

1 NASLOVNA STRAN ELABORATA 14027-1_9/12d

Vrsta elaborata : **9/12d Elektromagnetna sevanja v okolici elektroenergetskih sistemov železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica**

Investitor:



REPUBLIKA SLOVENIJA
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

Projekt/Objekt:

Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Vrsta projektne dokumentacije:

IZVEDBENI NAČRT

Za gradnjo:

Vzdrževalna dela v javno korist

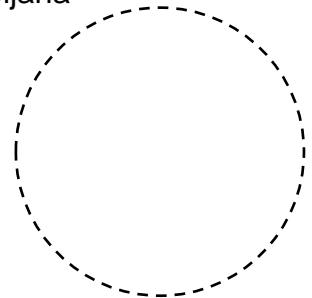
Projektant:

PROJEKT d.d. NOVA GORICA
Kidričeva 9a, 5000 Nova Gorica
Inštitut za neionizirna sevanja,
Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana

Odgovorni predstavnik izdelovalca elaborata:

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.

Podpis:



Odgovorni izdelovalec elaborata:

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.

Podpis:

Številka elaborata:

14027-1_9/12d

Kraj in datum:

Nova Gorica, julij 2019

Številka projekta: **3685**

Odgovorni vodja projekta:

Boris Brilly,
univ. dipl. inž. grad.
G-2753

Podpis:

ZG50	0098	007.0405	S.1	
-------------	-------------	-----------------	------------	--

Strokovno mnenje/Expert opinion

Št. / No.

19-010-O-Pro

Datum / Date

30.01.2019

Zadeva / Subject	Elektromagnetna sevanja v okolici elektroenergetskih sistemov železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica	Pooblastilo / Accreditation	
Vir / Source	električna vozna mreža, signalno varnostne naprave, telekomunikacijske naprave, napajalni vodi in razsvetljava	Opomba / Remark	Poseg je sprejemljiv za okolje
Lokacija in koordinate / Location and coordinates	trasa železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica	Vplivi okolja / Env. Impact	Niso prisotni.
Naročnik / Ordered by	Projekt d.d. Nova Gorica Kidričeva ulica 9A, Nova Gorica	Listov / Sheets	14
Predpisi-standardi / Legislation-standards	Uredba o elektromagnetnem sevanju (UL RS 70/96)	Datum in kraj / Date&Place	30.01.2019; Ljubljana
Vplivno območje vira	<input type="checkbox"/> I. vplivno območje <input checked="" type="checkbox"/> II. vplivno območje <input type="checkbox"/> obstoječi vir sevanja <input checked="" type="checkbox"/> nov vir sevanja <input type="checkbox"/> rekonstrukcija <input type="checkbox"/> drugi viri EMS na lokaciji	Metoda / Method	<input checked="" type="checkbox"/> meritve EMS <input checked="" type="checkbox"/> računski postopek

Povzetek / Summary
<p>Iz rezultatov strokovnega mnenja je razvidno, da so sevalne obremenitve dosti nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj na II. območju varstva pred sevanji.</p> <p>Na podlagi opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter predpisanih mejnih vrednosti ocenjujemo, da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi obravnavanega posega na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) NE BO PRESEGLA VREDNOSTI, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.</p>

Oceno izdelal / Opinion preparation

Tomaž Trček univ. dipl. ing.




Odgovorna oseba / Responsible Authority

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.



1. Uvod

Pričujoče strokovno mnenje podaja obremenitve naravnega in življenjskega okolja z EMS po izvedeni nadgradnji železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica. Podana so vplivna območja obravnavanih virov in potrebni odmiki med obravnavanimi viri ter območji, kjer mejne vrednosti glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ne smejo biti presežene. Da bi pridobili podatke o sevalnih obremenitvah v bližini obravnavanih virov, smo s pomočjo numeričnega modeliranja izdelali oceno sevalnih obremenitev naravnega in življenjskega okolja. Rezultati sevalnih obremenitev, ki so predstavljeni v tem strokovnem mnenju, upoštevajo **najbolj neugodne razmere**, saj je pri izračunu upoštevan najbolj neugoden primer, ko obravnavani viri obratujejo pri največji možni moči. Pri izdelavi strokovnega mnenja smo upoštevali vse tehnične podatke, ki jih je posredoval investitor oziroma projektanti.

2. Izhodišča za oceno sevalnih obremenitev

Izhodišče za oceno sevalnih obremenitev je Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96, v nadaljevanju uredba), ki natančno določa največje dopustne sevalne obremenitve v frekvenčnem področju od 0-300 GHz v Republiki Sloveniji. Ta uredba poleg mednarodnih smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP 1998) upošteva tudi načelo previdnosti. Slovenija je med prvimi državami na svetu, ki uvajajo dodatne strožje kriterije ter preventivne dejavnike pod mejami, ki jih določajo mednarodni standardi in smernice. Ministrstvo za okolje in prostor se je odločilo z dodatnim preventivnim dejavnikom za nove posege v prostor zaščititi najbolj občutljiva območja (bivalno okolje, šole, vrtce, bolnišnice...). Za ta občutljiva območja (I. območje), za katere se zahteva povečano varstvo pred sevanji, veljajo 10-krat strožje omejitve kot v večini držav. II. območje pa je tisto območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. Tu se uporablja II. stopnja varstva pred sevanjem. Mejne vrednosti za posamezna frekvenčna področja so frekvenčno odvisne in so za I. in II. območje podane v T 1.

T 1: Mejne vrednosti za nizkofrekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

frekvenca [Hz]	mejna vrednost gostote magnetnega pretoka [μT]		mejna vrednost električne poljske jakosti [V/m]	
	I.območje	II.območje	I.območje	II.območje
50	10	100	500	10.000

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

3. Izračun sevalnih obremenitev

Numerično modeliranje in izračune elektromagnetnega sevanja smo opravili s programskim paketom EFC-400EP Electric and Magnetic Field Calculation, ki nizkofrekvenčne sevalne obremenitve izračuna s pomočjo metode končnih vodnikov. Sestavne dele (naprave, povezovalni kabli, stikališča) se v modelu predstavi z večjim številom končnih vodnikov. Vsakemu od vodnikov se določijo fizikalne lastnosti ter vrednosti elektromagnetnih veličin, potrebnih za izračun. Rezultirajoče polje je posledica prispevkov vseh teh končnih vodnikov. Prispevek gostote magnetnega pretoka kratkega tokovnega odseka opisuje Biot-Savart-ov zakon:

$$\mathbf{E\ 1: } d\vec{B}(t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} I(t),$$

kjer \vec{B} gostota magnetnega pretoka, I električni tok, μ_0 indukcijska konstanta, $d\vec{l}$ vektor majhnega premika po vodniku v smeri toka in \vec{r} krajevni vektor, v katerem računamo prispevek gostote magnetnega pretoka. Za i -ti končni vodnik dolžine L_i , orientiran v lokalnem koordinatnem sistemu tako, da leži vzporedno z osjo x , posledično velja:

$$\mathbf{E\ 2: } |\vec{B}_i(t)| = \frac{\mu_0}{4\pi r} I(t) \left[\frac{L_i - x_p}{\sqrt{(L_i - x_p)^2 + r^2}} + \frac{x_p}{\sqrt{x_p^2 + r^2}} \right],$$

kjer je x_p koordinata x točke, v kateri računamo prispevek, r pa razdalja do te točke. Končni rezultat je vsota prispevkov vseh končnih vodnikov.

4. Predstavitev posega

Proga 50 Ljubljana-Sežana-d.m poteka od železniške postaje Ljubljana do državne meje pri Sežani. V sklopu nadgradnje železniške proge na odseku Ljubljana - Brezovica je predvidena celovita nadgradnja proge. Načrtovana je zamenjava obstoječe vozne mreže, signalno varnostnih in telekomunikacijskih naprav. Na postajališčih je predvidena izgradnja nove razsvetljave.

5. Opredelitev virov elektromagnetnega sevanja

Opredelitev vira sevanja je v uredbi o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju podana v 2. odstavku 2. člena:

»Vir sevanja je visokonapetostni transformator, razdelilna transformatorska postaja, nadzemni ali podzemni vod za prenos električne energije, odprt oddajni sistem za brezžično komunikacijo, radijski ali televizijski oddajnik, radar ali druga naprava ali objekt, katerega uporaba ali obratovanje obremenjuje okolje z:

- *nizkofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem od 0 Hz do vključno 10 kHz (v nadaljnjem besedilu: nizkofrekvenčni vir sevanja) in je nazivna napetost, pri kateri vir sevanja obratuje, večja od 1 kV ali*
- *visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem od 10 kHz do vključno 300 GHz in je njegova največja oddajna moč večja od 100 W (v nadaljnjem besedilu: visokofrekvenčni vir sevanja).*

Amaterska radijska postaja ni vir sevanja.«

Glede na navedena določila so v nadaljevanju posamezne naprave oziroma sistemi v sklopu prenove železniške proge opredeljeni, ali sodijo med vire sevanja glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ali ne.

5.1. Vozna mreža

V sklopu prenove je predvidena zamenjava vozne mreže. Obstoječa vozna mreža je enosmerna in obratuje pri napetosti 3 kV, po prenovi vozne mreže pa je predvideno, da bo vozna mreža tudi v nadalje delovala kot enosmerna pri napetosti 3 kV. Uredba v 2. odstavku 2. člena določa, da nizkofrekvenčni viri obratujejo pri frekvenci od 0 Hz naprej, torej enosmerne naprave ne sodijo med vire sevanja. Prav tako tudi mejne vrednosti, ki so sicer določene v 4. členu, veljajo za frekvence, višje od 0 Hz. Zato tako obstoječa kot tudi načrtovana vozna mreža **ne sodita** med vir sevanj.

Vendar mora biti nova vozna mreža načrtovana za mogoče obratovanje v sistemu 25 kV izmenično. Zato to strokovno menjene obravnava vplive vozne mreže pri delovanju v sistemu 25 kV izmenično. Morebitne avtotransformatorske postaje in nova napajalna postaja, ki bodo potrebni za delovanje vozne mreže v sistemu 25 kV izmenično to strokovno menjene ne obravnava.

Sevalne obremenitve ENP Vič bodo obravnavane ločeno.

T 2: Tehnični podatki o vozni mreži.

	nazivna moč [MVA]	nazivna napetost [kV]	nazivni tok [A]
vozna mreža	60	27,5	2400
najmočnejši vlaki v uporabi	6,4	27,5	256
moč vlaka po standardu EN 50388:2005 za proge visoke hitrosti	37,5	27,5	1500

5.2. Signalno varnostne naprave

Tako obstoječe signalno varnostne naprave kot tudi signalno varnostne naprave po prenovi delujejo pri nazivnih napetostih, nižjih od 1 kV. Glede na določila 2. odstavka 2. člena uredbe zato signalno varnostne naprave **ne sodijo** med vire sevanja.

5.3. Telekomunikacijske naprave

Telekomunikacijske naprave so sestavljene iz telekomunikacijskih vodov in drugih telekomunikacijskih naprav, ki ne delujejo kot oddajni sistemi, in baznih postaj GSM-R in starejšega analognega sistema komunikacij. Telekomunikacijski vodi in druge naprave, ki niso oddajni sistemi, **ne sodijo** med vire sevanj, saj delujejo pri napetostih, nižjih od 1 kV in ne oddajajo. **Bazne postaje GSM-R in analognega sistema komunikacij sodijo** med vire sevanj, saj je njihova oddajna moč, pri čemer se kot oddajna moč upošteva efektivna izsevana moč, presega 100 W in zato sodijo med visokofrekvenčne vire sevanja. Ker se v sklopu nadgradnje železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m na odseku Ljubljana - Brezovica bazne postaje GSM-R in analognega sistema ne spreminjajo, se vplivi na okolje zaradi visokofrekvenčnih virov ne spreminjajo in v strokovnem mnenju niso obravnavani.

5.4. NN napeljava in razsvetljava

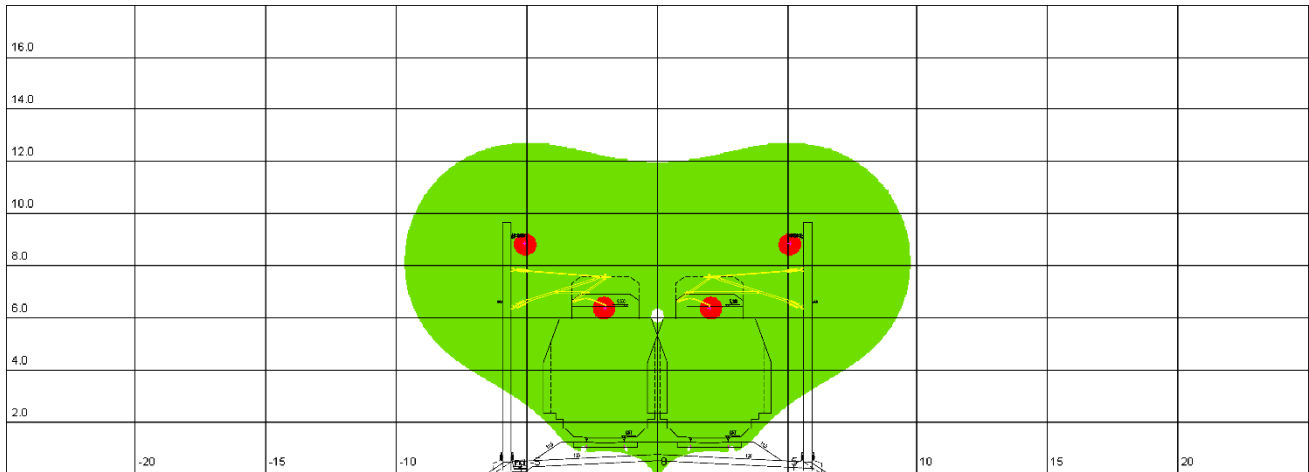
Nizko napetostna napeljava ter razsvetljava **ne sodi** med vire sevanja, saj je nazivna napetost nižja od 1 kV.

5.5. Nadzemni in podzemni SN vodi

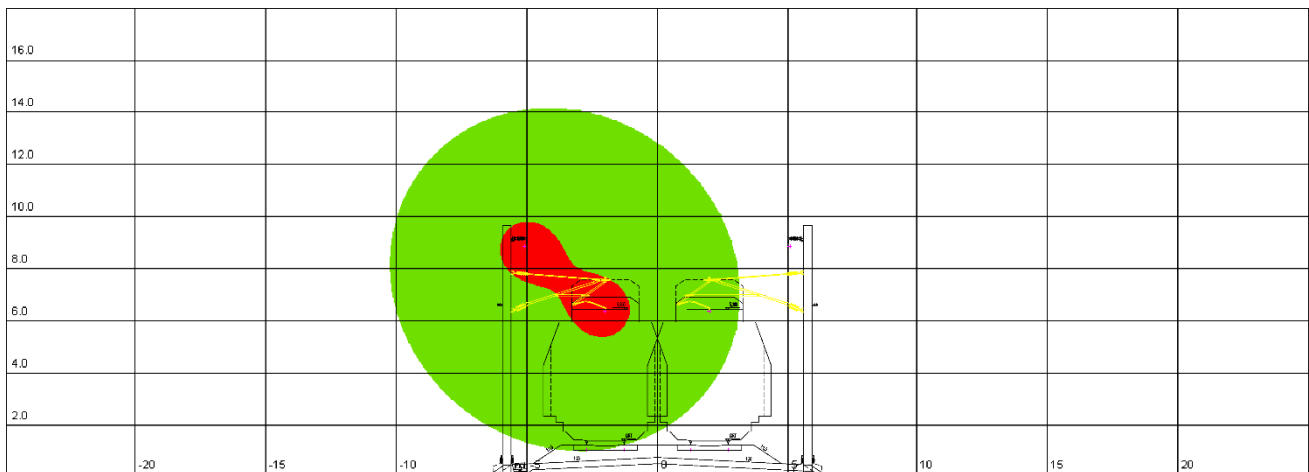
Sredjenapetostni vodi, katerih nazivna napetost je 10 ali 20 KV, **sodijo** med vire sevanja. Tako obstoječa železniška proga kot tudi železniška proga po izvedeni nadgradnji se križata s sredjenapetostnimi vodi. Pri tem se zaradi posega oddaljenosti med vodi in progo ne spreminjajo in zato poseg ne vpliva na sevalne obremenitve. V nadaljevanju strokovnega mnenja so opredeljeni vplivi tipičnih nadzemnih in podzemnih sredjenapetostnih vodov.

6. Sevalne obremenitve vozne mreže**6.1. Vozna mreža 1: redno obratovanje**

Situacija vozna mreža 1 predstavlja vplivna območja vozne mreže v bližini električne napajalne postaje. Vozna mreža je nazivno obremenjena za redno delovanje s tokom 550 A (28,5 MVA) in napaja oddaljene vlake. V obeh napajalnih vodih znaša vrednost toka 550 A, v povratnem vodu (tirnicah) pa 0 A. Predstavljene so razmere za največje obremenitve v rednem obratovanju na območju, kjer ni vlaka.



S 1: Električna poljska jakost E v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

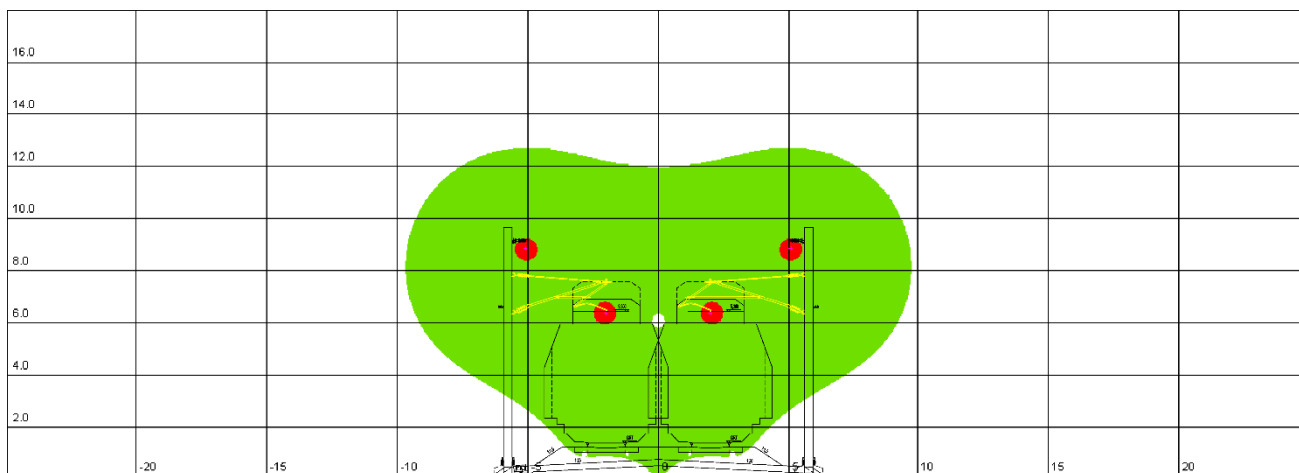


S 2: Magnetna poljska jakost B v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

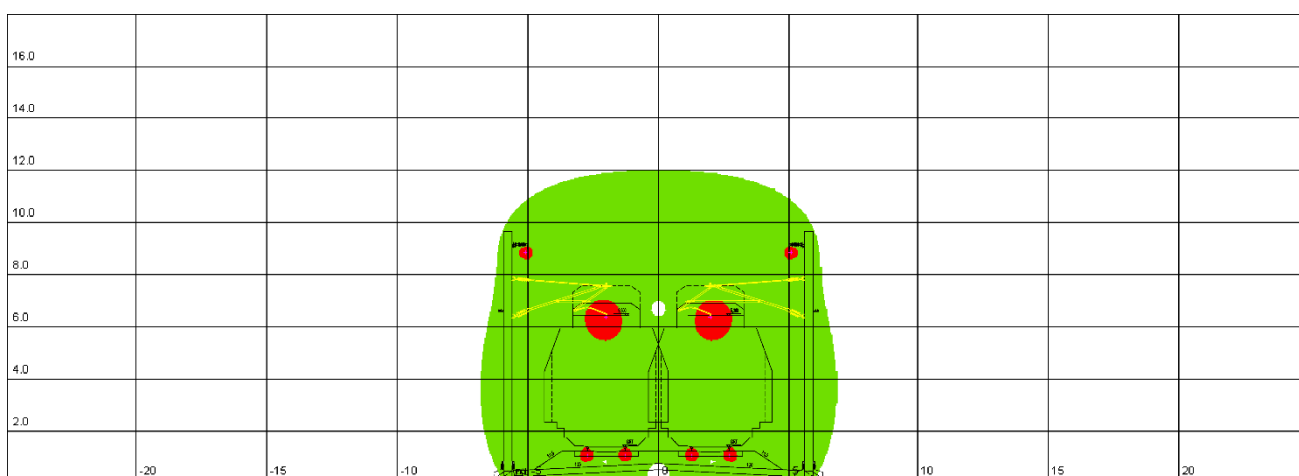
Na S 1 in S 2 je predstavljena situacija za polno obremenjeno vozno mrežo levega tira. Če bi bila polno obremenjena vozna mreža desnega tira, je zrcalno enako vplivno območje prisotno na desni polovici proge. Sočasno obe vozni mreži ne moreta biti polno obremenjeni, saj se obremenitev deli med obe vozni mreži. Največje vplivno območje je zato mogoče v primeru polno obremenjene ene polovice proge, v primeru delnih obremenitev obeh polovic je vplivno območje za magnetno polje manjše od predstavljenega.

6.2. Vozna mreža 2: redno obratovanje

Situacija vozna mreža 2 predstavlja vplivna območja vozne mreže med dvema avtotransformatorskima postajama, na tem odseku proge se nahajata dva tovorna vlaka, ki povzročajo obremenitve vozne mreže v višini 12 MVA na vsaki od vozni mreži, kar je največ, kolikor lahko znašajo obremenitve na posameznem odseku proge. V obeh kontaktnih napajalnih vodih znaša vrednost toka 360 A, v obeh dodatnih napajalnih vodih in povratnem vodu (tirnicah) pa znaša vrednost toka 2×120 A.



S 3: Električna poljska jakost E v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

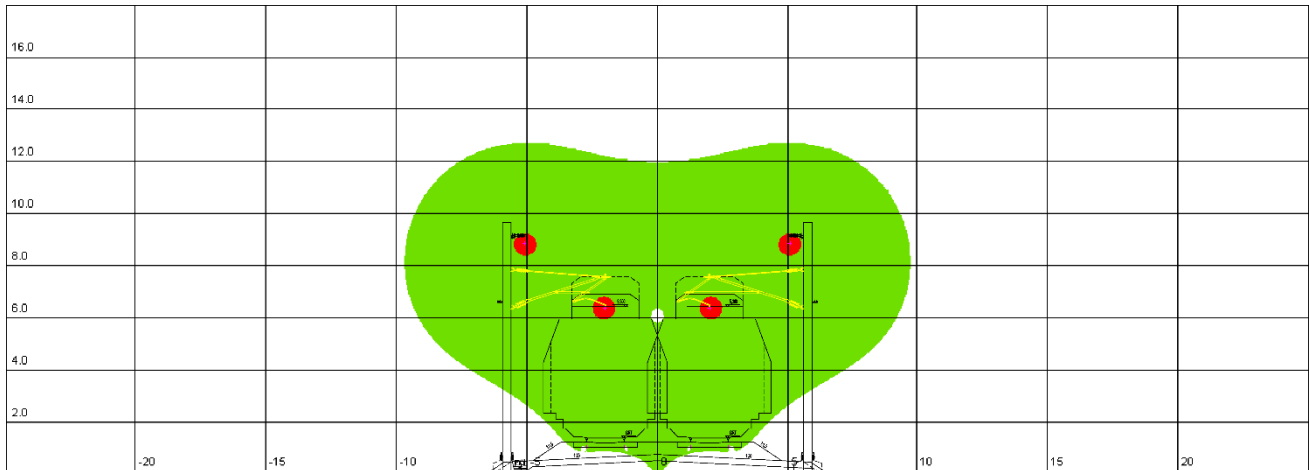


S 4: Magnetna poljska jakost B v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

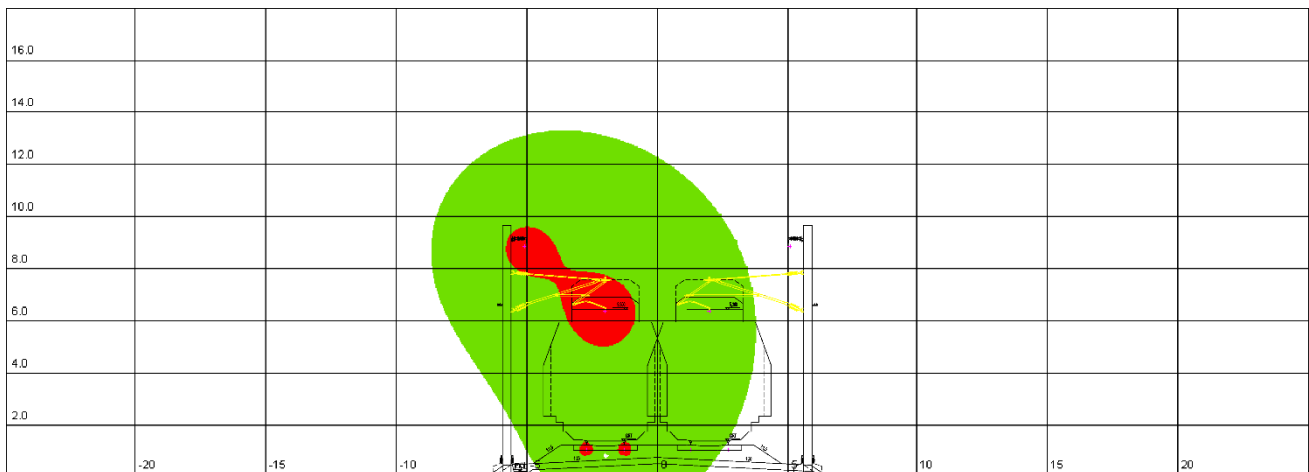
Situacija, predstavljena na S 3 in S 4, predstavlja razmere, ko na delu proge med dvema avtotransformatorskima postajama sočasno vozita dva tovorna vlaka in oba delujeta z največjo močjo 12 MVA.

6.3. Vozna mreža 3: redno obratovanje

Situacija vozna mreža 3 predstavlja vplivna območja vozne mreže med dvema avtotransformatorskima postajama, na tem odseku proge se nahaja tovorni vlak, ki povzroča obremenitve vozne mreže v višini 12 MVA, obenem pa je vozna mreža dodatno obremenjena z napajanjem vlakov, ki se nahajajo med sosednjimi avtotransformatorskimi postajami s skupno močjo 16,5 MVA. Celotna obremenitev znaša tako 28,5 MVA, kolikor so lahko največje obremenitve v rednem obratovanju. V kontaktnem napajalnem vodu znaša vrednost toka 670 A, v dodatnem napajalnem vodu 430 A in v povratnem vodu (tirnicah) 2×120 A.



S 5: Električna poljska jakost E v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

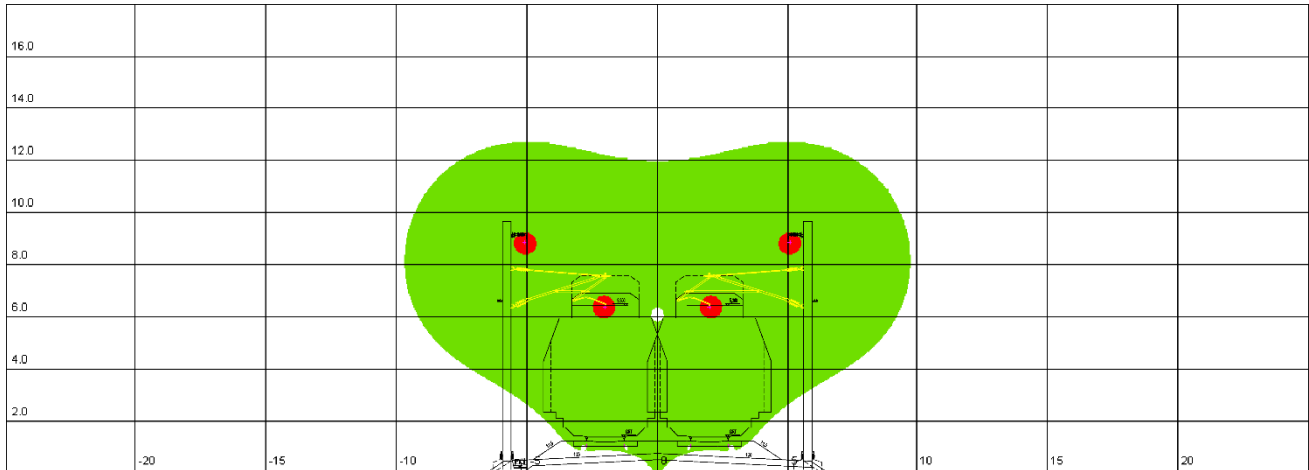


S 6: Magnetna poljska jakost B v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

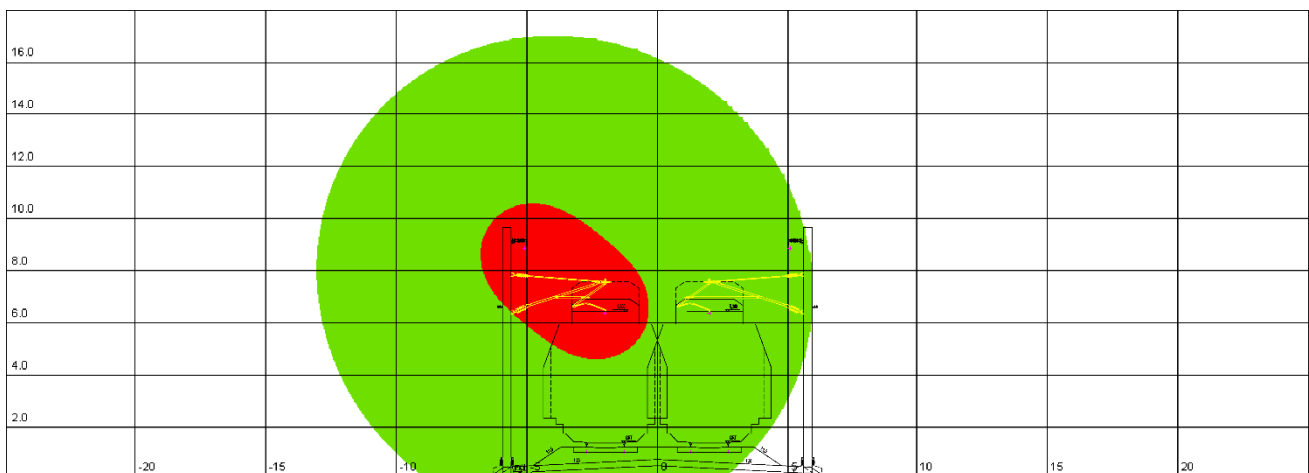
Situacija, predstavljena na S 5 in S 6, predstavlja teoretične najneugodnejše razmere za redno obratovanje, ko je celotna največja obremenitev 28,5 MVA na enem tiru, in se na delu proge med dvema avtotransformatorskima postajama nahaja tovorni vlak, ki povzroča obremenitve vozne mreže v višini 12 MVA. Predstavljena je situacija za polno obremenjeno vozno mrežo levega tira. Če bi bila polno obremenjena vozna mreža desnega tira, je zrcalno enako vplivno območje prisotno na desni polovici proge. Sočasno obe vozni mreži ne moreta biti polno obremenjeni, saj se obremenitev deli med obe vozni mreži. Največje vplivno območje je zato mogoče v primeru polno obremenjene ene polovice proge, v primeru delnih obremenitev obeh polovic je vplivno območje za magnetno polje manjše od predstavljenega.

6.4. Vozna mreža 4: izredno obratovanje

Situacija vozna mreža 4 predstavlja vplivna območja vozne mreže v bližini električne napajalne postaje. Vozna mreža je obremenjena s tokom 1100 A in napaja oddaljene vlake. V obeh napajalnih vodih znaša vrednost toka 1100 A, v povratnem vodu (tirnicah) pa 0 A. Predstavljene so razmere za največje obremenitve v izrednem obratovanju, ko sosednja električna napajalna postaja ne obratuje.



S 7: Električna poljska jakost E v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

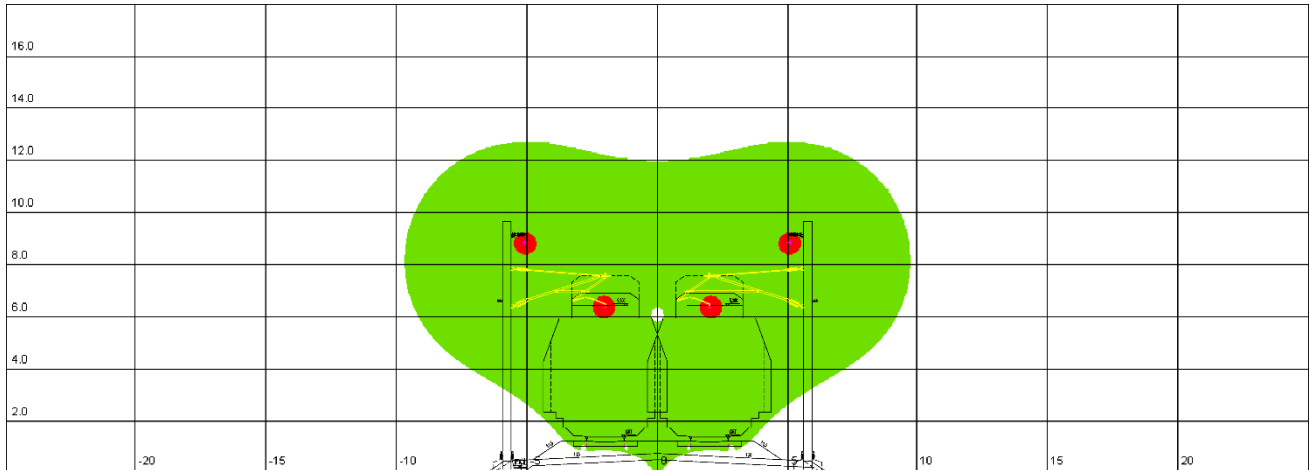


S 8: Magnetna poljska jakost B v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

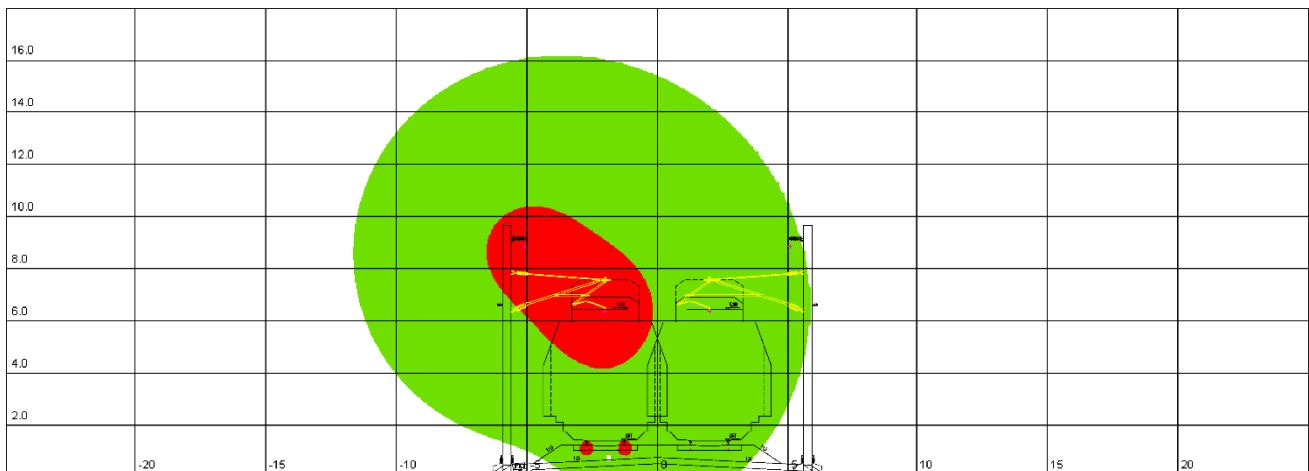
Na S 7 in S 8 je predstavljena situacija za polno obremenjeno vozna mrežo levega tira. Če bi bila polno obremenjena vozna mreža desnega tira, je zrcalno enako vplivno območje prisotno na desni polovici proge. Sočasno obe vozni mreži ne moreta biti polno obremenjeni, saj se obremenitev deli med obe vozni mreži. Največje vplivno območje je zato mogoče v primeru polno obremenjene ene polovice proge, v primeru delnih obremenitev obeh polovic je vplivno območje za magnetno polje manjše od predstavljenega.

6.5. Vozna mreža 5: izredno obratovanje

Situacija vozna mreža 5 predstavlja vplivna območja vozne mreže med dvema avtotransformatorskima postajama, na tem odseku proge se nahaja tovorni vlak, ki povzroča obremenitve vozne mreže v višini 12 MVA, obenem pa je vozna mreža dodatno obremenjena z napajanjem vlakov, ki se nahajajo med sosednjimi avtotransformatorskimi postajami s skupno močjo 45 MVA. Celotna obremenitev znaša tako 57 MVA, kolikor so lahko največje obremenitve v izrednem obratovanju. V kontaktnem napajalnem vodu znaša vrednost toka 1220 A, v dodatnem napajalnem vodu 980 A in v povratnem vodu (tirnicah) 2×120 A.



S 9: Električna poljska jakost E v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.



S 10: Magnetna poljska jakost B v okolici vozne mreže (VM). Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

Situacija, predstavljena na S 9 in S 10, predstavlja teoretične najneugodnejše razmere za izredno obratovanje, ko je celotna največja obremenitev 57 MVA na enem tiru, in se na delu proge med dvema avtotransformatorskima postajama nahaja tovorni vlak, ki povzroča obremenitve vozne mreže v višini 12 MVA. Predstavljena je situacija za polno obremenjeno vozna mrežo levega tira. Če bi bila polno obremenjena vozna mreža desnega tira, je zrcalno enako vplivno območje prisotno na desni polovici proge. Sočasno obe vozni mreži ne moreta biti polno obremenjeni, saj se obremenitev deli med obe vozni mreži. Največje vplivno območje je zato mogoče v primeru polno obremenjene ene polovice proge, v primeru delnih obremenitev obeh polovic je vplivno območje za magnetno polje manjše od predstavljenega.

T 3: Velikost vplivnega območje za I. in II. območje: razdalja, do katere so presežene mejne vrednosti za I. in za II. območje, merjena od sredine železniške proge, za različne obremenitve vozne mreže.

vir	I. območje		II. območje	
	1 m nad tlemi [m]	največja velikost (običajno v višini vodnikov) [m]	1 m nad tlemi [m]	največja velikost (običajno v višini vodnikov) [m]
Vozna mreža 1	6,5	10,5	0	6,0
Vozna mreža 2	6,7	10,0	0	5,5
Vozna mreža 3	5,5	10,0	0	5,8
Vozna mreža 4	10,8	13,0	0	6,8
Vozna mreža 5	7,6	11,7	0	6,5

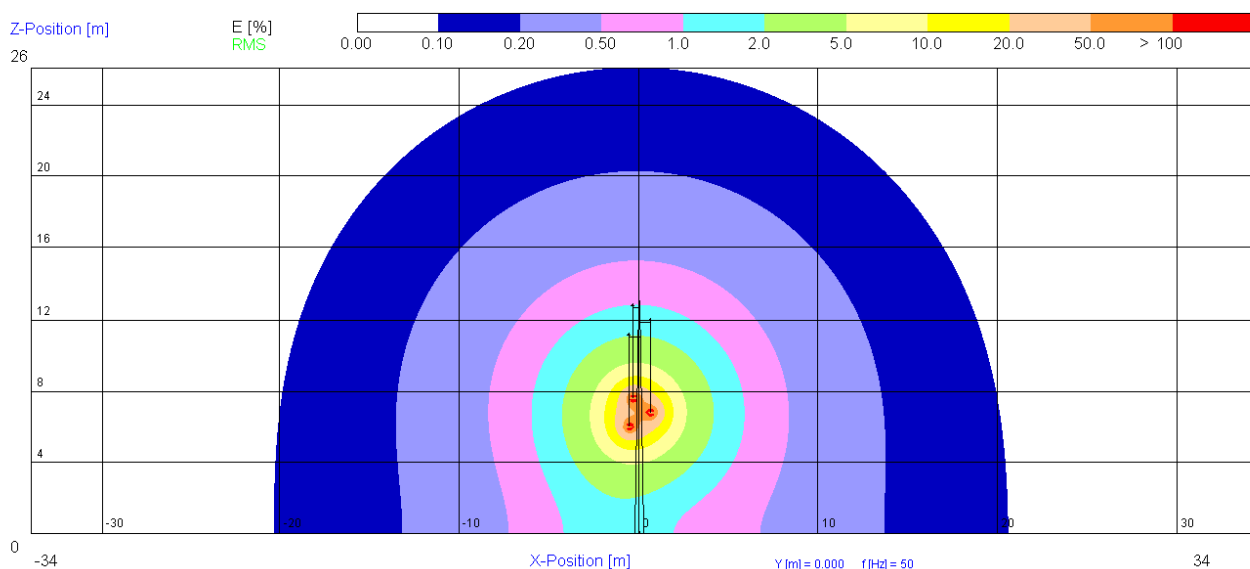
7. Sevalne obremenitve srednjenapetostnih vodov

Na obravnavanem odseku se obstoječa železniška proga kot tudi železniška proga po izvedeni nadgradnji križata s srednjenapetostnimi nadzemnimi in podzemnimi vodi. Ker se zaradi posega oddaljenosti med vodi in progo ne spreminjajo, se tudi obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji na človeku dostopnih mestih ne spreminja. V nadaljevanju so za tipične primere nadzemnih in podzemnih srednjenapetostnih podane sevalne obremenitve.

T 4: Tehnični podatki o obravnavanih tipih srednjenapetostnih vodov.

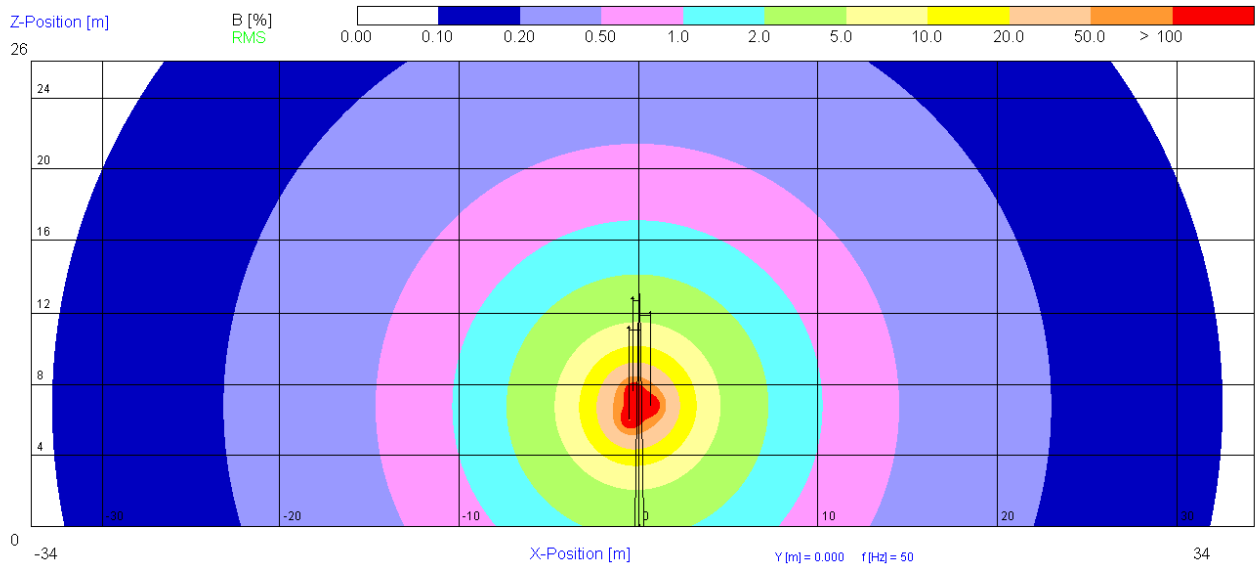
tip voda	oznaka - opis	Nazivna napetost [kV]	Nazivni tok [A]
daljnovod	DES	20	300
daljnovod	finski	20	2×300
kablovod	trofazni kabel	20	300
kablovod	tri kabli položeni paralelno	20	300

7.1. Daljnovod tipa DES



DES_PRECNO.0EO 24. 11. 2017 15:08:22 Ouideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/06)

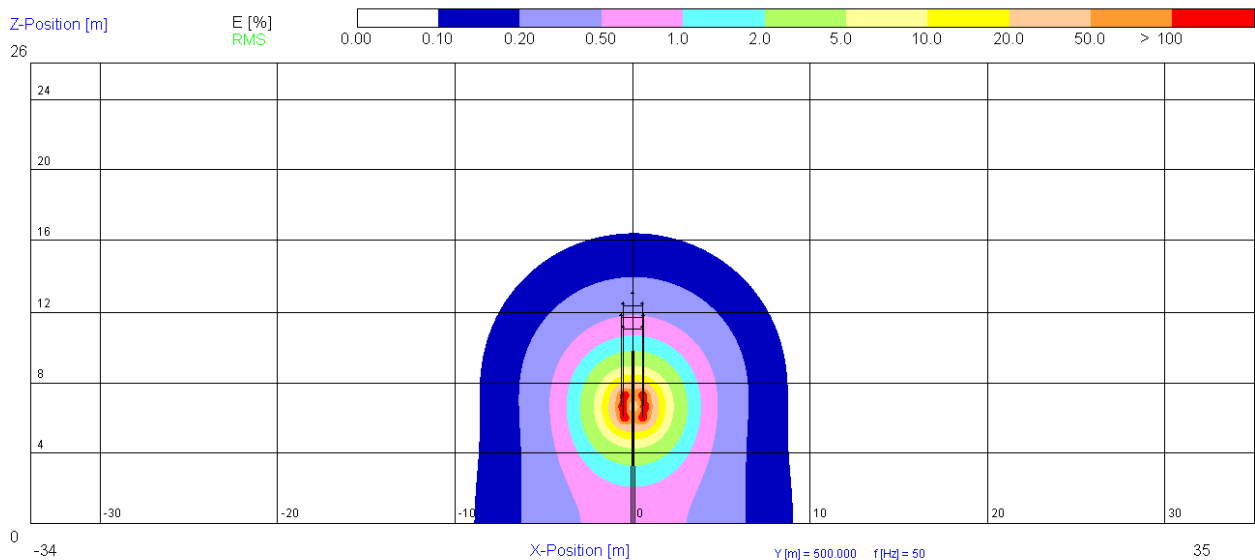
S 11: Vertikalni prerez električnega polja v ravnini, kjer je višina vodnikov 6 m nad tlemi. Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.



DES_PRECNO_OEO 24. 11. 2017 15:09:09 Guideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/06)

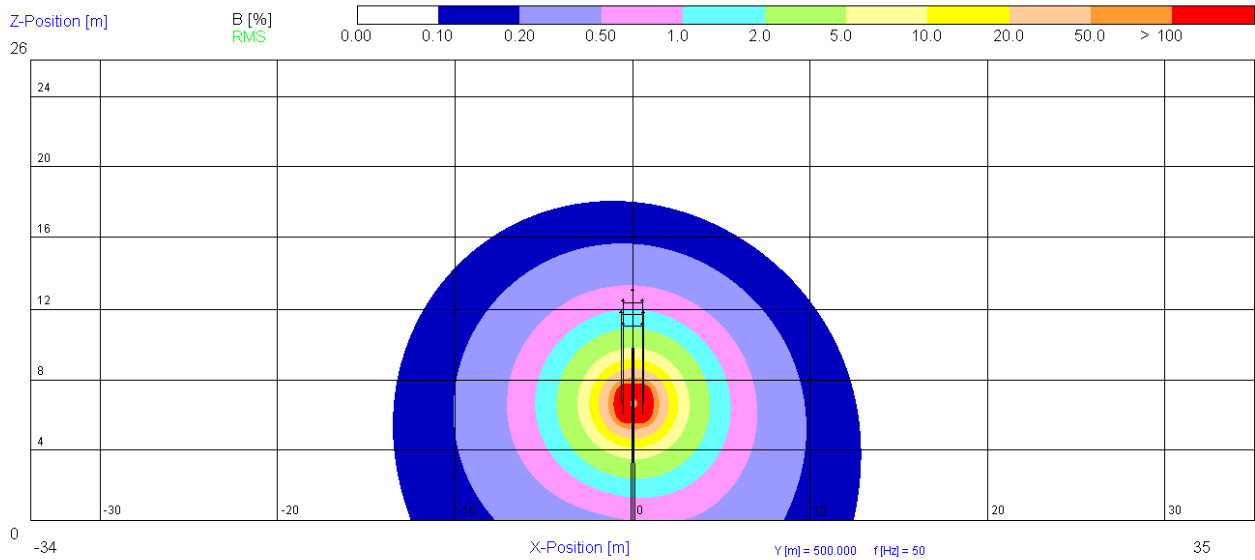
S 12: Vertikalni prerez magnetnega polja v ravnini, kjer je višina vodnikov 6 m nad tlemi. Vrednosti magnetnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.

7.2. Daljnovod tipa finski



FINSKI_2X_PRECNO_OEO 24. 11. 2017 15:31:55 Guideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/06)

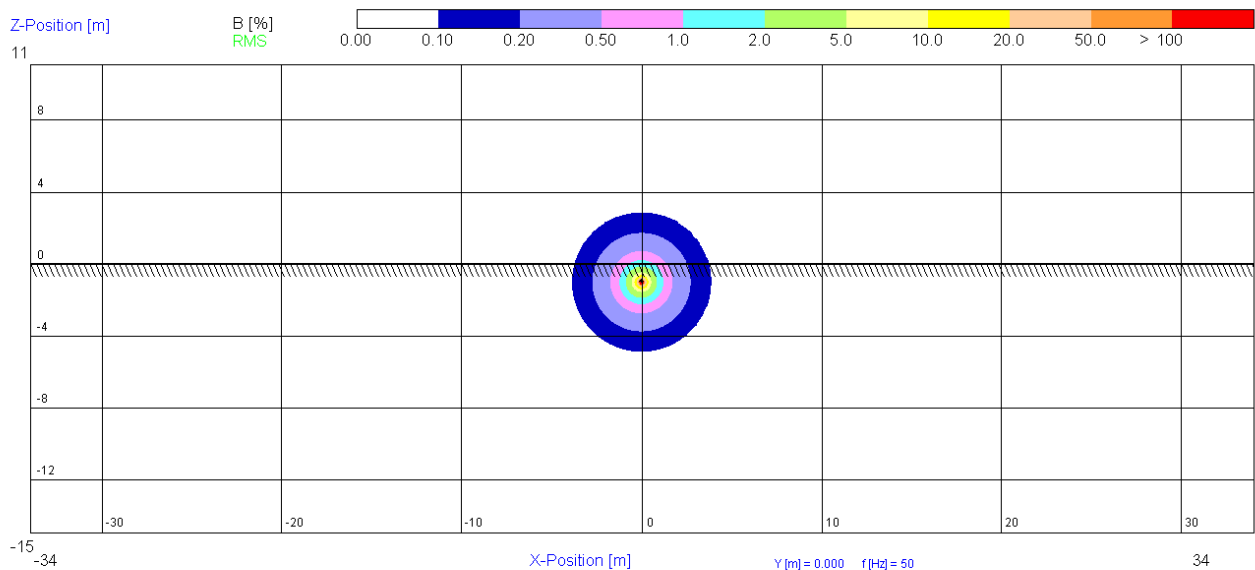
S 13: Vertikalni prerez električnega polja v ravnini, kjer je višina vodnikov 6 m nad tlemi. Vrednosti električnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.



FINSKI_ZX_PRECNO.GEO 24. 11. 2017 15:32:15 Guideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/06)

S 14: Vertikalni prerez magnetnega polja v ravnini, kjer je višina vodnikov 6 m nadtlemi. Vrednosti magnetnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.

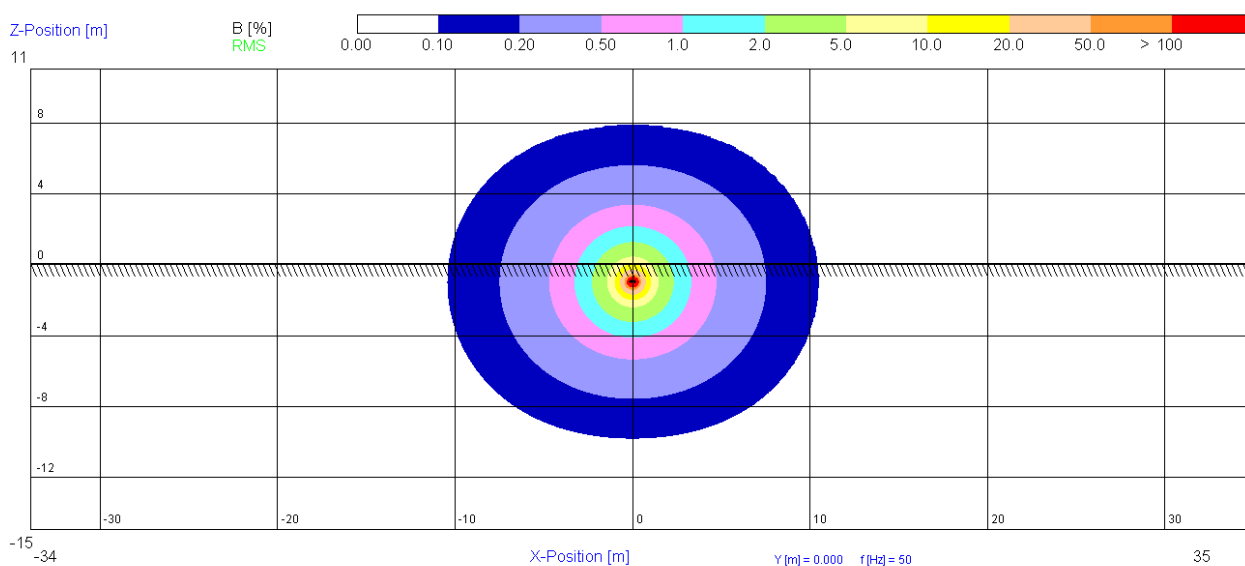
7.3. Kablovod izveden s trofaznim kablom



20KV_300A_TROFAZNI_KABEL.GEO 24. 11. 2017 15:21:13 Guideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/06)

S 15: Vertikalni prerez magnetnega polja v ravnini, kjer je globina vodnikov 1 m pod tlemi. Vrednosti magnetnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.

7.4. Kablovod izveden s tremi enofaznimi kabli položenimi paralelno



20KV_300A_PARALEL_100MM_1X_0ED 24. 11. 2017 15:27:53 Ouideline: Uredba o EMS: II.območje (Uradni list RS, št. 70/08)

S 16: Vertikalni prerez magnetnega polja v ravnini, kjer je globina vodnikov 1 m pod tlemi. Vrednosti magnetnega polja so prikazane v procentih mejne vrednosti.

T 5: Največji odmiki od osi voda ob upoštevanju sevalne obremenitve zaradi delovanja sredjenapetostnih vodov.

Odmik / Vir	daljnovid DES	daljnovid finska	kablvod en kabel	kablovod 3 kabli
1 m nad tlemi	0 m	0 m	0 m	0 m
v višini/globini vodnikov	1,1 m	1,2 m	0,2 m	0,3 m

Kakor je razvidno iz rezultatov, na človeku dostopnih mestnih mejne vrednosti niso presežene za noben sredjenapetostni vod. Mejne vrednosti so presežene samo v bližini vodnikov do oddaljenosti 1,2 m za daljnovode in 0,3 m za kablove.

8. Zaključna ocena sprejemljivosti predvidenega posega na okolje

Obravnavan poseg je bil ocenjen z vidika sprejemljivosti zaradi obremenjevanja okolja z elektromagnetnimi sevanji. Pri izračunu je upoštevan najbolj neugoden primer, ko je okolje obremenjeno z največjimi sevalnimi obremenitvami.

Iz rezultatov numeričnega izračuna ter pregleda projektne dokumentacije je razvidno, da so sevalne obremenitve na človeku dostopnih mestih na II. območju ob upoštevanju najbolj neugodnega primera **pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi**, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju za nove vire elektromagnetnih sevanj.

Na podlagi:

- opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter
- predpisanih mejnih vrednosti ter določil uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju

ocenjujemo

da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi obravnavanega posega na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) **NE BO PRESEGLA VREDNOSTI**, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.

9. Priporočila

Omenjeno strokovno mnenje velja samo za navedene konfiguracije obravnavanih virov v tem mnenju. V primeru, da se spremeni katerakoli komponenta obravnavanega vira ali se nadgradi z dodatnimi sistemom, je potrebno oceno ter strokovno mnenje izdelati na novo.

Za potrditev analitično določenih odmikov priporočamo izvedbo meritev EMS v neposredni okolici obravnavanih virov. Tako izvedene meritve bodo verodostojno potrdile izračun sevalnih obremenitev.

10. Literatura

1. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/96
2. SIST EN 50383 (2002): Basic standard for the calculation and measurement of human exposure to electromagnetic fields from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110-40000 MHz)
3. SIST EN 50384 (2002) - Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic field
4. Technical data sheet Kathrein (2002): Tehnični podatki o antenah baznih postaj, Katalog Kathrein; <http://www.kathrein.de>
5. Technical data sheet Andrew (2004): Tehnični podatki o koaksialnih kabljih, Katalog Andrew; <http://www.andrew.com>

Strokovno mnenje/Expert opinion

Št. / No.

19-010/1-O-Pro

Datum / Date

18. 02. 2019

Zadeva / Subject	Elektromagnetna sevanja v okolici elektroenergetskih sistemov železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica	Pooblastilo / Accreditation	
Vir / Source	ENP Vič	Opomba / Remark	Poseg je sprejemljiv za okolje
Lokacija in koordinate / Location and coordinates	trasa železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica	Vplivi okolja / Env. Impact	Niso prisotni.
Naročnik / Ordered by	Projekt d.d. Nova Gorica Kidričeva ulica 9A, Nova Gorica	Listov / Sheets	7
Predpisi-standardi / Legislation-standards	Uredba o elektromagnetnem sevanju (UL RS 70/96)	Datum in kraj / Date&Place	18.02.2019; Ljubljana
Vplivno območje vira	<input type="checkbox"/> I. vplivno območje <input checked="" type="checkbox"/> II. vplivno območje <input type="checkbox"/> obstoječi vir sevanja <input checked="" type="checkbox"/> nov vir sevanja <input type="checkbox"/> rekonstrukcija <input type="checkbox"/> drugi viri EMS na lokaciji	Metoda / Method	<input checked="" type="checkbox"/> meritve EMS <input checked="" type="checkbox"/> računski postopek

Povzetek / Summary
<p>Iz rezultatov strokovnega mnenja je razvidno, da so sevalne obremenitve dosti nižje od mejnih vrednosti, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96) za vire elektromagnetnih sevanj na II. območju varstva pred sevanji.</p> <p>Na podlagi opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter predpisanih mejnih vrednosti ocenjujemo, da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi obravnavanega posega na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) NE BO PRESEGLA VREDNOSTI, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.</p>


Oceno izdelal / Opinion preparation

Tomaž Trček univ. dipl. ing.




Odgovorna oseba / Responsible Authority

dr. Blaž Valič univ. dipl. ing.



1. Uvod

Pričujoče strokovno mnenje podaja obremenitve naravnega in življenjskega okolja z EMS po izvedeni nadgradnji železniške proge 50 Ljubljana-Sežana-d.m odsek Ljubljana – Brezovica na območju ENP Vič. Podana so vplivna območja obravnavanih virov in potrebni odmiki med obravnavanimi viri ter območji, kjer mejne vrednosti glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ne smejo biti presežene. Da bi pridobili podatke o sevalnih obremenitvah v bližini obravnavanih virov, smo s pomočjo numeričnega modeliranja izdelali oceno sevalnih obremenitev naravnega in življenjskega okolja. Rezultati sevalnih obremenitev, ki so predstavljeni v tem strokovnem mnenju, upoštevajo **najbolj neugodne razmere**, saj je pri izračunu upoštevan najbolj neugoden primer, ko obravnavani viri obratujejo pri največji možni moči. Pri izdelavi strokovnega mnenja smo upoštevali vse tehnične podatke, ki jih je posredoval investitor oziroma projektanti.

2. Izhodišča za oceno sevalnih obremenitev

Izhodišče za oceno sevalnih obremenitev je Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96, v nadaljevanju uredba), ki natančno določa največje dopustne sevalne obremenitve v frekvenčnem področju od 0-300 GHz v Republiki Sloveniji. Ta uredba poleg mednarodnih smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP 1998) upošteva tudi načelo previdnosti. Slovenija je med prvimi državami na svetu, ki uvajajo dodatne strožje kriterije ter preventivne dejavnike pod mejami, ki jih določajo mednarodni standardi in smernice. Ministrstvo za okolje in prostor se je odločilo z dodatnim preventivnim dejavnikom za nove posege v prostor zaščititi najbolj občutljiva območja (bivalno okolje, šole, vrtce, bolnišnice...). Za ta občutljiva območja (I. območje), za katere se zahteva povečano varstvo pred sevanji, veljajo 10-krat strožje omejitve kot v večini držav. II. območje pa je tisto območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. Tu se uporablja II. stopnja varstva pred sevanjem. Mejne vrednosti za posamezna frekvenčna področja so frekvenčno odvisne in so za I. in II. območje podane v T 1.

T 1: Mejne vrednosti za nizkofrekvenčno območje glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/96).

frekvenca [Hz]	mejna vrednost gostote magnetnega pretoka [μT]		mejna vrednost električne poljske jakosti [V/m]	
	I.območje	II.območje	I.območje	II.območje
50	10	100	500	10.000

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

3. Izračun sevalnih obremenitev

Numerično modeliranje in izračune elektromagnetnega sevanja smo opravili s programskim paketom EFC-400EP Electric and Magnetic Field Calculation, ki nizkofrekvenčne sevalne obremenitve izračuna s pomočjo metode končnih vodnikov. Sestavne dele (naprave, povezovalni kabli, stikališča) se v modelu predstavi z večjim številom končnih vodnikov. Vsakemu od vodnikov se določijo fizikalne lastnosti ter vrednosti elektromagnetnih veličin, potrebnih za izračun. Rezultirajoče polje je posledica prispevkov vseh teh končnih vodnikov. Prispevek gostote magnetnega pretoka kratkega tokovnega odseka opisuje Biot-Savart-ov zakon:

$$\mathbf{E\ 1: } d\vec{B}(t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} I(t),$$

kjer \vec{B} gostota magnetnega pretoka, I električni tok, μ_0 indukcijska konstanta, $d\vec{l}$ vektor majhnega premika po vodniku v smeri toka in \vec{r} krajevni vektor, v katerem računamo prispevek gostote magnetnega pretoka. Za i -ti končni vodnik dolžine L_i , orientiran v lokalnem koordinatnem sistemu tako, da leži vzporedno z osjo x , posledično velja:

$$\mathbf{E\ 2: } |\vec{B}_i(t)| = \frac{\mu_0}{4\pi r} I(t) \left[\frac{L_i - x_p}{\sqrt{(L_i - x_p)^2 + r^2}} + \frac{x_p}{\sqrt{x_p^2 + r^2}} \right],$$

kjer je x_p koordinata x točke, v kateri računamo prispevek, r pa razdalja do te točke. Končni rezultat je vsota prispevkov vseh končnih vodnikov.

4. Predstavitev posega

Proga 50 Ljubljana-Sežana-d.m poteka od železniške postaje Ljubljana do državne meje pri Sežani. V sklopu nadgradnje železniške proge je predvidena prenova ENP Vič. Načrtovana je zamenjava celotne opreme ENP Vič, vključno z napajalnimi transformatorji, usmerniki in dušilkami.

5. Opredelitev virov elektromagnetnega sevanja

Opredelitev vira sevanja je v uredbi o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju podana v 2. odstavku 2. člena:

»Vir sevanja je visokonapetostni transformator, razdelilna transformatorska postaja, nadzemni ali podzemni vod za prenos električne energije, odprt oddajni sistem za brezžično komunikacijo, radijski ali televizijski oddajnik, radar ali druga naprava ali objekt, katerega uporaba ali obratovanje obremenjuje okolje z:

- nizkofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem od 0 Hz do vključno 10 kHz (v nadaljnjem besedilu: nizkofrekvenčni vir sevanja) in je nazivna napetost, pri kateri vir sevanja obratuje, večja od 1 kV ali
- visokofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem od 10 kHz do vključno 300 GHz in je njegova največja oddajna moč večja od 100 W (v nadaljnjem besedilu: visokofrekvenčni vir sevanja).

Amaterska radijska postaja ni vir sevanja.«

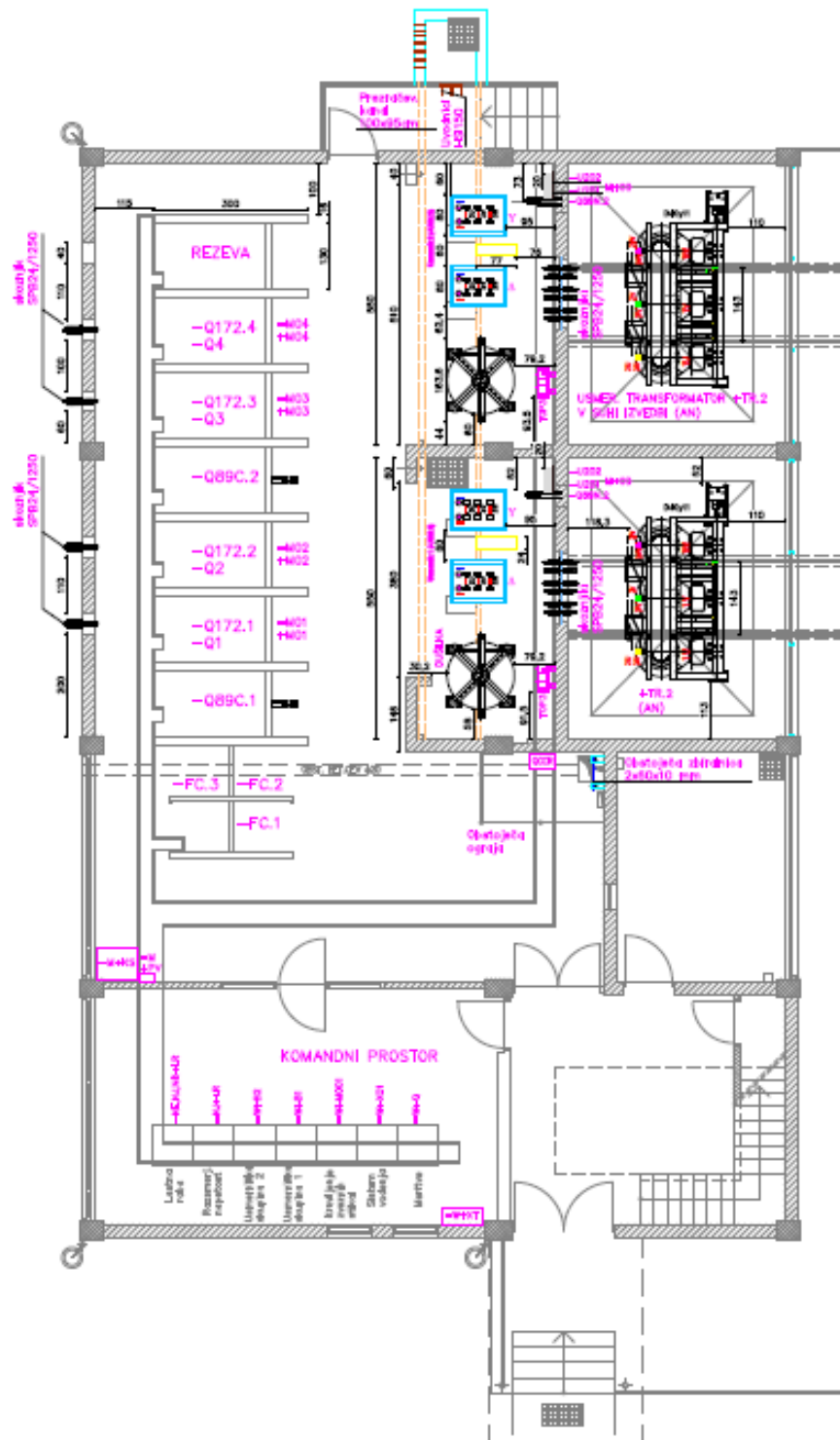
Glede na navedena določila sodijo med vire sevanja glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju vsi deli ENP Vič, ki delujejo pri izmenični napetosti 50 Hz: napajalni vodi, transformatorji, NN vodi med transformatorji in usmerniki in vsa spremljajoča oprema. Enosmerni deli ENP Vič ne sodi med vire sevanja.

V sklopu prenove je predvidena zamenjava vozne mreže. Obstoječa vozna mreža je enosmerna in obratuje pri napetosti 3 kV, po prenovi vozne mreže pa je predvideno, da bo vozna mreža tudi v nadalje delovala kot enosmerna pri napetosti 3 kV. Uredba v 2. odstavku 2. člena določa, da nizkofrekvenčni viri obratujejo pri frekvenci od 0 Hz naprej, torej enosmerne naprave ne sodijo med vire sevanja. Prav tako tudi mejne vrednosti, ki so sicer določene v 4. členu, veljajo za frekvence, višje od 0 Hz. Zato tako obstoječa kot tudi načrtovana vozna mreža **ne sodita** med vir sevanj.

Strokovno mnenje ne obravnava delovanja ENP v primeru delovanja vozne mreže v sistemu 25 kV izmenično.

T 2: Tehnični podatki o ENP Vič.

	nazivna moč [kVA]	nazivna napetost [kV]	nazivni tok [A]
napajalni transformator (2×)	5400	20/1,3	155/2×1199
vodi med transformatorjem in usmernikom		1,3	2×1199
napajalni vodi do transformatorja		20	155



S 1: Načrt ENP Vič.

6. Sevalne obremenitve

Rezultati izračuna so prikazani na slikah S 2 in S 3. Električna poljska jakost na slikah je višja od 0,5 kV/m (mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji) na zeleno obarvanih območjih in višja od 10 kV/m (mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji) na rdeče obarvanih območjih. Gostota magnetnega pretoka na slikah je višja od 10 μT (mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji) na zeleno obarvanih območjih in višja od 100 μT (mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji) na rdeče obarvanih območjih.

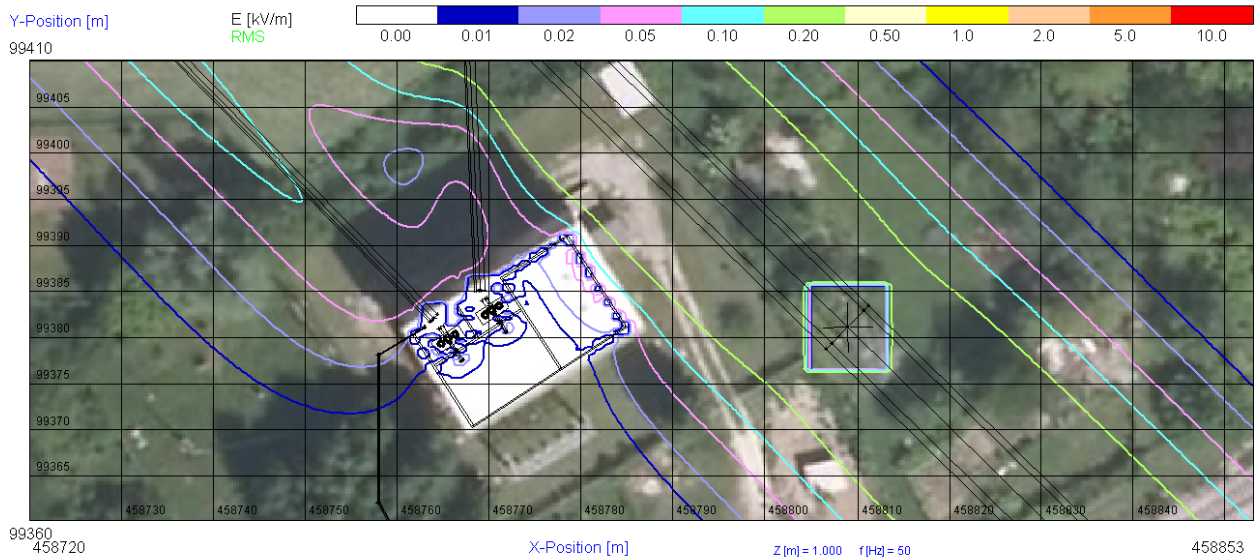


S 2: Električno polje v okolici ENP Vič. Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.



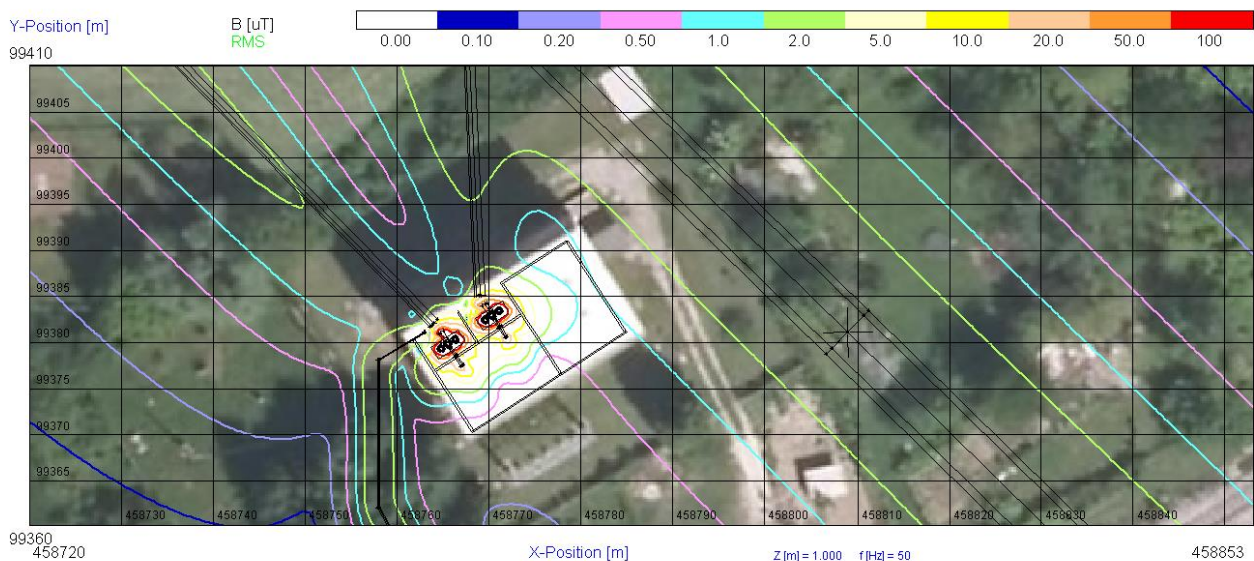
S 3: Magnetno polje v okolici ENP Vič. Z rdečo je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, z zeleno pa je prikazano območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje.

Na slikah S 4 in **Error! Reference source not found.** sta podani vrednosti električnega polja in magnetnega polja. Barvna skala zavzema vrednosti od 0 do 10 kV/m oziroma od 0 do 100 μ T, kolikor znašajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.



19-101_1.0EO 20.02.2019 16:31:43

S 4: Električno polje v okolici ENP Vič. Barvna skala zavzema vrednosti od 0 do 10 kV/m, kolikor znašajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.



19-101_1.0EO 20.02.2019 16:27:19

S 5: Magnetno polje v okolici ENP Vič. Barvna skala zavzema vrednosti od 0 do 100 μ T, kolikor znašajo mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

Kakor je razvidno iz slik, so mejne vrednosti za I. in II. območje varstva pred sevanji presežene znotraj območja ENP Vič. Vsa območja, kjer so presežene mejne vrednosti za I. in II. območje varstva pred sevanji, človeku niso dostopna.

7. Zaključna ocena sprejemljivosti predvidenega posega na okolje

Obravnavan poseg je bil ocenjen z vidika sprejemljivosti zaradi obremenjevanja okolja z elektromagnetnimi sevanji. Pri izračunu je upoštevan najbolj neugoden primer, ko je okolje obremenjeno z največjimi sevalnimi obremenitvami.

Iz rezultatov numeričnega izračuna ter pregleda projektne dokumentacije je razvidno, da so mejne vrednosti za **I. in II. območje** varstva pred sevanji presežene znotraj ograjenega območja ENP.

Na podlagi:

- opisa, izračunov in ocene pričakovanih vplivov posega na okolje ter
- predpisanih mejnih vrednosti ter določil uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju

ocenjujemo

da obremenitev okolja z elektromagnetnimi sevanji zaradi obravnavanega posega na človeku dostopnih lokacijah (izven navedenih območij varstva pred sevanji) **NE BO PRESEGLA VREDNOSTI**, ki jih določa uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju in je zato poseg sprejemljiv za okolje.

8. Priporočila

Omenjeno strokovno mnenje velja samo za navedene konfiguracije obravnavanih virov v tem mnenju. V primeru, da se spremeni katerakoli komponenta obravnavanega vira ali se nadgradi z dodatnimi sistemom, je potrebno oceno ter strokovno mnenje izdelati na novo.

9. Literatura

1. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/96