

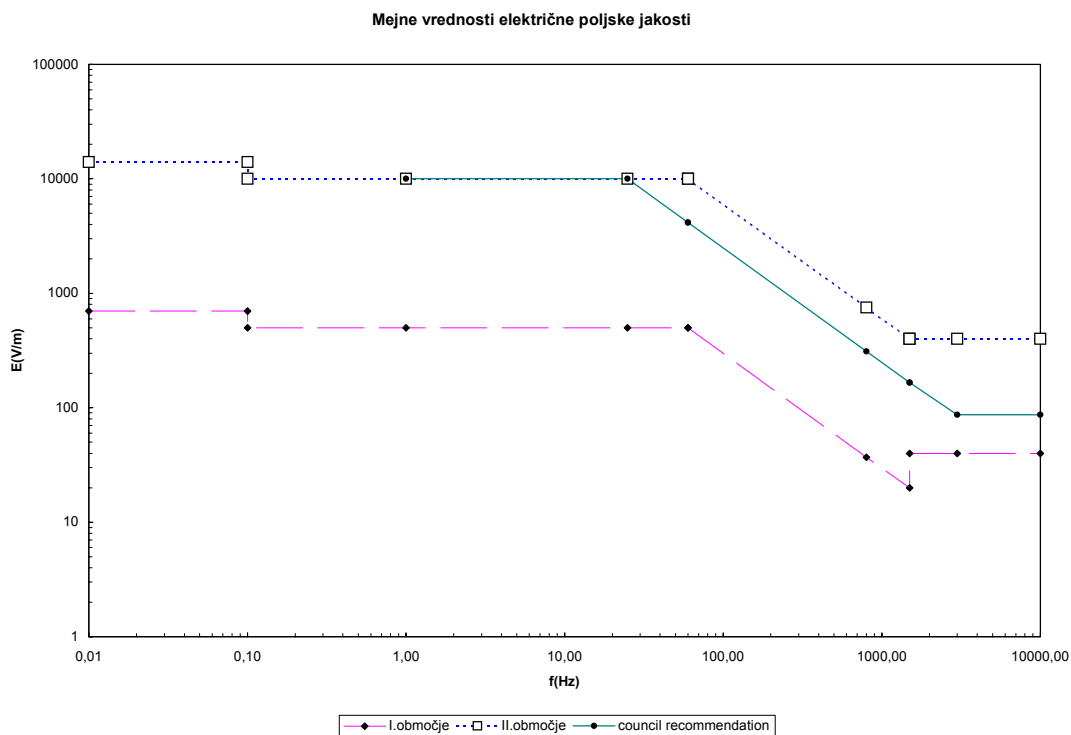
## 2.11 Elektromagnetna sevanja

<b>predpis EU /mednarodne pogodbe</b>	<b>zakonodaja RS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Priporočilo Sveta EU (1999/519/EC) za omejitve izpostavljenosti prebivalstva elektromagnetnim sevanjem (0 Hz do 300 GHz)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Uradni list RS, 70/96)</i></li> <li>➤ <i>Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS, 70/96)</i></li> </ul>

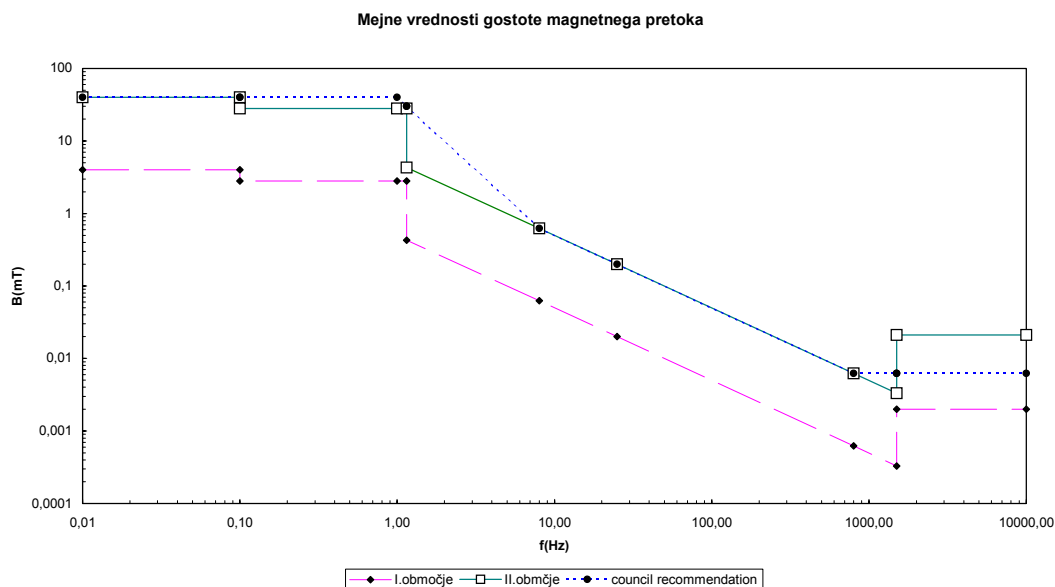
Elektromagnetna sevanja (EMS) so prisotna povsod v človekovem naravnem in bivalnem okolju. Človek je izpostavljen EMS iz naravnih in umetnih virov v frekvenčnem obsegu 0–300 GHz (tabela 1). V primerjavi z naravnimi sevanji je intenziteta umetno ustvarjenih sevanj močno narasla, saj se znanstveno-tehnološka revolucija nezadržno nadaljuje in se srečujemo z novimi viri, ki uporabljajo različne dele elektromagnetnega spektra. Glavni viri EMS, ki jim je človek izpostavljen, so: naprave za proizvodnjo, prenos in uporabo električne energije, gospodinjstva, industrijska in medicinska oprema ter telekomunikacijske naprave (npr. mobilna telefonija, radijski in televizijski oddajniki, radarji). Zaradi vedno večjega števila virov EMS se v javnosti širi zaskrbljenost, da lahko izpostavljenost EMS škodljivo vpliva na zdravje.

*Tabela 1: Spekter elektromagnetnega sevanja po frekvencah z ustaljenimi oznakami in značilnimi viri*

<b>frekvenca</b>	<b>ime področja</b>	<b>značilni viri in uporaba</b>
0–30 Hz	statična polja	
30–300 Hz	ekstremno nizke frekvence (ELF)	Naprave 50Hz/60Hz (VN-transformator, RTP, nadzemni in podzemni vod za prenos el. energije)
300 Hz–3 kHz	vokalne frekvence (VF)	
3–30 kHz	zelo nizke frekvence (VLF)	
30–300 kHz	nizke frekvence (LF)	
300 kHz–3 MHz	srednje frekvence (MF)	radijski oddajniki (radijski oddajniki AM srednjevalovni 526–1605 kHz), naprave za urejanje prometa
3–30 MHz	visoke frekvence (HF)	radijski in TV-oddajniki, industrijski stroji, radioastronomija
30–300 MHz	zelo visoke frekvence (VHF)	radijski oddajniki (UKV-oddajniki), televizijski oddajniki (I. in III. področje), radionavigacija, radarji, kontrola v zračnem prometu
300 MHz–3 GHz	Ultravisoke frekvence (UHF)	televizijski oddajniki (IV. in V. področje), radarji, usmerjene zveze (mob. telefonija),
3–30 GHz	supervisoke frekvence (SHF)	radarji, navigacija, merjenje višine, satelitske zveze, usmerjene zveze
30–300 GHz	ekstremno visoke frekvence (EHF)	raziskave vesolja, radioastronomija, radiometeorologija



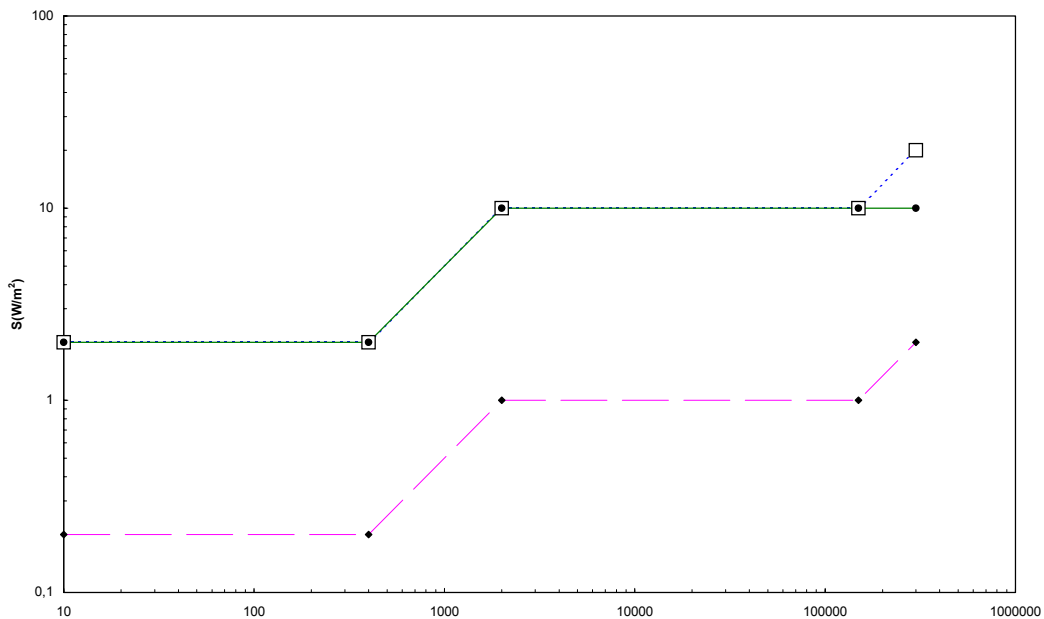
Slika 1: Primerjava mejnih vrednosti električne poljske jakosti za nizkofrekvenčne vire sevanja



Slika 2: Primerjava mejnih vrednosti gostote magnetnega pretoka za nizkofrekvenčne vire sevanja

V Sloveniji je s predpisi urejen nadzor elektromagnetnih polj infrastrukturnih elektroenergetskih objektov nazivne napetosti nad 1 kV in infrastrukturnih visokofrekvenčnih objektov, katerih največje oddajne moči so večje od 100 W. Pri meritvah elektromagnetnega sevanja, ki se izvajajo v skladu s temi predpisi, doslej ni bilo ugotovljenih primerov presejanja predpisanih mejnih vrednosti v naravnem in življenjskem okolju. Mejne vrednosti, ki jih je treba upoštevati pri postavitvi novih infrastrukturnih objektov na območjih povečane stopnje varstva pred sevanjem, so v duhu preventive znatno

Mejne povprečne vrednosti gostote pretoka moči



Slika 3: Primerjava mejnih vrednosti povprečne gostote pretoka moči

ostrejšje od mejnih vrednosti za vire sevanja, ki so obratovali pred sprejetjem predpisov, zato je definirana dodatna varnostna razdalja do območij povečane stopnje varstva pred sevanjem, ki jo je treba upoštevati pri umeščanju teh virov sevanja v prostor.

### 2.11.1 Primerjava mejnih vrednosti veličin elektromagnetnega polja

Primerjava mejnih vrednosti veličin elektromagnetnega polja med evropskim in našim predpisom kaže, da ima za mejno efektivno vrednost električne poljske jakosti pri frekvenci 50 Hz evropski predpis strožje kriterije kot naš za II. območje varstva pred sevanjem. Evropski predpis ima pri 50 Hz  $E_{RL,i} = 5$  kV/m, naš predpis za II. območje pa  $E_{RL,i} = 10$  kV/m.

Iz vseh treh grafov (slike 1, 2, 3) je razvidno, da ima naš predpis v I. območju varstva pred sevanjem nižje mejne vrednosti kot evropski.

### 2.11.2 Elektromagnetna sevanja v Sloveniji

#### 2.11.2.1 Nizkofrekvenčne elektromagnetne obremenitve okolja

V sistemskih študijah, ki jih je za podjetja elektrogospodarstva izdelal Elektroinštitut Milan Vidmar<sup>1</sup> (april 1998, julij 1998, april 2002), so bile v prvi fazi preverjene posledice predpisa za izbrane tipske primere visokonapetostnih in sredjenapetostnih objektov, ki so pogosteje zastopani v slovenskem elektroenergetskem omrežju. V raziskavo so bile zajete tipske geometrije glav visokonapetostnih daljnovidnih stebrov, tipske geometrije glav sredjenapetostnih daljnovidnih stebrov, različne tipske konfiguracije polaganja kablov in tipske konstrukcije transformatorskih postaj. Medtem ko je bilo pri daljnovidnih in kablovodih

<sup>1</sup> Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV), ki je inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo, je Agencija RS za okolje pooblastila za presojo vplivov na okolje zaradi obremenjevanja z emisijami elektromagnetnega sevanja. EIMV ima pooblastilo za opravljanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za nizkofrekvenčne vire elektromagnetnega sevanja, ki ga je izdala Agencija RS za okolje.

električno in magnetno polje ocenjeno z izračuni<sup>2</sup>, je bilo pri transformatorskih postajah magnetno polje ocenjeno z meritvami. Na podlagi analize jakosti polj v okolju izbranih tipskih primerov visokonapetostnih in srednjenapetostnih objektov so bile ocenjene okvirne razdalje od tovrstnih objektov, znotraj katerih je možno preseganje mejnih vrednosti za polja frekvence 50 Hz iz predpisa.

Pri nobenem od analiziranih tipskih primerov, obravnavanih v omenjenih študijah, vrednosti polja na predpisanih lokacijah ocenjevanja niso presegale mejnih vrednosti za obstoječe vire sevanja (10 kV/m in 100  $\mu$ T).

Pri analizi tipskih primerov se je za daljnovode napetostnih nivojev 400 kV, 220 kV in 110 kV, pa tudi za nekatere srednjenapetostne daljnovode, če je na njih pričakovati visoko tokovno obremenitev, izkazalo, da predpis postavlja nove kriterije v doslejšnji praksi projektiranja. Poleg upoštevanja s tehničnimi normativi predpisane varnostne višine in varnostne oddaljenosti vodnikov je treba pri novih vodih upoštevati tudi oddaljenost, na kateri so dosežene mejne vrednosti električnega in magnetnega polja za nove vire sevanja. Mejne vrednosti, ki jih določa zakonodaja za nove vire in vire v rekonstrukciji, so 10- oz. 20-krat strožje od mejnih vrednosti za obstoječe vire sevanja: 0,5 kV/m in 10  $\mu$ T (za I. območje – novi viri in rekonstrukcije).

Tabela 2: Električno polje – okvirne oddaljenosti od osi daljnovoda, na katerih nemoteno polje pri obravnavanih daljnovodih lahko dosega preventivne mejne vrednosti 0,5 kV/m glede na predpis o EMS

nazivna napetost (kV)	vodnik AlFe (mm <sup>2</sup> )	geometrija glave stebra	odmik (m) (na nivoju tal)
400	2 x 490/65	ipsilon	46
400	2 x 490/65	sod	42
220	490/65	jelka	24
220	490/65	sod	18
110	240/40	jelka	14
110	240/40	portal	14
110	240/40	sod	11
110	240/40	donau	14
20	70/12	delta	ni potreben
20	70/12	jelka	ni potreben
10	70/12	delta	ni potreben
10	70/12	jelka	ni potreben

Te razdalje so orientacijske ocene za največjo širino koridorja; to območje se lahko opredeli kot I. območje le na podlagi pozitivnih ugotovitev mikrolokacijskih analiz polja, ki ugotovijo dejanske gabarite elektromagnetnega koridorja na mikrolokaciji. V mikrolokacijske analize so zajeti konkretni podatki o višini in geometriji vodnikov voda na konkretni lokaciji. Za tipske konstrukcije transformatorskih postaj je bilo v okviru študije ugotovljeno, da izmerjena in na maksimum preračunana elektromagnetna polja frekvence 50 Hz na predpisanih lokacijah

<sup>2</sup> Računski postopek, uporabljen za oceno električnega in magnetnega polja daljnovodov, je priporočen v tehnični publikaciji CIGRE z naslovom *Electric and magnetic fields produced by transmission lines, Description of phenomena and practical guide for calculation* in se izvaja z uporabo ustreznega računalniškega programa.

ocenjevanja ne presegajo dopustnih mejnih vrednosti niti za I. niti za II. območje varstva pred EMS.

Tabela 3: Magnetno polje – okvirne oddaljenosti od osi daljnovoda, na katerih polje pri obravnavanih daljnovodih lahko dosega vrednosti 10  $\mu T$

nazivna napetost(kV)	vodnik AlFe (mm <sup>2</sup> )	tok v faznem vodniku (A)	geometrija glave stebra	odmik (m) (na nivoju tal)
400	2 x 490/65	1600	ipsilon	25
400	2 x 490/65	1600	sod	28
220	490/65	800	jelka	13
220	490/65	800	sod	14
110	240/40	400	jelka	4
110	240/40	400	portal	7
110	240/40	400	sod	7
110	240/40	400	donau	7
20	70/12	150	trikot	ni potreben
20	70/12	150	jelka	ni potreben
10	70/12	150	trikot	ni potreben
10	70/12	150	jelka	ni potreben

Za 22 obstoječih visokonapetostnih daljnovodov, sedem daljnovodov 400 kV, pet daljnovodov 220 kV in deset daljnovodov 110 kV, so se doslej izvedle meritve obratovalnega monitoringa elektromagnetnega sevanja. Za električno polje je bila v okviru izvedenih obratovalnih monitoringov pri daljnovodih 400 kV največja izmerjena vrednost 9,005 kV/m, pri daljnovodih 220 kV 6,018 kV/m in pri daljnovodih 110 kV 2,762 kV/m. Pri magnetnem polju je bila pri daljnovodih 400 kV največja vrednost 44,84  $\mu T$ , pri daljnovodih 220 kV 22,05  $\mu T$  in pri daljnovodih 110 kV 12,65  $\mu T$ .

V okviru obratovalnega monitoringa je bila med izbranimi merilnimi razpetinami za meritve tudi najnižja dostopna razpetina glede višine faznega vodnika nad tlemi. Višine vodnikov nad tlemi drugje v koridorju daljnovoda so zlasti na naseljenih območjih in ostalih I. območjih varstva pred sevanjem povsod večje.

Pri visokonapetostnih daljnovodih doslej ni bilo preseganja mejnih vrednosti.

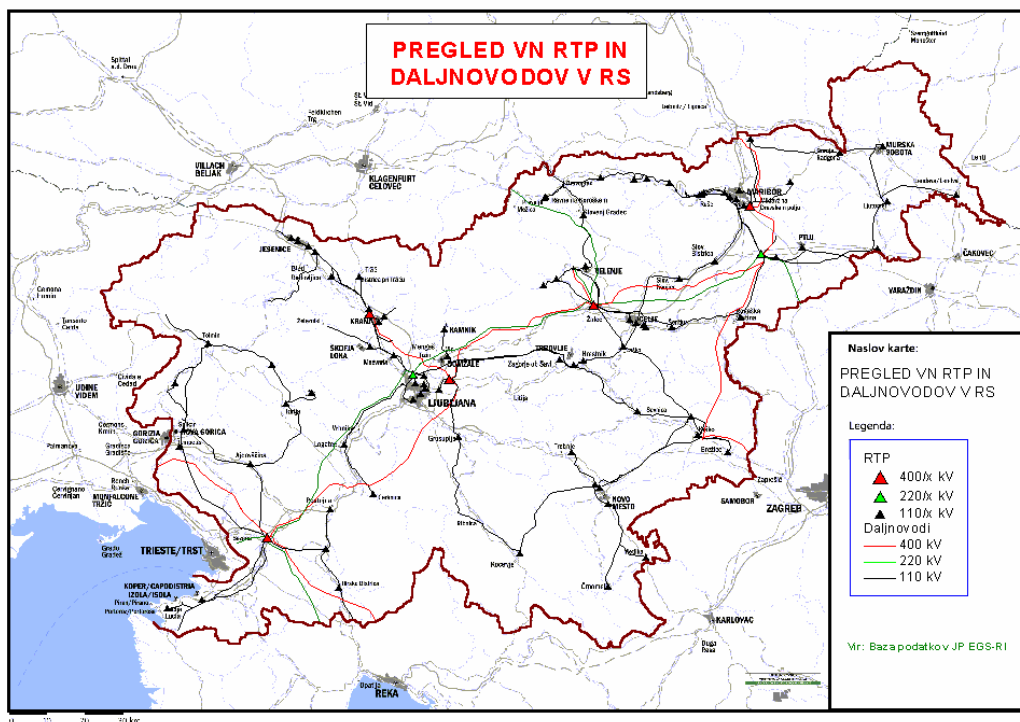
Tabela 4: Pregled dolžine (km) daljnovodov v RS po napetostnih nivojih (stanje 31. 12. 2000)

podjetje	400 kV	220 kV	110 kV
1. ELES	509,830	327,721	1749,003
2. JE Krško	–	–	7,683
3. Javna podjetja distribucije	–	–	625,308
SKUPAJ (1+ 2 + 3)	509,830	327,721	2381,994

Ocenjuje se, da je zaradi EMS daljnovodov 129,33 km<sup>2</sup> površine neprimerne za poselitveno območje, kar je 0,637 %<sup>3</sup> celotne RS.

Za nove elektroenergetske objekte se pred umestitvijo v prostor izvede presoja oziroma strokovna ocena elektromagnetnih polj, po izgradnji pa prve meritve teh polj. Pri tem gre za zagotavljanje in preverjanje, da jakosti polj zaradi obratovanja vira sevanja ne presegajo mejnih vrednosti.

Težnja investitorjev, upravljalcev in projektantov virov sevanja je, da postopki potekajo brez zapletov. Zato je za novi vir sevanja že v fazo projektiranja smotrno vključiti tudi analize oziroma ocene emisije električnega in magnetnega polja, s tem da se išče možnost za umestitev voda v prostor glede na vnaprej znano opredelitev prostora po stopnji varstva pred sevanjem. Zlasti to velja za izbiro variant tras za visokonapetostne daljnovode, ki zaradi razprostranjenosti zadevajo največ naravnega in življenjskega prostora. Sprejemljive so variante, pri katerih v okolju ne pride do preseganja mejnih vrednosti EMS. Kot ugodnejše s stališča EMS sicer lahko opredelimo tiste variante tras daljnovodov, ki dajejo več manevrskega prostora pri projektiranju tj. čim manj omejitev glede elektromagnetnega sevanja in pri katerih bo vpliv na okolje čim manjši.



Slika 4: Pregled VN RTP in daljnovodov v RS

Vir: Baza podatkov JP EGS-RI

<sup>3</sup> Glede na to, da nimamo izdelanega natančnega trodimenzionalnega poteka daljnovodov (z definiranimi stojnimi mesti stebrov, višinami vpetja vodnikov in povosov v razpetinah), se moramo zadovoljiti le z aproksimativnim določenim koridorjem, ki je dejansko, tlorisno gledano pas vzdolž osi voda, katerega širina ustreza dvakratni ocenjeni največji razdalji od osi, na kateri sta mejni vrednosti polj za I. območje še lahko preseženi. Aproksimativni določen koridor je določen s pavšalno oceno širine, ki jo pripišemo daljnovodu v celotni trasi glede na uporabljene geometrije glav stebrov in znane tehnične normative (najmanjšo dopustno varnostno višino spodnjega vodnika) ter opredelitve razmer najneugodnejšega obratovalnega stanja.

### 2.11.2.2 Visokofrekvenčne elektromagnetne obremenitve okolja

Leta 1996 izvedeni raziskovalni projekt Posnetek stanja obremenjenosti okolja zaradi elektromagnetnih sevanj v Sloveniji obsega tudi rezultate meritev elektromagnetnih sevanj v Sloveniji na najznačilnejših visokofrekvenčnih virih v okolju:

- radijski oddajniki (SV, UKV; oddajna moč > 100 W); Domžale, Nemčevci, Nanos, Krim, Trdinov vrh, Boč in Beli Križ;
- TV oddajniki (UHF, VHF; oddajna moč > 100 W); Nanos, Krim, Trdinov vrh, Boč in Beli Križ;
- radarji (radar civilne plovbe Watchman na letališču Brnik, hidrometeorološki radar na Lisci).

Meritve sevalnih obremenitev v omenjenem projektu so bile izvedene izven nadzorovanega območja v okolici vira sevanja. Visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja v okolju so posledica telekomunikacijskih naprav, radijskih in televizijskih oddajnikov ter radarjev, ki so skoraj vedno na višinskih lokacijah (stolpi na visokih stavbah, na vrhovih vzpetin itd.). V njihovi bližini navadno ni stanovanjskih in drugih objektov, zaradi česar ni možnosti prekomerne izpostavljenosti EMS. Dostop v neposredno bližino oddajnika je navadno nezaposlenim prepovedan in onemogočen z ograjo, kar je tudi glavni razlog, da prebivalstvo navadno ni izpostavljeno visokim jakostim EMS v bližini oddajne antene.

Človek je največjim sevalnim obremenitvam v okolju izpostavljen v bližini srednjevalovnih oddajnikov, v okolici katerih doseže električne poljska jakost tudi do 74,4 V/m. Na drugih lokacijah, kjer so močnostni radijski in TV-oddajniki (ERP > 100W), pa so bile izmerjene vrednosti pod 8,9 V/m.

Radarji, mikrovalovni komunikacijski sistemi in sateliti so zelo usmerjeni viri v točno določeno točko v prostoru. Zaradi njihove lokacije in načina delovanja niso velik vir sevanja.

### 2.11.2.3 Sevanje baznih postaj mobilne telefonije

Bazne postaje za mobilno telefonijo so oddajno-sprejemni sistemi nizkih moči, ki po svojih antenah oddajajo in sprejemajo elektromagnetna sevanja v področju mikrovalov pri frekvencah med 400 in 2200 MHz. Sevalne obremenitve, ki jih v svoji okolici povzročajo bazne postaje, so pod dopustnimi mejnimi vrednostmi in so čezmerne le v neposredni bližini anten baznih postaj v glavnem snopu sevalne karakteristike antene. Oddaljenost od antene, na kateri so lahko mejne vrednosti presežene, je odvisna od sevane moči, vrste antene in drugih dejavnikov. To je samo v ravnini antene in v tisti smeri, kamor je usmerjen glavni snop sevalnega diagrama antene. Tipične antene, ki se uporabljajo na območju RS oddajajo pod kotom 65° v vodoravni smeri in 8,5° v navpični ravnini (približno 4° nad in pod vodoravnico). Zunaj tega kota se oddajna moč razpolovi. Neposredno pod, nad in za anteno je moč nekajkrat nižja.

V najneugodnejšem primeru (polna obremenitev bazne postaje, velika oddaljenost mobilnih postaj, veliko interferenc v okolici itd.) pričakujemo čezmerne sevalne obremenitve najbolj občutljivejših območjih (bivalno okolje, šole, vrtci, bolnišnice itd.) približno 16 metrov od antene. Poudariti je treba, da je to samo v ravnini antene in v tisti smeri, kamor je usmerjen glavni snop sevalnega diagrama antene. Ker je antena bazne postaje nameščena na visokem drogu ali pa je dostop nepooblaščenim osebam onemogočen, ni pričakovati, da bi bili prebivalci čezmerno obremenjeni z EMS.

Za bazne postaje, katerih nazivna inštalirana moč presega 100 W, je treba pred postavitvijo v prostor pridobiti strokovno mnenje glede sevalnih obremenitev, natančno preučiti njihov vpliv in predvideti morebitne omilitvene ukrepe. Brez strokovnega mnenja, da so EMS baznih postaj pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi, ni mogoče pridobiti potrebnih dovoljenj za postavitve. Za vsako bazno postajo, ki je vir elektromagnetnega sevanja, mora investitor zagotoviti prve meritve. Vsaka lokacija bazne postaje mora biti skrbno načrtovana in mora ustrezati strogim kriterijem, ki jih določa predpis glede dopustnih sevalnih obremenitvah v naravnem in življenjskem okolju. V RS je bilo izdanih 436 dovoljenj za postavitve baznih postaj.

Rezultati meritev, ki so jih v okolici baznih postaj izvedle pooblašene organizacije Agencije RS za okolje, kažejo, da obremenitev bivalnega in naravnega okolja z EMS nikjer ne presega mejnih vrednosti, ki jih določa predpis. Običajna izpostavljenost ljudi sevanjem baznih postaj v Sloveniji je več kot 100-krat manjša od mejnih vrednosti.

Viri:

Elektromagnetna sevanja električnih naprav in postrojev v naravno in življenjsko okolje, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ref. št. 1349, Ljubljana, april 1998.

Gajšek P., Miklavčič D.: Vpliv neionizirnih elektromagnetnih sevanj na biološke sisteme, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana 1999.

Gajšek P.: Elektromagnetna sevanja in zdravje, Mobitel, Ljubljana 1999.

Pravilnik o tehničnih normativih za graditev nadzemnih elektroenergetskih vodov z nazivno napetostjo od 1 kV do 400 kV, Uradni list SFRJ, 65/88.

Raziskave možnih ukrepov za zmanjšanje jakosti električnih in magnetnih polj v okolici SN in NN elementov v transformatorski postaji SN/NN, EIMV, Ref. št. 1409, julij 1998.

Raziskave možnosti za zmanjšanje vplivov električnih in magnetnih polj SN daljnovidov in kablovodov, Referat EIMV, april 2002.