

Strokovno mnenje / Expert opinion

Št. / No.

25-608-O-Tel

Datum / Date

29.09.2025

Zadeva / Subject	Pooblastilo / Authorization
Obremenitve v okolici bazne postaje – določitev potrebnih odmkov zaradi EMS	
Vir / Source	Listov / Sheets
BP Ajševica, GAJSEV	8
Lokacija / Location	Opomba / Remark
koordinate (D96 e, D96 n) = 399236, 90000, z = 76 m	
Naročnik / Ordered by	Vplivi okolja / Env. Impact
Telekom Slovenije d.d. Cigaletova 15, 1000 Ljubljana	Niso prosti.
Standardi / Standards	Metoda / Method
SIST EN IEC 62232:2023	[] meritve [x] računski postopek
Območje varstva / Location classification	Datum in kraj / Date & Place
[x] I. območje [] II. območje [] delovno okolje [] obstoječi vir [x] nov vir [] rekonstrukcija [] drugi viri v bližini	29.09.2025, Ljubljana

Povzetek / Summary

Iz rezultatov strokovnega mnenja je razvidno, da so obremenitve okolja na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) zaradi delovanja obravnavanega vira nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

Izdelal / Prepared by

Tomaž Trček, univ. dipl. inž. el.




Odgovorna oseba / Responsible Authority

dr. Blaž Valič univ. dipl. inž. el.



1. Uvod

Pričujoče strokovno mnenje podaja območja, kje so v okolici obravnavanega vira presežene mejne vrednosti in določa potrebne odmike med obravnavanim virom ter območji, kjer mejne vrednosti glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) ne smejo biti presežene. Da bi pridobili podatke o obremenitvah v bližini obravnavanega vira, smo s pomočjo numeričnega modeliranja izdelali izračun obremenitev naravnega in življenjskega okolja. Rezultati, ki so predstavljeni v tem strokovnem mnenju, upoštevajo **najbolj neugodne razmere**, ko obravnavani vir oddaja pri največji možni oddajni moči.

2. Predstavitev vira

Antene so nameščene na antenskem stolpu. Višina anten nad tlemi je 30,6 m.

T 1: Tehnični podatki o obravnavanem viru.

celica	frekvenca [MHz]	tip antene	azimut [°]	naklon		višina [m]	št. enot*	P _{max} / enoto* [W]	duty cycle	skupno slabljenje [dB]
				meh. [°]	ele. [°]					
GSM 1	900	K800372965	0,0	0,0	3,0	30,6	2	8,0	1,00	0,35
GSM 2	900	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	2	8,0	1,00	0,35
GSM 3	900	K800372965	295,0	0,0	4,0	30,6	2	8,0	1,00	0,35
LTE 1	700	K800372965	0,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 2	700	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 3	700	K800372965	295,0	0,0	4,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 4	800	K800372965	0,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 5	800	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 6	800	K800372965	295,0	0,0	4,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
LTE 7	1800	K800372965	0,0	0,0	2,0	30,6	4	40,0	1,00	0,50
LTE 8	1800	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	4	40,0	1,00	0,50
LTE 9	1800	K800372965	295,0	0,0	3,0	30,6	4	40,0	1,00	0,50
LTE 10	2100	K800372965	0,0	0,0	2,0	30,6	4	20,0	1,00	0,55
LTE 11	2100	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	4	20,0	1,00	0,55
LTE 12	2100	K800372965	295,0	0,0	3,0	30,6	4	20,0	1,00	0,55
5G 1	700	K800372965	0,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
5G 2	700	K800372965	80,0	0,0	3,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33
5G 3	700	K800372965	295,0	0,0	4,0	30,6	2	20,0	1,00	0,33

* enota: TRU v primeru GSM sistema, MIMO v primeru LTE in 5G sistema

Tehnični podatki o virih so bili posredovani s strani naročnika.

3. Skladnost z mejnimi vrednostmi

Mejne vrednosti izpostavljenosti EMS so določene v Uredbi o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96), kjer je prav tako opredeljeno, katera območja sodijo v I. območje in katera v II. območje varstva pred sevanji. V I. območje varstva pred sevanji sodijo stanovanjsko območje, območje bolnišnic, zdravilišč, turističnih objektov, objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa ter programa osnovnega zdravstvenega varstva, območje igrišč, javnih parkov, javnih zelenih in rekreacijskih površin in javno središče. Tu veljajo 10-krat nižje mejne vrednosti kot v večini držav. Preostala javno dostopna območja sodijo v II. območje varstva pred sevanji, kjer so mejne vrednosti primerljive z mednarodno priporočenimi mejnimi vrednostmi. V II. območje varstva pred sevanji sodijo tudi območja namenjena javnemu cestnemu ali železniškemu prometu v I. območju varstva pred sevanji.

T 2: Mejne vrednosti za posamezno frekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

frekvenčno območje [MHz]	mejna vrednost električne poljske jakosti [V/m]		mejna vrednost gostote pretoka moči [W/m ²]	
	I. območje	II. območje	I. območje*	II. območje
87 – 108 (FM)	8,60	27,50	0,20	2,00
174 – 230 (DAB)	8,60	27,50	0,20	2,00
380 – 470 (Zveze)	8,60-9,32	27,50-29,70	0,20-0,24	2,00-2,35
470 – 694 (DVB-T)	9,32-11,33	29,70-36,09	0,24-0,35	2,35-3,47
738 – 788 (700 MHz)	11,68-12,07	37,22-38,46	0,37-0,39	3,69-3,94
791 – 821 (800 MHz)	12,09-12,32	38,53-39,25	0,4-0,41	3,96-4,11
920 – 925 (GSM-R)	13,04-13,08	41,55-41,67	0,46	4,60-4,63
925 – 960 (900 MHz)	13,08-13,32	41,67-42,45	0,46-0,48	4,63-4,80
1427 – 1518 (1500 MHz)	16,24-16,75	51,75-53,38	0,71-0,76	7,14-7,59
1805 – 1880 (1800 MHz)	18,27-18,64	58,20-59,40	0,90-0,94	9,03-9,40
1880 – 1900 (DECT)	18,64-18,74	59,40-59,72	0,94-0,95	9,40-9,50
2110 – 2170 (2100 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
2300 – 2400 (2300 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
2400 – 2484 (WiFi)	19,00	61,40	1,00	10,00
2570 – 2690 (2600 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
3300 – 3800 (3500 MHz)	19,00	61,40	1,00	10,00
5150 – 5875 (WiFi)	19,00	61,40	1,00	10,00

Za obstoječe vire, to je tiste vire, ki so bili v uporabi pred sprejetjem uredbe (leta 1996), tudi na območjih, ki sodijo v I. območje varstva pred sevanji, veljajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji. Če se v dosegu pomembnega obstoječega vira na I. območju varstva pred sevanji namešča nov vir, je pri presoji novega vira potrebno obravnavati lastno emisijo novega vira glede na mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, skupno obremenjenost okolja pa glede na mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji. Za celotni obravnavani oddajni sistem torej veljajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji, vsak nov vir pa ne sme preseči mejnih vrednosti za I. območje varstva pred sevanji.

3.1. Izpostavljenost signalom različnih frekvenc

Indeks izpostavljenosti podaja skupno obremenjenost okolja z EMS in se izračuna na podlagi enačb iz Priloge 2 Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96). Obremenitev okolja je čezmerna, če indeks izpostavljenosti za električno polje, magnetno polje ali za gostoto pretoka moči presega vrednost 1 oziroma 100 odstotkov:

$$\sum_i \frac{E_i}{L_{E,i}} + \sum_j \frac{H_j}{L_{H,j}} > 1 \quad 10 \text{ kHz} < f \leq 680 \text{ kHz}$$

$$\mathbf{E1} \sum_i \left(\frac{E_i}{L_{E,i}} \right)^2 > 1 \text{ ter } \sum_j \left(\frac{H_j}{L_{H,j}} \right)^2 > 1 \quad 680 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$$

$$\sum_i \frac{S_i}{L_{S,i}} > 1 \quad 10 \text{ MHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$$

kjer je f - frekvenca signala, E_i - efektivna vrednost električne poljske jakosti i -tega vira oziroma i -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah, H_j - efektivna vrednost magnetne poljske jakosti j -tega vira oziroma j -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah, S_j - povprečna vrednost gostote pretoka moči i -tega vira oziroma i -te frekvence, če vir seva pri več frekvencah in $L_{E,i}$, $L_{H,i}$, $L_{S,i}$ - i -temu frekvenčnemu območju ustrezna mejna vrednost električne in magnetne poljske jakosti ter gostote pretoka moči. Pri tem se lahko opustijo prispevki pri tistih frekvencah, ki ne dosežejo 20 odstotkov najvišje vrednosti E_i ali H_j oziroma 4 odstotkov najvišje vrednosti S_j .

4. Izračun obremenitev

Numerično modeliranje in izračune EMS smo opravili s programskim paketom Narda EFC-400EP, ki obremenitve računa v skladu s slovenskim standardom **SIST EN IEC 62232**. Omenjeni standard jasno določa, na kakšen način se izračunava gostota pretoka moči v bližnjem in daljnem polju vira. Daljno polje je polje, ki se nahaja v oddaljenosti $R = 2D^2/\lambda$ in več od vira, kjer je D največja dimenzija vira in λ valovna dolžina vira. Bližnje polje pa dodatno delimo na dve območji, in sicer na sevalno bližnje polje, ki je bolj podobno planemu valu, vendar v tem območju električno in magnetno polje nista sorazmerna ter se fazno ne ujemata, ter na reaktivno (kapacitivno ali induktivno) bližnje polje. Meja med obema bližnjima poljema je na razdalji $R = \lambda/4$.

Za izračun programski paket uporablja tako imenovano ray tracing metodo. Gostota pretoka moči v poljubni točki prostora je določena na podlagi naslednje enačbe:

$$\mathbf{E2} \quad S = \sum_{\text{vseh virov}} \left(S_{\text{direktno}} - \sum_{\text{vseh stavb}} S_{\text{zaslonjeno}} + \sum_{\text{vseh zidov}} S_{\text{odbojev}} + \sum_{\text{vseh stavb}} S_{\text{difuzije}} + \sum_{\text{vseh robov}} S_{\text{uklonjena}} \right)$$

kjer je S_{direktno} prispevek zaradi neposrednega nemotenega sevanja vsakega vira, $S_{\text{zaslonjeno}}$ zmanjšanje gostote pretoka moči zaradi stavb, ki se nahajajo neposredno med virom elektromagnetnega sevanja in točko, kjer gostoto pretoka računamo, S_{odbojev} odbito sevanja na stavbah in tleh, S_{difuzije} difuzijsko sevanje stavb in $S_{\text{uklonjena}}$ prispevek zaradi uklona sevanja na robovih stavb. Pri izračunu upoštevamo vse relevantne tehnične podatke, kot so:

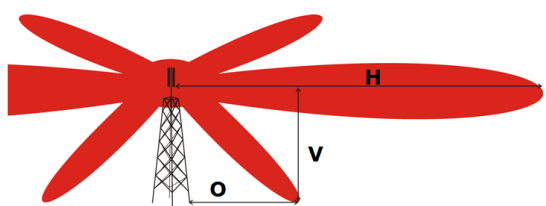
- položaj in usmerjenost oddajnih anten,
- sevalni diagram oddajnih anten z upoštevanjem frekvenčnega območja,
- oddajne moči, slabljenje konektorjev, združevalnikov in kablov, ki je odvisno od frekvence in dolžine kabla,
- konfiguracije in drugih tehničnih lastnosti virov.

Pri računanju bližnjega polja programski paket uporablja sintetični model.

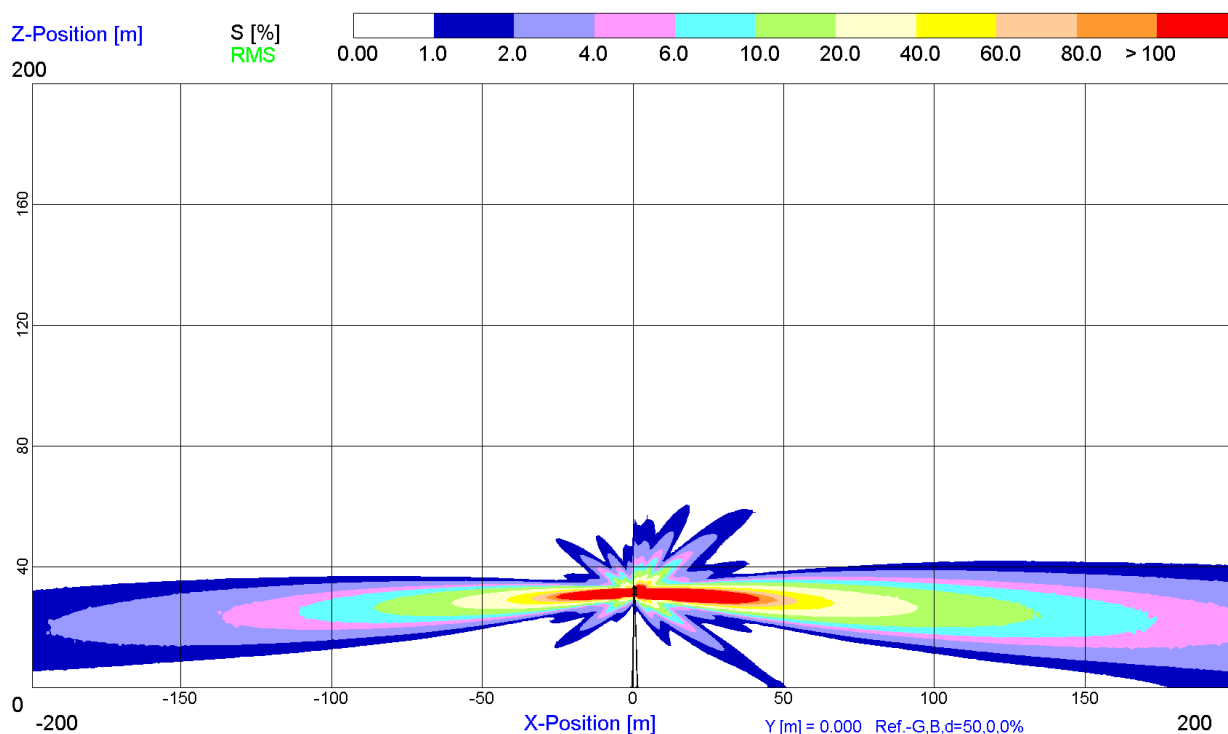
5. Rezultati

Računski postopek, ki obravnava najslabši možni primer v smislu največjih obremenitev je pokazal, da že sorazmerno majhen odmik iz glavnega snopa antene pomeni veliko zmanjšanje indeksa izpostavljenosti. V neposredni bližini anten obravnavanega vira lahko vrednosti v glavnem snopu antene presežejo mejne vrednosti. Oddaljenost od antene, na kateri so lahko mejne vrednosti presežene, je odvisna od sevale moči v določen prostorski kot, vrste antene ter drugih faktorjev. To območje je predstavljeno v T 3. Potrebno je poudariti, da je to samo v tisti smeri, kamor je usmerjen glavni snop sevalnega diagrama antene. Zaradi svojega sevalnega diagrama usmerjene sektorske antene oddajajo v druge smeri prostora s svojega zadnjega, vrhnjega, spodnjega ali stranskega dela več kot stokrat nižje jakosti elektromagnetnih signalov, kar je razvidno tudi iz slik v nadaljevanju.

T 3: Območje s preseženimi mejnimi vrednostmi - največji horizontalni in vertikalni odmiki zaradi delovanja obravnavanega vira.

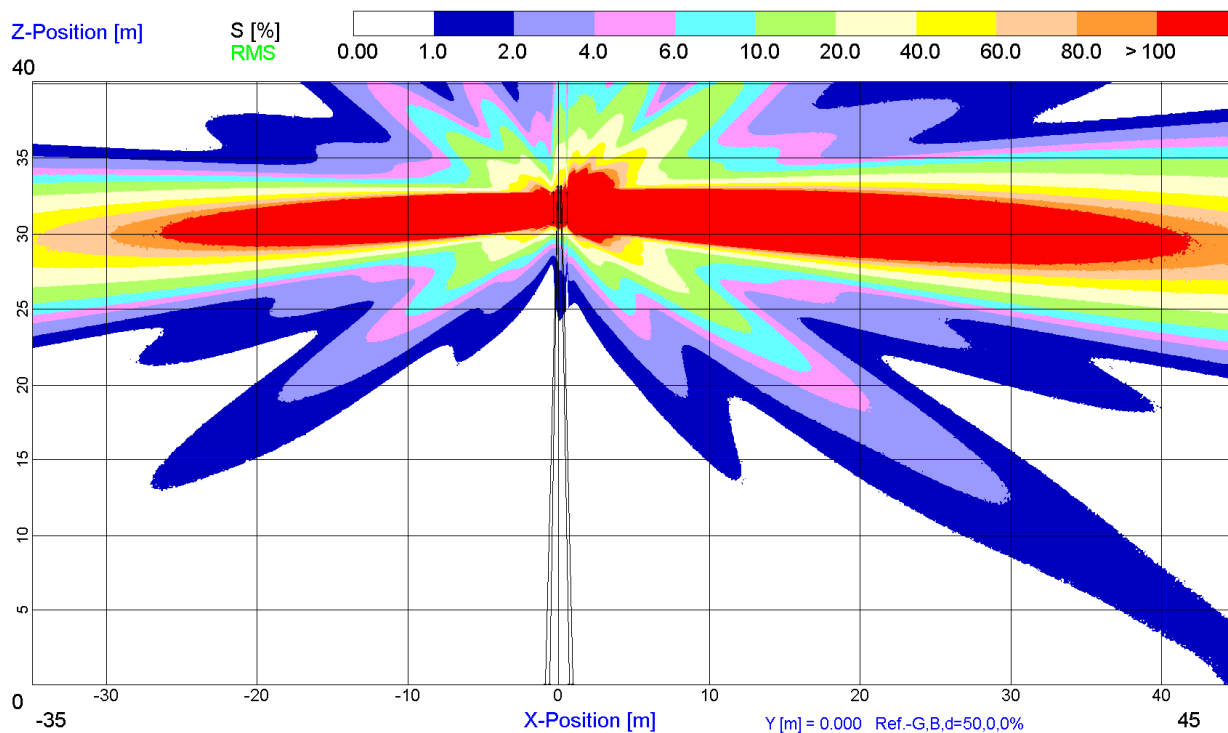


Odmiki od antene	območje varstva pred sevanjem	
	I.	II.
Horizontalni v višini anten	43,3	12,2
Horizontalni na višini 1 m	0,0	0,0
Vertikalni	2,7	0,5



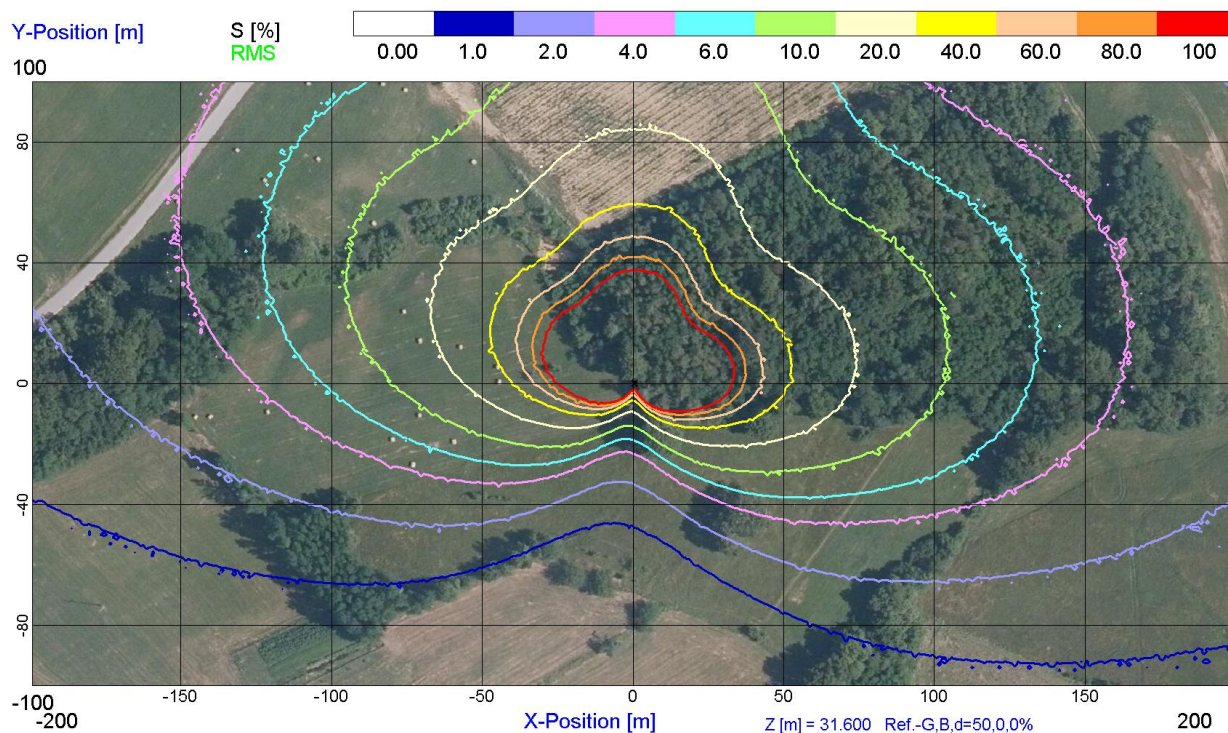
Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, št. 70/96)

S 1: Indeks izpostavljenosti v vertikalnem prerezu v ravnini, ki poteka skozi središče anten z azimutom 80°. Vrednosti so prikazane v odstotkih mejnih vrednosti uredbe za območje varstva pred sevanji iz naslovne strani strokovne ocene.



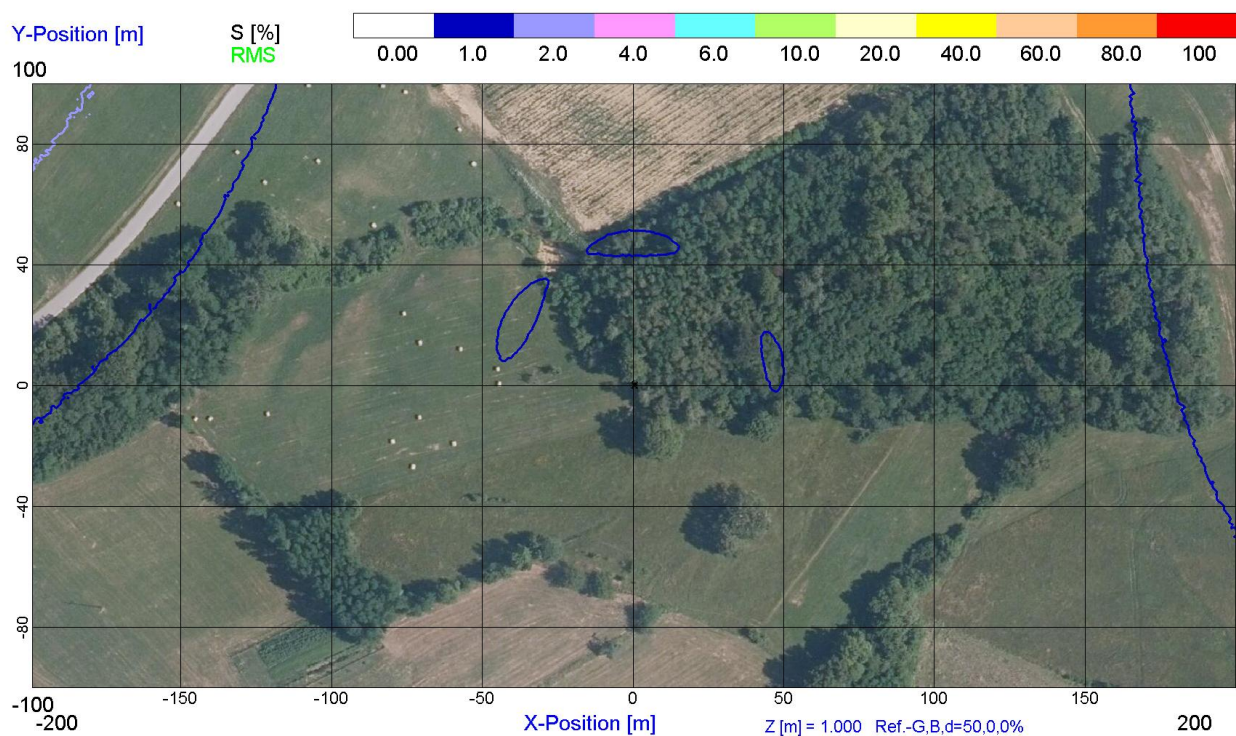
Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, st. 70/96)

S 2: Detajl slike 1 zgolj v okolici anten. Z rdečo barvo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti uredbe.



Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, st. 70/96)

S 3: Indeks izpostavljenosti v horizontalnem prerezu v ravnini, ki poteka skozi središče anten (višina prereza 31,6 m). Vrednosti so prikazane v odstotkih mejnih vrednosti uredbe za območje varstva pred sevanji iz naslovne strani strokovne ocene.



Guideline: Uredba o EMS: I. območje (Uradni list RS, št. 70/96)

S 4: Indeks izpostavljenosti v horizontalnem prerezu v ravnini, ki poteka na koti 1 m nad koto temelja stropa. Vrednosti so prikazane v odstotkih mejnih vrednosti uredbe za območje varstva pred sevanji iz naslovne strani strokovne ocene.

6. Ocena rezultatov

Obravnavani vir je bil ocenjen z vidika sprejemljivosti zaradi obremenjevanja okolja z elektromagnetnimi sevanji. Pri izračunu je upoštevan najbolj neugoden primer, ko obravnavani vir oddaja pri največji možni moči.

Iz rezultatov strokovnega mnenja je razvidno, da so obremenitve okolja na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) zaradi delovanja obravnavanega vira nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

7. Zaključek

Omenjeno strokovno mnenje velja samo za konfiguracijo obravnavanega vira, ki je navedena v tem mnenju. V primeru, da se spremeni katerakoli komponenta obravnavanega vira ali se nadgradi z dodatnimi sistemom, je potrebno strokovno mnenje izdelati na novo.

8. Priporočila

Za potrditev analitično določenih odmkov priporočamo izvedbo meritev EMS po pričetku obratovanja vira. Tako izvedene meritve bodo verodostojno potrdile izračun sevalnih obremenitev.

Nepooblaščen osebni dostop v območje s preseženimi mejnimi vrednostmi za II. območje varstva pred sevanji (tabela T 3).

V primeru dostopa pooblašcene osebe znotraj območja s preseženimi mejnimi vrednostmi za II. območje varstva pred sevanji (tabela T 3), je potrebno izvesti ukrepe v skladu z uredbo o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem (UL RS 49/16).