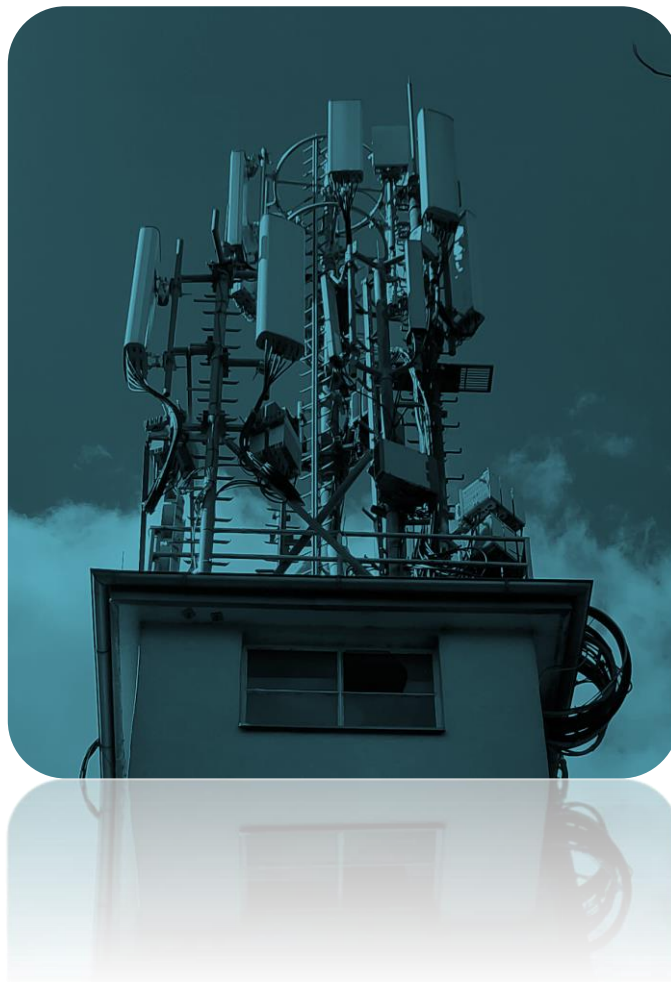




POROČILO O ŠTUDIJI

OSEBNA IZPOSTAVLJENOST VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM



oktober 2023

OSEBNA IZPOSTAVLJENOST VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM

Poročilo o študiji, oktober 2023

Avtorji

Blaž Valič, Tomaž Trček, Peter Gajšek,

Izdajatelj

Inštitut za neionizirna sevanja,

Pohorskega bataljona 215

1000 Ljubljana

Inštitut za neionizirna sevanja (www.inis.si) je kot neodvisna in nevladna organizacija registrirana za raziskave in razvoj na interdisciplinarnem področju problematike neionizirnih elektromagnetnih sevanj.

V okviru INIS deluje skupina, ki je usposobljena za najzahtevnejše razvojno-raziskovalne naloge s področja tehniškega, administrativnega, pravnega in zdravstvenega nadzora nad neionizirnimi sevanji.

Ker smo mednarodno priznana institucija na področju varstva okolja in varovanja zdravja pred neionizirnimi elektromagnetnimi sevanji, smo s strokovnim kadrom, bogatimi mednarodnimi povezavami in sodobno laboratorijsko opremo vrhunsko usposobljeni, da odgovorimo na vsa vaša vprašanja glede problematike neionizirnih elektromagnetnih sevanj v bivalnem in delovnem okolju.

Inštitut za neionizirna sevanja je s strani Slovenske akreditacije akreditirani organ za izvajanje meritev elektromagnetnih sevanj v frekvenčnem območju od 0 Hz do 40 GHz ter optičnih sevanj v območju od 200 – 3000 nm. Je hkrati tudi pooblaščen za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za vire NF in VF elektromagnetnega sevanja s strani Ministrstva za okolje in prostor (Pooblastilo št. 35459-1/2014-2).

Sofinancerji:

- Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji - www.uvps.gov.si
- Projekt Forum EMS – www.forum-ems.si

Omrežje 5. generacije mobilne telefonije (5G) je naslednja generacija sistemov brezžične tehnologije, ki bo zagotavljala večje hitrosti prenosa podatkov od vseh prejšnjih generacij. Pri testiranju tehnologije 5G hitrosti dosegajo od 700 do 3.025 Mb/s, kar pomeni, da bodo na primer filmi, ki so za prenos z omrežjem 4G potrebovali nekaj minut, preneseni v le nekaj sekundah. Za delovanje vsakega novega omrežja je v prostor potrebno umestiti tudi bazne postaje 5G. Omrežja 5G uporabljajo obstoječo infrastrukturo.

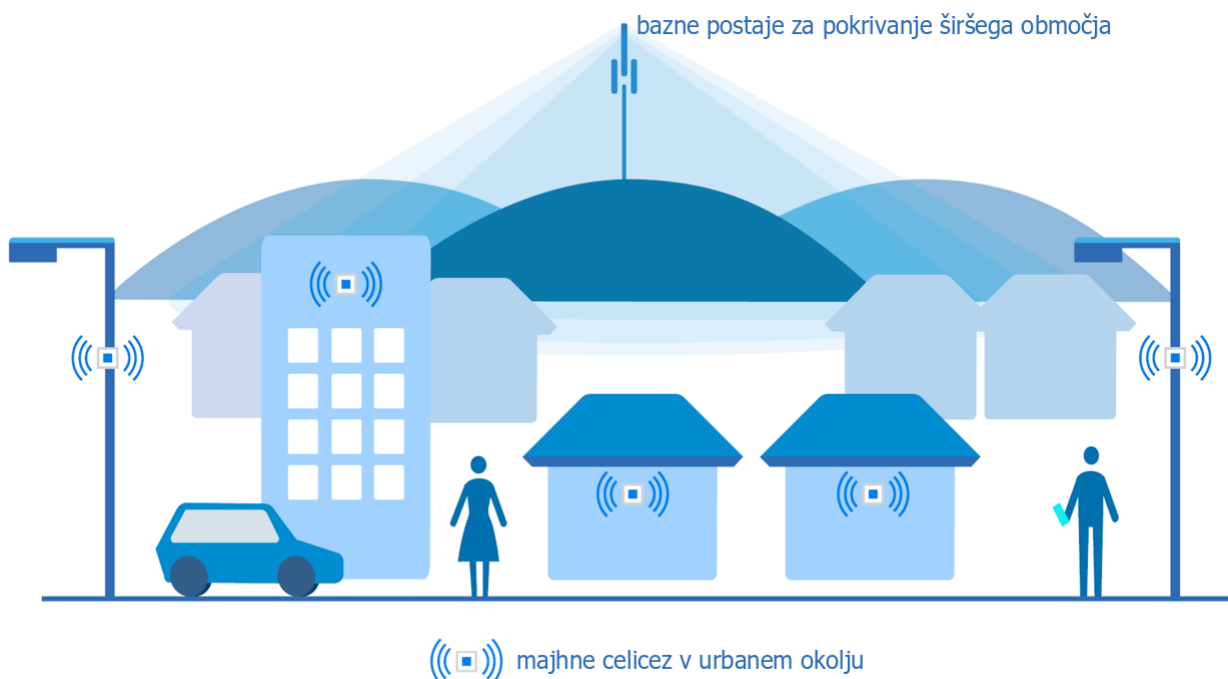
Omrežje 5G bo poleg obstoječih celic vsebovalo tudi majhne celice, ki bodo omogočale velike prenosne hitrosti na posameznem manjšem območju. Število teh celic se bo z uporabo novih frekvenc in naprednih anten povečevalo. Čeprav bodo omrežja, ki uporabljajo frekvenčne pasove pod 6 GHz, še vedno predstavljala hrbtenico mobilnih komunikacij, bo za novo omrežje 5G potrebno zagotoviti dodatne frekvenčne pasove nad 6 GHz, saj so obstoječi spektri že zasedeni. Razvoj in širitev tehnologije v nove frekvenčne pasove (t. i. milimetrski valovi) odpira nova vprašanja glede izpostavljenosti, vplivov na okolje in zdravje, umeščanja v prostor in zagotavljanja skladnosti z mednarodnimi standardi.

Da bi ocenili, kakšne so izpostavljenost visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem (VF EMS) s poudarkom na prispevku nove tehnologije 5G so bile izvedene meritve osebne izpostavljenosti 10 prostovoljcev v Sloveniji zaradi delovanja različnih virov VF EMS.

V sodelovanje je bilo povabljenih 10 prostovoljcev, ki so najmanj 24 ur nosili osebni ekspozimeter, ki je neprestano v 5 sekundnih intervalih beležil vrednosti VF EMS in jih sproti shranjeval. Po zaključku študije so bili zbrani podatki obdelani ter določene povprečne vrednosti za vsakega posameznika. Izmerjene vrednosti elektromagnetnega polja smo primerjali z mejnimi vrednostmi, ki jih določa slovenska zakonodaja - Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI RS 70/96).

2 Omrežje 5G

Omrežje 5. generacije mobilne telefonije (5G) je naslednja generacija sistemov brezžične tehnologije, ki zagotavlja večje hitrosti prenosa podatkov od vseh prejšnjih generacij. Pri testiranju tehnologije 5G hitrosti dosegajo od 700 do 3025 Mb/s, kar pomeni, da se na primer filmi, ki so za prenos z omrežjem 4G potrebovali nekaj minut, prenesejo v le nekaj sekundah. Čeprav pri uporabi omrežja 5G najprej pomislimo na pametne telefone in druge mobilne naprave, obstajajo številne druge aplikacije, ki bodo uporabljale tehnologijo 5G. Razvoj novih generacij mobilne telefonije se usmerja tudi v izboljšano podporo komunikaciji stroj-stroj oziroma tako imenovanemu internetu stvari (IoT), kar bo pospešilo razmah pametnih tehnologij, avtomatizacije in avtonomnih vozil.



S 1: Prikaz omrežja 5G z makro in majhnimi celicami.

Omrežje 5G bo poleg obstoječih celic vsebovalo tudi majhne celice, ki bodo omogočale velike prenosne hitrosti na posameznem manjšem območju. Število teh celic se bo z uporabo novih frekvenc in naprednih anten povečevalo. Čeprav omrežja, ki uporabljajo frekvenčne pasove pod 6 GHz, še vedno predstavljajo hrbtenico mobilnih komunikacij, bo za novo omrežje 5G potrebno zagotoviti dodatne frekvenčne pasove nad 6 GHz, saj so obstoječi spektri že zasedeni. Razvoj in širitev tehnologije v nove frekvenčne pasove (t. i. **milimetrski valovi**) odpira nova vprašanja glede izpostavljenosti, vplivov na okolje in zdravje, umeščanja v prostor in zagotavljanja skladnosti z mednarodnimi standardi.

2.1 Značilnosti omrežja 5G

5G prinaša višje frekvence in večje pasovne širine¹ od predhodnih generacij mobilne telefonije, kar bo omogočilo bistveno višje hitrosti prenosa podatkov. Zelo visoke frekvence nad 3 GHz

¹ Pasovna širina podaja frekvenčni razpon, ki v telekomunikacijah pove, kakšen je spekter frekvenc, ki se lahko prenaša preko prenosne poti. Pasovna širina je v premo sorazmerna s hitrostjo prenosa informacij.

omogočajo zelo veliko pasovno širino, zato so idealne za povezovanje velikih skupin uporabnikov, ki se pogosto oblikujejo v gosto naseljenih območjih, na množičnih prireditvah...

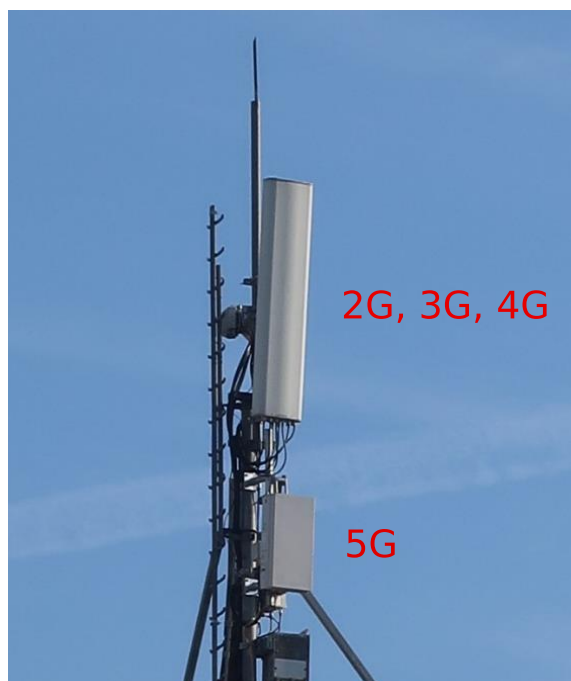


Pomembna novost so **pametne antene** (t.i. Massive MIMO), ki lahko oblikujejo usmerjene snope (t.i. beamforming) in tako usmerijo signal v tisto območje, kjer se nahajajo trenutno aktivni uporabniki. S tem se zagotovi optimalne poti signala do vsakega povezanega uporabnika. Te pametne antene bodo omogočile učinkovito delovanje omrežja, saj zmanjšajo motnje in povečajo možnosti, da signali v različnih pogojih dosežejo predvidenega prejemnika. Pametne antene ustvarjajo in usmerjajo signale le, kadar in kjer so potrebni. Če torej ni uporabnikov, denimo ponoči v spalnem naselju, oddajajo zgolj sinhronizacijski signal z močjo, ki je tudi do 1000-krat nižja od tiste, pri kateri deluje bazna postaja, ko je polno zasedena.

Po mnenju strokovnjakov za nizke izpostavljenosti je ključnega pomena dobra infrastruktura, saj mobilni telefon, ki ga nosimo pri sebi in ga imamo med telefoniranjem ali prenosom podatkov tik ob telesu/glavi, ob slabi pokritosti s signalom oddaja z večjo močjo, da njegov signal doseže bazno postajo in lahko zagotavlja dovolj kakovostno delovanje. Pričakovati je, da bodo mobilni operaterji pri iskanju lokacij za bazne postaje 5G bolj sodelovali, saj možnost uporabe iste lokacije vsem prinaša finančne prihranke pri investiranju v infrastrukturo. Glavno omejitev pri solokacijah pa predstavlja zakonsko določena najvišja vrednost skupne izpostavljenosti zaradi delovanja vseh virov hkrati na istem območju.

2.2 Kako deluje 5G

Sprva bodo omrežja 5G uporabljala obstoječo infrastrukturo. Bazne postaje 5G (makro celice) so podobne baznim postajam 2G, 3G in 4G ter so namenjene zagotavljanju pokritosti večjih območij. Nameščene bodo na antenske stolpe skupaj z obstoječimi antenami baznih postaj (glej sliko S 2). Višje frekvence pomenijo manjše antene, a **VF EMS** pri frekvencah nad 20 GHz imajo precej manjši doseg, med oddajno in sprejemno napravo pa ne sme biti ovire.



S 2: Prikaz antenskega stolpa na poslovni stavbi, kjer se na isti lokaciji nahajata bazna postaja obstoječega omrežja 2G, 3G in 4G ter nova bazna postaja omrežja 5G.

2.3 Kaj dejansko novega prinaša 5G?

2.3.1 Visoke hitrosti prenosa podatkov

Omrežje 5G bo zagotavljalo bistveno večje hitrosti prenosa. Najvišja hitrost prenosa podatkov lahko doseže 20 Gbps v smeri do uporabnika (*download*) in 10 Gbps v smeri od uporabnika (*upload*). Ob tem je potrebno poudariti, da to ni hitrost, ki jo ima na razpolago sleherni uporabnik 5G (razen, če je v tistem trenutku edini povezan uporabnik na bazno postajo), temveč je to hitrost, ki jo delijo vsi trenutni uporabniki posamezne bazne postaje. Čeprav največje hitrosti prenosa podatkov za 5G zvenijo zelo impresivno, bodo tipične dejanske hitrosti nižje. Specifikacija zahteva hitrost prenosa v smeri do uporabnika vsaj 100 Mbps in od uporabnika vsaj 50 Mbps.

2.3.2 Minimalne zakasnitve

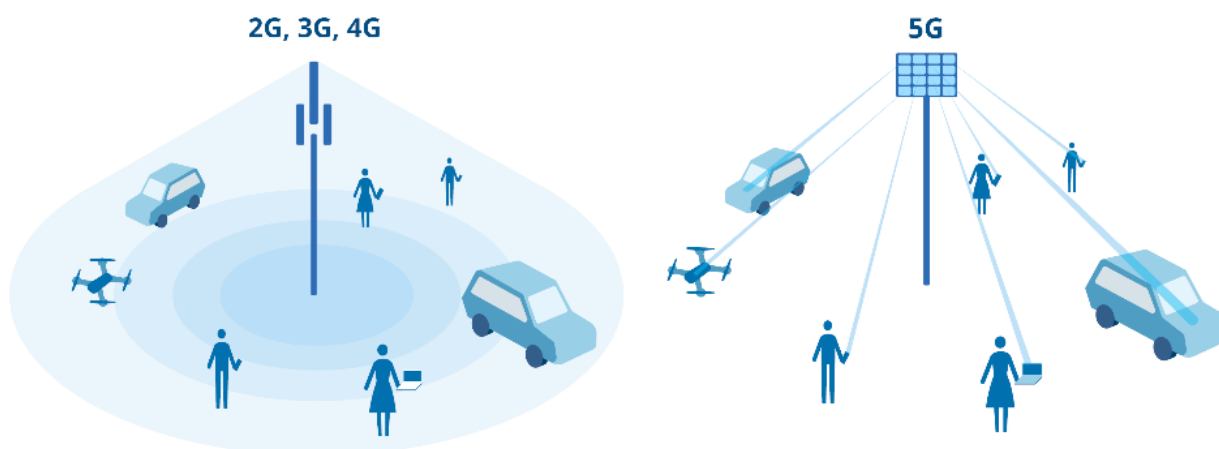
Zakasnitev ali latenca v mobilni telefoniji je čas, ki ga omrežje potrebuje, da se odzove na zahtevo po prenosu podatkov. Zakasnitev v omrežju 5G bo bistveno krajša kot v obstoječih mobilni omrežjih, v idealnih okoliščinah bo znašala največ 4 milisekunde, pri URLLC (*Ultra Reliable Low Latency Communications*) pa zgolj 1 milisekundo. To z vidika opravljanja klicev ni pomembna lastnost, je pa zelo pomembna pri komunikaciji različnih naprav med seboj (IoT), da lahko delujejo v realnem času.

2.3.3 Učinkovitost

Bazne postaje 5G morajo biti med uporabo tudi energetsko učinkovite in preklopiti na nizkoenergijski način, ko niso v uporabi. V idealnem primeru bi bazna postaja morala biti sposobna preiti v nizkoenergijsko stanje v 10 milisekundah po oddaji zadnjega signala/uporabniškega prometa. Razmerje med največjo oddajno močjo bazne postaje, ko je polno obremenjena, in oddajno močjo, ko ni obremenjena, je pri tehnologiji 5G bistveno večje. To razmerje je pri baznih postajah 3G približno 10, pri baznih postajah 4G približno 1.000 in pri baznih postajah 5G približno 10.000. To v praksi pomeni, da bazna postaja 5G takrat, ko ni obremenjena, seva bistveno manj kot obstoječe bazne postaje 2G, 3G in 4G.

2.3.4 Mobilnost

S tehnologijo 5G bodo bazne postaje podpirale uporabnike, ki se gibljejo s hitrostjo do 500 km/h. Tako bo prenos podatkov pri baznih postajah 5G dostopen tudi potnikom na hitrih vlakih. Čeprav je to v omrežjih 4G (LTE) enostavno zagotoviti, je takšna mobilnost izziv za nova omrežja 5G, ki delujejo v milimetrskem frekvenčnem območju.



S 3: Običajne antene omrežja 2G, 3G in 4G (levo) zagotavljajo pokrivanje podobno kot reflektor, ki osvetljuje široko območje. Pametne antene omrežja 5G (desno) pa so kot ozko umerjen snop svetlobe, ki zagotavlja pokrivanje le tam, kjer je to potrebno, in s tem zmanjšuje neželene signale; ko ni prenosa, tudi ni potrebe po oddajanju in s tem visokofrekvenčna EMS.

2.3.5 Množična povezava različnih naprav

Tehnologija 5G bo imela možnost podpirati veliko več povezanih naprav kot v omrežju 4G (LTE). Standardna omrežja 5G naj bi bila sposobna omogočiti en milijon povezanih naprav na kvadratni kilometer. To je ogromno število, več kot zadostno za množično povezanost naprav, ki jih bo omogočil internet stvari (IoT).



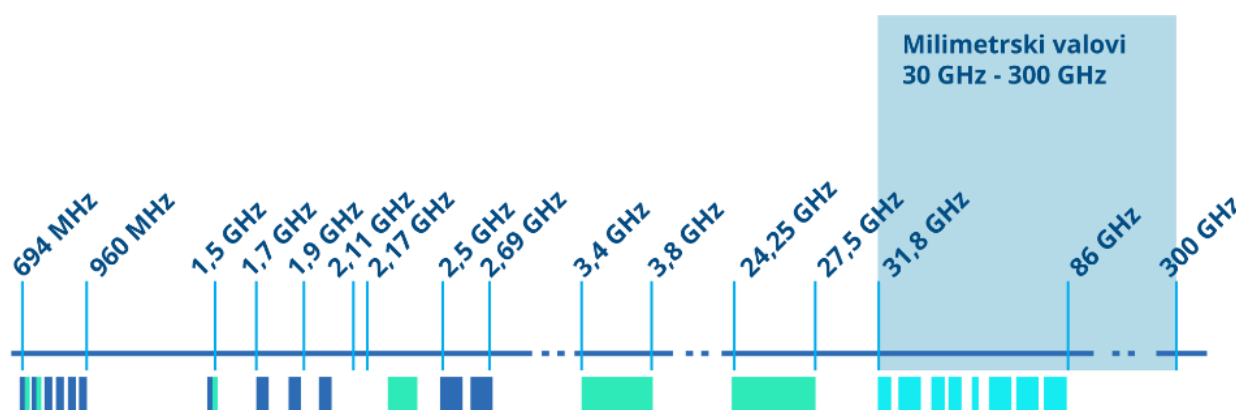
2.4 Kateri frekvenčni pasovi so dodeljeni 5G?

Leta 2016 je Evropska komisija izdala akcijski načrt 5G za Evropo, v katerem je določila več ukrepov za uvedbo 5G, vključno s predlaganim časovnim razporedom in frekvenčnimi pasovi. Države članice pa je pozvala, naj omogočijo dostop do radiofrekvenčnega spektra za 5G, saj je le-ta naravna dobrina, ki jo v vsaki posamezni državi upravlja regulator. V skladu s politiko EU so predvideni trije frekvenčni pasovi za novo omrežje 5G:

- 700 MHz in 3,6 GHz - uporaba teh radiofrekvenčnih pasov ni nova. Pas 3,6 GHz se trenutno že uporablja za mobilno telefonijo in WiMAX, medtem ko so se frekvence okrog 700 MHz vrsto let uporabljale za oddajanje analogne televizije, po ukinitvi analognih televizijskih oddajnikov in njihovi nadomestitvi z DVB-T oddajniki pa je ta frekvenčni pas postal prost;
- 26 GHz - ta visokofrekvenčni pas se trenutno še ne uporablja. Te frekvence naj bi se uporabljale za omrežje 5G v gosto naseljenih urbanih območjih. Uporabni doseg pri tej frekvenci je zelo kratek (nekaj sto metrov), zato na redko poseljenih območjih in podeželju bržkone ne bo v uporabi. Glavna pomanjkljivost signalov pri teh frekvencah je, da lahko pokrivajo zelo majhno območje in so zelo omejeni tudi pri razširjanju znotraj zgradb.

Za 5G se bodo uporabili tudi obstoječi frekvenčni pasovi 800 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz in 2,6 GHz. Že danes namreč obstaja tehnologija, ki omogoča hkratno delovanje 4G in 5G na istem frekvenčnem pasu (DSS funkcionalnost). V prihodnje, ko se bo večina prometa preselila na 5G, pa je pričakovati, da se bodo tudi ti frekvenčni pasovi sproščali za uporabo 5G.

Omrežja 5G bodo v prvi fazi delovala na frekvenčnih pasovih 700 MHz in 3,6 GHz. VF pas 26 GHz se bo uporabljal za zagotavljanje velikih prenosnih zmogljivosti na manjših območjih, kjer bo to potrebno (npr. gosto naseljena območja, mestna središča, množične prireditve ...). Postopoma se bodo v prihodnosti poleg VF pasu 26 GHz lahko uporabljale tudi višje frekvence v področju milimetrskih valov nad 30 GHz.



S 4: Prikaz radiofrekvenčnega spektra, ki se uporablja za mobilno telefonijo.

■ Pasovi predvideni za 5G

■ Pasovi, kjer se že uporablja mobilna telefonija in jih je mogoče ponovno uporabiti za 5G

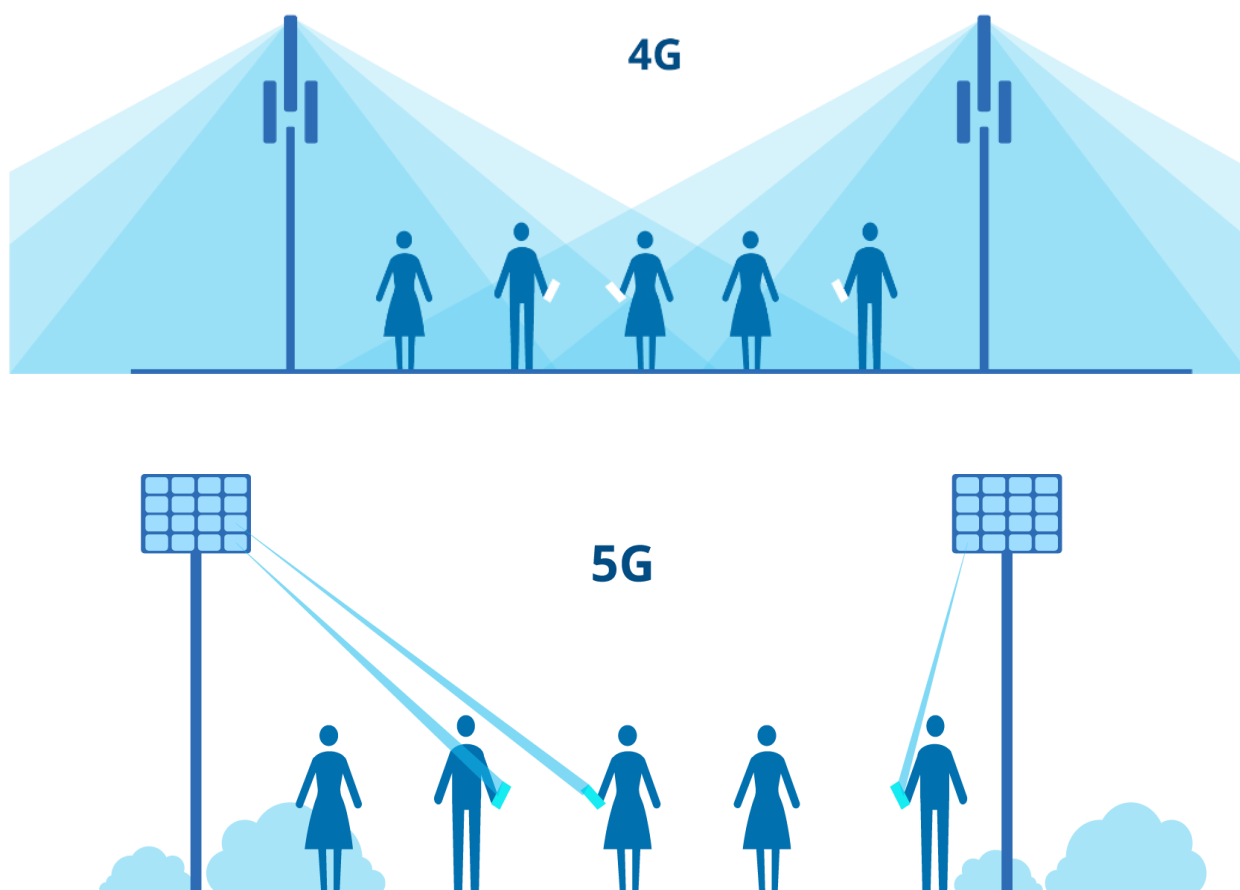
■ Pasovi, kjer se trenutno testira nova mobilna telefonija.



2.5 Kaj so milimetrski valovi?

S pojmom milimetrski valovi (t.i. mmWaves) poimenujemo EMS, ki imajo valovno dolžino manjšo od 10 mm in frekvenco nad 30 GHz. Izraz se uporablja tudi za označevanje VF pasu okrog 26 GHz, ki je predviden za tehnologijo 5G. Ta del spektra uporablja do 10-krat višje frekvence, kot jih uporabljajo mobilna omrežja 2G, 3G in 4G. Prav uporaba teh višjih frekvenc je povzročila veliko zaskrbljenost javnosti, vendar se podobne visoke frekvence (milimetrski valovi) že vrsto let uporabljajo za radarje, mikrovalovne povezave, medicinske naprave, letališke varnostne skenerje in drugo.

Obstoječi tehnologiji 3G in 4G v glavnem uporabljata **makro celice** (bazne postaje), ki ponujajo dosege od 2 do 15 kilometrov ali več in zato pokrivajo večje območje, vendar lahko pride v primeru prevelikega števila sočasnih uporabnikov do prezasedenosti bazne postaje in posledično do težav v delovanju. Dodatno pa se uporabljajo še **majhne celice** (t.i. femto, piko in mikro) za lokalno pokrivanje območij, kjer je potreben velik prenos podatkov ali so slabo pokrita s signalom klasičnih baznih postaj – npr. znotraj večjih objektov, v garažnih hišah in podobno.



S 5: Običajne antene 4G (zgoraj) zagotavljajo pokrivanje večjega območja. Pametne antene 5G (spodaj) oddajajo signal le tja, kjer je uporabnik. Pametne antene tako povečajo zmogljivost in izboljšajo učinkovitost, hkrati pa so povprečne izpostavljenosti nižje.

V 5G omrežjih se bo uporaba majhnih celic, ki bodo nameščene blizu uporabnikom v urbanih okoljih, npr. na drogu javne razsvetljave, prometnem znaku ali znotraj nakupovalnih središč in drugih poslovnih stavb, zelo povečala. Majhne celice 5G imajo doseg od 20 do nekaj 100 metrov. Doseg 20 metrov pomeni, da je za pokrivanje enega kvadratnega kilometra potrebnih približno 800 majhnih celic. Vendar se majhne celice ne bodo uporabljale za pokrivanje celotnih območij, temveč le tam, kjer bo to potrebno.



S 6: Primer namestitve anten majhne celice 5G na drogu javne razsvetljave.

T 1: Izvedbe majhnih celic omrežja 5G z njihovimi lastnostmi. V tabeli so navedeni področje rabe, število uporabnikov, oddajna moč in območje pokrivanja. Za primerjavo je naveden tudi podatek za naprave Wi-Fi in mobilni telefon.

izvedba	področje uporabe	število uporabnikov	oddajna moč	pokrivanje
femto celica	stanovanja in pisarne	4 - 32	0 – 100 mW (indoor) 0.2 – 1 W (outdoor)	nekaj 10 m
piko celica	javne površine, letališča, nakupovalna središča, postaje ...	64 - 128	00 – 250 mW (indoor) 1 – 5 W (outdoor)	do 100 m
mikro celica	urbana območja - podpora pokrivanju z makro baznimi postajami	128 - 256	5 – 10 W (outdoor)	nekaj 100 m
za primerjavo				
naprave Wi-Fi	stanovanja in pisarne	< 50	20 – 100 mW (indoor) 0.2 – 1 W (outdoor)	nekaj 10 m
mobilni telefon	Povsod	1	2 W GSM 0,2 W LTE	teoretično do 30 km



3 Metodologija

V študiji je sodelovalo 10 prostovoljcev, ki smo jih pridobili s povabilom k sodelovanju v raziskavi. Prostovoljci so 24 ur ali več nosili osebni ekspozimeter, ki beleži vrednosti visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (VF EMS). Meritve so potekale od meseca marca do meseca septembra 2023. Vsak prostovoljec je pred začetkom izvajanja meritev osebne izpostavljenosti prejel navodila o poteku meritev. Osebni ekspozimeter so prostovoljci med potekom študije ves čas nosili pri sebi, običajno v tobici ali nahrbtniku, doma pa so ga imeli v istem prostoru, kot so se nahajali tudi sami. Merilnik je v času meritev samodejno vsakih 5 s zabeležil vrednost VF EMS v več frekvenčnih pasovih, v katerih deluje večina današnjih komunikacijskih naprav, ki hkrati predstavljajo tudi vire sevanj, katerim smo najbolj izpostavljeni.

Meritve osebne izpostavljenosti smo izvedli na področju visokih frekvenc v območju od 80 MHz do 6 GHz, kjer deluje večina VF virov sevanja: radiodifuzija, mobilna telefonija, brezžično računalniško omrežje in podobno. Meritve smo izvajali z merilnikom osebne izpostavljenosti Fields at Work Expom-RF 4. Naprava meri vrednosti VF EMS v 16 frekvenčnih pasov, podanih v tabeli T 2. Obenem shranjuje tudi čas meritev in lokacijo meritev na podlagi signala GPS.

T 2: Frekvenčni pasovi, v katerih osebni ekspozimeter Fields at Work Expom-RF 4 ločeno izmeri vrednosti skupaj s tehnologijami, ki se uporabljajo v posameznem frekvenčnem pasu.

frekvenčni pas	začetna frekvenca [MHz]	končna frekvenca [MHz]	prevladujoča tehnologija, ki se uporablja v frekvenčnem pasu	druge tehnologije, ki se uporabljajo v istem frekvenčnem pasu
FM radio	87,5	108	analogni radio	/
DAB radio	174	230	digitalni radio	/
zveze	380	470	profesionalne zveze	/
DVB-T	470	694	digitalna televizija	/
700	738	788	mobilna telefonija 5G	mobilna telefonija 4G
800	791	821	mobilna telefonija 4G	/
900	920	960	mobilna telefonija 2G	mobilna telefonija 3G in 4G
1500	1427	1518	mobilna telefonija 4G	
1800	1805	1880	mobilna telefonija 4G	mobilna telefonija 2G
DECT	1880	1900	brezžični telefoni	/
2100	2110	2170	mobilna telefonija 3G	mobilna telefonija 4G
2300	2300	2400	mobilna telefonija 4G	/
WiFi 2,4	2400	2484	brezžična računalniška omrežja	/
2600	2570	2690	mobilna telefonija 4G	mobilna telefonija 5G
3500	3300	3800	mobilna telefonija 5G	/
WiFi 5	5150	5875	brezžična računalniška omrežja	/

3.1 Vrednotenje obremenitev

Izmerjene vrednosti električnega polja so bile ovrednotene glede na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Mejne vrednosti so frekvenčno odvisne in so za I. in II. območje varstva pred sevanji podane v tabeli T 3. V I. območje varstva pred sevanji spadajo tista območja, ki so namenjena bivanju oziroma kjer se prebivalstvo zadržuje dalj časa (stanovanja, šole, bolnišnice...), zato tu veljajo strožje mejne vrednosti. II. območje pa predstavlja ostala območja (gozdovi, njive, transportna in industrijska območja...). Vse izmerjene vrednosti električnega polja so bile ovrednotene glede na mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, čeprav so se sodelujoči del časa nahajali tudi na območjih, ki sodijo v II. območje varstva pred sevanji, kot so na primer javne površine, namenjene prometu ali naravno okolje.

T 3: Mejne vrednosti za električno polje za najpomembnejše VF frekvenčne pasove oziroma tehnologije.

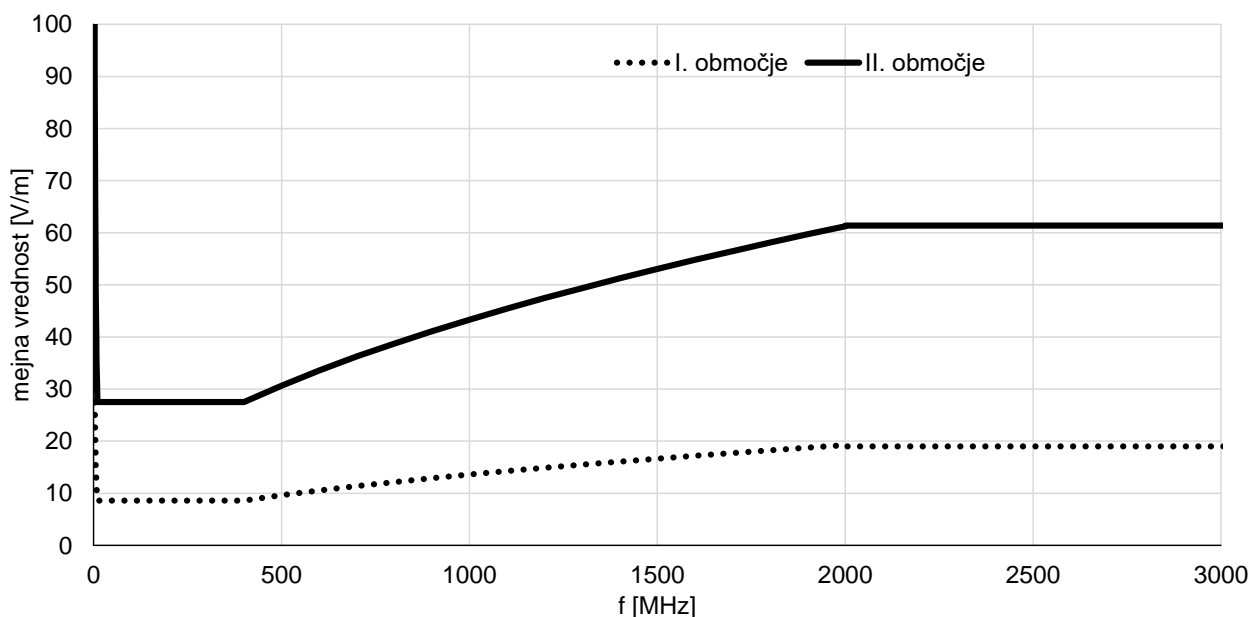


frekvenčni pas	mejne vrednosti za električno poljsko jakost [V/m]	
	I. območje	II. območje
FM radio	8,60	27,50
DAB radio	8,60	27,50
zveze	8,60-9,32	27,50-29,70
DVB-T	9,32-11,33	29,70-36,09
700	11,68-12,07	37,22-38,46
800	12,09-12,32	38,53-39,25
900	13,08-13,32	41,67-42,45
1500	16,24-16,75	51,75-53,38
1800	18,27-18,64	58,20-59,40
DECT	18,64-18,74	59,40-59,72
2100	19,00	61,40
2300	19,00	61,40
WiFi 2,4	19,00	61,40
2600	19,00	61,40
3500	19,00	61,40
WiFi 5	19,00	61,40

Postopek določanja skupnih obremenitev, ki upošteva prispevek vseh tehnologij oziroma virov na določeni lokaciji, je opredeljen v Prilogi 2 uredbe. Skupne obremenitve se določajo s pomočjo enačbe E 1.

$$E 1 \quad SI = \sum_i \left(\frac{E_i}{L_{E,i}} \right)^2 \quad 680 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz},$$

kjer je SI indeks izpostavljenosti, f frekvenca signala, E_i električna poljska jakost i tega vira oziroma i te frekvenca in $L_{E,i}$ i -temu frekvenčnemu območju ustreza mejna vrednost. Mejne vrednosti so presežene, če indeks izpostavljenosti presega vrednost 1.



S 7: Prikaz mejnih vrednosti v območju do 3 GHz. Od 3 GHz do 6 GHz so mejne vrednosti enake.

4 Rezultati meritev

Sodelujoči so osebni ekspozimeter nosili med 22 in 95 ur, v povprečju pa 53 ur. Skupno je bilo izmerjenih več kot 390.000 meritev. Na podlagi izvedenih meritev so bile za vsakega posameznika določene povprečne in najvišje vrednosti.

4.1 Analiza povprečnih vrednosti

Z vidika ocenjevanja izpostavljenosti so bolj kot najvišje vrednosti pomembne povprečne vrednosti. Najvišje vrednosti so običajno posledica trenutne izpostavljenosti virom, ki so se nahajal v neposredni bližini osebe, ki je nosila osebni ekspozimeter, prav tako pa je običajno tudi trajanje visokih izpostavljenosti kratko. V tabeli T 4 so podane povprečne izmerjene vrednosti električnega polja za vseh 10 sodelujočih.

T 4: Povprečne izmerjene vrednosti jakosti električnega polja v V/m za posamezna frekvenčna območja za vseh 10 sodelujočih.

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FM	0,06	0,10	0,06	0,04	0,12	0,12	0,06	0,13	0,06	0,72
DAB	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,24
zveze	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
DVB-T	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,11
700	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,12
800	0,03	0,06	0,02	0,02	0,02	0,06	0,03	0,05	0,03	0,17
900	0,07	0,08	0,04	0,06	0,03	0,05	0,03	0,06	0,05	0,14
1500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1800	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,03	0,11
DECT	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06
2100	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,07
2300	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
WiFi 2,4	0,02	0,04	0,05	0,04	0,02	0,10	0,01	0,01	0,01	0,02
2600	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,05
3500	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,11
WiFi 5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08

Iz izmerjenih rezultatov so bili izračunani indeksi izpostavljenosti, ki podajajo delež izpostavljenosti glede na predpisane mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V tabeli T 5 je podan povprečen indeks izpostavljenosti za vseh 10 sodelujočih.

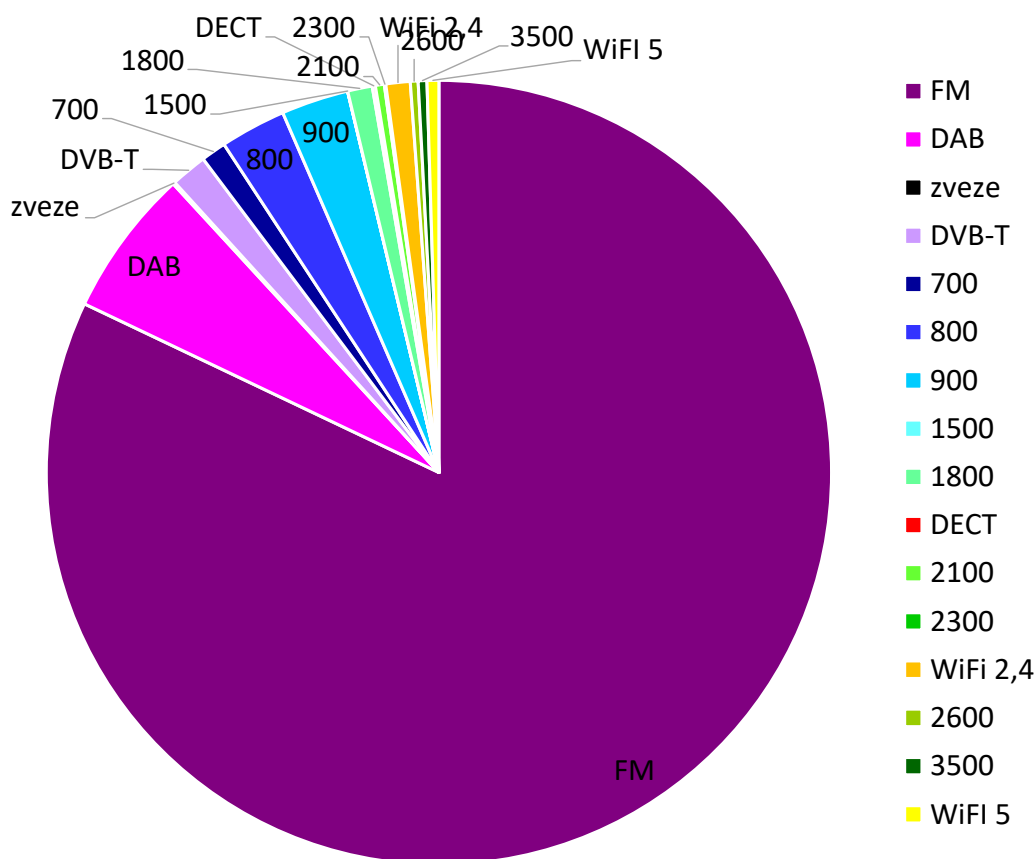
T 5: Povprečen indeks izpostavljenosti za I. območje varstva pred sevanji za posamezna frekvenčna območja za vseh 10 sodelujočih.



ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FM	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0003	0,0002	0,0001	0,0082	0,0001	0,0101
DAB	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009
zveze	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
DVB-T	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
800	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0003
900	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001
1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
DECT	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
2300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
WiFi 2,4	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
3500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
WiFi 5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
skupaj	0,0002	0,0005	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0003	0,0090	0,0002	0,0119

Rezultati meritev kažejo, da so povprečne izpostavljenosti nizke. Za posameznika z najvišjimi povprečnimi izpostavljenostmi znaša indeks izpostavljenosti 0,0119, kar pomeni, da je bil najbolj izpostavljeni sodelujoči v povprečju izpostavljen le malo več kot en odstotek dovoljenih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Skupna povprečna vrednost indeksa izpostavljenosti vseh 390.153 meritev, ki so trajale skupno 541,9 ur, znaša 0,0026.

Na sliki S 8 so predstavljeni prispevki posameznih frekvenčnih območij k skupnim povprečnim obremenitvam. Največ prispevajo FM oddajniki, saj znaša njihov prispevek 82,1 odstotkov skupnega indeksa izpostavljenosti, sledijo DAB oddajniki s 6,1 %, nato bazne postaje mobilne telefonije pri frekvenci 900 Hz z 2,8 %, bazne postaje pri 800 MHz z 2,7 % in DVB-T televizijski oddajniki z 1,5 %, ostala frekvenčna področja prispevajo po odstotek ali manj.

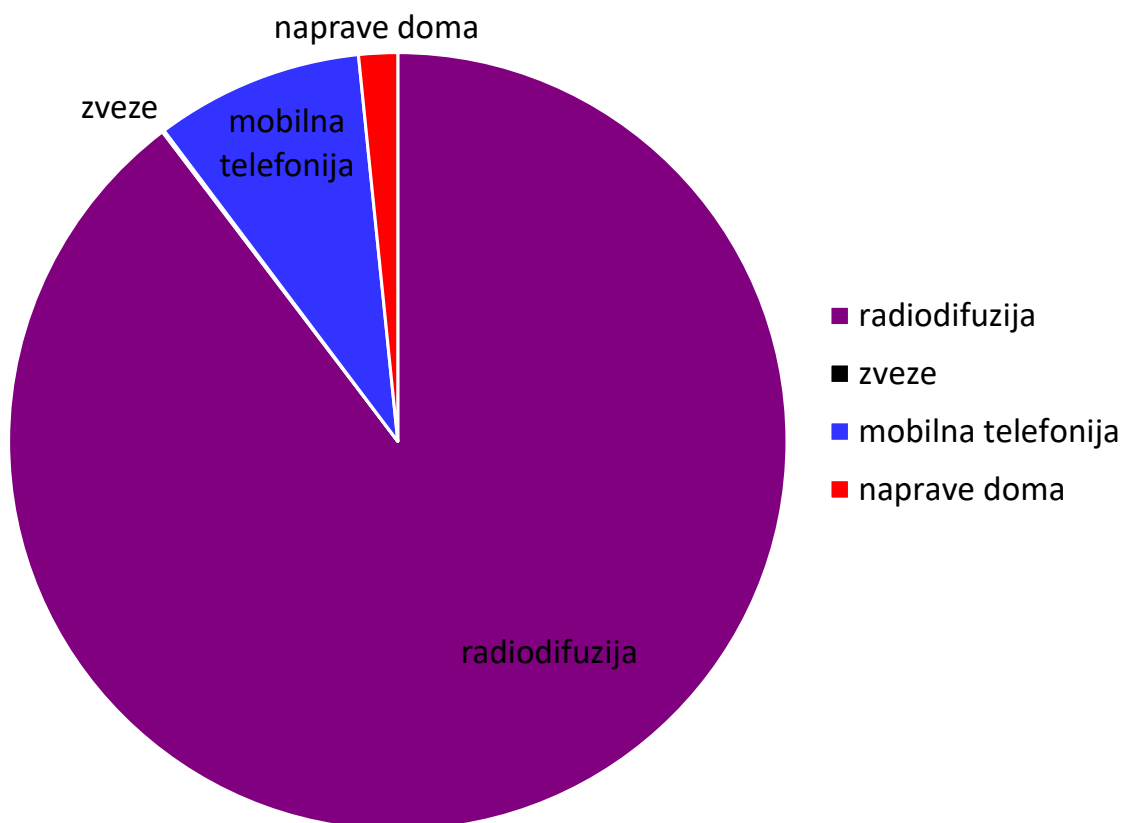


S 8: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupni povprečni izpostavljenosti.

Če rezultate združimo v glavne skupine virov, to so:

- radiodifuzija, kamor sodijo radijski oddajniki FM in DAB ter televizijski oddajniki DVB-T,
- zveze (TETRA),
- bazne postaje mobilne telefonije, kamor sodijo frekvenčni pasovi (vse v MHz) 700, 800, 900, 1500, 1800, 2100, 2300, 2600 in 3500 ter
- vire doma, kamor sodijo DECT brezžični telefoni ter WiFi 2,4 in WiFi 5,

lahko vidimo, da mobilna telefonija prispeva manjši delež povprečne izpostavljenosti, in sicer 8,6 % (slika S 9). Najpomembnejši delež ima radiodifuzija s 89,7 %, 1,6 % predstavljajo viri doma.

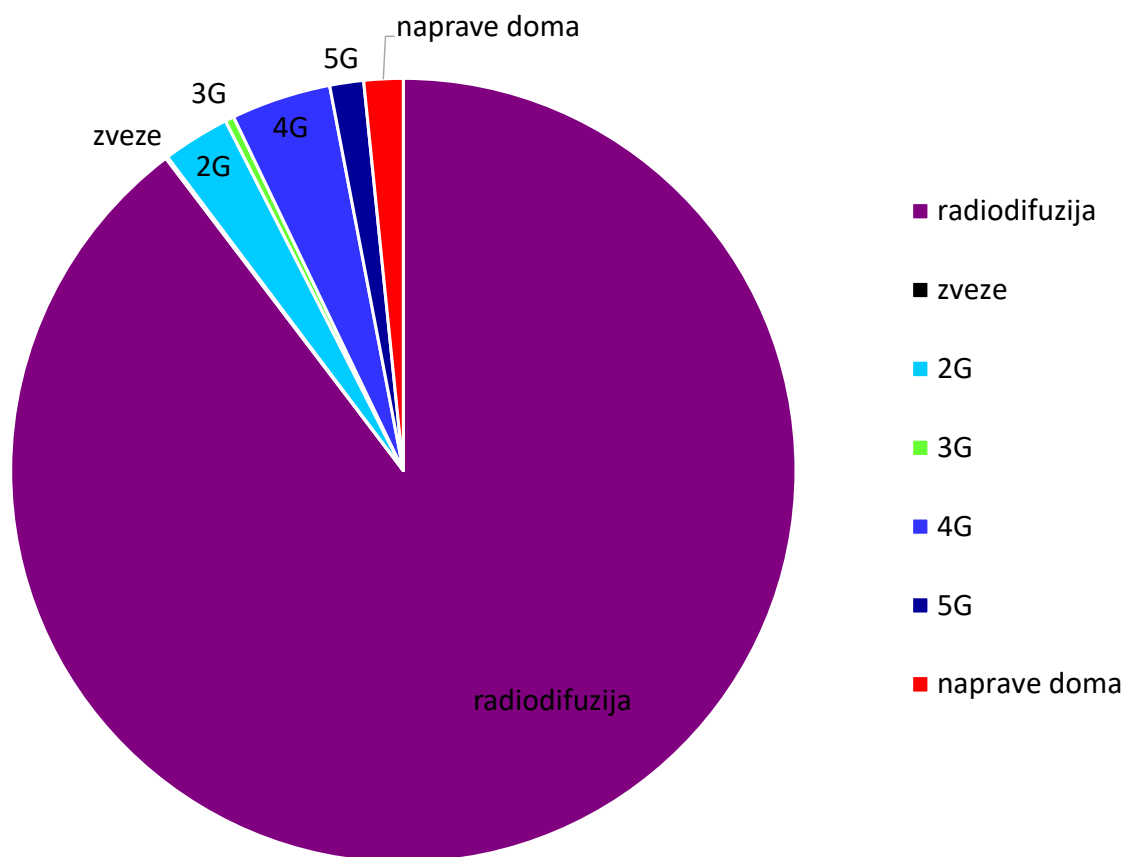


S 9: Prispevek glavnih skupin virov k skupni povprečni izpostavljenosti.

Zaradi uvajanja nove tehnologije 5G je seveda pomembno tudi vprašanje, kolikšen doprinos k skupnim obremenitvam prispeva sistem mobilne telefonije 5G. Glede na podatke iz tabele T 2 so bila posamezna frekvenčna območja mobilne telefonije združena glede na prevladujočo tehnologijo v posameznem frekvenčnem območju:

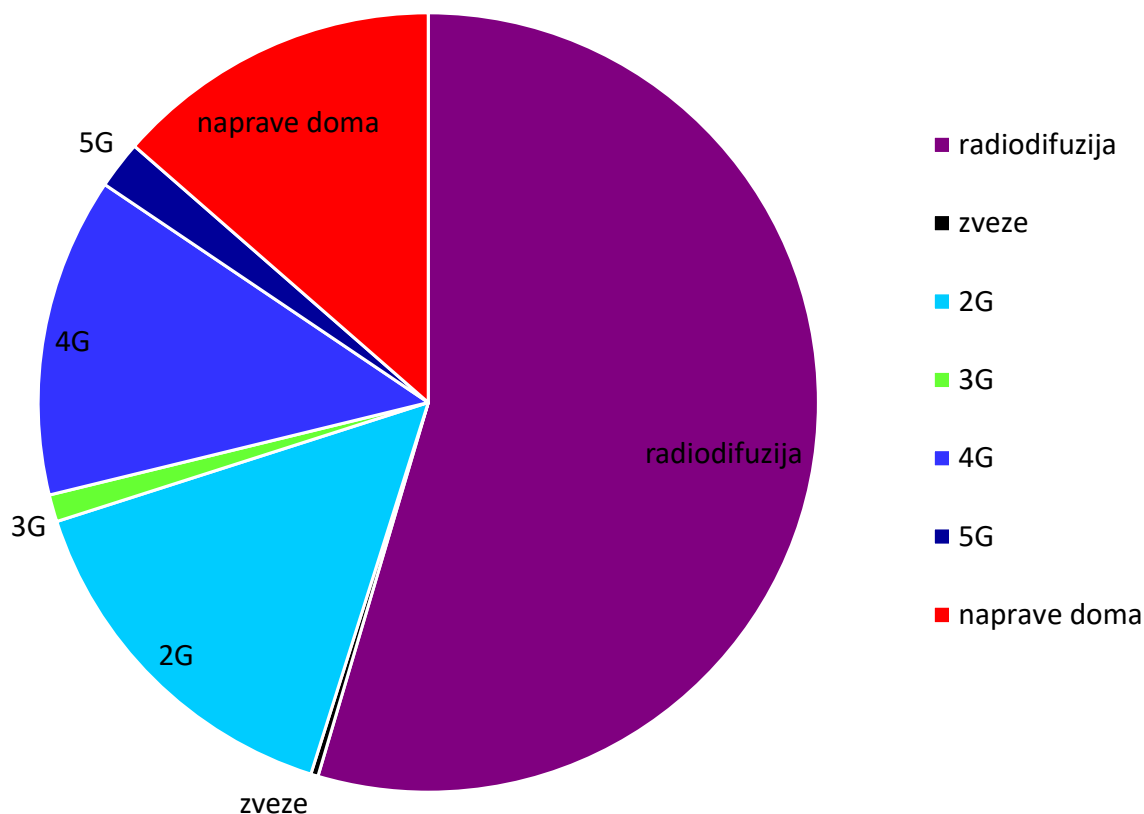
- 2G: 900;
- 3G: 2100;
- 4G: 800, 1500, 1800, 2300 in 2600;
- 5G: 700 in 3500.

Rezultati prispevkov posameznih generacij mobilne telefonije k skupnim obremenitvam okolja so predstavljene na sliki S 10. Razvidno je, da med vsemi generacijami mobilne telefonije prvo mesto v doprinosu k povprečnim obremenitvam zaseda 4G, ki prispeva 4,1 % skupnih povprečnih obremenitev, sledi 3G z 2,8 %, 5G z 1,4 %, najmanj pa prispeva 3G z 0,4 %. Prispevki kažejo, da je omrežje 4G najbolj razširjeno in prispeva skorajda toliko kot omrežja 2G, 3G in 5G skupaj. 5G omrežje prispeva razmeroma majhen delež izpostavljenosti, kljub temu, da je večina sodelujočih živali na območju Ljubljane, ker se pričakuje, da je pokritost z najnovejšim omrežjem 5G najbolj razširjena. Pomemben podatek je tudi nizek prispevek 3G omrežja k skupnim obremenitvam okolja, kar potrjuje znano dejstvo, da se tehnologija 3G zaradi zastarelosti opušča. Kljub temu, da je tehnologija 2G še bolj stara od tehnologije 2G, se vseeno še ne opušča v taki meri kot 3G predvsem zaradi zagotavljanja govornih storitev.



S 10: Prispevek posameznih generacij mobilne telefonije k skupni povprečni izpostavljenosti.

Kakor je razvidno iz slik S 8 do S 10, je prispevek zaradi radiodifuzije, kamor sodijo radijski oddajniki FM in DAB ter televizijski oddajniki DVB-T, velik. K temu v znatnem delu prispeva posameznik, ki se je del časa nahajal v neposredni bližini radijskega oddajnika. Zato so na sliki S 11 predstavljeni prispevki posameznih generacij mobilne telefonije k skupni povprečni izpostavljenosti (enako kot slika S 10). Če pri tem ni upoštevan prostovoljec 8. Vidimo, da je prispevek radiodifuzije znatno nižji, temu primerno se povečajo prispevki drugih naprav, tudi mobilne telefonije različnih generacij.



S 11: Prispvek posameznih generacij mobilne telefonije k skupni povprečni izpostavljenosti v primeru odstranitve posameznika, ki se je del časa nahajal v neposredni bližini radijskega oddajnika.

4.1 Analiza najvišjih vrednosti

Poleg povprečnih vrednosti, ki so že bile predstavljanje, so v tabeli T 6 podane najvišje izmerjene vrednosti električnega polja za vseh 10 sodelujočih.

T 6: Najvišje izmerjene vrednosti jakosti električnega polja v V/m za posamezna frekvenčna območja za vseh 10 sodelujočih.

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FM	0,21	0,42	0,30	0,22	0,78	0,31	0,32	15,85	0,20	2,43
DAB	0,06	0,66	0,96	0,15	0,59	0,11	0,22	0,24	0,14	0,51
zveze	0,01	0,06	0,16	0,14	0,09	1,16	0,05	0,57	0,14	0,07
DVB-T	0,04	0,03	0,07	0,09	0,15	0,34	0,42	1,49	0,63	0,46
700	0,65	1,00	0,68	0,98	0,52	0,71	0,81	1,90	1,10	0,38
800	1,28	1,73	1,70	2,85	1,74	1,67	1,39	3,74	1,44	0,57
900	1,17	1,32	1,65	3,90	2,08	2,04	1,34	3,23	1,14	0,68
1500	0,00	0,01	0,17	0,07	0,19	0,01	0,05	0,13	0,02	0,01
1800	2,19	2,06	1,71	1,68	0,92	0,83	2,23	4,49	2,69	0,61
DECT	0,64	1,13	0,62	0,90	1,22	0,41	0,80	1,14	0,78	0,38
2100	1,34	1,41	0,88	1,04	2,23	0,66	1,01	4,40	1,32	0,40
2300	0,67	1,09	0,89	0,41	0,78	0,38	2,10	0,35	1,44	0,36
WiFi 2,4	1,32	0,62	2,52	5,92	5,23	1,14	1,68	1,31	1,04	0,83
2600	0,61	0,73	1,16	0,68	0,61	1,01	1,41	5,70	0,89	0,63
3500	0,04	0,03	0,07	0,09	0,15	0,34	0,42	1,49	0,63	0,46
WiFi 5	0,66	0,61	0,55	0,39	0,68	2,32	0,41	0,62	0,29	0,58

T 7: Najvišji indeks izpostavljenosti za I. območje varstva pred sevanji za posamezna frekvenčna območja za vseh 10 sodelujočih.

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FM	0,0006	0,0024	0,0012	0,0006	0,0083	0,0013	0,0013	3,3986*	0,0005	0,0800
DAB	0,0001	0,0058	0,0126	0,0003	0,0046	0,0002	0,0006	0,0008	0,0003	0,0035
zveze	0,0000	0,0001	0,0003	0,0003	0,0001	0,0183	0,0000	0,0043	0,0003	0,0001
DVB-T	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0013	0,0021	0,0257	0,0045	0,0025
700	0,0031	0,0073	0,0034	0,0071	0,0020	0,0036	0,0048	0,0265	0,0088	0,0010
800	0,0112	0,0205	0,0198	0,0556	0,0206	0,0190	0,0133	0,0955	0,0142	0,0022
900	0,0080	0,0102	0,0160	0,0893	0,0254	0,0245	0,0105	0,0615	0,0076	0,0027
1500	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
1800	0,0143	0,0127	0,0088	0,0084	0,0025	0,0021	0,0149	0,0604	0,0217	0,0011
DECT	0,0012	0,0037	0,0011	0,0023	0,0043	0,0005	0,0018	0,0037	0,0018	0,0004
2100	0,0050	0,0055	0,0022	0,0030	0,0137	0,0012	0,0028	0,0535	0,0048	0,0005
2300	0,0012	0,0033	0,0022	0,0005	0,0017	0,0004	0,0122	0,0003	0,0057	0,0004
WiFi 2,4	0,0048	0,0011	0,0176	0,0972	0,0758	0,0036	0,0078	0,0047	0,0030	0,0019
2600	0,0010	0,0015	0,0037	0,0013	0,0010	0,0028	0,0055	0,0902	0,0022	0,0011
3500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0005	0,0062	0,0011	0,0006
WiFi 5	0,0012	0,0010	0,0008	0,0004	0,0013	0,0150	0,0005	0,0011	0,0002	0,0009

* Ne glede na lokacijo meritve najvišje vrednosti je bil indeks izpostavljenosti vedno izračunan za I. območje varstva pred sevanji. Za prostovoljca 8 se je lokacija, kjer je bila izmerjena najvišja vrednost, nahajala v bližini FM radijskega oddajnika na hribu. To območje sicer sodi v II. območje varstva pred sevanji. Če bi za vrednotenje rezultatov upoštevali mejne vrednosti za II. območje, bi znašal indeks izpostavljenosti le 0,3322. Zato dejansko za prostovoljca 8 mejne vrednosti niso presežene.

Iz izmerjenih rezultatov so bili izračunani indeksi izpostavljenosti, ki podajajo delež izpostavljenosti glede na predpisane mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. V tabeli T 7 je podan najvišji indeks izpostavljenosti za vseh 10 sodelujočih. Pri interpretaciji najvišjih vrednosti je potrebno biti pozoren na dejstvo, da so najvišje vrednosti lahko posledica določenega spleta okoliščin, ki ne odraža dejanskih, tudi najvišjih izpostavljenosti posameznika, ki je nosil osebni ekspozimeter. Prav tako je potrebno upoštevati, da so bile vse izpostavljenosti vrednotene za I. območje varstva pred sevanji, čeprav se je oseba dejansko lahko nahajala na II. območju varstva pred sevanjem.

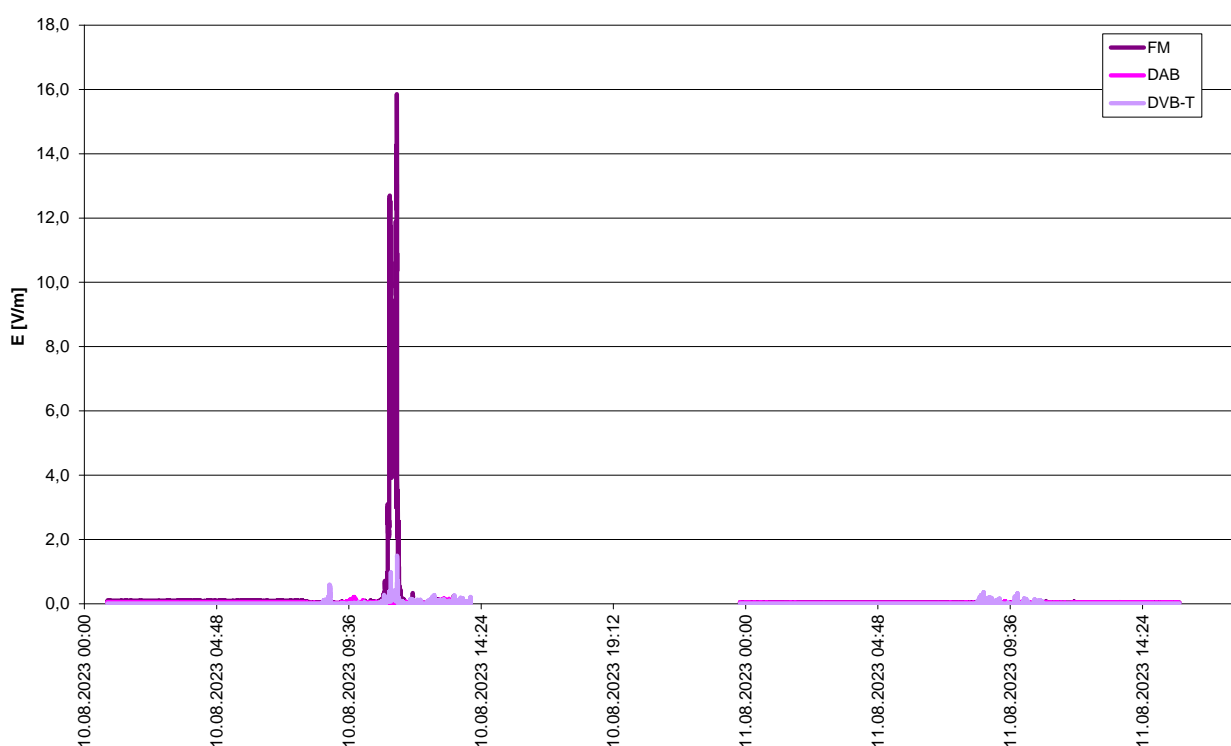
T 8: Najvišji indeks izpostavljenosti za I. območje varstva pred sevanji za posamezna frekvenčna območja skupaj za vseh 10 sodelujočih.

FM	3,398621
DAB	0,012583
zveze	0,018263
DVB-T	0,025712
700	0,026479
800	0,095526
900	0,089288
1500	0,000142
1800	0,060435
DECT	0,00426
2100	0,053531
2300	0,01217
WiFi 2,4	0,097242
2600	0,090152
3500	0,006187
WiFi 5	0,014955

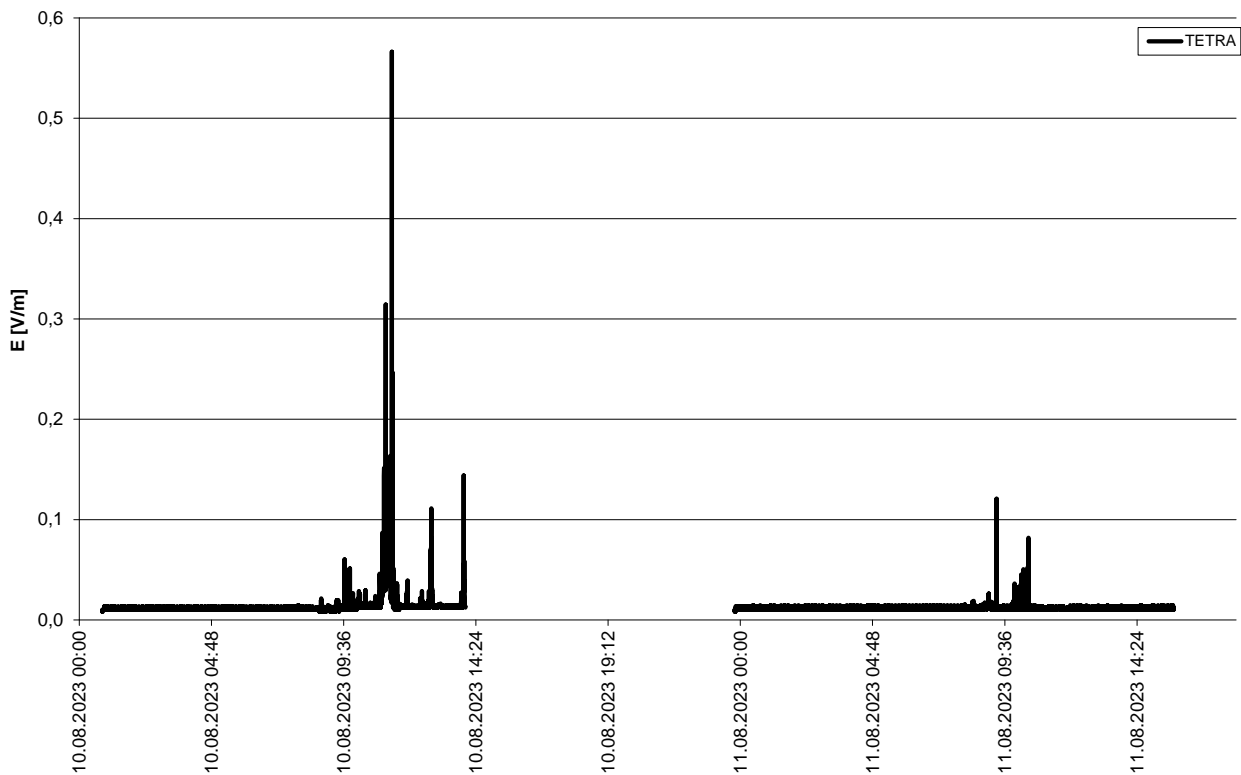
Najvišje vrednosti vseh sodelujočih so bile nizke z eno izjemo. Izjema je prostovoljec 8, za katerega je najvišji indeks izpostavljenosti za FM območje znašal 3,3986. Temu sledi WiFi 2,4 z

indeksom izpostavljenosti 0,0972 pri prostovoljcu 4, 800 z indeksom izpostavljenosti 0,0955 pri prostovoljcu 8, 2600 z indeksom izpostavljenosti 0,0902 pri prostovoljcu 8, 900 z indeksom izpostavljenosti 0,0893 pri prostovoljcu 4, 1800 z indeksom izpostavljenosti 0,0604 pri prostovoljcu 8, 2100 z indeksom izpostavljenosti 0,0535 pri prostovoljcu 8, 700 z indeksom izpostavljenosti 0,0265 pri prostovoljcu 8 in DVB-T z indeksom izpostavljenosti 0,0257 pri prostovoljcu 8. Za vsa druga frekvenčna območja je tudi najvišji indeks izpostavljenosti manj kot 0,02, kar pomeni, da izpostavljenost ne presega 2 odstotkov dovoljenih vrednosti. Pregled najvišjih indeksov izpostavljenosti po posameznih frekvenčnih območjih je podan v tabeli T 8.

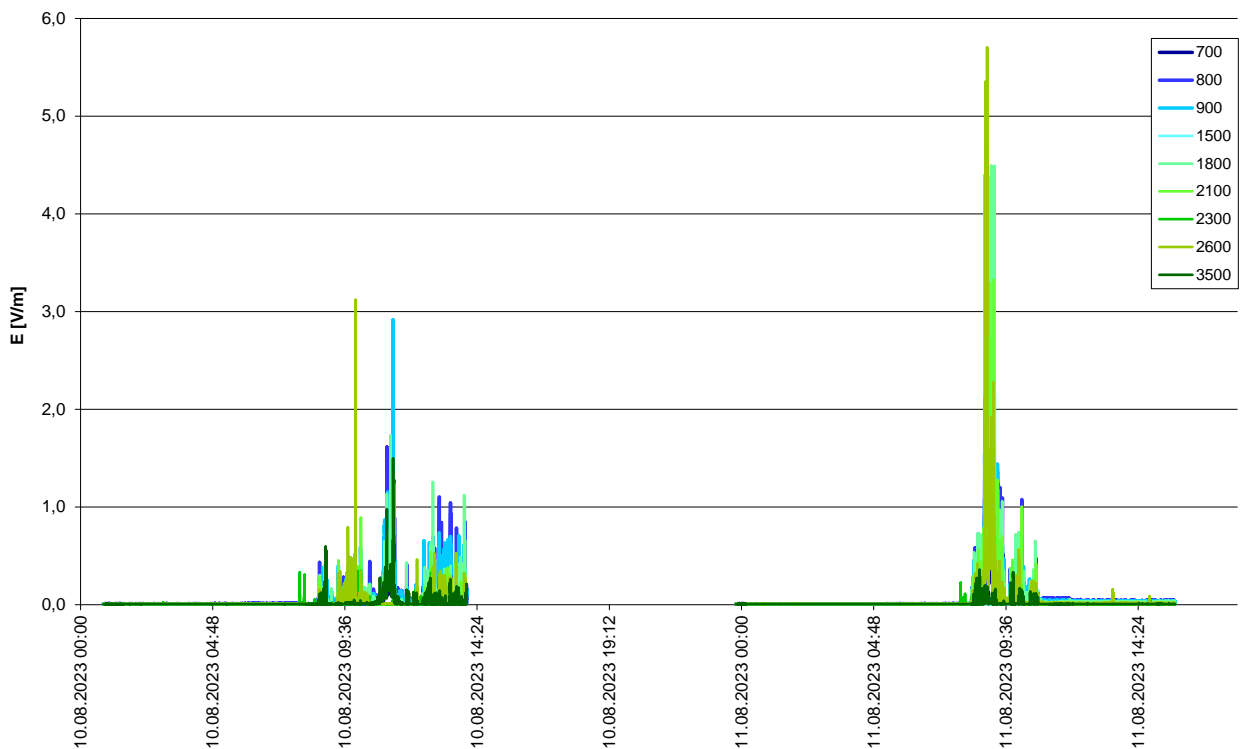
Rezultati indeksa izpostavljenosti za najvišje vrednosti kažejo, da je bil očitno prostovoljec 8 od vseh sodelujočih najbolj izpostavljen povišanim vrednostim VF EMS. Časovni potek izpostavljenosti prostovoljca 8 je predstavljen na slikah S 12 do S 15. Iz slik je razvidno, da so bile povišane izpostavljenosti omejene na krajši čas, še zlasti to velja za izpostavljenosti FM oddajnikom, predstavljenim na sliki S 12.



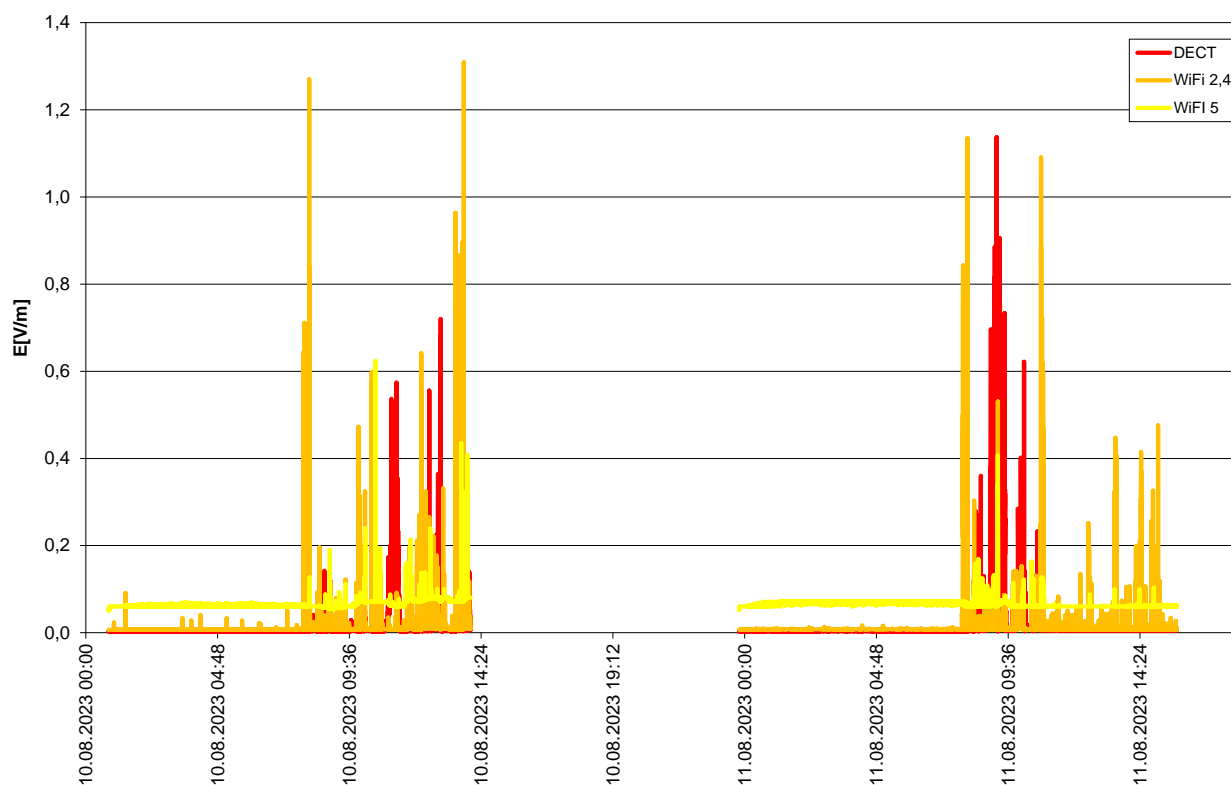
S 12: Časovni potek izpostavljenosti prostovoljca 8 za vire iz skupine radiodifuzija.



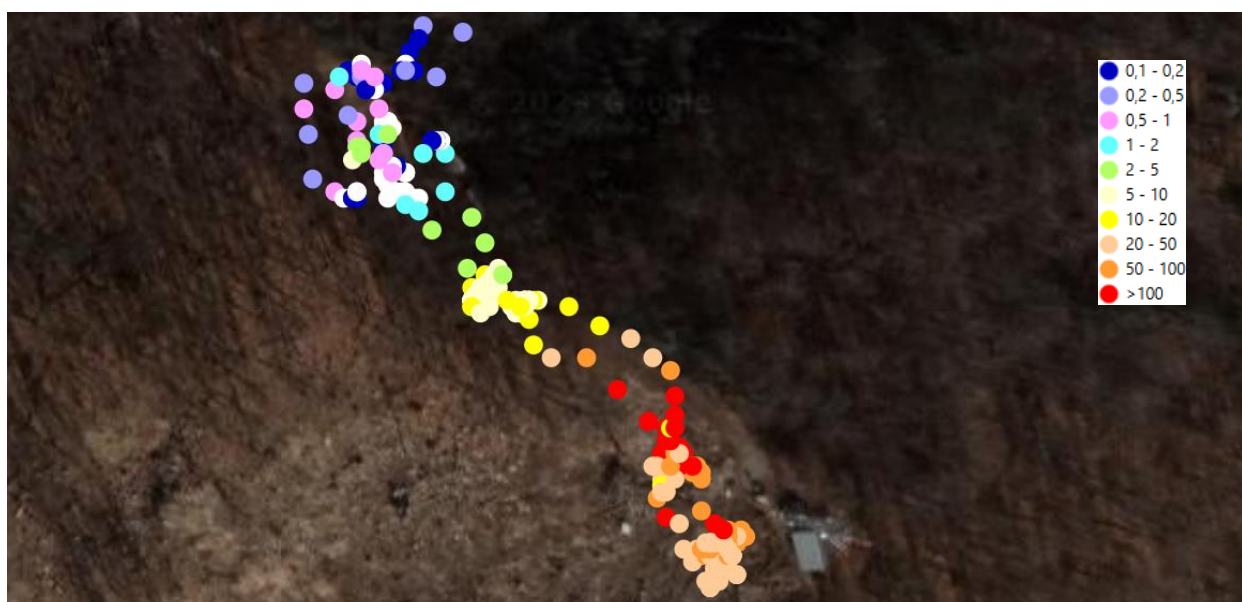
S 13: Časovni potek izpostavljenosti prostovoljca 8 za vir iz skupine zveze.



S 14: Časovni potek izpostavljenosti prostovoljca 8 za vire iz skupine mobilne telefonije.



S 15: Časovni potek izpostavljenosti prostovoljca 8 za vire iz skupine doma.



S 16: Krajevni prikaz najvišjih izmerjenih vrednosti izpostavljenosti prostovoljca št. 8. Vrednosti so podane v odstotkih mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

Kakor je razvidno iz slike S 16, se je prostovoljec 8 med nošenjem osebnega ekspozimetra približal lokaciji, kjer se nahaja več FM radijskih oddajnikov večjih moči. Zato so bile na tem območju izmerjene zelo visoke vrednosti polj. Zato je tudi indeks izpostavljenosti v tem mejnem primeru presegel vrednost 1, saj so bile v osnovi uporabljene za vse meritve mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji (UL RS 70/96). Glede na rabo prostora pa lokacija, kje so izmerjene te visoke vrednosti (slika S 16), sodi v II. območje varstva pred sevanji, kjer veljajo $\sqrt{10}$ - krat višje mejne vrednosti za električno jakost polja. Pri upoštevanju tega izhodišča pa je indeks izpostavljenosti doti nižji od 1 in tako mejne vrednosti niso presežene.

5 Zaključek

Rezultati meritev osebne izpostavljenosti VF EMS kažejo, da so povprečne izpostavljenosti nizke. Za posameznika z najvišjimi povprečnimi izpostavljenostmi znaša indeks izpostavljenosti 0,0119, kar pomeni, da je bil najbolj izpostavljen prostovoljec v povprečju izpostavljen le malo več kot 1 % dovoljenih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

Skupna povprečna vrednost indeksa izpostavljenosti vseh 390.153 meritev, ki so trajale skupno 541,9 ur, znaša le 0,0026, kar predstavlja 0,26 % dovoljenih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Rezultati prispevkov posameznih tehnologij kažejo, da največ k povprečni izpostavljenosti prispevajo radijski in televizijski oddajniki (90 %), sledi tehnologija 4G (4 %), tehnologija 2G (3 %), naprave doma (predvsem Wi-Fi in DECT) do 2 % in nato šele nova tehnologija 5G (1 %).

Ta izjemno visok delež radiodifuzije glede na skupno izpostavljenost je posledica zelo mejnega primera, ko je prostovoljec št. 8 nosil merilni instrument na izletu na hrib, kjer je nameščenih 7 radiodifuznih oddajnikov večjih moči.

Če rezultate skupne ocene povprečne izpostavljenosti korigiramo v taki meri, da izločimo ekstremne vrednosti, ki jih je zabeležil prostovoljec št. 8, se razmerja nekoliko spremenijo. V tem primeru še vedno največ prispevajo radijski in televizijski oddajniki, vendar do 55 %, sledi tehnologija 2G (15 %), naprave doma (predvsem Wi-Fi in DECT) do 14 %, tehnologija 4G (13 %), tehnologija 5G (do 2 %) in tehnologija 3G (do 1 %).

To jasno kaže, da v splošnem oddaljeni radiodifuzni oddajniki znatno prispevajo k skupni obremenitvi našega okolja. Indeks izpostavljenosti v tem frekvenčnem območju, ki je absolutno zelo nizek (pod 1 % mejne vrednosti), je v primerjavi z drugimi tehnologijami visok predvsem zaradi dejstva, ker je v tem frekvenčnem (t.i. resonančnem) območju mejna vrednost izpostavljenosti najnižja glede na ostala frekvenčna območja.

Drugi prispevki kažejo, da je omrežje 2G še vedno zelo razširjeno in prispeva k osebni izpostavljenosti skorajda toliko kot vsa druga omrežja (3G, 4G in 5G) skupaj. Delno tudi k temu prispeva tudi razmeroma nižja mejna vrednost v frekvenčnem območju, kjer deluje omrežje 2G (900 MHz) v primerjavi z mejnimi vrednostmi v večini drugih frekvenčnih območij, kjer delujejo omrežja 3G, 4G in 5G.

Sledijo naprave doma (do 14 %), kjer dominirajo signali Wi-Fi usmerjevalnikov. To kaže, da praktično vsako gospodinjstvo že uporablja svoje brezžično omrežje Wi-Fi in je njihov prispevek k skupni izpostavljenosti pomemben.

Novo brezžično omrežje 5G prispeva razmeroma majhen delež k skupni izpostavljenosti, kljub temu, da je večina sodelujočih živala na območju Ljubljane, ker je pokritost z najnovejšim omrežjem 5G glede na druge dele Slovenije bolj razširjena. Vendar je pričakovati, da se bo število baznih postaj omrežja 5G skokovito povečalo v naslednjih dveh letih, kar bo vodilo do spremenjenega vzorca izpostavljenosti ljudi VF EMS. Zato je smiselno še naprej spremljati trajno izpostavljenost ljudi v naravnem in življenjskem okolju ter opredeliti oceno zdravstvenega tveganja.

Pomemben podatek je tudi nizek prispevek 3G omrežja k skupnim obremenitvam okolja, kar potrjuje znano dejstvo, da se tehnologija 3G zaradi zastarelosti opušča. Kljub temu, da je tehnologija 2G še bolj stara od tehnologije 2G, se vseeno še ne opušča v taki meri kot 3G predvsem zaradi zagotavljanja govornih storitev na celotnem območje države.

Iz rezultatov meritev so bili izračunani indeksi izpostavljenosti, ki podajajo delež izpostavljenosti glede na predpisane mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Pri interpretaciji najvišjih vrednosti je potrebno biti pozoren na dejstvo, da so le te lahko posledica določenega spleta okoliščin, ki ne odraža dejanskih, tudi najvišjih izpostavljenosti posameznika, ki je nosil osebni ekspozimeter.

Prav tako je potrebno upoštevati, da so bile vse izpostavljenosti vrednotene za I. območje varstva pred sevanji, čeprav se je oseba dejansko lahko nahajala na II. območju varstva pred sevanjem.

Potrebno je poudariti, da se primerljive povprečne vrednosti VF EMS ter s tem indeks izpostavljenosti s časom zvišujejo. To je pričakovati še posebno v prihodnjih nekaj letih, ko bo šele vzpostavljen polno delujoči sistem mobilne telefonije 5G.

6 Literatura

- Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/1996.
- SIST EN IEC 62232:2023 - Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj.
- ICNIRP - Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (100 kHz - 300 GHz). Health Physics 74: 494-522, 2020.
- Gajšek P, Valič B, Trček T. Meritve izpostavljenosti visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem brezžičnih sistemov v različnih mikrookoljih v Sloveniji. Inštitut za neionizirna sevanja, 2017