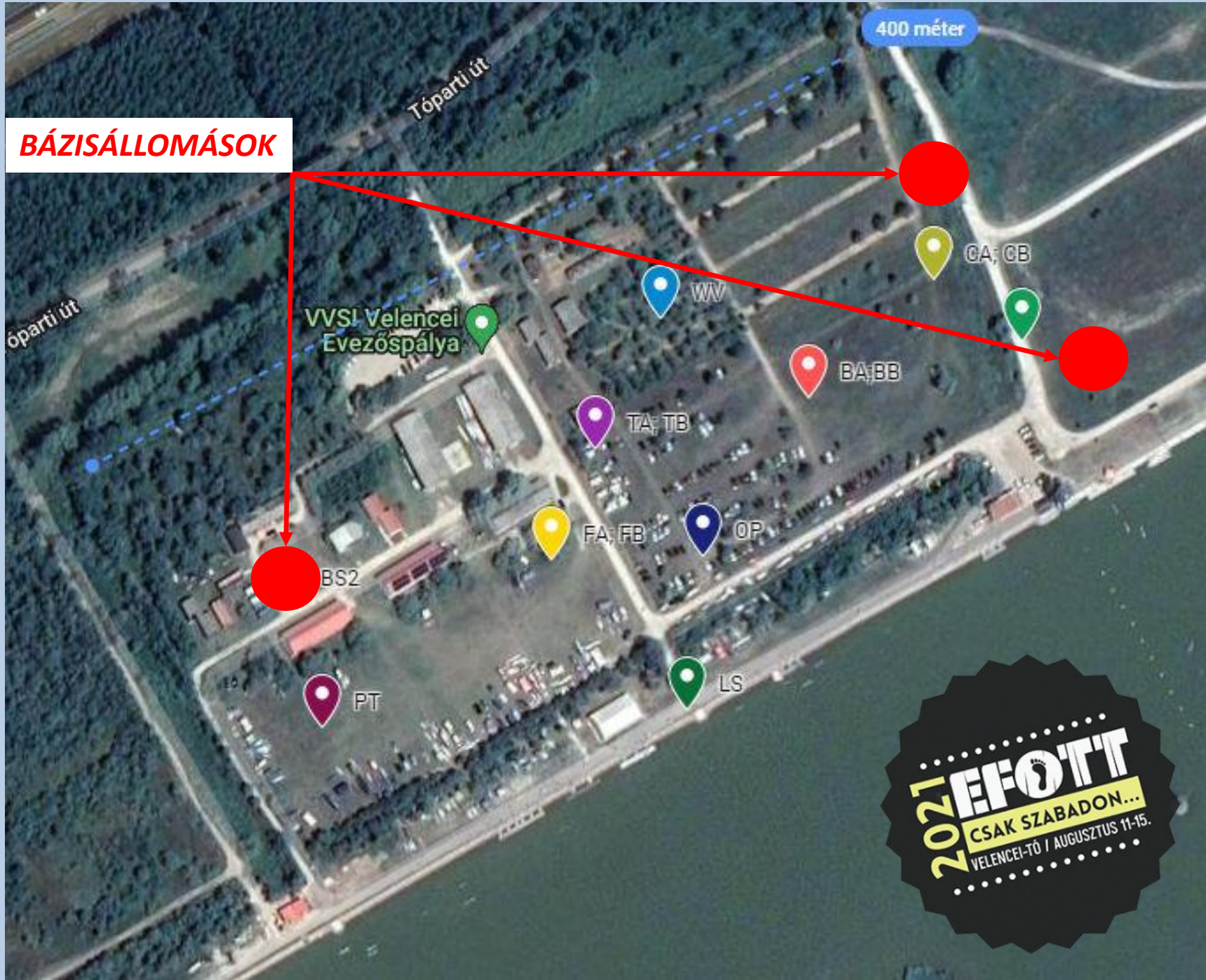


Cél

Olyan helyen és környezetben mérjük, ahol

- sokan vannak egy meghatározott helyszínen (többségben fiatalok)
- nagy adatforgalom várható
- ideiglenes mobiltelefon bázisállomást is felhelyeznek
- lehetőség van különböző zsúfoltságú helyzetekben való felvételre
- megvizsgáljuk azt, hogy ilyen speciális helyzetben lehetséges-e egészségügyi határérték túllépés

BÁZISÁLLOMÁSOK



400 méter

Tóparti út

Óparti út

VVSI Velencei Evezőspálya

GA, GB

WV

BA, BB

TA, TB

FA, FB

OP

BS2

PT

LS

2021 ZEFOTT
CSAK SZABADON...
VELENCEI-TÓ / AUGUSZTUS 11-15.

- 2 önkéntes kapott személyi expozimétert (ExpoM RF, Fields at Work GmbH, Zurich)
- 2 napra
- a műszer a hátizsákjukban volt, ottlétük alatt végig bekapcsolva
- 3 s mintavételi sűrűség
- szabadon mozoghattak bármerre (rendezvény sátrak, koncertek, pihenőhelyek, bázisállomások, stb.)
- használhatták a saját mobiltelefonjaikat
- tevékenységnaplót vezettek

Az expoziméterek elektromos térerősség adatait (E , [V/m]) pontos **helymeghatározást** követően utólag elemeztük a vezetett **tevékenység**napló alapján.

Az RF expozíciót a **2G-4G** uplink és downlink, **5G** és **Wi-Fi** expozíciókat a regisztrációt követően, előre meghatározott sávok összesítésével számítottuk ki.

A térerősség adatokat osztályoztuk a tevékenység típusa valamint zsúfoltság alapján.

Adatfeldolgozás

Elektromos térerősség adatok összevonása *szolgáltatás típusa szerint*

Szolgáltatás típusok

UL	800 MHz Up; 900 MHz Up; 1,8 GHz Up; 2,1 GHz Up; 2,6 GHz Up	
DL	800 MHz Down; 900 MHz Down; 1,8 GHz Down; 2,1 GHz Down; 2,6 GHz Down	
2G	900 MHz Up and Down; 1,8 GHz Up and Down	
3G	2,1 GHz Up and Down	UL (uplink): átvitel a telefon és a bázisállomás között
4G	800 MHz Up and Down; 2,6 GHz Up and Down	DL (downlink): átvitel a bázisállomás és a telefon között
5G	3,6 GHz	
WiFi	ISM 2,4 GHz; WiFi 5 GHz	
teljes	800 MHz Up and Down; 900 MHz Up and Down; 1,8 GHz Up and Down; 2,1 GHz Up and Down; 2,6 GHz Up and Down; 3,5 GHz; ISM 2,4 GHz; WiFi 5 GHz	

2G



3G



4G



5G



Adatfeldolgozás

Tevékenység és zsúfoltság szerinti elemzés

Tevékenység

<i>koncert</i>	a résztvevők koncerten voltak: ConcertA (CA), ConcertB (CB), ConcertC (CC), OpenairParty (OP), PartyTent (PT)
<i>séta</i>	szabadon mozogtak a rendezvényen: Bars A (BA), Bars B (BB), Food A (FA), Food B (FB), Wine Village (WV)
<i>pihenés</i>	a parton pihentek: LakeSide (LS)

Zsúfoltság

<i>zsúfolt</i>	($r < 0,5$ m) legnagyobb távolság az emberek között 0,5 m
<i>közepes</i>	($r < 1,5$ m) legnagyobb távolság az emberek között 1,5 m
<i>szellős</i>	($r > 5$ m) legkisebb távolság az emberek között 5 m
<i>ritka</i>	($r > 15$ m) legkisebb távolság az emberek között 15 m



Eredmények

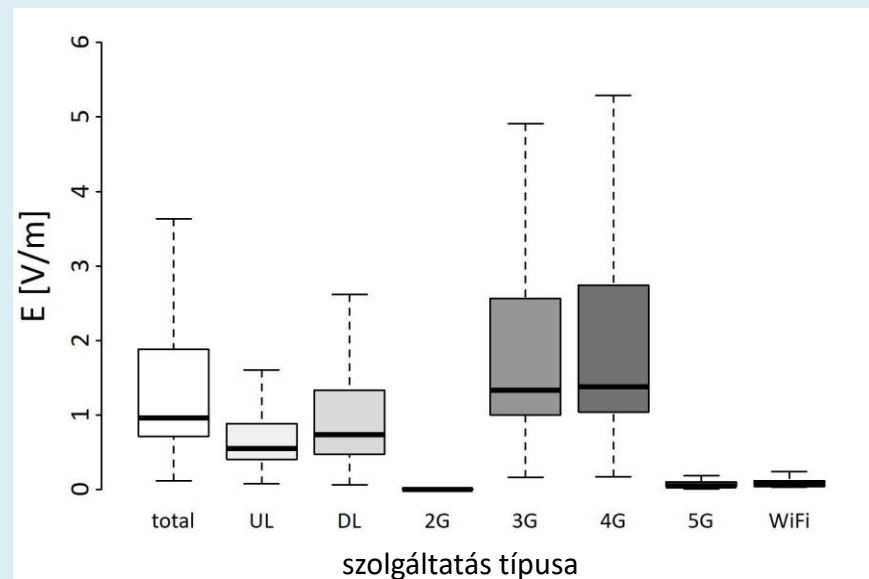
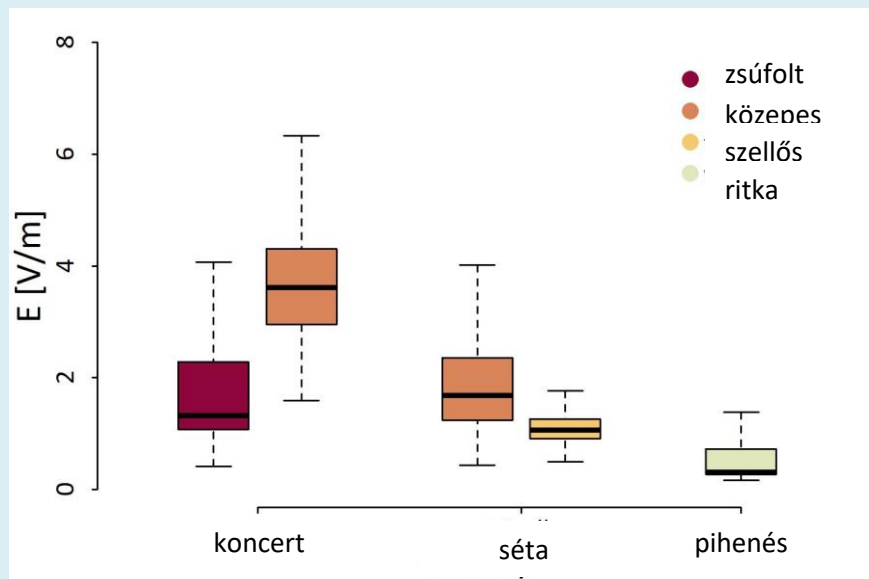
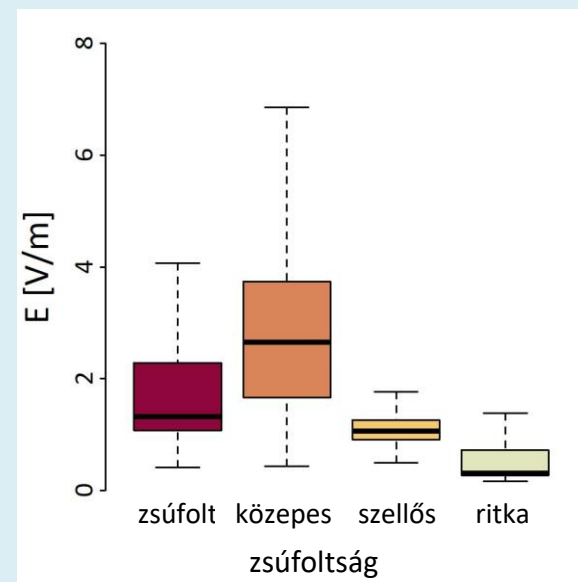
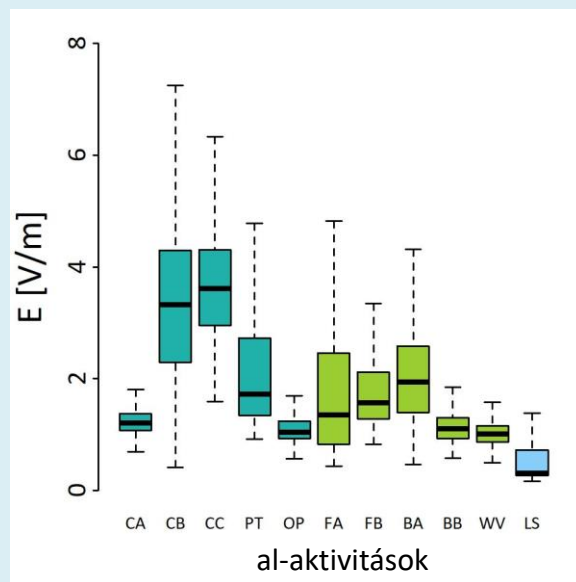
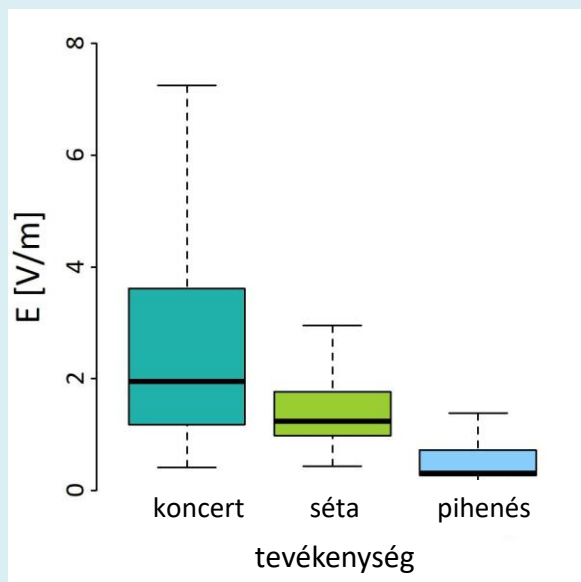
	Teljes		UL		DL		2G		3G		4G		5G		Wi-Fi	
	M	P 95	M	P 95	M	P 95	M	P 95	M	P 95	M	P 95	M	P 95	M	P 95
osztatlan	1,99	4,81	0,07	0,19	1,88	4,56	1,37	3,42	0,71	1,64	1,01	2,63	0,007	0,03	0,11	0,32
tevékenység																
koncert	2,48	5,39	0,09	0,21	2,35	5,14	1,71	3,84	0,85	1,88	1,29	2,9	0,010	0,04	0,14	0,39
séta	1,53	3,26	0,06	0,12	1,45	3,05	1,07	2,28	0,59	1,26	0,73	1,73	0,003	0,01	0,08	0,19
pihenés	0,58	1,68	0,03	0,06	0,54	1,53	0,38	1,03	0,28	0,83	0,25	0,79	0	0	0,04	0,08
zsúfoltság																
zsúfolt	1,92	4,83	0,07	0,2	1,88	4,79	1,28	3,22	0,7	1,67	1,13	3,07	0,006	0,03	0,13	0,43
közepes	2,82	5,49	0,1	0,2	2,6	5,11	1,99	3,92	0,96	1,89	1,3	2,69	0,012	0,04	0,13	0,30
szellős	1,16	1,95	0,05	0,08	1,13	1,91	0,85	1,43	0,48	0,81	0,53	0,91	0,001	0,01	0,05	0,10
ritka	0,58	1,68	0,03	0,06	0,54	1,53	0,38	1,03	0,28	0,83	0,25	0,79	0	0	0,04	0,08

Elektromos térerősség értékek [V/m] a különböző szolgáltatás típusokra nézve – összesen, valamint tevékenység vagy zsúfoltság szerint rendezve. Az oszlopok: (Összesen): az elemzésben szereplő összes adat, (UL): mobil ulpink, (DL): mobil lefelé irányuló kapcsolat, (2G, 3G, 4G, 5G): mobil sávok és (Wi-Fi). M: átlag, P 95: 95. percentilis

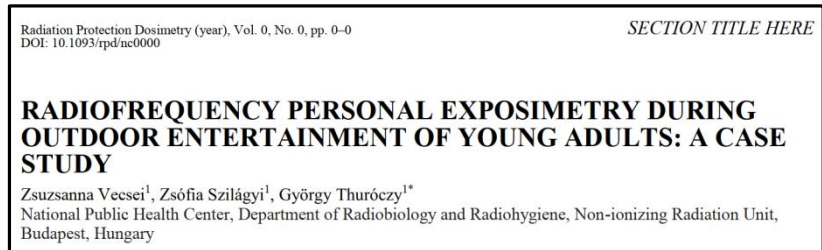
A mért RF expozíciós értékek különböztek

- **szolgáltatási típusok szerint** Kruskal-Wallis (H): $\chi^2 (4) = 27025$, **p < .001**, $\varepsilon^2 = 0.769$
- **tevékenységek szerint** Kruskal-Wallis (H): $\chi^2 (2) = 1608$, **p < .001**, $\varepsilon^2 = 0.229$
- **zsúfoltság szerint** Kruskal-Wallis (H): $\chi^2 (3) = 2604$, **p < .001**, $\varepsilon^2 = 0.371$

Eredmények



- **nagyobb** elektromos térerősség értékeket mértünk [V/m] mint ami más kültéri környezetben jellemző [1,2]
- ezek az értékek még mindig – egy nagyságrenddel – **kisebbségek** voltak a nemzeti [3] és nemzetközi [4] jogszabályokban javasolt RF-EMF expozíciós **határértékeknél** (58 V/m 2G és 61 V/m 3-5G és Wi-Fi esetén)
- publikáció elfogadva (Radiation Protection Dosimetry)
- A méréseket egy tovább fejlesztett protokollal megismételtük az **EFOTT 2022-es fesztiválon**



[1] Urbinello D, Joseph W, Huss A, Verloock L, Beekhuizen J, Vermeulen R, Martens L, Rössli M. Radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure levels in different European outdoor urban environments in comparison with regulatory limits. Environ Int. 2014 Jul; 68:49-54.

[2] Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Najera A. Personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. Environ Res. 2019 Aug; 175:266-273.

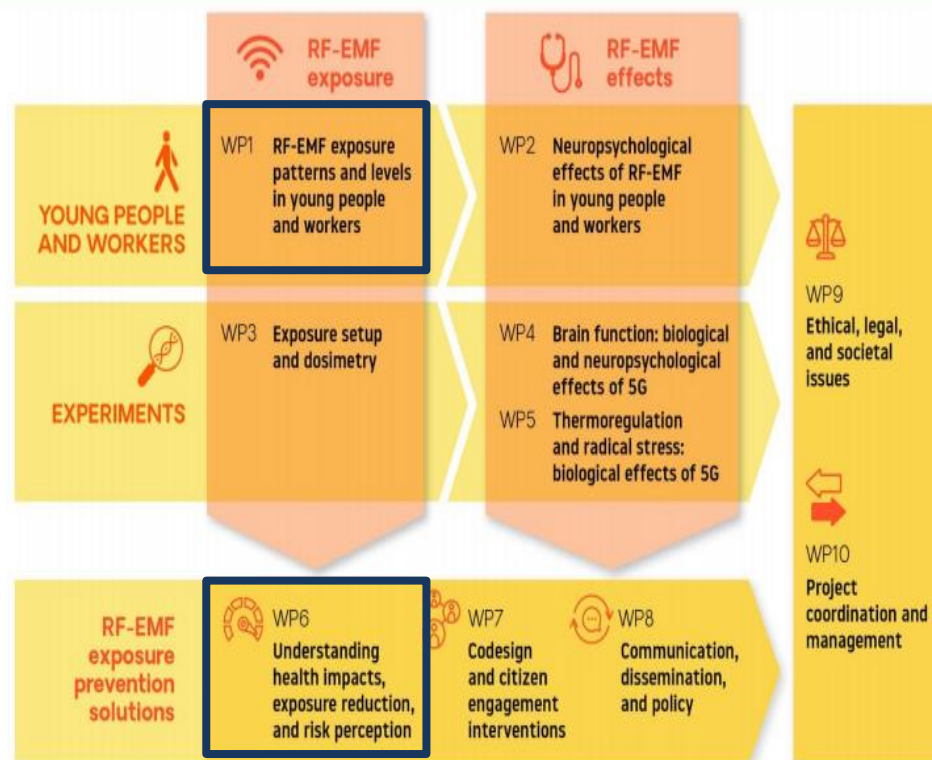
[3] EszCsM (Ministry of Health, Welfare and Family) decree No. 60/2004. (VII. 6.)

[4] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 KHZ TO 300 GHZ). Health Phys 118(5): 483–524; 2020

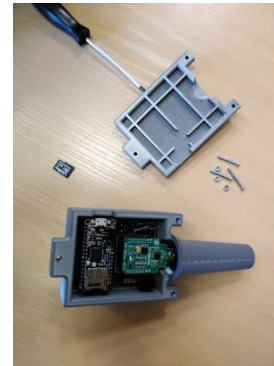
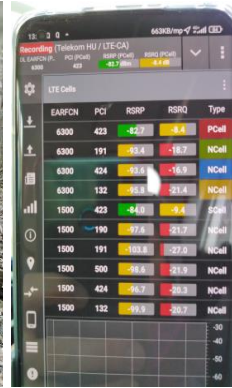


5G exposure, causal effects, and risk perception through citizen engagement

PERT diagram



HORIZON Europe 5G kutatási projekt az NNK részvételével



Köszönöm a figyelmet!