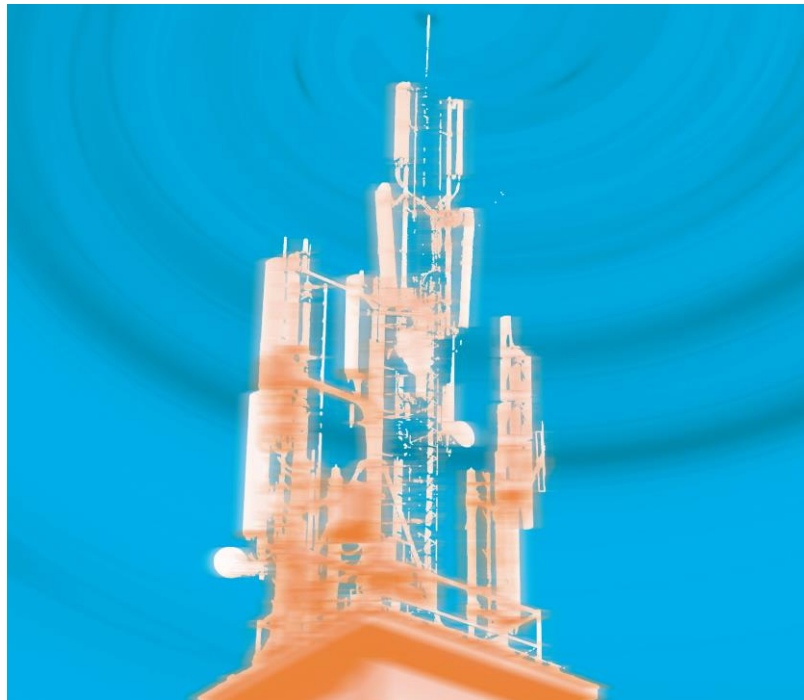




POROČILO O ŠTUDIJI

IZPOSTAVLJENOST OTROK VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM

Faza 3: OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN KUMULATIVNIH SEVALNIH OBREMENITEV OTROK



junij 2020

IZPOSTAVLJENOST OTROK VISOKOFREKVENČNIM ELEKTROMAGNETNIM SEVANJEM

Faza 3: OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN KUMULATIVNIH SEVALNIH OBREMENITEV OTROK

Poročilo o študiji, junij 2020

Avtorji

Peter Gajšek, Blaž Valič, Tomaž Trček

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

Projekt Izpostavljenost otrok visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem je bil razdeljen v tri faze in je trajal od leta 2018 do 2020. Faze projekta po letih so bile:

- 2018: Predhodna analiza mikrolokacij
- 2019: Obiski prostovoljcev na domu in izvedba meritev osebne izpostavljenosti
- 2020: Obdelava podatkov in izračun kumulativnih sevalnih obremenitev otrok

Cilj študije je bil določiti osebno izpostavljenost otrok visokofrekvenčnim (VF) EMS v njihovem bivalnem okolju (doma, šola, na poti, na prostem...) v Sloveniji zaradi delovanja različnih virov visokofrekvenčnih EMS s posebnim poudarkom na primerjavi izpostavljenosti za različne tipe mikrookolja.

Faza 1: Rekrutiranje ter izbor prostovoljcev se je zaključila v letu 2018. V tej fazi smo izvedli predhodno analizo mikrolokacij s pomočjo katere smo oblikovali kriterije za izbor prostovoljcev. V študijo smo vključili 15 prostovoljcev, ki so bili razdeljeni v dve skupini:

- otroci (n=10), ki živijo v stavbi ali obiskujejo šolo, ki je znotraj določenega pasu od različnih virov VF EMS (»h_ex« skupina)
- otroci (n=5), ki ne živijo ali ne hodijo v šolo znotraj določenega pasu od različnih virov VF EMS. Ta skupina služi kot kontrolna skupina (»control« skupina).

Za potrebe raziskave smo s pomočjo javnega povabila (mediji, pošta, spletne strani...) in neposrednega kontakta rekrutirali otroke (n=15) starosti med 5 in 18 let v različnih okoljih na območju Slovenije.

Faza 2: obiski prostovoljcev na domu in izvedba meritev osebne izpostavljenosti, se je zaključila v letu 2019. V tej fazi smo obiskali 15 prostovoljcev-otrok starih med 8 in 15 let, kateri so dva do tri dni nosili dozimeter in GPS napravo za shranjevanje položaja v času meritev ter v tem času izpolnjevali dnevnik aktivnosti. Ob koncu meritev so prostovoljci izpolnili tudi vprašalnik s podatki, ki so lahko pomembni z vidika izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem. Vse izmerjene podatke smo zbrali in uredili ter izračunali tudi osnovni statistični podatki za vsakega posameznika: povprečne in najvišje vrednosti za vseh 12 merjenih frekvenčnih območij ter izračunali skupne sevalne obremenitve glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Faza 3: Obdelava podatkov in izračun kumulativnih sevalnih obremenitev otrok je predstavljena v tej študiji. V tej fazi smo zbrane podatke analizirali in predstavili ter podali ugotovitve študije. Izmerjene vrednosti elektromagnetnega polja smo primerjali z merjnimi vrednostmi, ki jih določa slovenska zakonodaja - Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI RS 70/96).

2 Metodologija

V študijo smo na podlagi predhodno izoblikovanega kriterija in poslanega vabila vključili 15 otrok-prostovoljcev v starosti med 8 in 15 let. Oblikovali smo dve skupini in sicer skupino z višjimi pričakovanimi sevalnimi obremenitvami (h_ex), v katero smo vključili 10 prostovoljcev, in kontrolno skupino, v katero smo vključili 5 prostovoljcev. Meritve smo izvajali od meseca februarja do meseca septembra 2019. Vsakega prostovoljca smo obiskali, mu razložili potek meritev ter mu izročili merilnik osebne izpostavljenosti skupaj z GPS napravo za obdobje najmanj 48 ur. Meritve osebne izpostavljenosti je prostovoljec izvajal tako, da je ves čas, oziroma kolikor je bilo le možno, pri sebi nosil merilnik ter sproti vodil dnevnik o poteku meritev. Merilnik je v času meritev samodejno na vsakih 30 sekund zabeležil vrednost visokofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja v več frekvenčnih pasovih, v katerih deluje večina današnjih komunikacijskih naprav, ki hkrati predstavljajo tudi vire sevanj, katerim smo najbolj izpostavljeni. Po končanih meritvah smo prostovoljce vnovič obiskali za prevzem merilnikov z zajetimi podatki ter se z njimi pogovorili o poteku meritev in izpolnili vprašalnik. Tako pridobljene rezultate smo poslali prostovoljcem, da so si jih lahko ogledali.

T 1: Seznam prostovoljcev.

| Prostovoljec | Skupina | Kraj | Tip okolja | Tip vira | Razdalja |
|--------------|-----------|------------|------------|----------|-------------|
| 1 | h_ex | Ljubljana | mesto | BP | 115 m |
| 2 | kontrolna | Novo mesto | mesto | / | / |
| 3 | h_ex | Ljubljana | mesto | BP | 130 m |
| 4 | h_ex | Ljubljana | mesto | DV, BP | 135 m |
| 5 | kontrolna | Brestanica | mesto | DV | / |
| 6 | h_ex | Ljubljana | podeželje | BP, GSMR | 90 m, 120 m |
| 7 | h_ex | Mengeš | podeželje | FM | 100 m |
| 8 | kontrolna | Selca | mesto | DV | / |
| 9 | h_ex | Ljubljana | mesto | BP | 15 m BP |
| 10 | kontrolna | Ljubljana | mesto | / | / |
| 11 | h_ex | Ptuj | podeželje | FM, BP | 70 m |
| 12 | h_ex | Velenje | mesto | BP | 100 m |
| 13 | kontrolna | Krško | mesto | TR | / |
| 14 | h_ex | Ljubljana | mesto | BP | 100 m |
| 15 | h_ex | Ljubljana | mesto | BP | 60 m |

Meritve osebne izpostavljenosti smo izvedli na področju visokih frekvenc v območju od 80 do 2500 MHz, kjer se nahaja večina visokofrekvenčnih virov sevanja (radiodifuzija, mobilna telefonija, brezžično računalniško omrežje in podobno). Meritve smo izvajali z merilnikom osebne izpostavljenosti EME SPY 121 ter GPS napravo za zajem lokacije. Naprava EME SPY 121 meri v 12 frekvenčnih pasov, podanih v tabeli T 2.

T 2: Frekvenčni pasovi, po katerih SPY 121 ločuje izmerjene vrednosti.

| frekvenčni pas | začetna frekvenca [MHz] | končna frekvenca [MHz] |
|----------------|-------------------------|------------------------|
| FM radio | 88 | 108 |
| DAB radio | 174 | 223 |
| Zveze | 380 | 400 |
| DVB-T + 800 | 470 | 830 |
| 900 mobi | 880 | 915 |
| 900 BP | 925 | 960 |
| 1800 mobi | 1720 | 1785 |
| 1800 BP | 1805 | 1880 |
| DECT | 1880 | 1900 |
| 2100 mobi | 1920 | 1980 |

| | | |
|---------|------|------|
| 2100 BP | 2110 | 2170 |
| WiFi | 2400 | 2500 |



2.1 Vrednotenje sevalnih obremenitev

Izmerjene vrednosti električne poljske jakosti 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...).

T 3: Mejne vrednosti za električno polje za najpomembnejše visokofrekvenčne tehnologije oziroma vire.

| 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 | 9,32-12,09 | 29,70-38,51 |
| 800 | 12,09-12,62 | 38,51-40,22 |
| GSM-R | 13,04-13,08 | 41,55-41,67 |
| 900 | 13,08-13,32 | 41,67-42,45 |
| 1800 | 18,27-18,64 | 58,20-59,40 |
| 2100 | 19,00 | 61,40 |
| WiFi | 19,00 | 61,40 |
| 2600 | 19,00 | 61,40 |

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

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

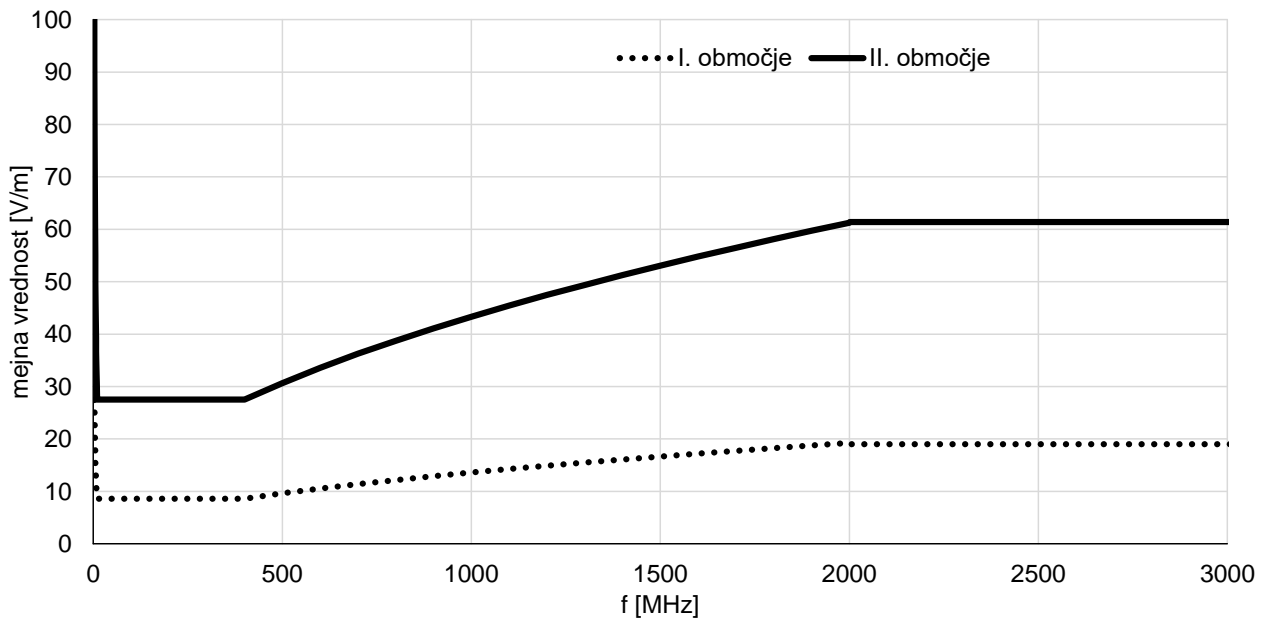
kjer je:

f – frekvenca signala,

E_i – električna poljska jakost i tega vira oziroma i te frekvence in

$L_{E,i}$ – i -temu frekvenčnemu območju ustrezna mejna vrednost.

Vse izmerjene vrednosti električne poljske jakosti so bile ovrednotene glede na mejne vrednosti za I. območje.



S 1: Prikaz mejnih vrednosti v območju do 3000 MHz, kjer delujejo brezžični sistemi.

3 Rezultati meritev



Rezultate meritev smo zbrali in jih analizirali na dveh nivojih.

Prvi nivo analize rezultatov je predstavljala analiza rezultatov glede na skupino prostovoljcev. Prostovoljci so bili namreč razdeljeni v dve skupini in sicer h_ex skupino - skupino z višjimi pričakovanimi sevalnimi obremenitvami in kontrolno skupino.

Drugi nivo analize rezultatov je predstavljala analiza rezultatov glede na aktivnost oziroma lokacijo prostovoljcev. Prostovoljci so vodili dnevnik o meritvah v katerega so vpisovali svojo aktivnost. Rubrike aktivnosti so bile predpripravljene in sicer: doma, delo, na poti, zunaj, spanje in drugo.

3.1 Analiza meritev glede na skupino

Rezultate meritev smo zbrali in jih razvrstili v dve skupini, h_ex skupino - skupino z višjimi pričakovanimi sevalnimi obremenitvami in kontrolno skupino. Za vsako skupino smo najprej določili maksimalne in povprečne vrednosti. Maksimalne in povprečne vrednosti smo določili tako za električno poljsko jakost kot za indeks izpostavljenosti, ki predstavlja sevalne obremenitve normirane na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje. Maksimalne in povprečne vrednosti električne poljske jakosti in izračunan indeks izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezne skupine je podan v tabeli T 4.

T 4: Maksimalne in povprečne vrednosti električne poljske jakosti in izračunan indeks izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezne skupine.

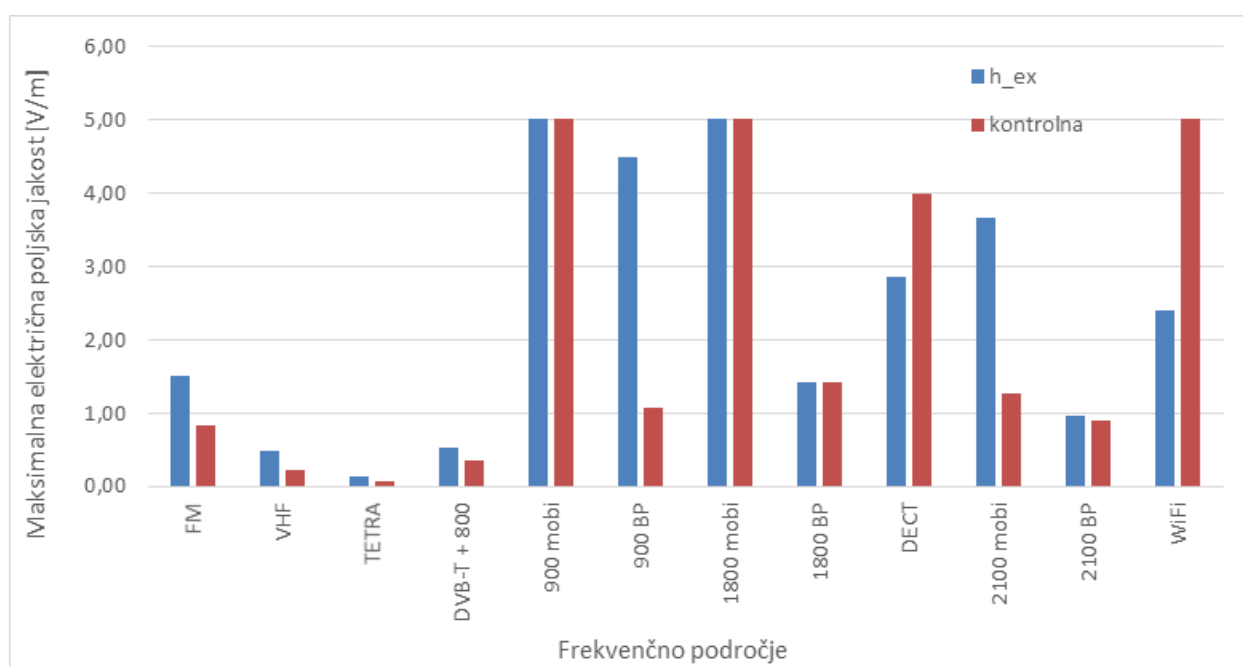
| | FM radio | DAB radio | TETRA | DVB-T +800 | 900 mobi | 900 BP | 1800 mobi | 1800 BP | DECT | 2100 mobi | 2100 BP | WIFI | Skupaj |
|-------------------|----------|-----------|--------|------------|----------|--------|-----------|---------|--------|-----------|---------|--------|--------|
| Vsi rezultati | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,51 | 0,48 | 0,13 | 0,53 | 5,01 | 4,50 | 5,01 | 1,43 | 4,00 | 3,67 | 0,97 | 5,01 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0308 | 0,0031 | 0,0002 | 0,0032 | 0,1508 | 0,1217 | 0,0971 | 0,0062 | 0,0462 | 0,0373 | 0,0026 | 0,0695 | 0,1806 |
| SI_{povp} | 0,0005 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0011 |
| h_ex skupina | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,51 | 0,48 | 0,13 | 0,53 | 5,01 | 4,50 | 5,01 | 1,43 | 2,87 | 3,67 | 0,97 | 2,40 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0308 | 0,0031 | 0,0002 | 0,0032 | 0,1508 | 0,1217 | 0,0971 | 0,0062 | 0,0238 | 0,0373 | 0,0026 | 0,0160 | 0,1511 |
| SI_{povp} | 0,0008 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0014 |
| Kontrolna skupina | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 0,83 | 0,23 | 0,08 | 0,35 | 5,01 | 1,07 | 5,01 | 1,42 | 4,00 | 1,28 | 0,90 | 5,01 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0093 | 0,0007 | 0,0001 | 0,0014 | 0,1508 | 0,0069 | 0,0758 | 0,0061 | 0,0462 | 0,0045 | 0,0022 | 0,0695 | 0,1806 |
| SI_{povp} | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0004 |

Maksimalni indeks izpostavljenosti za h_ex skupino znaša 0,151 oziroma 15,1 odstotka mejne vrednosti, ki jo določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju

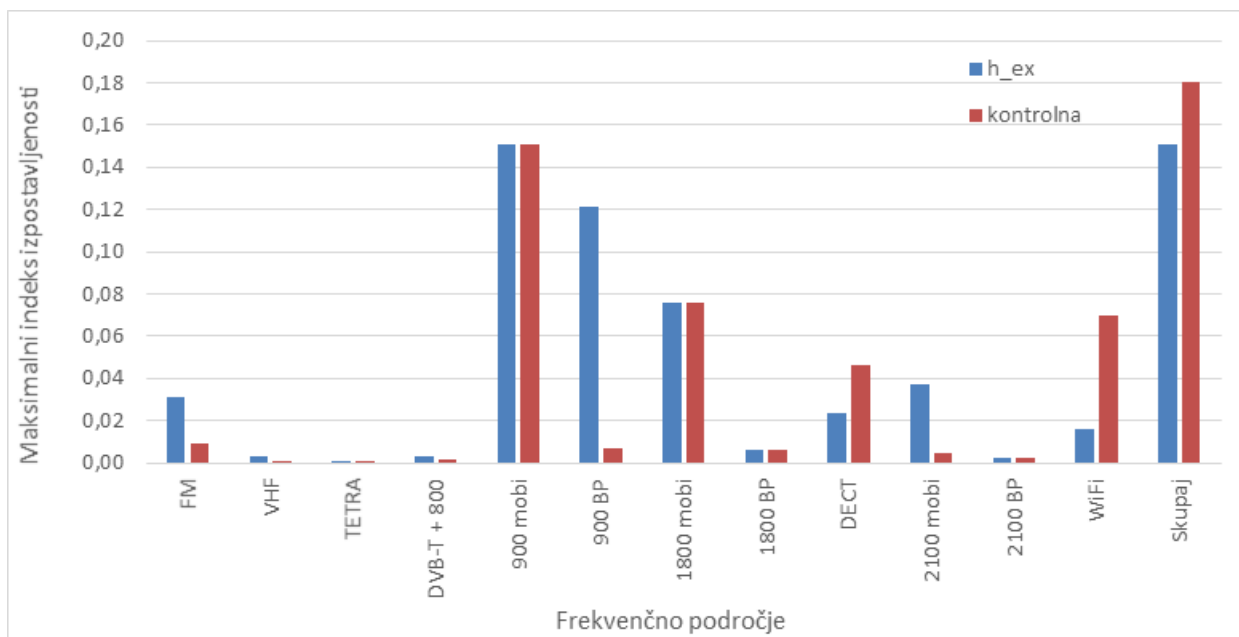


(UL RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji. Nekoliko nepričakovano je maksimalni indeks izpostavljenosti za kontrolno skupino višji in znaša 0,181 oziroma 18,1 odstotka mejne vrednosti, ki jo določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Podrobnejša analiza podatkov je pokazala, da na maksimalni indeks izpostavljenosti v kontrolni skupini najbolj vpliva mobilni telefon v frekvenčnem področju 900 MHz in sicer je njegov doprinos k indeksu izpostavljenosti 0,151.

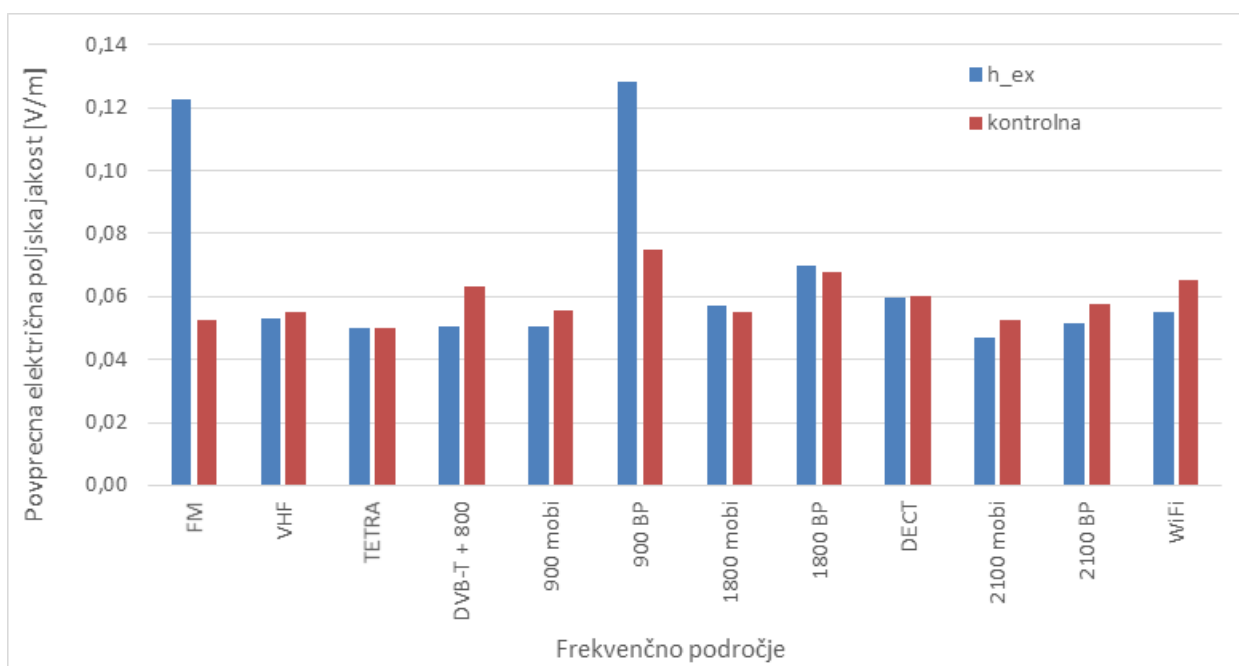
Boljšo predstavo o dejanski izpostavljenosti nam poda povprečni indeks izpostavljenosti, saj na višino maksimalnega indeksa izpostavljenosti vpliva samo najvišja izmerjena vrednost. Najvišja izmerjena vrednost pa je posledica enkratnega dogodka (npr. bližina oddajnika, bližina mobilnega telefona, bližina WiFi naprave, ...) in je zato lahko v kontrolni skupini višja kot v h_ex skupini. Povprečni indeks izpostavljenosti za h_ex skupino znaša 0,0014 oziroma 0,14 odstotka mejne vrednosti. Povprečni indeks izpostavljenosti za kontrolno skupino pa 0,0004 oziroma 0,04 odstotka mejne vrednosti. Povprečni indeks izpostavljenosti tako jasno pokaže, da je izpostavljenost kontrolne skupine bistveno nižja kot izpostavljenost h_Ex skupine in sicer za faktor 3,5.



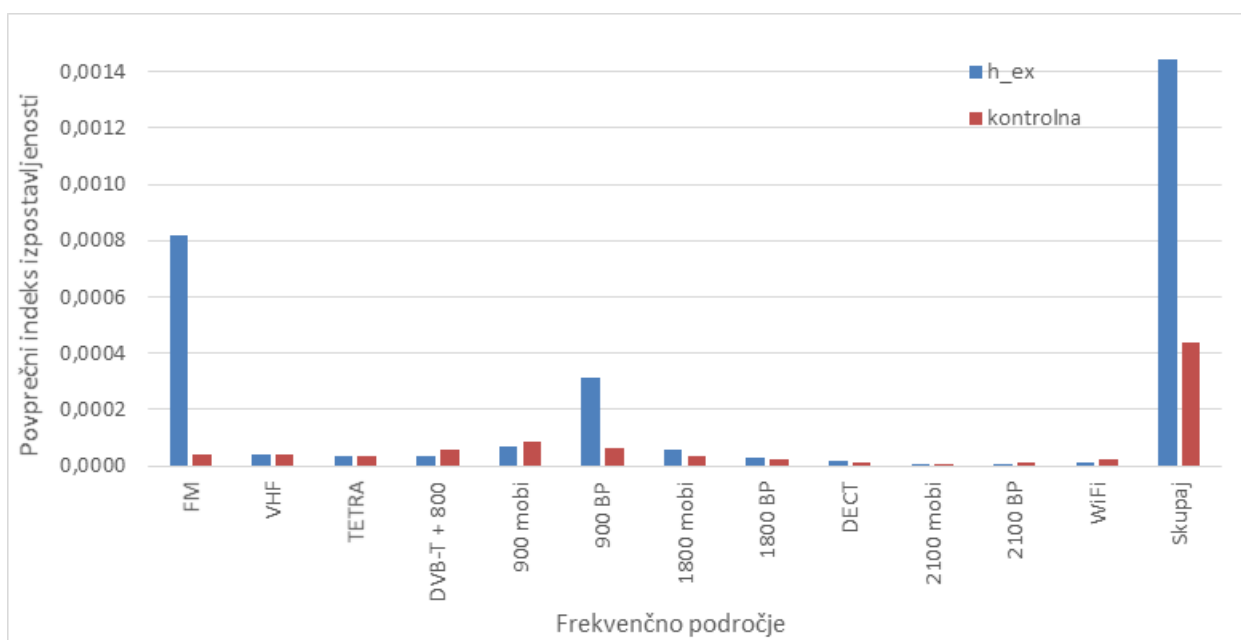
S 2: Grafični prikaz maksimalnih vrednosti električne poljske jakosti [V/m] po frekvenčnih področjih za h_ex in kontrolno skupino.



S 3: Grafični prikaz maksimalnega indeksa izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za h_ex in kontrolno skupino.



S 4: Grafični prikaz povprečnih vrednosti električne poljske jakosti [V/m] po frekvenčnih področjih za h_ex in kontrolno skupino.



S 5: Grafični prikaz povprečnega indeksa izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za h_ex in kontrolno skupino.

Iz slike S 3 je razvidno, da najvišje maksimalne vrednosti za h_ex skupino prihajajo iz frekvenčnih področij mobilnih naprav (900 mobi, 1800 mobi in tudi 2100 mobi) ter WiFi in DECT. To so naprave, ki jih uporabljamo v svoji neposredni bližini. Za te naprave je bilo tudi v perteklih študijah že ugotovljeno, da so tiste, ki povzročajo najvišje sevalne obremenitve in smo jim tudi najbolj izpostavljeni. V primerjav s kontrolno skupino za te naprave ni možno enoznačno podati odgovora v kateri skupini so bili prostovoljci izpostavljeni višjim maksimalnim vrednostim. V frekvenčnem področju 900 mobi sta maksimalni vrednosti za h_ex skupino in kontrolno skupino praktično enaki. Prav tako sta maksimalni vrednosti v frekvenčnem področju 1800 mobi za obe skupini praktično enaki, sta pa bistveno nižji. V frekvenčnem področju 2100, je maksimalna vrednost višja za skupino h_ex, v frekvenčnem področju WiFi in DECT pa za kontrolno skupino.

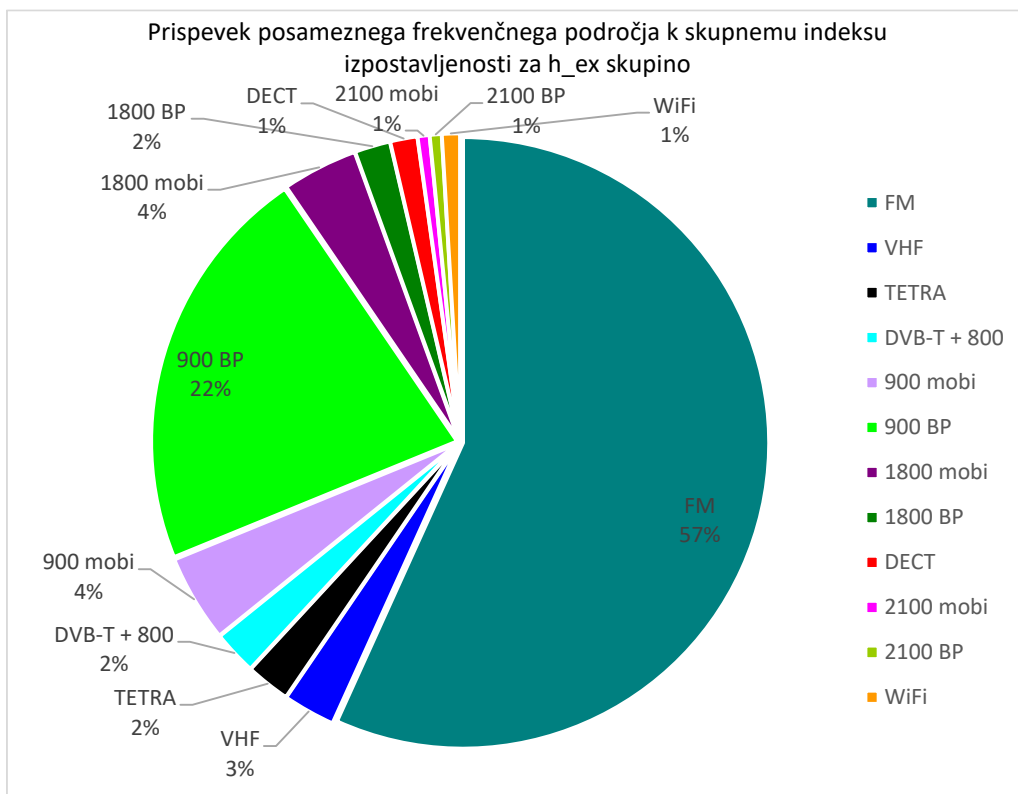
V frekvenčnem področju zunanjih virov (FM, 900 BP, 1800 BP in 2100 BP) so maksimalne vrednosti z izjemo frekvenčnega področja 1800 BP, kjer sta maksimalni vrednosti enaki, vedno višje v h_ex skupini v primerjavi z kontrolno skupino.

Iz slike S 5 je razvidno, da povprečni indeks izpostavljenosti za h_ex skupino v primerjavi s kontrolno skupino najbolj odstopa za frekvenčno področje FM in 900 BP. V teh dveh frekvenčnih področjih je povprečni indeks izpostavljenosti h_ex skupine bistveno višji kot kontrolne skupine. V ostalih frekvenčnih se področjih povprečni indeks izpostavljenosti za h_ex skupino in kontrolno skupino ne razlikuje bistveno.

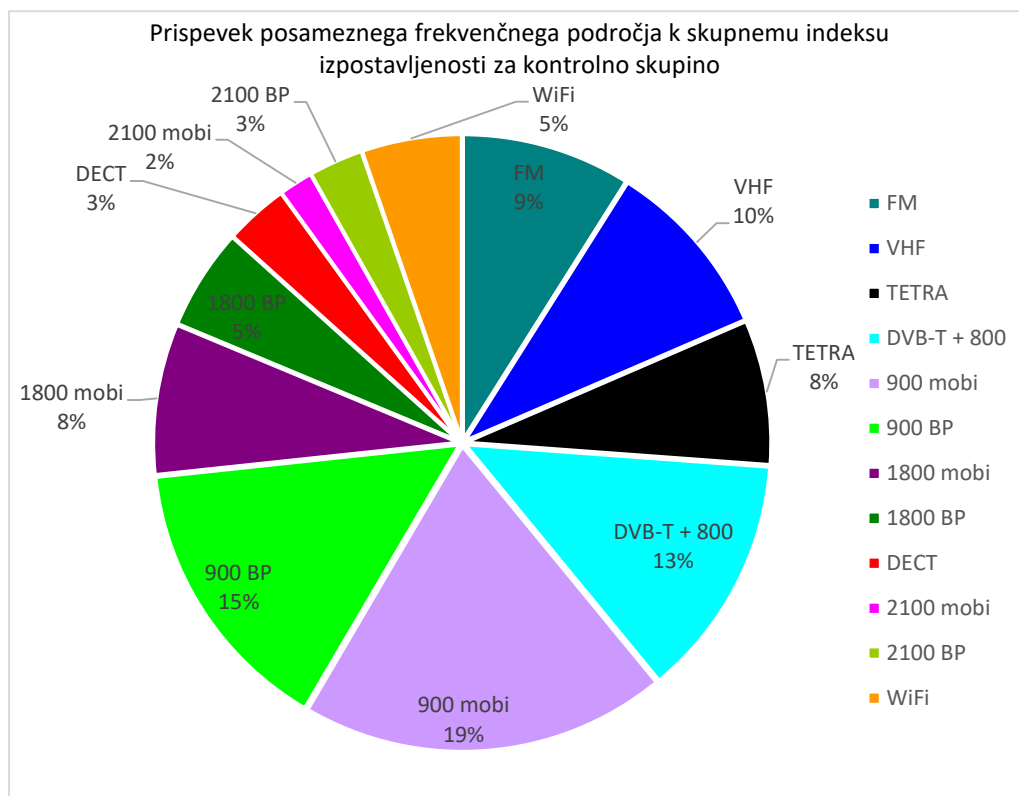
T 5: Prispevek posameznega frekvenčnega področja v odstotkih k skupnemu indeksu izpostavljenosti za h_ex skupino, kontrolno skupino in obe skupini skupaj.

| Frekvenčno področje | h_ex [%] | kontrolna skupina [%] | obe skupini skupaj [%] |
|---------------------|----------|-----------------------|------------------------|
| FM radio | 56,8 | 9,0 | 50,1 |
| DAB radio | 2,8 | 9,6 | 3,7 |
| Zveze | 2,3 | 7,7 | 3,1 |
| DVB-T + 800 | 2,3 | 12,9 | 3,8 |
| 900 mobi | 4,6 | 19,4 | 6,7 |
| 900 BP | 21,7 | 14,9 | 20,7 |
| 1800 mobi | 4,0 | 8,0 | 4,6 |
| 1800 BP | 1,9 | 5,4 | 2,4 |
| DECT | 1,4 | 3,4 | 1,7 |

| | | | |
|---------------|-------|-------|-------|
| 2100 mobi | 0,6 | 1,8 | 0,8 |
| 2100 BP | 0,6 | 2,9 | 0,9 |
| WiFi | 0,9 | 5,3 | 1,6 |
| Vsi prispevki | 100,0 | 100,0 | 100,0 |



S 6: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za h_ex skupino.



S 7: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za kontrolno skupino.

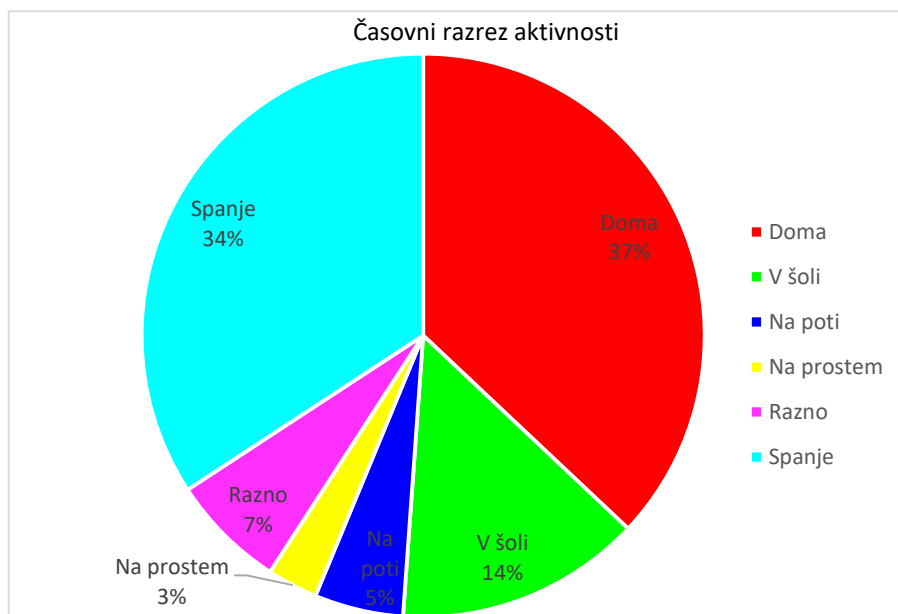
3.2 Analiza meritev glede na aktivnost

Rezultate meritev smo zbrali in jih razvrstili v šest skupin, glede na aktivnost oziroma lokacijo prostovoljcev. Prostovoljci so v času meritev izpolnjevali poseben dnevnik o poteku meritev, ki smo ga predhodno pripravili. Dnevnik o poteku meritev smo zasnovali tako, da smo predvideli šest različnih aktivnosti prostovoljcev, ki so jih prostovoljci označevali glede na njihovo trenutno situacijo v času meritev. Aktivnosti smo poimenovali:

1. Doma – izpostavljenost prostovoljca v njegovem domu
2. V šoli – izpostavljenost prostovoljca v šoli
3. Na poti – izpostavljenost prostovoljca na poti ko se premika iz ene lokacije do druge ne glede na način premikanja (peš, avto, avtobus, vlak,...)
4. Na prostem – izpostavljenost prostovoljca pri vseh aktivnosti na prostem
5. Razno – izpostavljenost prostovoljca v vseh ostalih primerih, ki jih ni bilo mož razvrstiti v eno izmed skupin
6. Spanje – izpostavljenost prostovoljca v času spanja

Iz rezultatov smo izločili meritve za katere ni bilo jasno v katero skupino aktivnosti jih lahko razvrstimo.

Za zbrane rezultate smo najprej naredili časovni razrez aktivnosti, ki podaja odstotek časa meritev za posamezno aktivnost glede na skupni čas. Časovni razrez aktivnosti je prikazan na sliki S 8.



S 8: Časovni razrez aktivnosti glede na skupni čas.

V nadaljevanju smo za vseh vseh šest aktivnosti najprej določili maksimalne in povprečne vrednosti. Maksimalne in povprečne vrednosti smo določili tako za električno poljsko jakost kot za indeks izpostavljenosti, ki predstavlja sevalne obremenitve normirane na mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje. Maksimalne in povprečne vrednosti električne poljske jakosti in izračunan indeks izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezne aktivnosti je podan v tabeli T 6.

T 6: Maksimalne in povprečne vrednosti električne poljske jakosti in izračunan indeks izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezne aktivnosti.

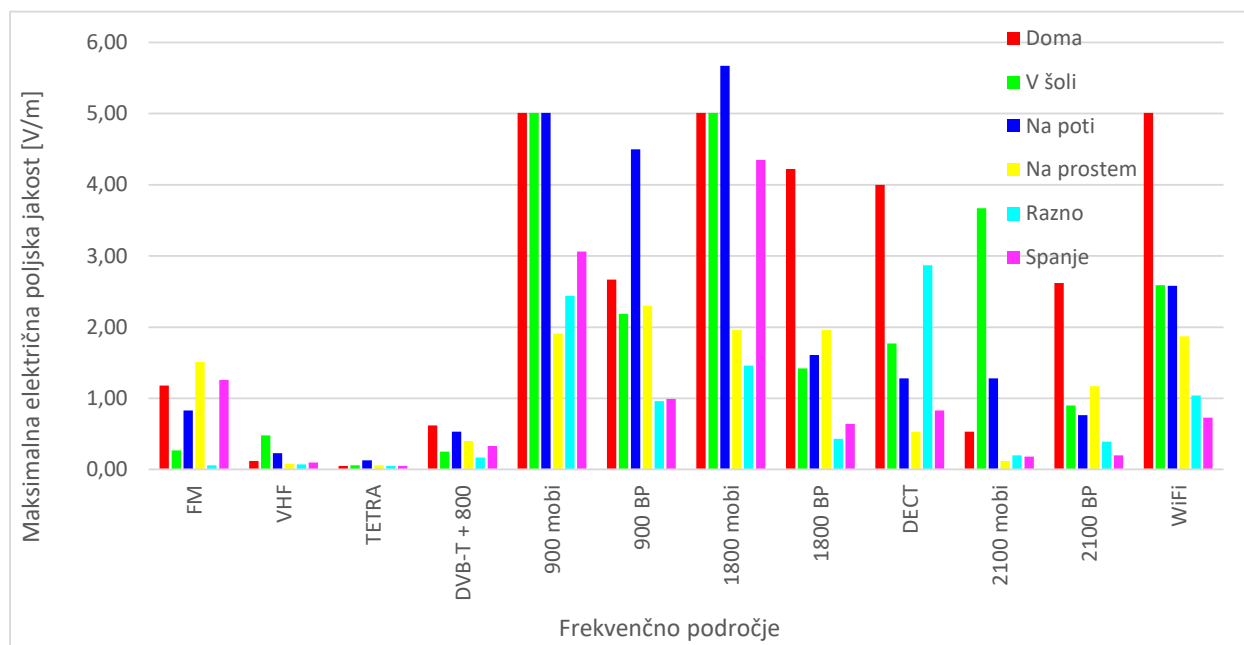
| | FM radio | DAB radio | TETRA | DVB-T +800 | 900 mobi | 900 BP | 1800 mobi | 1800 BP | DECT | 2100 mobi | 2100 BP | WiFi | Skupaj |
|-------------------|----------|-----------|--------|------------|----------|--------|-----------|---------|--------|-----------|---------|--------|--------|
| Vsi rezultati | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,51 | 0,48 | 0,13 | 0,62 | 5,01 | 4,50 | 5,67 | 4,22 | 4,00 | 3,67 | 2,62 | 5,01 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,14 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0308 | 0,0031 | 0,0002 | 0,0044 | 0,1508 | 0,1217 | 0,0971 | 0,0538 | 0,0462 | 0,0373 | 0,0190 | 0,0695 | 0,1512 |
| SI_{povp} | 0,0006 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0004 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0013 |
| Doma | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,18 | 0,12 | 0,05 | 0,62 | 5,01 | 2,67 | 5,01 | 4,22 | 4,00 | 0,53 | 2,62 | 5,01 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,16 | 0,05 | 0,10 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0188 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0044 | 0,1508 | 0,0428 | 0,0758 | 0,0538 | 0,0462 | 0,0008 | 0,0190 | 0,0695 | 0,1512 |
| SI_{povp} | 0,0007 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0005 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0016 |
| V šoli | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 0,27 | 0,48 | 0,06 | 0,25 | 5,01 | 2,19 | 5,01 | 1,42 | 1,77 | 3,67 | 0,90 | 2,59 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0010 | 0,0031 | 0,0000 | 0,0007 | 0,1508 | 0,0288 | 0,0758 | 0,0061 | 0,0091 | 0,0373 | 0,0022 | 0,0186 | 0,1511 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SI_{povp} | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0006 |
| Na poti | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 0,83 | 0,23 | 0,13 | 0,53 | 5,01 | 4,50 | 5,67 | 1,61 | 1,28 | 1,28 | 0,76 | 2,58 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,15 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0093 | 0,0007 | 0,0002 | 0,0032 | 0,1508 | 0,1217 | 0,0971 | 0,0078 | 0,0047 | 0,0045 | 0,0016 | 0,0184 | 0,1511 |
| SI_{povp} | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0011 |
| Na prostem | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,51 | 0,08 | 0,06 | 0,40 | 1,91 | 2,30 | 1,96 | 1,96 | 0,53 | 0,12 | 1,17 | 1,87 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,12 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0308 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0018 | 0,0219 | 0,0318 | 0,0116 | 0,0116 | 0,0008 | 0,0000 | 0,0038 | 0,0097 | 0,0434 |
| SI_{povp} | 0,0009 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0003 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0014 |
| Razno | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,17 | 2,44 | 0,96 | 1,46 | 0,43 | 2,87 | 0,20 | 0,39 | 1,04 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0003 | 0,0358 | 0,0055 | 0,0064 | 0,0006 | 0,0238 | 0,0001 | 0,0004 | 0,0030 | 0,0360 |
| SI_{povp} | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0004 |
| Spanje | | | | | | | | | | | | | |
| E_{maks} [V/m] | 1,26 | 0,10 | 0,05 | 0,33 | 3,06 | 0,99 | 4,35 | 0,64 | 0,83 | 0,18 | 0,20 | 0,73 | |
| E_{povp} [V/m] | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | |
| E_{mejna} [V/m] | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 9,3 | 12,9 | 12,9 | 18,2 | 18,2 | 18,6 | 19 | 19 | 19 | 1 |
| SI_{maks} | 0,0215 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0013 | 0,0563 | 0,0059 | 0,0571 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0015 | 0,0574 |
| SI_{povp} | 0,0008 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0004 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0014 |

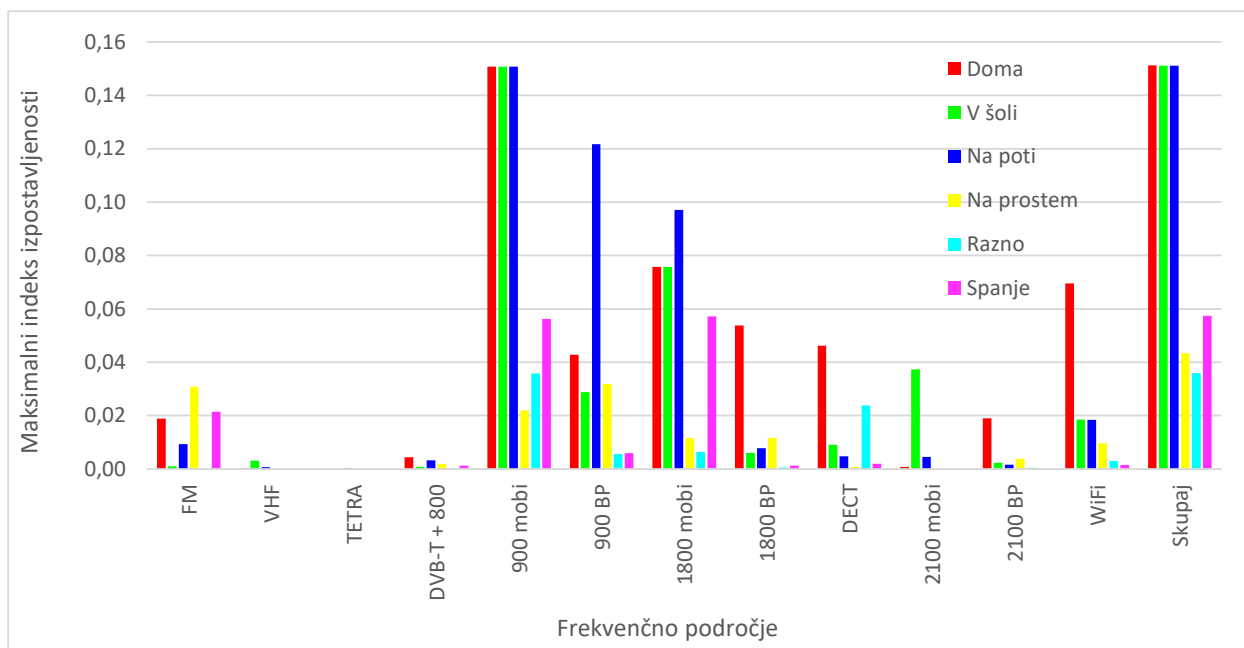
Maksimalni indeks izpostavljenosti je enak za aktivnosti doma, v šoli ter na poti in znaša 0,151 oziroma 15,1 odstotka mejne vrednosti, ki jo določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za I. območje varstva pred sevanji. Maksimalni indeks izpostavljenosti za ostale aktivnosti je precej nižji in znaša približno 0,05 oziroma 5 odstotkov mejne vrednosti, najmanj za aktivnost razno in sicer 0,036 oziroma 3,6 odstotka mejne vrednosti. Podrobnejša analiza maksimalnega indeksa izpostavljenosti je pokazala, da na maksimalni indeks izpostavljenosti takorekoč vedno najbolj vpliva mobilni telefon, še posebno mobilni telefon v frekvenčnem področju 900 MHz, kjer je njegov doprinos k indeksu izpostavljenosti do 0,151 oziroma do 15,1 odstotka mejne vrednosti.

Boljšo predstavo o dejanski izpostavljenosti nam poda povprečni indeks izpostavljenosti, saj na višino maksimalnega indeksa izpostavljenosti vpliva samo najvišja izmerjena vrednost. Najvišja izmerjena vrednost pa je posledica enkratnega dogodka (npr. bližina oddajnika, bližina mobilnega telefona, bližina WiFi naprave, ...) in je zato lahko lahko visoka, četudi je bil prostovoljec izpostavljen samo enkrat.

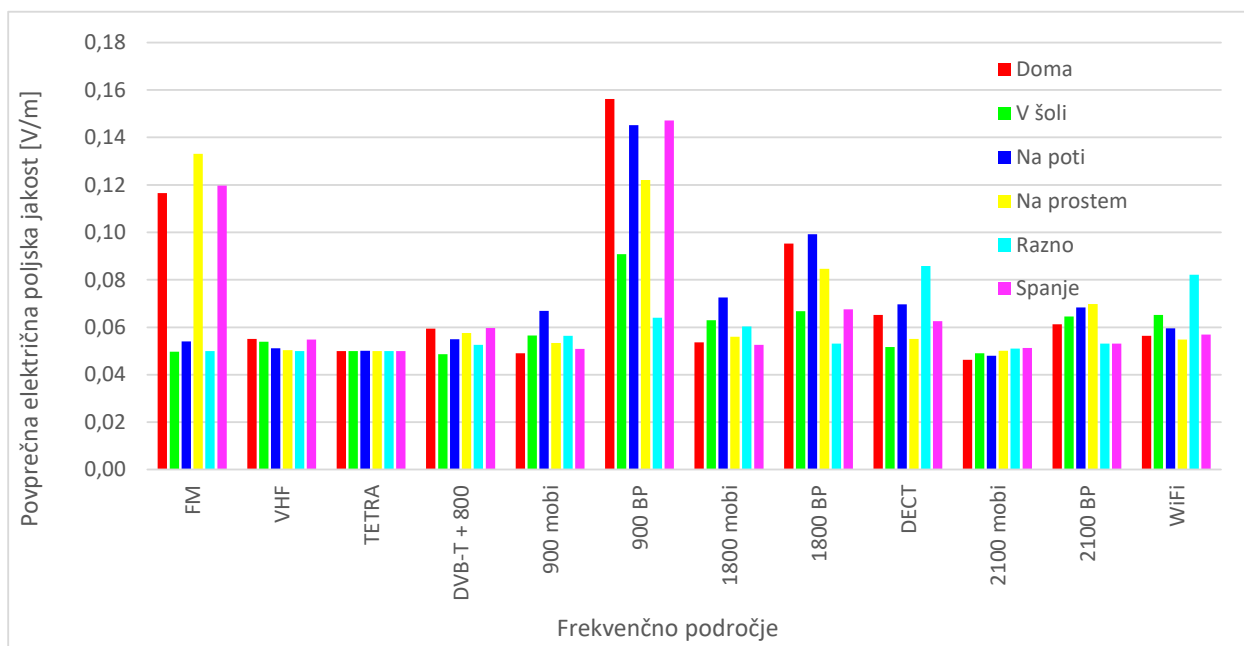
Povprečni indeksi izpostavljenosti za posamezne aktivnosti so razen za aktivnost razno in v šoli precej podobni in znašajo približno 0,0015 oziroma 0,15 odstotka mejne vrednosti. Povprečni indeks izpostavljenosti tako znaša od največ 0,0016 oziroma 0,16 odstotka mejne vrednosti za aktivnost doma do najmanj 0,0004 oziroma 0,04 odstotka mejne vrednosti za aktivnost razno. Povprečni indeks izpostavljenosti je pokazal, da so prostovoljci najbolj izpostavljeni doma, sledijo aktivnosti na prostem, spanje, na poti, v šoli in najmanj aktivnost razno.



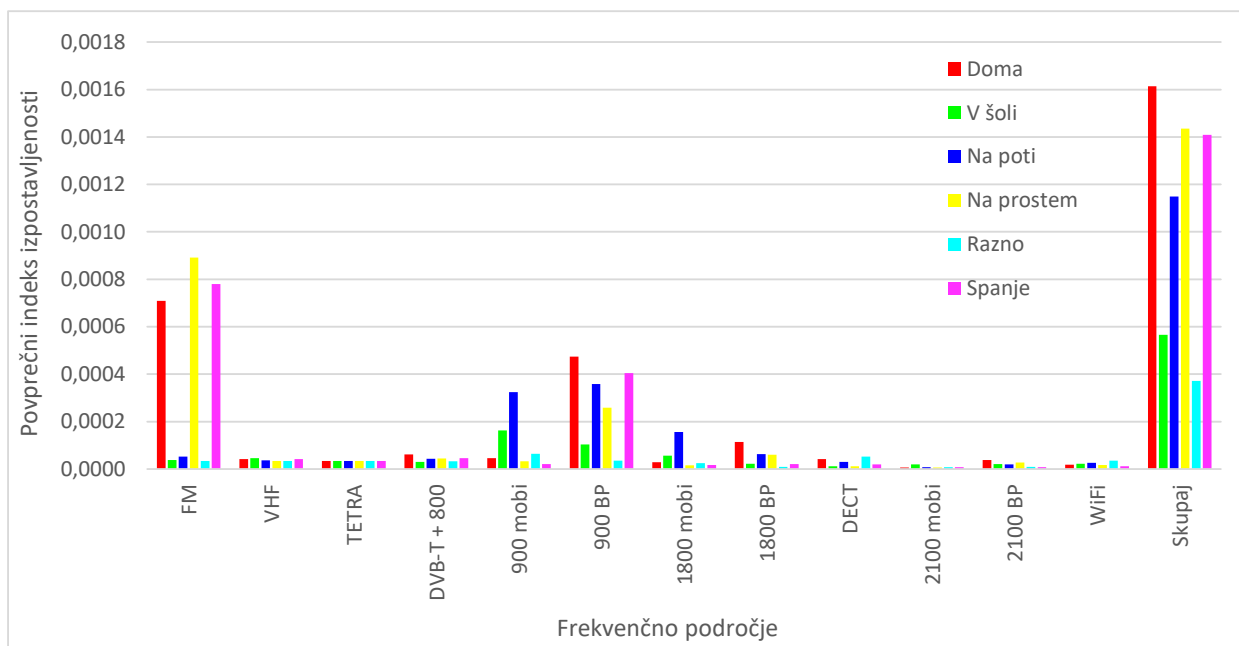
S 9: Grafični prikaz maksimalnih vrednosti električne poljske jakosti [V/m] po frekvenčnih področjih za posamezno aktivnost.



S 10: Grafični prikaz maksimalnega indeksa izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezno aktivnost.



S 11: Grafični prikaz povprečnih vrednosti električne poljske jakosti [V/m] po frekvenčnih področjih za posamezno aktivnost.



S 12: Grafični prikaz povprečnega indeksa izpostavljenosti po frekvenčnih področjih za posamezno aktivnost.

Iz slike S 10 je razvidno, da najvišje maksimalne vrednosti prihajajo iz frekvenčnih področij naprav, ki jih uporabniki uporabljajo v svoji neposredni bližini. To so mobilni telefoni ter WiFi in DECT, zlasti mobilni telefoni v frekvenčnem področju 900 mobi in 1800 mobi. Nekoliko odstopa le maksimalna vrednost iz frekvenčnega področja baznih postaj 900 BP, kjer je maksimalni indeks izpostavljenosti primerljiv z indeksom izpostavljenosti iz frekvenčnega področja 900 mobi. Maksimalni indeks izpostavljenosti za frekvenčno področje 900 mobi in 1800 mobi je višji za aktivnosti doma, v šoli in na poti v primerjavi z maksimalnim indeksom izpostavljenosti za aktivnosti na prostem, razno in spanje, iz česar bi lahko sklepali, da prostovoljci pri aktivnostih, doma, v šoli in na poti bolj intenzivno uporabljajo mobilni telefon. Vendar pa analiza povprečnega indeksa izpostavljenosti prikazanega na sliki S 12 tega tega ne potrjuje popolnoma, saj so prostovoljci najbolj izpostavljeni pri aktivnosti na poti, sledi v šoli, razno, doma, na prostem in spanje.

Povprečni indeks izpostavljenosti razkrije, da so prostovoljci najbolj izpostavljeni frekvenčnemu področju FM in sicer pri aktivnosti na prostem, spanje in doma. Pri ostalih aktivnostih povprečni indeks izpostavljenosti v frekvenčnem področju FM precej pade, kar jasno sporoča, da je v bližini doma nekaterih prostovoljcev FM oddajnik. To se povsem sklada z izbiro prostovoljcev za raziskavo, saj so bili namenoma zbrani prostovoljci, ki živijo v bližini virov EMS in so bolj izpostavljeni EMS. Ti prostovoljci so bili razvrščeni v skupino h_ex, kar smo analizirali v prvem delu analize rezultatov.

Zelo podobna je slika v frekvenčnem področju 900 BP, kjer je povprečni indeks izpostavljenosti najvišji za aktivnost doma, sledi spanje, na poti in na prostem. Povprečni indeks izpostavljenosti v frekvenčnem področju 900 BP za aktivnosti v šoli in razno je precej nižji, kar se zopet sklada z izbiro prostovoljcev študije. Da je na tretjem mestu povprečnega indeksa izpostavljenosti v frekvenčnem področju 900 BP aktivnost na poti, slike ne pokvari, saj aktivnost na poti časovno zavzema relativno majhen delež, poleg tega pa so poti običajno dobro pokrite s signalom baznih postaj.

Sicer pa povprečni indeks izpostavljenosti razkrije, da so prostovoljci skupno najbolj izpostavljeni pri aktivnosti doma, sledi aktivnost na prostem, spanje in na poti. Za aktivnost v šoli in razno je povprečni indeks izpostavljenosti precej nižji. Potrebno pa je poudariti, da so povprečne izpostavljenosti elektromagnetnemu sevanju v vsakem primeru, ne glede na frekvenčno področje ali aktivnost nizke, saj skupni povprečni indeks izpostavljenosti doseže največ 0,0016 oziroma

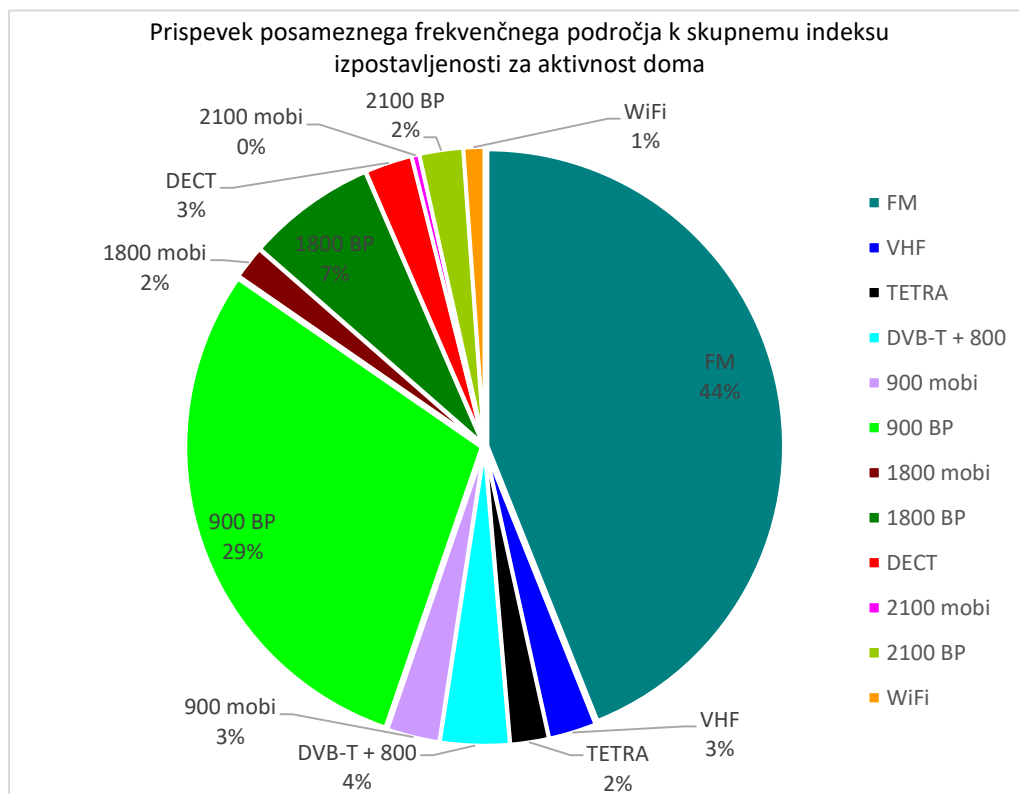
0,16 odstotkov mejne vrednosti za I. območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Prispevki posameznega frekvenčnega področja k povprečnemu indeksu izpostavljenosti za posamezne aktivnosti je podan v tabeli T 7 ter grafično na slikah S 13 do S 18.

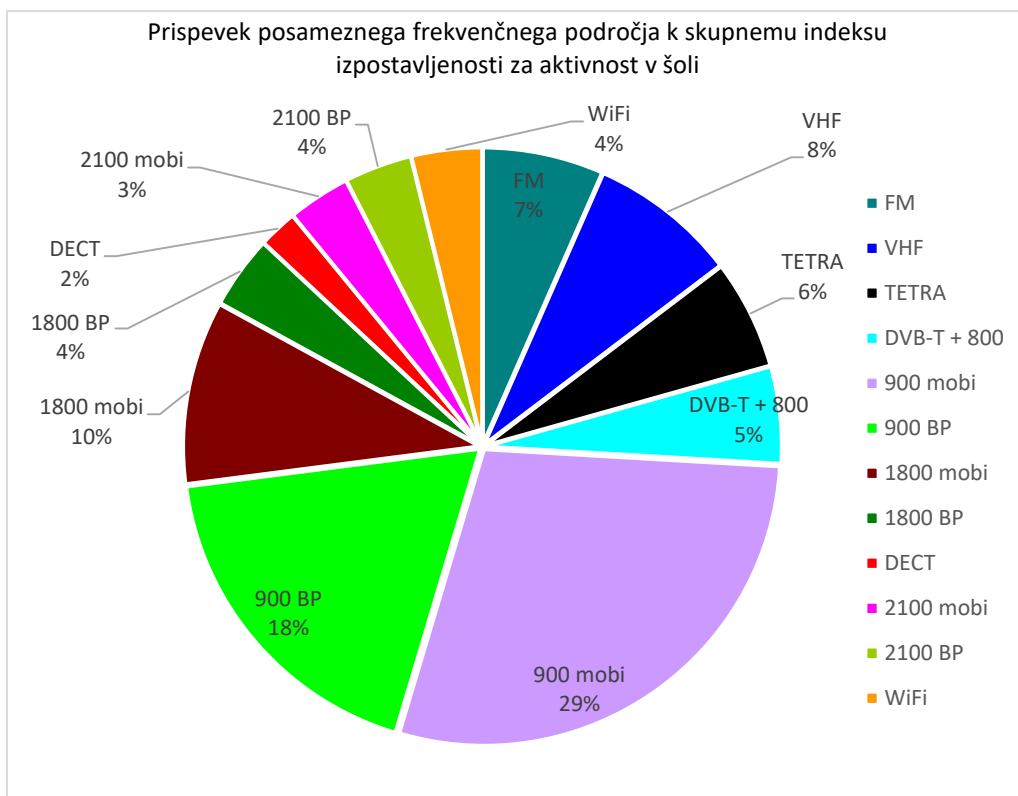
T 7: Prispevek posameznega frekvenčnega področja v odstotkih k skupnemu indeksu izpostavljenosti za posamezno aktivnost.

| Frekvenčno področje | doma [%] | v šoli [%] | na poti [%] | na prostem [%] | razno [%] | spanje [%] | vse skupine skupaj [%] |
|---------------------|----------|------------|-------------|----------------|-----------|------------|------------------------|
| FM radio | 43,9 | 6,6 | 4,5 | 62,1 | 9,1 | 55,4 | 44,0 |
| DAB radio | 2,6 | 8,1 | 3,1 | 2,4 | 9,1 | 3,0 | 3,2 |
| Zveze | 2,1 | 6,0 | 3,0 | 2,4 | 9,1 | 2,4 | 2,6 |
| DVB-T + 800 | 3,8 | 5,3 | 3,7 | 3,1 | 8,8 | 3,3 | 3,8 |
| 900 mobi | 2,9 | 28,7 | 28,2 | 2,3 | 17,2 | 1,5 | 5,3 |
| 900 BP | 29,4 | 18,3 | 31,1 | 18,0 | 9,7 | 28,7 | 27,9 |
| 1800 mobi | 1,8 | 10,0 | 13,6 | 1,1 | 6,8 | 1,2 | 2,7 |
| 1800 BP | 7,1 | 4,0 | 5,5 | 4,2 | 2,6 | 1,4 | 4,5 |
| DECT | 2,6 | 2,1 | 2,6 | 0,8 | 13,9 | 1,3 | 2,1 |
| 2100 mobi | 0,4 | 3,4 | 0,7 | 0,5 | 2,0 | 0,5 | 0,7 |
| 2100 BP | 2,4 | 3,7 | 1,7 | 1,9 | 2,3 | 0,6 | 1,7 |
| WiFi | 1,1 | 3,8 | 2,3 | 1,2 | 9,4 | 0,8 | 1,4 |
| Vsi prispevki | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

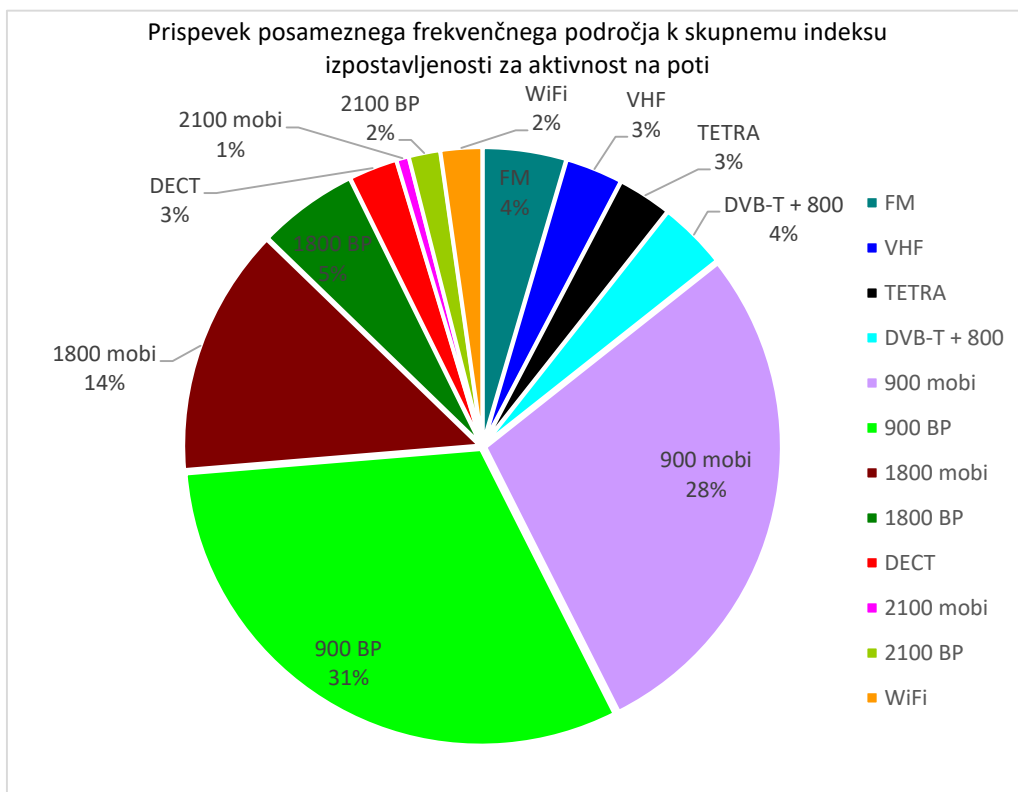
Znotraj posamezne aktivnosti imajo k povprečnemu indeksu izpostavljenosti posamezni frekvenčni pasovi različni prispevek.



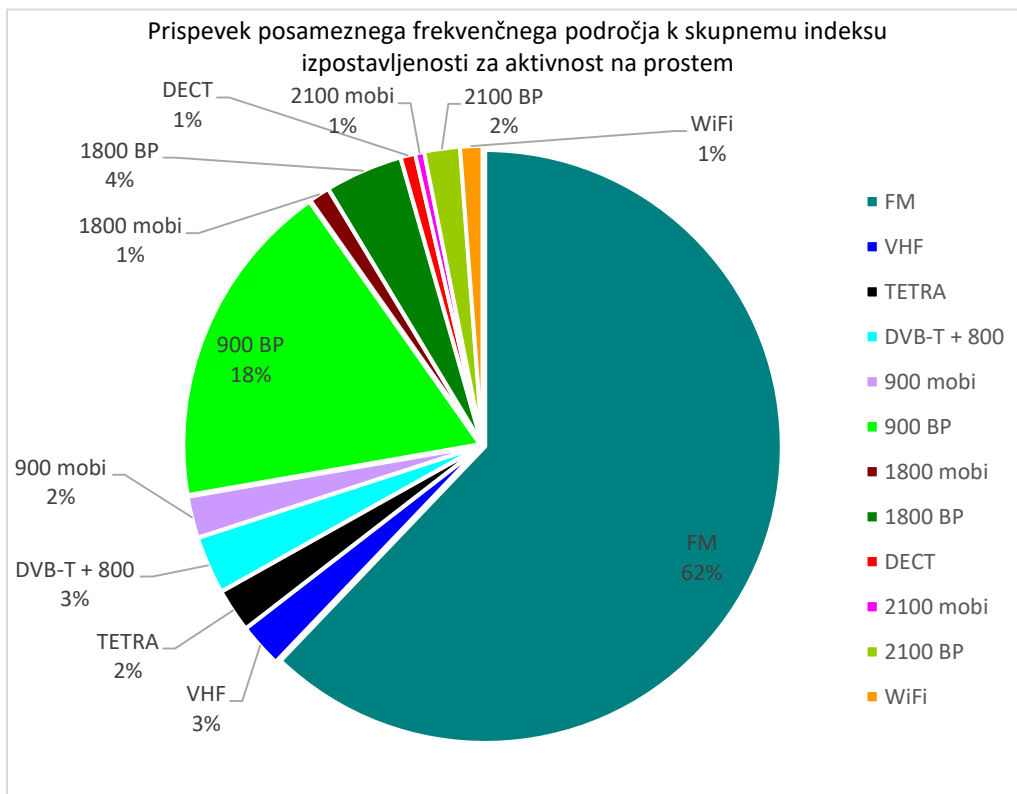
S 13: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost doma.



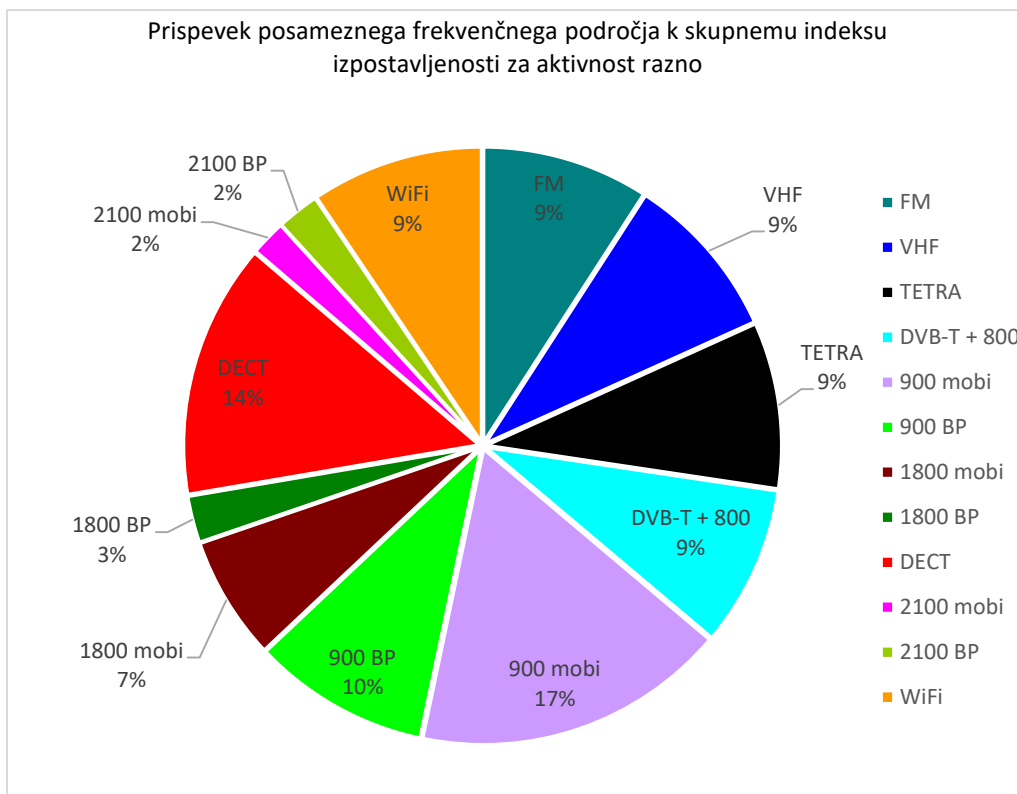
S 14: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost v šoli.



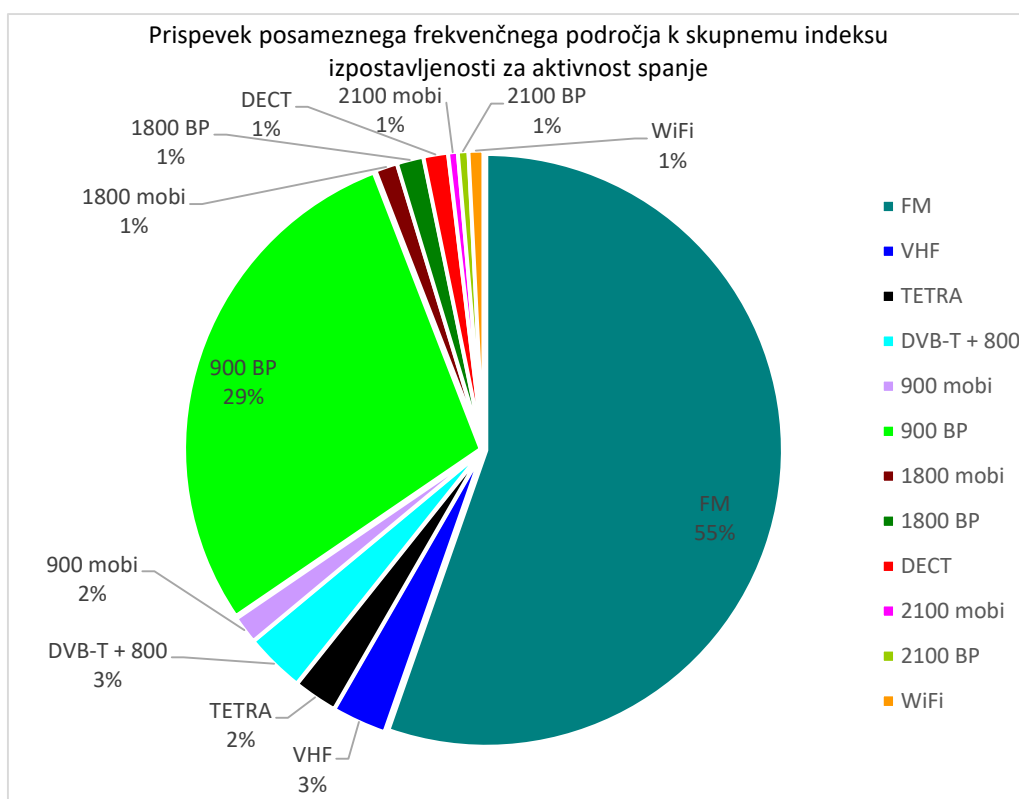
S 15: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost na poti.



S 16: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost razno.



S 17: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost razno.



S 18: Prispevek posameznega frekvenčnega področja k skupnemu indeksu izpostavljenosti za aktivnost spanje.

4 Zaključek

V letu 2018 se je začela študija izpostavljenost otrok visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem. Študija je bila zasnovana tako, da so se na podlagi analize meritev sevalnih obremenitev v okolju pripravili kriteriji za oblikovanje sodelujočih otrok-prostovoljcev. Oblikovani sta bili dve skupini. V prvo skupino so bili razvrščeni otroci, kjer so pričakovane višje sevalne obremenitve, druga skupina pa je bila kontrolna. V skupino z višjimi sevalnimi obremenitvami je bilo razvrščenih 10 otrok, v kontrolno skupino pa 5 otrok. Meritve so potekale tako, da so otroci dva do tri dni nosili dozimeter in GPS, ki sta beležila sevalne obremenitve v različnih frekvenčnih področjih in lokacijo. Vsi otroci so v času meritev izpolnjevali tudi poseben vprašalnik o aktivnostih, ki je omogočal razdelitev meritev na različna okolja kot so: doma, v šoli, zunaj, na poti in podobno.

Tako zbrani podatki so bili analizirani na dveh nivojih in sicer glede na skupino (h_ex, kontrolna) ter glede na aktivnost (doma, delo, na poti, zunaj, spanje, drugo). Podatki so bili analizirani za izmerjeno vrednost električne poljske jakosti in indeks izpostavljenosti oziroma sevalne obremenitve glede mejne vrednosti za I. območje, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

Maksimalni indeks izpostavljenosti za h_ex skupino je znašal 0,151 oziroma 15,1 odstotka mejne vrednosti. Maksimalni indeks izpostavljenosti za kontrolno skupino pa 0,181 oziroma 18,1 odstotka mejne vrednosti. Povprečni indeks izpostavljenosti, ki je bistveno boljši pokazatelj sevalnih obremenitev je znašal za h_ex skupino 0,0014 oziroma 0,14 odstotka mejne vrednosti, za kontrolno skupino pa 0,0004 oziroma 0,04 odstotka mejne vrednosti. Povprečni indeks izpostavljenosti tako jasno pokaže, da je izpostavljenost kontrolne skupine bistveno nižja kot izpostavljenost h_ex skupine in sicer za faktor 3,5. Višji povprečni indeks izpostavljenosti h_ex skupine gre predvsem na račun višje izpostavljenosti v frekvenčnem področju FM in BP 900. To se sklada s pričakovanji, da bo izpostavljenost h_ex skupine višja v primerjavi s kontrolno skupino.

Analiza aktivnosti je pokazala, da so otroci največ meritev opravili doma (37%), sledi spanje (34%), v šoli (14%), razno (7%), na poti (5%) in na prostem (3%). Maksimalni indeks izpostavljenosti za aktivnosti doma, v šoli ter na poti je znašal 0,151 oziroma 15,1 odstotka mejne vrednosti. Maksimalni indeks izpostavljenosti za ostale aktivnosti je bil precej nižji. Povprečni indeks izpostavljenosti je znašal od največ 0,0016 oziroma 0,16 odstotka mejne vrednosti za aktivnost doma do najmanj 0,0004 oziroma 0,04 odstotka mejne vrednosti za aktivnost razno. Povprečni indeks izpostavljenosti je še razkril, da so bili otroci najbolj izpostavljeni frekvenčnemu področju FM in sicer pri aktivnosti na prostem, spanje in doma. Podobno je bilo tudi za frekvenčno področje 900 BP, kjer je bil povprečni indeks izpostavljenosti najvišji za aktivnost doma, sledi spanje, na poti in na prostem.

Na koncu je potrebno poudariti, da je bila povprečna izpostavljenosti elektromagnetnemu sevanju ne glede na frekvenčno področje ali aktivnost nizka, saj je skupni povprečni indeks izpostavljenosti dosegel največ 0,0016 oziroma 0,16 odstotkov mejne vrednosti za I. območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju.

5 Literatura

- [1] Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/1996.
- [2] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74: 494-522, 1998.
- [3] SIST EN 50492:2009 – Osnovni standard za terensko merjenje jakosti elektromagnetnega polja v zvezi z izpostavljenostjo ljudi v okolici baznih postaj.
- [4] Gajšek P, Valič B, Trček T. Meritve izpostavljenosti visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem brezžičnih sistemov v različnih mikrookoljih v Sloveniji. Inštitut za neionizirna sevanja, 2017.