



ELEKTROMAGNETNA SEVANJA
**BREZZIČNI SISTEMI IN
ZDRAVJE**

Slovarček

Z besedo Uredba označujemo Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ul. RS 70/1996), ki določa mejne vrednosti za EMS. Uredba določa dve stopnji varstva pred sevanji: I. stopnjo in II. stopnjo. I. stopnja velja na **I. območju varstva pred sevanji**, kjer je potrebno povečano varstvo pred sevanji: območje objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa in zdravstvenega varstva, bolnišnic, objektov namenjenih bivanju, igri in rekreaciji, javnih zelenih in rekreacijskih površin, trgovsko-poslovnostanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim, javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti in podobno.

II. stopnja varstva pred sevanjem velja na **II. območju varstva pred sevanji**, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. II. območje varstva pred sevanji je zlasti območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodni dejavnosti, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter vsa druga območja, ki niso določena kot I. območje varstva pred sevanji.

B - gostota magnetnega pretoka v mikro teslih (μT).

E - električna poljska jakost (V/m).

Mejna vrednost, ki je določena v Uredbi, predpisuje, koliko sme biti največ obremenjeno naravno in življenjsko okolje. Mejne vrednosti omejujejo električno poljsko jakost in gostoto magnetnega pretoka v prostoru tako, da tudi v najbolj neugodnih razmerah izpostavitve vključujejo varnostni faktor 500 za I. območje varstva pred sevanji ter 50 za II. območje varstva pred sevanji. Mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji se ujemajo z evropskimi in mednarodnimi priporočenimi mejnimi vrednostmi, za I. območje varstva pred sevanji pa so še strožje. Zato preseganje mejnih vrednosti ne vodi njuno k škodljivim učinkom na človeka.

V tej brošuri z izrazom **vplivno območje** opisujemo tisto območje v prostoru, kjer so glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju mejne vrednosti presežene.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

614.875
612.014.42
537.86

VALIČ, Blaž

Elektromagnetna sevanja. Vplivna območja / [besedilo Blaž Valič in Peter Gajšek]. - Ljubljana : Forum EMS, 2008

ISBN 978-961-91976-2-2

1. Gl. stv. nasl. 2. Gajšek, Peter, 1966-
239205888

Izdajo publikacije je
podprla **Družba MORO**.



©Vse pravice pridržane. Noben del
te knjižice ne sme biti reproduciran,
shranjen ali z drugimi sredstvi
tj. elektronskimi, mehanskimi, s
fotokopiranjem, snemanjem ali kako
drugače, brez vneprejšnjega pisnega
dovoljenja projekta FORUM EMS®.

Elektromagnetna sevanja – Brezžični sistemi in zdravje

Izdajatelj: projekt FORUM EMS

Priprava besedila: doc. dr. Peter Gajšek, dr. Blaž Valič

Recenzija in potrditev: prof. dr. Tadej Kotnik

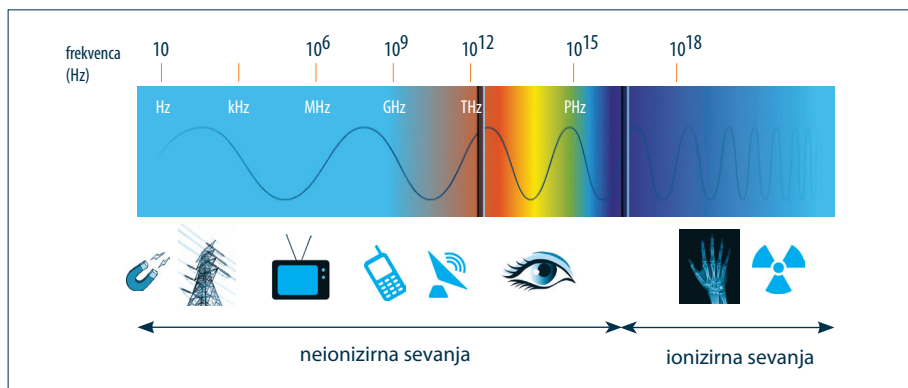
Lektoriranje: skupina Lucas

Oblikovanje: www.studiolumina.si

Ljubljana, december 2014

1. ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

Elektromagnetna sevanja (EMS) so posledica električno nabitih delcev. Ti delci so osnovni gradniki snovi. Elektroni imajo negativni električni naboj, protoni imajo pozitivnega. Izmenični tok proizvaja časovno spreminjajoče se magnetno polje. Časovno spreminjajoče se magnetno polje s procesom, imenovanim indukcija, proizvaja časovno spreminjajoče se električno polje. Spreminjajoče se električno polje pa povzroča spreminjajoče se magnetno polje. Tako nastane elektromagnetno sevanje, ki je sestavljeno iz spreminjajočega se električnega in magnetnega polja, skozi prazen prostor pa potuje s svetlobno hitrostjo (300.000 km/s). Sevanje, ki ga določa frekvenca ter pripadajoča energija, je prisotno povsod v našem okolju, saj obstajajo številni naravni viri sevanja, kot so svetloba, toplota, sevanje radioaktivnih snovi, kozmična sevanja... Glede na energijo in s tem učinek, ki ga imajo na snovi, delimo na **ionizirna in neionizirna sevanja**.



Slika 1: Prikaz spektra ionizirnih in neionizirnih sevanj s prikazom naprav, ki delujejo v posameznem delu spektra.

Med ionizirna sevanja uvrščamo tista sevanja, ki imajo višje frekvence in s tem energije ter zato posledično sposobnost ionizacije snovi. Ionizacija je postopek, ko sevanje izbije posamezne elektron iz atoma. Ker povzročajo ionizacijo tudi v človeških tkivih, so lahko zdravju škodljiva. Ionizirnim sevanjem smo izpostavljeni pri rentgenskem ali CT slikanju, prisotna so v jedrskih elektrarnah, a tudi v naravnem okolju.

Neionizirna sevanja so tista sevanja, ki imajo nižjo frekvenco in zato nimajo dovolj visoke energije za ionizacijo. Neionizirna sevanja delimo na statična oziroma enosmerna električna ali magnetna polja, nizkofrekvenčna električna in magnetna polja, elektromagnetno sevanje nizkih in visokih frekvenc ter na infrardeče sevanje, vidno svetlobo in ultravijolično sevanje. Poleg naravnih virov neionizirnih sevanj, kot so sonce in ogenj, ki oddajata infrardeče sevanje, vidno svetlobo in ultravijolično sevanje, smo z razvojem različnih tehnologij in storitev izpostavljeni tudi številnim umetnim virom kot so daljnovodi in transformatorske postaje, gospodinjski aparati, mobilni telefoni in bazne postaje, radijski in televizijski oddajniki, brezžični telefoni, WiFi routerji, Bluetooth slušalke... Neposredno lahko človek zazna le zelo ozek pas sevanj, in sicer vidno svetlobo. Posredno preko segrevanja zaznamo tudi infrardeče sevanje, saj ga občutimo zaradi povišanja temperature površine kože izpostavljenega dela telesa. Celotnega ostalega območja tako ionizirnih kot tudi neionizirnih sevanj pa človek ne more zaznati. Nepoznavanje in neotipljivost EMS pri ljudeh vzbuja zaskrbljenost, saj menijo, da izpostavljenost EMS iz različnih virov (visokonapetostni daljnovodi, radarji, mobilni telefoni, bazne postaje in gospodinjski aparati...) lahko predstavlja zdravstveno tveganje, še posebno pri otrocih. Dejstvo

je, da lahko EMS visokih jakosti povzroča akutne negativne vplive na zdravje. Izpostavljenost nizkim jakostim EMS in zapoznili učinki izpostavljenosti zaenkrat niso dokazani, saj niso znani morebitni fizikalni mehanizmi vpliva. Obstaja nekaj epidemioloških raziskav, ki statistično nakazujejo na možnost povečanja tveganja za nastanek nekaterih oblik raka.

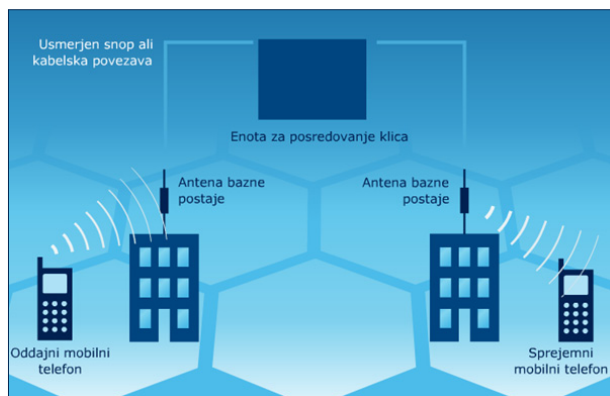
2. BREŽIČNI SISTEMI

Hiter tehnološki razvoj, udobje in želja po mobilnosti vodijo k povečevanju uporabe različnih brezžičnih sistemov. Brežžični sistemi so elektronska komunikacijskega omrežja, ki za prenos informacij ne uporabljajo vodnikov, ampak poteka prenos v obliki EMS po zraku. Prve praktične uporabe brezžičnih sistemov segajo v konec 19. in začetek 20. stoletja, predvsem za prenos govora na dolge razdalje, s časom se je njihova raba tako za prenos govora kot tudi slike širila. Izjemen napredek in razširjenost pa so različni brezžični sistemi doživeli v zadnjih 20 letih z uvedbo mobilne telefonije.

Vse večja uporaba različnih brezžičnih naprav pa pomeni tudi dodatno umeščanje različnih virov EMS v okolje ter s tem povezane negotovosti in vprašanja glede njihovih vplivov na okolje in zdravje ljudi. Predvsem zaradi stalnega uvajanja novih tehnologij, ki omogočajo predvsem hitrejši prenos podatkov, se pospešeno gradijo omrežja baznih postaj mobilne telefonije. A poleg mobilne telefonije se nadgrajujejo ali uvajajo tudi drugi brezžični sistemi, kot so npr. širokopasovno omrežje WiMAX ali digitalna televizija DVB-T. Zaradi razvoja brezžičnih tehnologij pa se nekatere tehnologije tudi umikajo iz uporabe. Tako sta v Sloveniji prenehala delovati tako analogna mobilna telefonija NMT kot tudi analogna televizija.

2.1. Mobilna telefonija

Sistem mobilne telefonije sestavljajo mobilni telefoni, ki jih nosimo pri sebi, ter omrežje baznih postaj in ostale potrebne infrastrukture.



Slika 2: Delovanje mobilnega omrežja. Mobilni telefon komunicira z bazno postajo, bazna postaja pa nato signale prenaša do vozlišča – centrale. Signal nadaljuje pot preko druge bazne postaje ali fiksnega omrežja do drugega uporabnika – sogovornika, ali do spletnega mesta, ki si ga uporabnik ogleduje. Mobilna omrežja so celična, kar pomeni, da določena celica bazne postaje skrbi za pokrivanje določenega omejenega območja. Kolikšno je to območje, je odvisno od tehnologije in predvsem geografskih danosti. Za dosego nepretrgane zveze se med gibanjem uporabnika mobilni telefon preključuje z ene celice na drugo.

Tako bazna postaja kot tudi mobilni telefon delujeta kot oddajnik in sprejemnik visokofrekvenčnih signalov, saj to omogoča dvosmerno povezavo – prenašanje signalov od bazne postaje na mobilni telefon in obratno.

Mobilna omrežja so zgrajena celično, vsaka celica pa predstavlja eno oddajno sprejemno enoto. To pomeni, da ena celica bazne postaje skrbi za pokrivanje s signalom mobilne telefonije na določenem omejenem območju. Velikost tega območja je odvisna od vrste dejavnikov, kot so uporabljena tehnologija, geografske razmere, vegetacija in pozidanost območja. V urbanih območjih se celice sosednjih baznih postaj pogosto prekrivajo, saj je zaradi velikega števila uporabnikov potrebno zagotoviti možnost priključitve na več celic na enem mestu. Ko se z mobilnim telefonom giblremo, se klic avtomatsko prenese z ene celice na drugo, ne da bi uporabnik to opazil.

Antene baznih postaj so nameščene na samostojne antenske stolpe, na antenske drogove na strehah objektov in podobno. Poznamo več generacij mobilne telefonije. Prva generacija, NMT, je v Sloveniji že opuščena in so bile NMT bazne postaje že odstranjene. Omrežji mobilne telefonije druge generacije - GSM in tretje generacije - UMTS sta v veliki meri že zgrajeni, na novo pa se v prostor umeščajo bazne postaje četrte generacije - LTE. Na nekaterih lokacijah je tako potrebna le namestitev nove opreme, medtem ko je na drugih lokacijah potrebno namestiti nove antene in kable ter postaviti dodatne antenske drogove. Z vizualnega stališča vzpostavitev omrežja LTE tako v glavnem ne prinaša veliko novih posegov v prostor.

Podoben sistem kot je omrežje za mobilno telefonijo GSM se uporablja tudi za delovanje signalno varnostnih naprav in ostalo komunikacijo za potrebe železniškega prometa. Sistem se imenuje GSM-R, sestavljajo pa ga bazne postaje, ročna terminalska oprema ter terminalska oprema, vgrajena v vlake. Bazne postaje so nameščene tako, da zagotavljajo pokritost s signalom po celotni dolžini vseh železniških prog, saj lahko le tako sistem deluje nemoteno. Frekvenca in oddajne moči GSM-R baznih postaj so primerljive z oddajnimi močmi GSM baznih postaj mobilne telefonije.

generacija mobilne tehnologije	1. generacija	2. generacija	3. generacija	4. generacija
oznaka	NMT	GSM	UMTS	LTE
leto uvedbe v Sloveniji	1991	1996	2001	2012
frekvenca [MHz]	450	925-956 1800-1880	925-956 2110-2170	1800-1880 800 - 880
glavni namen uporabe	govor opuščen	govor	govor in podatki	podatki

Slika 3: Razvoj mobilnih tehnologij in njihova uporaba v Sloveniji.

Skupna največja oddajna moč bazne postaje je odvisna od generacije mobilne tehnologije, tipa antene, števila kanalov (nosilcev) ter sevalnih karakteristik antene. Oddajne moči so nižje, kadar so bazne postaje bližje uporabniku, prav tako je oddajna moč odvisna od števila uporabnikov ene baze postaje. Antene baznih postaj oddajajo sevanja v zelo ozkih snopih – nekaj stopinj v vertikalni in približno 65 stopinj v horizontalni smeri. Največje oddajne moči baznih postaj redko presegajo 100 W na posamezno anteno (celico). Za primerjavo: mikrovalovna pečica oddaja z močjo 600 do 1000 W.

2.2. WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je brezžična tehnologija, ki se uporablja za zagotavljanje širokopasovnih podatkovnih povezav na območjih, kjer bi bila gradnja kabelskega ali optičnega omrežja predraga. Zato se WiMAX omrežja nameščajo zlasti

na podeželju. WiMAX deluje tako, da se v prostor umesti WiMAX bazna postaja, nanjo pa se uporabniki priključujejo preko posebnih domačih WiMAX modemov. Skupna največja oddajna moč bazne postaje WiMAX je med 1 in 20 W, običajno pa je nižja od 10 W. Oddajne antene so tudi v tem primeru podobne antenam baznih postaj in oddajajo sevanja v zelo ozkih snopih – nekaj stopinj v vertikalni in približno 65 stopinj v horizontalni smeri. Sistem WiMAX deluje v Sloveniji na frekvenci 3,5 GHz.

2.3. TETRA

Sistem TETRA (Terrestrial Trunked Radio) je telekomunikacijski sistem, namenjen sodobni digitalni profesionalni komunikaciji. Namenjen je predvsem enotam za zaščito in reševanje ter za potrebe vojske in policije. Deluje podobno kot sistem GSM. Komunikacija poteka med bazno postajo in terminalsko opremo, obenem pa omogoča tudi neposredno povezavo med dvema terminalskima napravama. Sistem TETRA deluje pri nižjih frekvencah od sistema GSM, in sicer med 380 in 400 MHz. Značilne oddajne moči terminalske opreme so med 1 in 3 W za ročno ter 3 in 10 W za avtomobilsko radijsko postajo, moči baznih postaj pa od 10 do 30 W na sektor. Za svoje delovanje potrebuje mrežo baznih postaj, ki pa je zaradi nižje frekvence, večje oddajne moči terminalske opreme ter možnosti neposredne komunikacije med terminalsko opremo lahko redkejša kot za GSM omrežje.

2.4. Radiodifuzija - DVB-T in radijski oddajniki

Z radiodifuzijo označujemo brezžični prenos zvoka in slike v obliki radijskih in televizijskih programov. Da lahko do radijskega in televizijskega sprejemnika prispe ustrezni signal, so potrebni radijski in televizijski oddajniki. Zaradi boljšega pokrivanja so ponavadi nameščeni na vrhu hriba, delujejo pa že več desetletij. V zadnjem času se je sistem analognih televizijskih oddajnikov nadgradil z digitalnimi DVB-T oddajniki, ki zagotavljajo kakovostnejšo sliko in zvok in omogočajo boljši izkoristek frekvenčnega prostora.

Oddajne moči FM oddajnikov v frekvenčnem območju med 87 in 108 MHz so od nekaj 10 do nekaj 1000 W. V veliki večini primerov so oddajniki nameščeni na oddajnih centrih izven urbanih območij, zaradi razmeroma neusmerjenih anten pa lahko v bližnji okolici povzročajo znatne sevalne obremenitve. Srednjevalovni oddajniki imajo oddajne moči tudi do več 100 kW, oddajne antene pa so visoke tudi 100 m.

Oddajna moč DVB-T oddajnika je lahko zelo različna, saj je odvisno, kakšno območje mora s svojim signalom pokriti. Na velikih oddajnih centrih znašajo oddajne moči do 5 kW, manjši oddajniki za zagotavljanje pokrivanja na manjšem območju, kar se zlasti uporablja v hribovitih območjih, pa znašajo nekaj 10 do nekaj 100 W. DVB-T oddajniki delujejo v UHF območju med 470 in 800 MHz.

2.5. Brezžično lokalno omrežje

Brezžično lokalno omrežje (angl. Wireless Local Area Network) oziroma WiFi je povezava med WiFi vmesnikom in računalnikom ali drugimi mobilnimi napravami, kot so dlančniki, tablice, mobilni telefoni in igralne konzole. WiFi za komunikacijo med napravami uporablja visokofrekvenčna EMS. WiFi omrežja so zelo pogosta tako doma kot v poslovnem okolju, vse bolj pa se širi tudi uporaba plačljivih ali prosto dostopnih WiFi javnih omrežij, zlasti v turističnih krajih in urbanih središčih. WiFi naprave delujejo pri frekvencah 2,4 in 5 GHz, tipična oddajna moč pa je do 200 mW.

2.6. Satelitske povezave in mikrovalovni linki

Satelitske povezave so namenjene komunikaciji med oddajno postajo na zemljini površini in satelitom. Oddajne moči satelitskih povezav so razmeroma majhne in zelo usmerjene. Tipična oddajna moč je 100 W, vendar je skoncentrirana v ozkem snopu premera le nekaj metrov. Tako usmerjen snop je potreben, da se omogoča povezava s skoraj 36.000 km oddaljenim geostacionarnim satelitom.



Mikrovalovne zveze ali linki so podobno kot satelitske povezave ozko usmerjeni sprejemno oddajni sistemi, ki delujejo v frekvenčnem območju mikrovalov. Njihova uporaba je zelo raznolika. Uporabljajo se za prenos radijskega in televizijskega programa od radijskih in televizijskih hiš do oddajnikov, za prenos telefonskih storitev, za povezavo baznih postaj mobilne telefonije z omrežjem ter za številne druge namene. Za nemoteno delovanje mora med sprejemno in oddajno anteno obstajati vidna povezava, saj vsaka stavba, hrib ali celo drevo, ki se nahaja v vidnem polju, zelo moti ali celo prepreči delovanje usmerjene mikrovalovne zveze.

Slika 4:

Primer mikrovalovnih anten,
nameščenih na stolp bazne postaje.

3. SEVALNE OBREMENITVE V OKOLICI VIROV IN TIPIČNE IZPOSTAVLJENOSTI

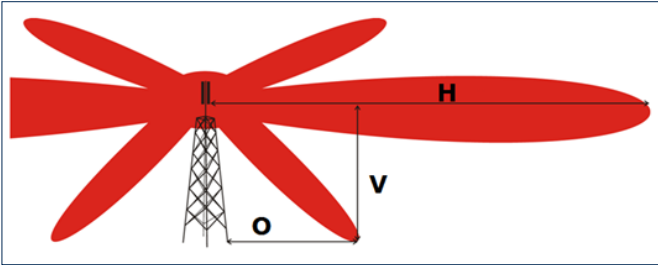
Številne raziskave o EMS v okolju so pokazale, da so sevalne obremenitve zaradi baznih postaj in drugih visokofrekvenčnih virov EMS na človeku dostopnih mestih v Sloveniji precej pod zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi. Na višini 1 m nad tlemi sevalne obremenitve dosegajo največ nekaj odstotkov mejnih vrednosti, v povprečju pa so nižje od enega odstotka. Mejne vrednosti bi bile presežene na razdalji le nekaj metrov neposredno pred anteno. Če se nahajamo vsaj 1 meter izven glavnega snopa antene bazne postaje, mejne vrednosti niso presežene.

V nadaljevanju so podane sevalne obremenitve in vplivno območje za različne vire VF EMS. Sevalne obremenitve so podane glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju presežene oziroma kot električna poljska jakost. Vplivno območje pa imenujemo tisto del prostora okrog vira, znotraj katerega so mejne vrednosti za EMS glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju presežene. Velikost in oblika vplivnega območja v prostoru je odvisna od številnih tehničnih lastnosti vira. Glavni parametri, ki vplivajo na velikost vplivnega območja, so oddajna moč, frekvenca in usmerjenost antene.

Sevalne obremenitve z oddaljenostjo od virov upadajo različno, saj je to odvisno od tehničnih parametrov vira. V spodnji tabeli so podane vrednosti električne poljske jakosti (E) na različnih oddaljenostih od tipičnih virov visokofrekvenčnih EMS, ki jih srečamo v okolju. Iz tabele je razvidno, da lahko radiodifuzni oddajnik na razdalji 5 km povzroča enake sevalne obremenitve kot bazna postaja na nekaj 10 metrih.

tip vira		tipična bazna postaja en operater	bazna postaja več operaterjev	manjši radiodifuzni oddajnik	velik oddajni center
frekvenca [MHz]		800, 900, 1800, 2100	800, 900, 1800, 2100	87 - 108, 470-800	87 - 108, 470-800
oddajna moč [W]		3 × 120	3 × 3 × 120	1000	40000
velikost vplivnega območja za I. območje [m]	H	30	40	17	400
	O	0	0	0	250
	V	1	2	5	50
velikost vplivnega območja za II. območje [m]	H	10	10	4	120
	O	0	0	0	0
	V	0	0	0	10

Tabela 1: Velikost vplivnega območja, to je območja, ker so lahko presežene mejne vrednosti za I. in za II. območje. Za razlago posameznih oddaljenosti glej spodnjo sliko.



Slika 5: Vplivno območje je območje, kjer so presežene predpisane mejne vrednosti. To znaša do H metrov pred anteno v višini antene, do O metrov na višini 1 m nad tlemi ter do V metrov pod anteno.

Na spletni strani Inštituta za neionizirna sevanja (www.inis.si) so v aplikaciji e-izračun na voljo podatki o vplivnih območjih številnih virov.

tip vira		tipična bazna postaja en operater	bazna postaja več operaterjev	manjši radiodifuzni oddajnik	velik oddajni center
frekvenca [MHz]		800, 900, 1800, 2100	800, 900, 1800, 2100	87 - 108, 470-800	87 - 108, 470-800
oddajna moč [W]		3 × 120	3 × 3 × 120	1000	40000
izpostavljenost v % mejnih vrednosti za I. območje glede na oddaljenost	1 m	1	3	2	500
	10 m	1	3	2	500
	100 m	0,3	1	4	90
	1000 m	0,1	0,2	0,6	5

Tabela 2: Tipične sevalne obremenitve različnih visokofrekvenčnih virov na višini 1 m nad tlemi pri različnih oddaljenostih od vira. Sevalne obremenitve so podane v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

3.1. Bazne postaje mobilne telefonije

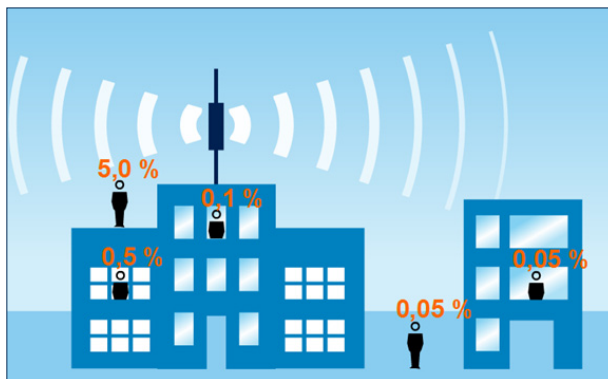
Antena bazne postaje oddaja visokofrekvenčni signal, ki je v snopu bistveno močnejši kot zunaj njega. To lahko primerjamo s snopom svetlobe pri žepni svetilki. Tako kot pri žepni svetilki je tudi snop antene zelo ozko prostorsko usmerjen. Glavni snop je navadno za nekaj stopinj nagnjen navzdol in pri precejšnji oddaljenosti (od 50 do 400 m) od antene bazne postaje doseže tla. Da je sevanje bazne postaje ozko usmerjeno, kaže tudi spodnja slika. Z rdečo je obarvano območje, kjer so mejne vrednosti za I. območje presežene. To območje je le ozek pas, ki se nahaja pred anteno v višini antene, torej več 10 m nad nivojem tal.

Vsaka bazna postaja pokriva le omejeno območje okrog stolpa. Zunaj tega območja so jakosti signalov premajhne, da bi mobilni telefoni sploh delovali. Ko se moč signala tako zmanjša, se telefon samodejno poveže s sosednjo bazno postajo. V primeru, da sosednje bazne postaje ni, telefon »izgubi« signal in zveza ni več mogoča.

Da se v sistem mobilne telefonije lahko vključi večje število uporabnikov mobilnih telefonov, je potrebnih vedno več baznih postaj in anten, nameščenih čim bližje uporabnikom (na fasadah zgradb, v nakupovalnih središčih, v poslovnih zgradbah, na letališčih...). Ker so bazne postaje nameščene bližje uporabnikom, se njihova oddajna moč zmanjšuje. Izhodne moči baznih postaj v poslovnih zgradbah dosegajo le desetino moči običajnih postaj. Te moči pa niso večje od moči mobilnega telefona.

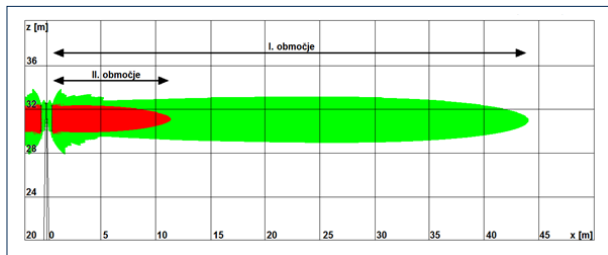
Na območju okrog bazne postaje, ki je dostopno javnosti, so značilne sevalne obremenitve precej nižje od najstrožjih mednarodnih standardov in priporočil. Le v neposredni bližini antene v njenem glavnem snopu so mejne vrednosti lahko presežene. Tipične sevalne

obremenitve na človeku dostopnih območjih okrog baznih postaj dosegajo manj kot odstotek dovoljenih vrednosti. V večini primerov so signali baznih postaj v bivalnem okolju primerljivi z nivoji signalov radijskih in televizijskih oddajnikov.



Slika 6:

Tipične sevalne obremenitve v bližini bazne postaje mobilne telefonije izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.



Slika 7: Vertikalni prerez vplivnega območja v ravnini skozi središče antene za bazno postajo GSM z oddajno močjo 100 W. Z rdečo je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer je presežena mejna vrednost za I. območje. Vplivno območje se nahaja le v višini anten.

3.2. Bazne postaje WiMAX

Ker so oddajne moči baznih postaj WiMAX manjše od baznih postaj mobilne telefonije, je tudi vplivno območje bazne postaje WiMAX manjše od vplivnega območja baznih postaj mobilne telefonije.

Meritve, izvedene na bazni postaji WiMAX v Sloveniji kažejo, da so vrednosti EMS v neposredni bližini antene majhne in na človeku dostopnih lokacijah dosegajo le nekaj odstotkov zakonsko dovoljene mejne vrednosti. Meritve so bile opravljene v bližini antene bazne postaje WiMAX z oddajno močjo 1 W. Izmerjene so bile naslednje vrednosti:

Oddaljenost od antene [m]	0	0,25	0,5	1
Električna poljska jakost [V/m]	42,2	17	10,1	7,4

Tabela 3: Izmerjene vrednosti električne poljske jakosti v neposredni bližini bazne postaje WiMAX.

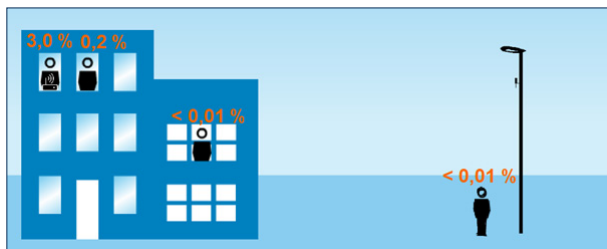
Na človeku dostopnih mestih so vrednosti bistveno nižje in znašajo pod 1 V/m. Mejna vrednost električne poljske jakosti glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za I. območje znaša 19 V/m, za II. območje pa 61,4 V/m. Iz rezultatov meritev je razvidno, da mejne vrednosti za I. območje niso več presežene že na razdalji 0,25 m.

3.3. Bazne postaje Tetra

Meritve EMS, izvedene v bližini TETRA bazne postaje, kažejo, da so vrednosti električne poljske jakosti in s tem povezane sevalne obremenitve nizke. Ker so antene sistema TETRA nameščene več metrov nad tlemi, so na človeku dostopnih mestih vrednosti nizke in ne presegajo 0,5 V/m, kar predstavlja manj kot 0,5 odstotka mejnih vrednosti za I. območje.

3.4. Brezžično lokalno omrežje

WiFi omrežje doma pogosto prispeva največji delež k sevalnim obremenitvam. Res je, da vrednosti z oddaljenostjo od dostopne točke WiFi hitro upadajo; v bližini dostopne točke je izmerjena električna poljska jakost dosegla vrednosti do 60 V/m, na razdalji 20 cm pa le še 4 V/m, vseeno pa je prispevek Wi-Fi-ja k skupnim sevalnim obremenitvam doma lahko zelo pomemben. Poleg Wi-Fi-ja pomemben delež sevalnih obremenitev prispeva tudi DECT telefon. Ker so oddajne moči WiFi dostopnih točk majhne, so v okolju sevalne obremenitve zaradi javnih WiFi omrežij, ki so pogosta v turističnih krajih in mestnih središčih, zanemarljive.



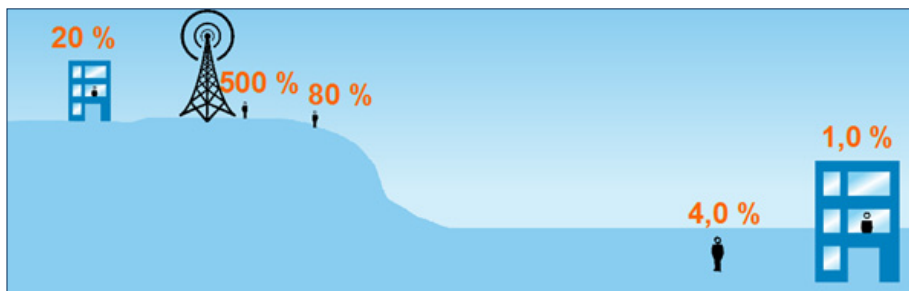
Slika 8:

Tipične sevalne obremenitve v bližini WiFi dostopne točke (okolje, doma) izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.

3.5. Radiodifuzija

Radijski in televizijski oddajniki se po oddajnih močeh lahko zelo razlikujejo, zato so tudi izpostavljenosti in vplivna območja lahko zelo različni.

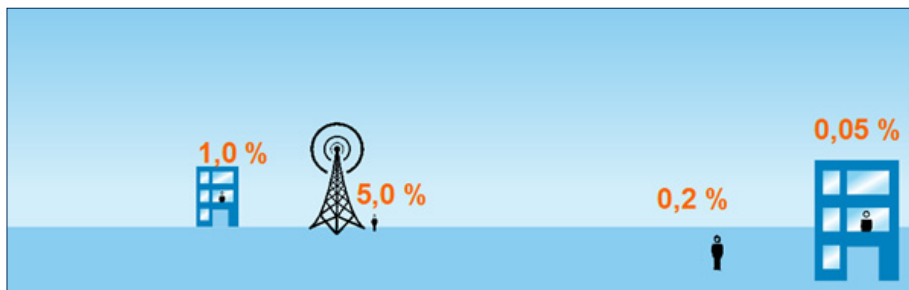
Za velik oddajni center, kjer je na oddajnem stolpu nameščenih večje število oddajnih anten različnih radijskih in televizijskih programov s skupno oddajno močjo 40 kW, so sevalne obremenitve prikazane na spodnji sliki.



Slika 9: Tipične sevalne obremenitve v bližini velikega oddajnega centra izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.

Za velik oddajni center lahko območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje, v višini anten sega tudi nekaj sto metrov od oddajnega stolpa. Kljub tako velikemu območju pa so sevalne obremenitve na nivoju tal bistveno nižje, saj so tudi antene radijskega oddajnika usmerjene. Le usmerjene antene lahko zagotavljajo dobro pokritost z radijskim in TV signalom tudi na večjih oddaljenostih od oddajnika. To je mogoče le s takšno anteno, ki čimveč energije antena odda v vodoravne smeri, čimmanj pa navzgor in navzdol, saj je to izgubljena energija.

Zaradi razgibanosti terena je za pokrivanje manjših območij pogosto potrebno namestiti dodatne manjše radijske oddajnike. Njihova moč znaša od nekaj deset W pa do nekaj kW. V nadaljevanju so prikazane sevalne obremenitve v bližini tipičnega radijskega in televizijskega oddajnika oddajne moči 1000 W.

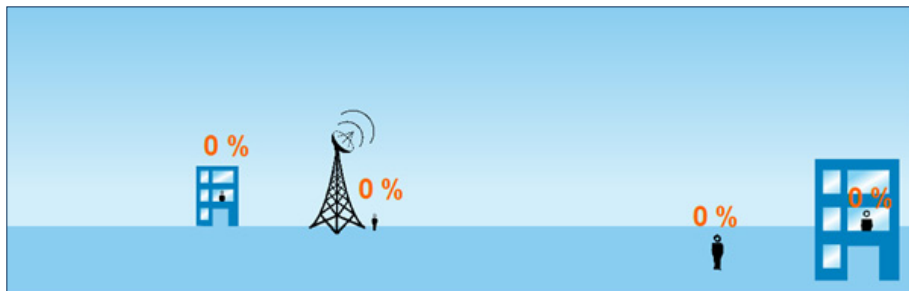


Slika 10: Tipične sevalne obremenitve v bližini tipičnega radijskega in televizijskega oddajnika izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.

Vplivno območje manjšega radijskega oddajnika oddajne moči 1000 W sega do največ nekaj deset metrov od oddajnih anten za I. območje varstva pred sevanji ter do nekaj metrov za II. območje varstva pred sevanji. Že ob sorazmerno nizko nameščenih oddajnih antenah (15 m nad tlemi), vplivno območje ne sega do človeku dostopnih mest.

3.6. Satelitske povezave in mikrovalovni linki

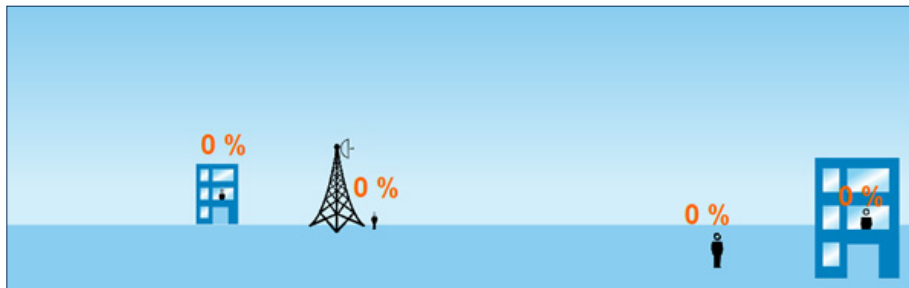
Tako satelitske povezave kot tudi mikrovalovni linki imajo zelo usmerjeno anteno, tako imenovani krožnik, tako da sevajo v zelo ozkem snopu širine kakšno stopinjo.



Slika 11: Tipične sevalne obremenitve v bližini satelitske povezave izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.

Kakor je razvidno iz slike, so sevalne obremenitve v okolici takšne antene zanemarljive. Satelitske antene so nameščene tako, da se v območju, kamor oddajajo, ne nahajajo stavbe ali druge ovire, sicer povezava ne bi delovala. V druge smeri satelitske antene oddajajo zelo majhna EMS. Zato nikjer na človeku dostopnih mestih ne predstavljajo pomembnega vira EMS.

Podobno velja tudi za mikrovalovne zveze, kjer pa je potrební doseg bistveno manjši kot za satelitske povezave, zato so tudi oddajne moči bistveno nižje. Ker so mikrovalovne zveze usmerjene na druge mikrovalovne zveze, nameščene do nekaj 10 km daleč, oddajajo pa v ozkem usmerjenem snopu, mejne vrednosti na človeku dostopnih območjih niso presežene.

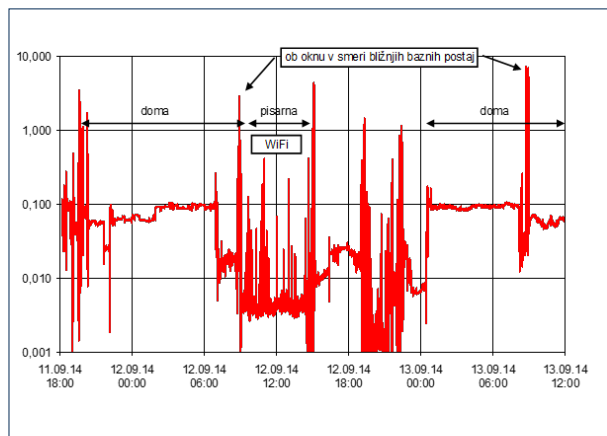


Slika 12: Tipične sevalne obremenitve v bližini mikrovalovne zveze izražene v odstotkih mejnih vrednosti za I. območje.

4. OSEBNA IZPOSTAVLJENOST

Vzročno povezavo med izpostavljenostjo določeni snovi in boleznijo, simptomi ali smrtjo dokazujemo z epidemiološkimi študijami in eksperimenti na živalih. Iskanje povezave med vzrokom in posledico je lahko zelo zahtevno, posebej zato, ker različne izpostavljenosti povzročajo enake bolezni in ker nas pogosto zanima vpliv šibkejšega povzročitelja, katerega vpliv je potrebno prikazati ločeno od vpliva močnejšega. Odgovori na vprašanja, ali je določena snov zdravju škodljiva, so zato posebej pri iskanju šibkih vplivov povzročitelja na zdravje človeka, zelo težavni. Potrebno je narediti več različnih študij na različnih skupinah ljudi in z različnimi metodologijami in šele potem presojati, ali so bili dokazi dovolj močni za sklepanje o tem, kako nevarna je kaka snov. Ena največjih težav pri raziskovanju vpliva izpostavljenosti EMS na zdravje človeka je gotovo določanje izpostavljenosti. Če je pri epidemiološki študiji izpostavljenost definirana napačno, so lahko povsem napačni tudi dobljeni rezultati, ki govorijo

o tveganju: prešibki ali celo premočni. Najustreznejši način določanja izpostavljenosti EMS za epidemiološke študije so trajne meritve osebne izpostavljenosti. V zadnjih letih so bile tako v Sloveniji kot drugod po svetu izvedene številne raziskave izpostavljenosti odraslih in otrok z osebni dozimetri, ki so jih prostovoljci pri sebi navadno nosili vsaj 36 ur.



Slika 13: Tipične izpostavljenosti prebivalca, ki živi v stanovanjski hiši na oddaljenosti 100 m od lokacije, kjer je nameščenih več baznih postaj različnih operaterjev. Na takšnih razdaljah od baznih postaj so sevalne obremenitve v spalnicah, ki se nahajajo v višjih nadstropjih hiše, najvišje. V spalnici dosega vrednosti 0,1 odstotek mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Ob oknu, ki je obrnjeno proti baznim postajam, so vrednosti višje in dosežejo do 7 odstotkov mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji. Na delovnem mestu v pisarni so prispevki WiFi dostopne točke in prenosnega računalnika najpomembnejši vir, ki dosega do 0,5 odstotka mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

Primerjalna študija (Gajšek et al, 2013), ki je potekala v devetih državah EU na vzorcu prek 1000 prostovoljcev je pokazala, da povprečna izpostavljenost ljudi visokofrekvenčnim EMS doma in v okolju znaša med 0,1 – 0,26 V/m, kar predstavlja med 0,001 in 0,01 odstotka mejne vrednosti glede na mednarodna priporočila ICNIRP.

Na podlagi primerjave rezultatov osebne izpostavljenosti so avtorji študije razvrstili izpostavljenost ljudi doma in v okolju v tri kategorije:

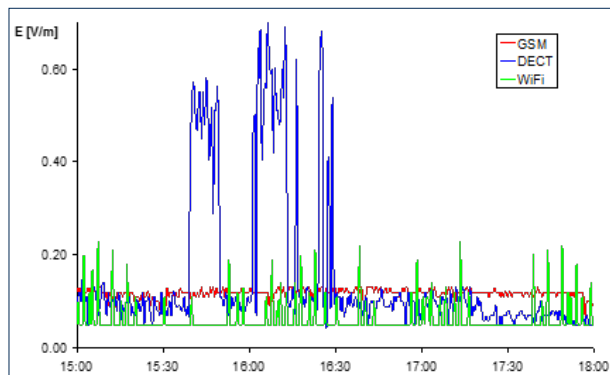
1. **višja izpostavljenost**, ki je posledica uporabe različnih virov neposredno ob telesu in lahko dosega izpostavljenosti blizu mejnih vrednosti: mobilni telefon (GSM, UMTS, LTE), brezvrvični telefon DECT in drugi brezžični vmesniki. Ta kategorija je najpomembnejša za ugotavljanje tveganja.
2. **srednja izpostavljenosti**, ki je posledica uporabe različnih virov blizu telesa in je precej (vsaj 10-krat) pod mejnimi vrednostmi: WiFi usmerjevalniki, bazne postaje DECT, elektronske varuške, Bluetooth vmesniki, druge brezžične prenosne in nadzorne naprave. Ta kategorija je omejeno uporabna za ugotavljanje tveganja, vendar le pod določenimi pogoji je lahko relevantna za raziskave (izpostavljenost otrok WiFi in elektronskim varuškam).
3. **nizka izpostavljenost**, ki je posledica uporabe različnih virov v okolju in je daleč (vsaj 100-krat) pod mejnimi vrednostmi: TV in radijski oddajniki, radarji, bazne postaje GSM, UMTS, LTE, GSM-R, TETRA in WiMAX. Ta kategorija je zelo omejeno uporabna za ugotavljanje tveganja razen v primeru raziskovanja morebitnih zapoznelih vplivov EMS zelo nizkih jakosti na prebivalstvo.

Primerjalna analiza (Rowly et al. 2012) osebne izpostavljenosti v 23 državah sveta je pokazala, da povprečna izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS doma in v okolju ne presega 0,52 V/m, kar predstavlja 0,034 odstotka mejne vrednosti glede na mednarodna priporočila ICNIRP.

Rezultati številnih študij o osebni izpostavljenosti EMF kažejo, da je celotna izpostavljenost prebivalstva EMS v Sloveniji in v svetu zelo nizka redko preseže 1% mejnih vrednosti.

Glavni prispevek k povprečnim sevalnim obremenitvam ravno tako v večini primerov predstavlja uporaba mobilnega telefona in telefona DECT, ki predstavljata od 19 % do 63 % vseh povprečnih sevalnih obremenitev, medtem ko bazne postaje mobilne telefonije predstavljajo od 3 % do 17 % vseh povprečnih sevalnih obremenitev. Med sevalnimi obremenitvami zaradi mobilnega telefona najbolj dominira prispevek v sistemu GSM in sicer od 16 % do 56 %, v sistemu LTE od 1 % do 10 % ter v sistemu UMTS manj kot 2 %. Iz rezultatov meritev vidimo, da so uporabniki izpostavljeni najvišjim sevalnim obremenitvam zaradi sevanja mobilnih telefonov v sistemu GSM. Pomembno je dejstvo, da so precej manjšim, tako povprečnim kot tudi maksimalnim trenutnim vrednostim, izpostavljeni uporabniki sistema DCS in UMTS. Da so vrednosti EMS za sistem UMTS precej nižje, vpliva predvsem dejstvo, da so oddajne moči telefona v sistemu UMTS nižje od oddajnih moči v sistemu GSM, zaradi višje frekvence delovanja tega sistema pa so tudi dovoljene višje mejne vrednosti. Iz tega sledi, da je bolje uporabljati mobilni telefon v načinu UMTS kot pa GSM, saj so sevalne obremenitve v primeru mobilne telefonije UMTS nekajkrat manjše.

Sevalne obremenitve zaradi baznih postaj so v naravnem in bivalnem okolju primerljive s sevalnimi obremenitvami zaradi radijskih in televizijskih oddajnikov, znotraj objektov pa je v primeru, da je v objektu nameščena WiFi dostopna točka ali DECT brezvrvični telefon, prispevek teh dveh virov višji kot prispevek baznih postaj.



Slika 14:

Potek sevalnih obremenitev v dnevni sobi stanovanja zaradi GSM baznih postaj (rdeče), DECT brezvrvičnega telefona (modro) in WiFi usmerjevalnika (zeleno). Prispevek baznih postaj GSM je primerljiv s prispevkom WiFi usmerjevalnika in DECT brezvrvičnega telefona, ko ta ni v uporabi, med telefonskim pogovorom pa k sevalnim obremenitvam prispeva največ prav DECT brezvrvični telefon.

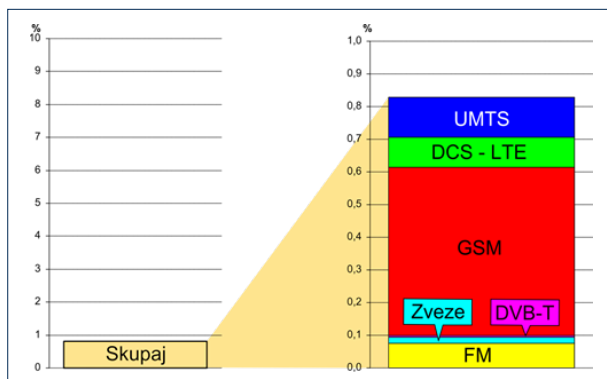
Tako k maksimalnim kot tudi k povprečnim sevalnim obremenitvam največ prispevajo tiste naprave, ki se med uporabo nahajajo v neposredni bližini telesa uporabnika. Na prvem mestu je to mobilni telefon v GSM sistemu, ki bistveno presega sevalne obremenitve vseh drugih virov EMS vključno z baznimi postajami.

V splošnem je na podežlju izpostavljenost manjša kot v mestih. Vendar to ne velja za mobilne telefone, saj je na podežlju izpostavljenost tem v sistemu GSM večja kot drugje, saj so bazne postaje namreč bolj redko umeščene v prostor kot v mestih in tako je za prenos signala potrebna večja oddajna moč telefona.

V posameznih primerih, ko je v bližini uporabnika prisoten radijski ali televizijski oddajnik, je izpostavljenost lahko višja od izpostavljenosti zaradi vseh ostalih virov.

Trček s sodelavci (2014) je izvedel obsežno raziskavo o sevalnih obremenitvah v okolici 33 baznih postaj mobilne telefonije v Sloveniji. Meritve elektromagnetnih sevanj so pokazale, da so sevalne obremenitve na vseh izmerjenih lokacijah precej pod mejnimi vrednostmi, ki jih

določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju [UI RS 70/96]). Maksimalna trenutna izmerjena vrednost sevalnih obremenitev zaradi baznih postaj je znašala približno 11,2 odstotkov zakonsko določenih mejnih vrednosti, povprečna vrednost pa manj kot 1 odstotek mejnih vrednosti (slika 15). Do podobnih zaključkov so prišli raziskovalci tudi v drugih državah.



Slika 15:

zmerjene vrednosti sevanja baznih postaj na 99 merilnih mestih v Sloveniji v primerjavi z mejno vrednostjo za I. območje (levo) in prispevek posameznih tehnologij k skupnim sevalnim obremenitvam (desno). Največ prispeva sistem GSM (64 odstotkov), sledijo pa sistem UMTS (15 odstotkov), sistem LTE (12 odstotkov) in zelo oddaljeni radijski oddajniki FM (8 odstotkov).

5. MEJNE VREDNOSTI

Mejne vrednosti določajo dovoljene najvišje ravni izpostavljenosti ljudi EMS. Mejne vrednosti lahko predlagajo različne institucije ali združenja, nesporna avtoriteta na tem področju pa je nedvomno Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP). Ta institucija, ki ni povezana z industrijo, finančno pa jo podpirajo Evropska unija (EU), Mednarodno združenje za zaščito pred sevanji (IRPA), Mednarodni urad za delo (ILO) in vlade nekaterih držav, pripravlja mednarodne smernice o mejnih vrednostih izpostavljenosti EMS na podlagi preučevanja znanstvene literature o izpostavljenosti EMS in o škodljivih vplivih na zdravje. Prve smernice je ICNIRP sprejela leta 1998, za visokofrekvenčna EMS pa jih je ponovno potrdila v letu 2009.

Določanje mejnih vrednosti je namreč proces, ki se zaradi vedno novih spoznanj in raziskav na tem področju redno obnavlja, to pa zagotavlja, da mejne vrednosti vedno temeljijo za najaktualnejših spoznanjih in stanju stroke.

ICNIRP v povezavi s Svetovno zdravstveno organizacijo (SZO) velja za znanstveno organizacijo, ki v svojih priporočilih za zaščito pred EMS upošteva le znanstveno dokazane vplive. ICNIRP zato ne izdaja priporočil v zvezi z motnjami počutja in nepotrjenimi tveganji.

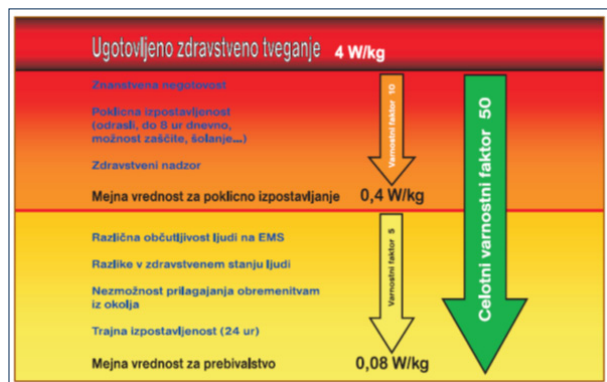
Mejne vrednosti smernic ICNIRP temeljijo na znanstveno ugotovljenih in potrjenih učinkih. Nizkofrekvenčna EMS znotraj človeka povzročajo inducirano električno polje, kar lahko povzroči vzdraženje živčnih ali mišičnih vlaken. Pri visokih frekvencah, je pomembno segrevanje tkiva. Količino moči, ki se absorbira v določeni masi biološkega tkiva, v frekvenčnem področju določamo s **stopnjo specifične absorpcije (SAR)**. Enota za SAR je vat na kilogram (W/kg). Ta količina se hkrati uporablja kot merilo za oceno vplivov EMS na biološke sisteme.

Da bi VF EMS negativno vplivala na zdravje, je potrebna izpostavljenost SAR vsaj 4 W/kg. Pri tej vrednosti se pojavijo komaj opazne spremembe v vedenjskih vzorcih primatov. Pri nivojih, ki so nižji od 4 W/kg, niso bili ugotovljeni negativni učinki na človekovo zdravje. Zato ta vrednost služi kot prag za določanje omejitev izpostavljenosti VF EMS.

Za določitev mejnih vrednosti, ki so izvedene iz praga škodljivosti, pa se upoštevajo še dodatni varnostni faktorji. Na podlagi znanstvenega soglasja je ICNIRP izdala smernice, ki uvajajo na delovnih mestih 10-kratni varnostni faktor glede na najnižjo SAR, pri kateri so dokazani biološki učinki (4 W/kg). V primeru trajne izpostavljenosti prebivalstva pa je uvedla še dodatni, 5-kratni varnostni faktor. Varnostni faktorji so določeni na podlagi zelo konzervativnih ocen vrhunskih strokovnjakov.

Tako znaša dopustna vrednost SAR za prebivalstvo za celotno telo 0,08 W/kg (ICNIRP, 1998), kar pomeni le 2 odstotka tiste vrednosti, pri kateri so bili znanstveno ugotovljeni in potrjeni negativni vplivi na zdravje.

Ker je določanje mejnih vrednosti znotraj človeškega telesa zahtevno, so poleg mejnih vrednosti v smernicah ICNIRP določene še opozorilne vrednosti. Le-te veljajo za količine, ki jih lahko neposredno merimo, na primer za električno in magnetno poljsko jakost in gostoto pretoka moči. Opozorilne vrednosti upoštevajo najneugodnejše možne razmere izpostavljenosti, kar pomeni, da je skladnost z mejnimi vrednostmi zagotovljena pri izpostavljenosti, ki je pod opozorilnimi vrednostmi. Vendar pa preseganje opozorilnih vrednosti še ne pomeni tudi preseganja mejnih vrednosti. Smernice ICNIRP priporoča tudi Svetovna zdravstvena organizacija.



Slika 16:

Koncept oblikovanja mejnih vrednosti in varnostnih faktorjev za visokofrekvenčna EMS. Od vrednosti, kjer prihaja do znanih škodljivih vplivov na zdravje (SAR za celo telo znaša 4 W/kg) so mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost 10 krat nižje, za prebivalstvo pa še dodatno 5-krat nižje - kar skupno pomeni 50-krat nižje.

5.1. Katere mejne vrednosti priporoča Evropska unija?

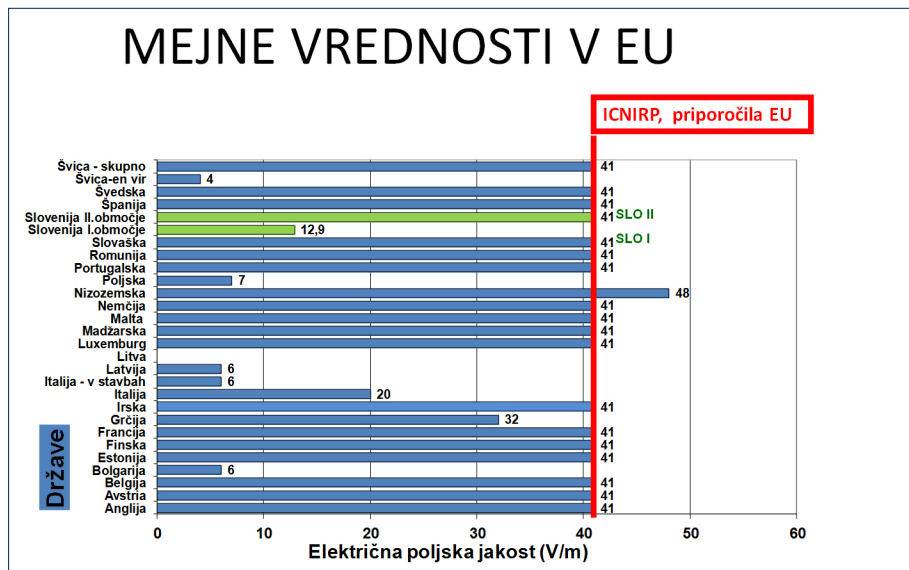
V večini držav zakonodaja temelji na mejnih vrednosti, ki jih je pripravil ICNIRP, sledijo jim priporočila o izpostavljenosti prebivalstva EMS, ki jih je v letu 1999 objavil Evropski svet, direktiva 2013/35/EU o izpostavljenosti EMS delavcev, ki jo je leta 2013 potrdil Evropski parlament in tudi Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur. list RS št. 70/96).

Na ravni Evropske unije je bilo julija 1999 sprejeto »Priporočilo za omejitev izpostavljenosti prebivalstva elektromagnetnim sevanjem; 0 Hz–300 GHz« (EU, 1999). To Priporočilo EU kot minimalno zahtevo predvideva upoštevanje smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP, 1998). Preventivni ukrepi niso priporočeni, lahko pa v skladu z 12. tč. Priporočila EU »... države članice poskrbijo za višjo raven zaščite zdravja, kot jo določa to priporočilo.«

Ker Priporočilo EU za omejevanje izpostavljenosti prebivalstva elektromagnetnim sevanjem (EU 1999) za države članice ni pravno zavezujoče, lahko politiko elektromagnetnih sevanj v posameznih državah članicah razdelimo na tri različne pristope.

Prva skupina držav članic je Priporočilo prenesla v zavezujočo nacionalno zakonodajo. To pomeni, da se morajo upoštevati osnovne mejne vrednosti in referenčne vrednosti. V tej skupini držav članic so Ciper, Češka, Estonija, Finska, Francija, Madžarska, Irska, Malta, Portugalska, Romunija in Španija. Španska regija Katalonija ima strožje predpise kot zvezna vlada. V Nemčiji in na Slovaškem so referenčne vrednosti hkrati mejne vrednosti izpostavljenosti.

V drugi skupini držav članic nacionalne mejne vrednosti na podlagi Priporočila EU ali ICNIRP niso zavezujoče, mejne vrednosti pa so bolj prizanesljive oziroma predpisov sploh ni. V tej skupini držav članic so Avstrija, Danska, Latvija, Nizozemska, Švedska in Anglija. V tretji skupini držav članic so osnovne mejne vrednosti strožje in/ali referenčne vrednosti temeljijo na načelu previdnosti ali pa jih uvajajo empirično zaradi pritiska javnosti. Izbrane mejne vrednosti včasih temeljijo na načelu »najnižje razumno dosegljive izpostavljenosti brez ekonomskih posledic«. Praktična izbira je lahko nižja omejitev interference za elektromagnetno kompatibilnost (na primer v Belgiji). V drugih državah razlogi za nižje mejne vrednosti ne temeljijo na znanstvenih zaključkih, temveč na upoštevanju načela previdnosti, ki pa ga je mogoče razlagati in implementirati na različne načine. (na primer v Sloveniji in Grčiji). V nekaterih državah članicah se te strožje referenčne vrednosti uporabljajo kot mejne vrednosti izpostavljenosti, ki ne smejo biti presežene.



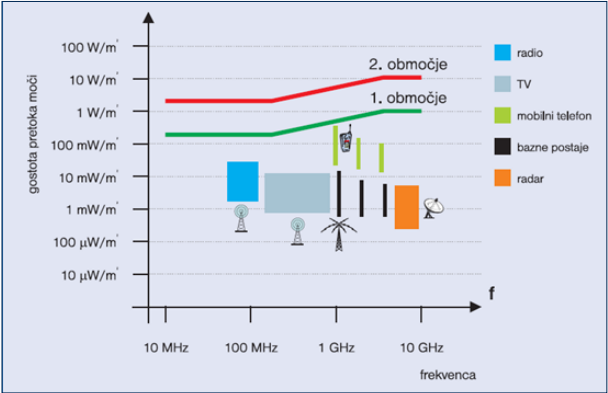
Slika 17: Mejne vrednosti, ki se uporabljajo za oceno sevalnih obremenitev v okolici baznih postaj v posameznih državah članicah EU. Kot je razvidno iz grafa, je v Sloveniji zakonsko določena mejna vrednost, ki se uporablja pri umeščanju teh naprav na I. območju varstva pred sevanji, med najnižjimi v Evropi. Nižje vrednosti imajo le nekatere države, ki še vedno uporabljajo stare vzhodnoevropske standarde iz Varšavskega območja (Poljska, Litva, Bolgarija). Poseben primer predstavlja Švica, ki ima mejno vrednost določeno le za en vir v okolju ter Italija, ki omejuje sevanje v stavbah. V obeh državah v okolju veljajo mejne vrednosti ICNIRP.

5.2. Stanje v Sloveniji

V Sloveniji je od leta 1996 v veljavi Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur.list RS št. 70/96), ki temelji na smernicah ICNIRP. Z razliko od smernic ICNIRP pa uredba določa dvojne mejne vrednosti, prve za tako imenovano I. območje varstva pred EMS in druge za tako imenovano II. območje varstva pred EMS.

Za I. območje varstva pred EMS, kamor sodijo občutljiva območja, kot so šole, vrtci, bolnice, stanovanjska območja in podobno, so predpisane mejne vrednosti 10-krat strožje od mejnih vrednosti ICNIRP, ki za prebivalstvo že vključujejo varnostni faktor 50. To pomeni, da za I. območje varstva pred sevanji obstaja 500-kratni varnostni faktor. Slovenska zakonodaja je v tem pogledu ena najstrožjih na svetu.

Za II. območje varstva pred EMS (ostala območja, ki niso v I. območju varstva pred EMS, to so območja brez stanovanj, namenjena industrijski, obrtni ali kateri drugi podobni proizvodni dejavnosti, območja namenjena javnemu cestnemu ali železniškemu prometu, ostala naravna območja) pa, kot že omenjeno, veljajo podobne omejitve kot jih določajo smernice ICNIRP.



Slika 18:
Mejne vrednosti se s frekvenco spreminjajo. Na sliki je prikazana primerjava sevalnih obremenitev zaradi različnih visokofrekvenčnih virov v okolju glede na zakonsko dovoljene mejne vrednosti za I. in II. Območje varstva pred EMS.

Mejne vrednosti, ki jih določa Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, so frekvenčno odvisne in so določene za efektivno vrednost električne (E) in magnetne (H) poljske jakosti ter za povprečno vrednost gostote pretoka moči (S). Za najpogostejše visokofrekvenčne naprave, ki jih srečamo v Sloveniji, so mejne vrednosti podane v tabeli 4.

nosilna frekvenca (MHz)	mejna vrednost električne poljske jakosti [V/m]		mejna vrednost gostote pretoka moči [W/m²]	
	I.območje	II.območje	I.območje	II.območje
87 – 108 (FM)	8,6	27,5	0,2	2
174 – 223 (TV VHF)	8,6	27,5	0,2	2
380 – 470 (Zveze)	8,6	27,5	0,2	2
470 – 790 (TV UHF)	9,32	29,70	0,24	2,35
800 – 880 (LTE)	12,16	38,75	0,40	4,00
925 – 960 (GSM, UMTS)	13,08	41,67	0,46	4,63
1805 – 1880 (GSM, LTE)	18,3	58,5	0,90	9,0
2110 – 2170 (UMTS)	19,0	61,4	1,0	10
2400, 5000 (WIFI)	19,0	61,4	1,0	10
2570 – 2690 (LTE)	19,0	61,4	1,0	10
3500 (WIMAX)	19,0	61,4	1,0	10

Tabela 4: Mejne vrednosti za posamezno frekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

Čeprav uredba o EMS velja že od leta 1996, mejne vrednosti niso zastarele, saj se mednarodno priporočene mejne vrednosti ICNIRP za omejevanje izpostavljenosti visokofrekvenčnim EMS niso spremenile. Uvajanje strožjih zahtev za umeščanje novih virov EMS na območjih povečanega varstva pred EMS uvršča Slovenijo med države z najstrožjimi mejnimi vrednostmi.

V letih 2009-2011 je komisija ICNIRP po pregledu obstoječih raziskav in relevantne znanstvene literature revidirala mejne vrednosti v področju nizkofrekvenčnih EMS. Za področje visokofrekvenčnih EMS pa je ICNIRP potrdila mejne vrednosti iz leta 1998, ki do nadaljnjega ostajajo enake.

6. VPLIVI BREŽIČNIH SISTEMOV NA ZDRAVJE

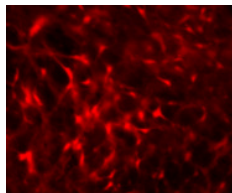
Nepoznavanje in neotipljivost EMS pri ljudeh vzbujata zaskrbljenost, saj menijo, da izpostavljenost EMS iz različnih virov (visokonapetostni daljnovodi, radarji, mobilni telefoni, bazne postaje in gospodinjski aparati...) lahko predstavlja zdravstveno tveganje, še posebej pri otrocih.

Dejstvo je, da lahko EMS visokih jakosti povzroča akutne negativne vplive na zdravje. Izpostavljenost nizkim jakostim EMS in zapoznani učinki izpostavljenosti zaenkrat niso dokazani, niso pa znani niti fizikalni mehanizmi vpliva. Obstaja nekaj epidemioloških raziskav, ki statistično nakazujejo na možnost povečanja tveganja za nastanek nekaterih oblik raka. Negativni vplivi na zdravje vodijo do poslabšanja zdravstvenega stanja ali celo do obolenja, medtem ko sami biološki učinki nimajo nujno zaznavnih vplivov na zdravje. Visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja nad določenim pragom nedvomno povzročajo določene biološke učinke.

Opravljenе raziskave na zdravih prostovoljcih pa ne kažejo, da bi izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS šibkih jakosti, ki so nižje od znanstveno potrjenih mejnih vrednosti, povzročala zaznavne škodljive vplive na zdravje. Izpostavljenost višjim jakostim, ki je lahko nevarna, pa je omejena z mednarodnimi priporočili ter domačo zakonodajo.

6.1. Vpliv visokofrekvenčnih EMS na zdravje

Ko visokofrekvenčna (VF) EMS pri širjenju skozi prostor naletijo na človeka ali drugo živo snov, se jih določen del v tej snovi absorbira. Znano je, da se VF EMS zelo dobro absorbirajo v snovi, ki vsebuje veliko vode, absorbirana energija pa se pri dovolj visokih jakostih skoraj v celoti spremeni v toploto.



Visokofrekvenčna EMS frekvenc med 1 MHz in 10 GHz prodrejo v izpostavljeno tkivo in pri dovolj visoki jakosti zaradi absorbirane energije v tkivu proizvajajo toploto ter s tem povzročijo njegovo segrevanje. Vdorna globina je odvisna od frekvence in je večja pri nižjih frekvencah. Visokofrekvenčna EMS nad 10 GHz se absorbirajo na površini kože, pri tem pa zelo malo energije prodre v globlje ležeča tkiva.

Osnovna dozimetrična veličina za VF EMS nad 10 GHz je gostota pretoka moči (S) v vatih na kvadratni meter (W/m^2) ali za šibka polja v milivatih na kvadratni meter (mW/m^2). Znano je, da izpostavljenost gostoti pretoka moči nad $1000 W/m^2$ škodljivo vpliva na zdravje, saj lahko povzroči katarakto in opekline na koži.

6.2. Trenutni vplivi EMS

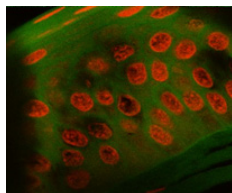
Vsi ugotovljeni in znanstveno potrjeni vplivi VF EMS na zdravje so nedvomno povezani s segrevanjem. Pojav segrevanja pod vplivom VF EMS lahko opazujemo na primeru mikrovalovnih pečic, ki v nekaj trenutkih segrejejo hrano. Sevalne obremenitve, ki smo jim navadno izpostavljeni v okolju, pa so mnogo nižje od tistih, ki bi bile potrebne za zaznaven dvig temperature.

Termični učinki:

VF EMS so preučevali v povezavi z živalmi, vključno s primati. Prvi znaki škodljivih posledic za zdravje, ki so jih z naraščanjem jakosti EMS opazili pri živalih, se izražajo v obliki zmanjšane vzdržljivosti in sposobnosti za izvajanje miselnih nalog. Opravljene študije kažejo na to, da se škodljivi učinki lahko pojavijo pri osebah, ki so sevanjem izpostavljene s celim telesom ali pa le lokalizirano, če temperatura tkiva naraste za več kot 1 °C. Možni negativni učinki vključujejo spremembo vedenjskih vzorcev, pojav očesne katarakte, škodljive vplive na reproduktivno funkcijo ter različne psihološke in termoregulacijske odzive. Ti učinki so dobro raziskani in predstavljajo znanstveno podlago za omejevanje poklicne in splošne izpostavljenosti prebivalstva VF EMS.

Netermični učinki:

Nekatere raziskave so pokazale, da lahko VF EMS vplivajo na telesna tkiva in organe tudi pri jakostih, ki so prenizke, da bi povzročile značilno segrevanje (t.j. pri nizkih vrednostih SAR). Vendar pa znanstveniki v nobeni izmed ponovitev teh raziskav niso potrdili negativnih vplivov na zdravje pri izpostavljenostih pod mednarodno sprejetimi mejnimi vrednostmi. Obstaja nekaj dokazov o netermičnih učinkih na celice kot posledici absorpcije VF EMS pri jakostih, pri katerih ne opazimo povišanja telesne temperature. Ti učinki vključujejo spremembe v električni aktivnosti možganov, spremembe v aktivnostih encimov ter spremembe mobilnosti ionov, ki so odgovorni za prenos informacij v celice tkiva. Noben rezultat teh študij ni bil neodvisno ponovljen, zato ne moremo trditi, da VF EMS pri izpostavljenostih pod mejnimi vrednostmi predstavljajo tveganje za človekovo zdravje. Ob tem moramo poudariti, da biološki učinek, ki smo ga morda opazili pri izoliranih celicah zunaj človeškega telesa, ne pomeni nujno dokaza o vplivu na zdravje.



V povezavi z možnimi netermičnimi učinki Svetovna zdravstvena organizacija ugotavlja, da nobena raziskava ni pokazala na obstoj negativnih vplivov na zdravje pri jakostih pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi, kljub dejstvu, da lahko VF EMS vplivajo na biološke sisteme pri jakostih, ki so premajhne za zaznavni dvig temperature.

Tako Svetovna zdravstvena organizacija kot tudi Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji sta mnenja, da rezultati opravljenih raziskav o netermičnih učinkih ne dajejo zanesljive podlage za oblikovanje mejnih vrednosti.

Nespecifični simptomi:

Nekateri posamezniki naj bi bili posebej občutljivi za izpostavljenost VF EMS. Pripisujejo jim zbadanje in bolečine v tkivih, glavobole, slabosti, depresije, motnje pri spanju, utrujenost ter celo krče in epileptične napade. Avtorji obsežne meta študije (Roosli 2010), ki je obravnavala prek 100 izvedenih raziskav o vplivih sevanj baznih postaj na zdravje v zadnjih dveh desetletjih, so prišli do zaključka, da ob upoštevanju znanstvenih kriterijev ti rezultati raziskav niso ugotovili nobene povezave med sevanjem baznih postaj in pojavom akutnih nespecifičnih simptomov. Nekatere raziskave kažejo, da se posamezniki v natančno nadzorovanih pogojih izpostavljenosti niso dosledno odzivali na VF EMS. Prav tako ni nobenega znanega fizikalnega mehanizma, ki

bi pojasnil preobčutljivost na VF EMS. Raziskave na tem področju so zelo kompleksne, saj so v možne odzive na VF EMS vpleteni številni drugi subjektivni odzivi, ki niso neposredno povezani z učinki VF EMS. Povezave med visokofrekvenčnimi EMS mobilnih telefonov ali baznih postaj in motnjami spanja, glavoboli ali drugimi splošnimi zdravstvenimi težavami ni bilo mogoče dokazati niti z eksperimentalnimi študijami na testnih osebah niti z epidemiološkimi študijami. Spomin, odzivne sposobnosti in drugi vidiki kognitivnih sposobnosti niso bili prizadeti.

Namestitev bazne postaje pa v povezavi z zaskrbljenostjo glede možnih učinkov na zdravje lahko povzroči motnje spanja in sicer tudi v primeru, da je bazna postaja izključena. Zastiranje elektromagnetnih sevanj v spalnih prostorih s posebnimi zavesami ni privedlo do izboljšane kakovosti spanja. Glede vprašanja preobčutljivosti za EMS so čedalje pogostejši kazalniki, da ni povezave med izpostavljenostjo EMS in nespecifičnimi simptomi.

Prevladujoče znanstveno mnenje, ki ga podpira tudi Svetovna zdravstvena organizacija je, da na voljo ni znanstveno potrjenih rezultatov raziskav, ki bi potrdili preobčutljivost na VF EMS in s tem nespecifične simptome.

6.3. Zapozneli vplivi EMS

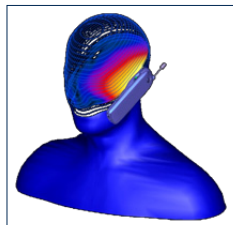
Številne epidemiološke študije so preučevale morebitno povezavo med izpostavljenostjo VF EMS nizkih jakosti in zapoznelimi učinki, vključno s povečanim tveganjem za pojav raka. Vendar pa je zaradi zasnove in izvedbe teh raziskav njihove izsledke težko interpretirati. Številne nacionalne in mednarodne organizacije so v neodvisnih pregledih objavljenih znanstvenih raziskav ugotovile, da ni jasnih dokazov o povezavi med izpostavljenostjo VF EMS in povečanim tveganjem za pojav raka zaradi izpostavljenosti nekaterim virom EMS v okolju (bazne postaje). ICNIRP je ugotovila, da ni prepričljivih znanstvenih dokazov o tem, da bi izpostavljenost VF EMS skrajšala življenjsko dobo pri ljudeh ali da bi VF sevanja lahko povzročila raka. Vendar pa so potrebne dodatne raziskave.

Celovit in kritičen pregled vseh relevantnih raziskav kaže, da povezava med rakom in izpostavljenostjo EMS iz okolja zaradi oddajnih sistemov (bazne postaje) ni bila ugotovljena.

Konsenz stroke je strnjen v izjavi Svetovne zdravstvene organizacije, ki pravi, da pregled najpomembnejših razpoložljivih znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko VF EMS baznih postaj na človeku dostopnih mestih v okolju negativno vplivala na zdravje, povzročala raka ali pospeševala njegov razvoj.

MOBILNI TELEFONI – POSEBEN PRIMER

Ker mobilni telefon uporabljamo neposredno ob telesu, so sevalne obremenitve precej višje (v povprečju dosežejo do 50% mejne vrednosti) od tistih, ki smo jim lahko izpostavljeni v okolju zaradi baznih postaj (do nekaj % mejne vrednosti).



Rezultati raziskav o vplivih EMS **mobilnih telefonov** kažejo na statistično značilno povečanje tveganja raka na možganih (gliom ter akustični nevrinom) pri tistih posameznikih, ki so uporabljali telefon več kot deset let vsaj 30 minut na dan. Po drugi strani pa epidemiološke študije o uporabi mobilnega telefona pri odraslih osebah, ki so telefon uporabljale manj kot 10 let niso pokazale povečanega tveganja za pojav raka na možganih.

SZO je tako VF EMS mobilnih telefonov razvrstila v skupino 2B, kar pomeni, da so tovrstna sevanja možno kancerogena za ljudi. Ta pregled obstoječih raziskav se nanaša zgolj na možnost, da lahko izpostavljenost sevanjem mobilnih telefonov povzroča zapoznele učinke, še

posebej povečano tveganje za raka. Poudariti je potrebno, da povezava med izpostavljenostjo VF EMS zaradi mobilnega telefona in rakom v glavi ne ustreza kriterijem za nedvoumno potrditev vzročne povezave, saj obstajajo nedoslednosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in ni drugih potrebnih raziskav, ki bi to podprle. Zato je potrebno ugotovljeno povezavo med VF EMS mobilnih telefonov in nastankom možganskih tumorjev razumeti kot šibko, a vendar pozitivno.

Rezultati študij na živalih, ki so jih izvajali prek več generacij, ne podpirajo hipoteze o posebni občutljivosti v zgodnjih obdobjih razvoja. Pri otrocih niso dokazali povezave med izpostavljenostjo visokofrekvenčnim sevanjem in akutnimi zdravstvenimi težavami. Zaradi dolge latentne dobe za bolezen raka in primerljivo kratkem obdobju vsesplošne uporabe mobilnih telefonov in drugih naprav ostaja vprašanje zapoznelih učinkov v časovnem razdobju daljšem od desetih let še naprej odprto. To je predmet nadaljnjih raziskav. Trenutno ni mogoče dokončno odgovoriti niti na vprašanje, ali je zdravstveno tveganje zaradi dolgotrajne izpostavljenosti sevanjem mobilnih telefonov pri otrocih višje kot pri odraslih, bodisi zaradi starostno pogojenih razlik ali pa zaradi daljše življenjske izpostavljenosti. Tudi to vprašanje se še naprej spremlja, saj je ena od dozimetričnih študij na različnih modelih otroških glav pokazala, da so predvsem pri majhnih otrocih določena tkiva in predeli možganov med telefoniranjem lahko deležni višje izpostavljenosti kot pri odraslih.

Kritični pregled znanstvenih raziskav je pripeljal do zaključka, da je povezava med določenimi vrstami raka v glavi ter sevanjem mobilnih telefonov omejena, medtem ko je povezava med vsemi drugimi vrstami raka in viri EMS iz okolja (bazne postaje) prešibka za izoblikovanje dokončnih sklepov o škodljivih učinkih EMS nizkih jakosti.

Stališče SZO glede vplivov brezžičnih sistemov na zdravje je, da kljub številnim opravljenim raziskavam na voljo ni dokazov, ki bi vodili do sklepa, da lahko izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem nizkih jakosti predstavlja tveganje za zdravje.

V povezavi z baznimi postajami mobilne telefonije pa SZO zaključuje, da ob upoštevanju vseh dosedanjih rezultatov znanstvenih raziskav in dejstvu, da bazne postaje predstavljajo zelo nizke sevalne obremenitve, ne obstajajo prepričljivi dokazi, da bi lahko šibki signali EMS zaradi delovanja baznih postaj povzročali negativne vplive na zdravje.

6.4. Stališča ključnih organizacij

- **Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)**

»Noben od najnovejših pregledov literature ni privedel do sklepa, da bi izpostavljanje VF EMS mobilnih telefonov in baznih postaj povzročalo kakršne koli zdravstvene posledice. V povezavi z netermičnimi učinki je mogoče skleniti, da kljub dejstvu, da lahko VF EMS vplivajo na biološke sisteme pri karkoli, ki so premajhne za zaznavni dvig temperature, nobena raziskava ni pokazala na obstoj vplivov na zdravje pri jakostih pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi. Vendar pa obstajajo pomanjkljivosti v znanju, ki zahtevajo dodatne raziskave z natančnejšo oceno zdravstvenega tveganja.« <http://www.who.int/peh-emf/en/>

- **Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)**

»Rezultati objavljenih epidemioloških in laboratorijskih raziskav o vplivu VF EMS mobilnih telefonov in baznih postaj na rakasta obolenja ne dajejo podlage za omejevanje uporabe mobilnih telefonov. Prevladujoče znanstveno mnenje, ki temelji na obstoječi znanstveni literaturi, je, da VF EMS nizkih jakosti ne krajša življenjske dobe in ne pospešuje razvoja rakastih obolenj. Izpostavljenost VF EMS, ki je nižja od mejnih vrednosti, ne vpliva na zdravje.« www.icnirp.de

- **Znanstveni odbor za novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR) v okviru Evropske komisije**
»Obstoječe znanstvene raziskave, ki obravnavajo tako termične kot tudi netermične učinke EMS, ne dajejo dovolj trdne podlage, ki bi narekovala znižanje mejnih vrednosti, določenih v priporočilih EU.« http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_024.pdf
- **Agencija za varstvo pred sevanji, Švedska**
»V skladu s predhodnimi tudi najnovejše raziskave ne indicirajo nobenih zdravstvenih tveganj zaradi izpostavljenosti EMS baznih postaj, radijskih in TV oddajnikov in lokalnih brezžičnih omrežij doma in v šoli.« www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2014/SSM-Rapport-2014-16.pdf
- **Zvezni urad za varstvo pred sevanji, Nemčija**
»Tako rezultati večletnega Nemškega raziskovalnega programa kot tudi druge najnovejše študije na nacionalni in mednarodni ravni niso potrdili obstoja možnih mehanizmov delovanja v netermičnem področju. Gledano v celoti rezultati niso ponudili nobenega povoda za to, da bi postavili pod vprašaj ustreznost obstoječih mejnih vrednosti.« <http://www.bfs.de/de/elektro>
- **Ministrstvo za okolje in prostor RS**
»Obstoječe mejne vrednosti, ki jih predpisuje uredba o elektromagnetnem sevanju, zagotavljajo najvišjo stopnjo varstva okolja in varovanja zdravja pred EMS. Hkrati velja tudi poudariti, da je povprečna izpostavljenost ljudi zaradi sevanja baznih postaj v Sloveniji stokrat manjša od mejnih vrednosti, določenih z uredbo.« www.mop.gov.si/
- **Ministrstvo za zdravje, Uprava za varstvo pred sevanji RS**
Zavzemanje za uveljavitev "priporočene vrednosti" izpostavljenosti 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, ki je kar 4.500.000 krat manjša od mejne vrednosti določene z uredbo, za kar si prizadevajo nekatere »državljske iniciative«, bi v praksi pomenilo popolno ukinitve mobilne telefonije in drugih brezžičnih sistemov. Pri povprečni 20 W bazni postaji mobilne telefonije bi bila ta vrednost presežena vse do oddaljenosti 33 km, kar približno sovпада s teoretičnim dometom GSM tehnologije. Mobilni telefon z močjo 1 W pa bi "priporočeno vrednost" presegal vse do oddaljenosti 5,6 km.« www.uvps.gov.si

7. ZAKLJUČEK

Pred postavitvijo virov EMS v prostor je potrebno izdelati oceno sevalnih obremenitev okolja, medtem ko je med testnim obratovanjem bazne postaje potrebno izvesti prve meritve EMS s strani pooblaščenice organizacije. To je minimalna zakonska zahteva za nadzor nad sevalnimi obremenitvami baznih postaj in drugih brezžičnih sistemov, ki se umeščajo v prostor. Medtem ko sevalne obremenitve neposredno pred bazno postajo na višini anten lahko presegajo mejne vrednosti, pa so na človeku dostopnih mestih pričakovane sevalne obremenitve daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi in dosega le nekaj odstotkov mejne vrednosti glede na stroge mejne vrednosti uredbe za I.območje.

Naj povzamemo:

- V zadnjih 50 letih je bilo v svetu izvedenih veliko število raziskav o vplivu elektromagnetnih sevanj na zdravje. Rezultati teh raziskav so bili analizirani in kritično ovrednoteni s strani različnih strokovnih organizacij, kot sta Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) in Svetovna zdravstvena organizacija (SZO). Prevladujoče znanstveno mnenje je, da sevalne obremenitve, ki so nižje od mejnih vrednosti mednarodnih priporočil ICNIRP, ne predstavljajo zdravstvenega tveganja za otroke in odrasle.
- Obstaja tudi veliko študij raziskav, ki poročajo o bioloških učinkih pri zelo nizkih jakostih. Največkrat so rezultati teh raziskav nenatančni in pomanjkljivi ali celo protislovni. Zato jih

je treba strokovno ovrednotiti na podlagi znanstvenih kriterijev. Vnovično ovrednotenje je zelo pomembno tudi zato, ker lahko različne subjektivne razlage in mnenja o njih zavedejo javnost. To je še posebej razvidno pri poročanju o rezultatih raziskav netermičnih učinkov. Če ocenimo raziskave netermičnih učinkov po sprejetih znanstvenih merilih za ugotavljanje določenih učinkov, ugotovimo, da ne vzdržijo strogih preverjanj, ali pa jih v neodvisnem znanstvenem laboratoriju ni mogoče ponoviti in potrditi.

- Visokofrekvenčna EMS visokih jakosti povzročajo vibriranje in trenje zaradi premikov in zasukov molekul v tkivu, kar ima za posledico segrevanje. Termične učinke lahko pričakujemo v primeru zadrževanja neposredno pred antenami na oddaljenosti do 1 m, niso pa mogoči pri nivojih, ki se običajno pojavljajo v okolju.
- Za pojav negativnih učinkov na zdravje mora priti do izpostavljenosti nad določeno mejno vrednostjo. Znani nivo praga je izpostavljenost, ki je potrebna za dvig telesne temperature za najmanj 1°C. Sevalne obremenitve baznih postaj pa so v povprečju 100-krat nižje od znanstveno določene mejne vrednosti in ne morejo povzročiti zaznavnega povečanja temperature.
- Znanstveniki doslej niso našli nobenih dokazov o tem, da bi dolgotrajna izpostavljenost visokofrekvenčnim sevanjem pod mejnimi vrednostmi lahko povzročila kakršnekoli škodljive vplive na zdravje. Izjema so le mobilni telefoni, ki jih uporabljamo neposredno ob telesu in katerih sevalne obremenitve bistveno presegajo tiste iz okolja (npr. sevalne obremenitve zaradi baznih postaj).
- Nekaj epidemioloških raziskav namreč kaže na povečano tveganje za pojav raka na možganih pri intenzivnih uporabnikih mobilnih telefonov (10 let, več kot 30 minut dnevno). Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC), ki deluje pod okriljem Svetovne zdravstvene organizacije, je na podlagi analiz obstoječih epidemioloških študij razvrstila sevanje mobilnih telefonov v skupino 2B med verjetno kanceroge snovi za pogoste intenzivne uporabnike mobilnih telefonov. Za druge naprave (npr. bazne postaje) te vzročne povezave ni ugotovila.
- Ključne mednarodne organizacije pri pregledu razpoložljivih objavljenih raziskav, ki v zelo omejenem obsegu kažejo na prisotnost različnih bioloških učinkov, niso uspele ugotoviti vzročne povezave med temi biološkimi učinki na celicah, živalih ali ljudeh ter možnimi posledičnimi vplivi na zdravje.
- Če predpostavimo obstoj zapoznelih učinkov, kot je na primer rak, bi morali predvideti, da tveganje narašča z izpostavljenostjo. To pomeni, da tveganja ni le v primeru, ko izpostavljenosti ni. Družba pa se je odločila, da bo njen razvoj temeljil na sprejemljivem tveganju, to pomeni nenehnem tehtanju med tveganjem in koristmi, ali pa primerjanju z drugimi tveganji. V obeh primerih pa je treba kvantitativno oceniti tveganje, kar pa je za EMS nemogoče, saj tveganje še ni bilo potrjeno.

Svetovna zdravstvena organizacija navaja, da vsi pregledi znanstvenih raziskav jasno kažejo, da sevalne obremenitve v celotnem frekvenčnem področju od 0-300 GHz, ki so nižje od mednarodnih smernic ICNIRP, ne povzročajo poznanih negativnih vplivov na zdravje. Obstajajo pa še določene pomanjkljivosti v znanju, ki jih lahko zapolnimo le z visokokakovostnimi raziskavami, ki bodo nudile možnost za bolj natančno oceno tveganj za zdravje.

8. LITERATURA

- Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L, Straif K: Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. review, *Lancet Oncol*: 624 – 626, (2011)
- Dürrenberger G, Fröhlich J, Rössli M, Mattsson MO, EMF Monitoring-Concepts, Activities, Gaps and Options. *Int J Environ Res Public Health* 11 (9): 9460 – 9479, (2014)
- EC (1999): Council of the European Union. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). Official Journal of the European Communities L199 of 30.7.1999, pp. 59-70. (glej: europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/ph_fields_cr_en.pdf)
- Health Council of the Netherlands: Mobile telephones; an evaluation of health effects. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2002; publication no. 2002/01E. pp96 (glej: www.gr.nl/engels/welcome)
- IARC (2013): IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, Volume 102 (2013)
- Gajšek P, Ravazzani P, Wiart J, Grellier J, Samaras T, Thuroczy G, Electromagnetic field exposure assessment in Europe – radiofrequency fields (10 MHz-6 GHz), *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2015) 25, 37–44;
- ICNIRP (1998): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), *Health Physics* Vol. 74, No 4, pp 494–522. www.ICNIRP.org
- ICNIRP (2009): Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 97(3): 257-259; 2009.
- IEGMP: Independent Expert Group on Mobile Phones, "Mobile Phones and Health", National Radiological Protection Board (UK), 2000. (glej: www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm)
- Jauchek JR (2008), Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int J Hyg Environ Health*: 1 – 29
- Levitt BB, Lai H (2010): Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays *Environ. Rev.*: 369 – 395
- Rössli M, Frei P, Mohler E, Hug K (2010), Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bull World Health Organ* 88 (12): 887 – 896, 2010 (glej: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2995180/pdf/BLT.09.071852.pdf)
- Rowley JT, Joyner KH, Comparative international analysis of radiofrequency exposure surveys of mobile communication radio base stations, *J Expo Sci Environ Epidemiol*; 22 (3): 304 – 315 (2012)
- SCENIHR (2009): Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2009 (glej: ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_024.pdf)
- SCENIHR (2013): Preliminary opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2013 (glej: ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihhr_o_041.pdf)
- SSM (2014): Recent research on EMF and Health Risks, 9th Report from SSM - Swedish Scientific Council on EMF, 2014 (glej: www.stralsakerhetsmyndigheten.se/)
- Trček T, Valič B, Kotnik T, Gajšek P. (2014): Elektromagnetna sevanja v okolici baznih postaj LTE. *Elektroteh. Vestn.* 81: 39-44, 2014.
- Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Uradni list Republike Slovenije, št.70, 5925-5931, leto VI, 6.december, 1996, (glej: www.gov.si/mop)
- Verschaev L (2009), Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*: 259 – 270
- WHO (2006): Electromagnetic fields and public health - Base stations and wireless technologies, Backgrounder, May 2006, (glej: www.who.int/peh-emf)
- WHO (2011): Fact Sheet No. 193: Electromagnetic fields and public health: Mobile telephones and their base stations., June 2011, (glej: www.who.int/peh-emf)
- WHO (2013): What are the health risks associated with mobile phones and their base stations? Online Q&A, 20 September 2013, (glej: www.who.int/features/qa/30/en/)

■ O BROŠURI

Z izjemno hitrim razvojem novih tehnologij se človekovo naravno in bivalno okolje temeljito spreminjata. Električna je prodrla na vsa področja človekovega življenja, saj stroje in naprave, ki jih poganja, najdemo v industriji, prometu, znanosti in medicini ter seveda tudi v slehernem gospodinjstvu. Z naraščanjem števila naprav, ki jih uporabljamo, se povečuje tudi naša izpostavljenost sevanjem. Med prebivalstvom je čedalje bolj razširjen tudi strah pred morebitnimi negativnimi vplivi elektromagnetnih sevanj na zdravje. Razlog zaskrbljenosti ob uporabi elektronskih naprav ter odklonilnih stališč javnosti do umestitve novih virov elektromagnetnih sevanj (oddajnikov, baznih postaj) v prostor je tudi pomanjkljivo obveščanje in pomanjkanje konstruktivnega dialoga.

Namen te brošure je objektivno in nepristransko informiranje o vplivih elektromagnetnih sevanj, ki jih povzročajo brezžični sistemi kot so radijski in televizijski oddajniki, bazne postaje mobilne telefonije, usmerjevalniki. Vsebina brošure o vplivu elektromagnetnih sevanj brezžičnih sistemov na zdravje temelji na ključnih znanstvenih ugotovitvah najpomembnejših organizacij, ki so pristojne za pregled in kritično vrednotenje znanstvene literature, kot so:

- Svetovna zdravstvena organizacija (WHO),
- Mednarodna komisija za varstvo pred neioniziranimi sevanji (ICNIRP),
- Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC),
- Znanstveni odbor za novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR) v okviru Evropske komisije.

■ O PROJEKTU FORUM EMS

Forum EMS je projekt, ki skrbi za objektivno, nepristransko in strokovno podprto komuniciranje o problematiki elektromagnetnih sevanj. Opira se izključno na znanstvene temelje in sledi izhodiščem vodilnih mednarodnih organizacij s področja varovanja zdravja in okolja pred elektromagnetnimi sevanji (EMS). Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. Z omenjenimi dejavnostmi želimo omogočiti in zagotoviti objektivno obveščanje javnosti ter v družbi vzpostaviti stanje, kjer bodo zainteresirani posamezniki in skupine imeli možnost objektivno prepoznati in razumeti možna zdravstvena in okoljska tveganja zaradi EMS. Oblikujemo in posredujemo strokovne argumente, ki omogočajo lažje sporazumevanje javnosti s ponudniki storitev. Višja stopnja razumevanja problematike EMS je tudi za ponudnike storitev dober temelj za prikaz njihove družbene odgovornosti skozi neposredno vključevanje v hitrejšo reševanje konkretnih dilem in nesoglasij, ki spremljajo umeščanje virov EMS v prostor.

■ DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: www.forum-ems.si

Lahko jih prejmete tudi po elektronski pošti, če nam pišete na naslov: info@forum-ems.si

Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS: **telefon (01) 5682732**

