

VPLIVNA OBMOČJA VN DALJNOVODOV OB UPOŠTEVANJU POVPREČNIH VREDNOSTI OBREMENITEV

BLAŽ VALIČ^{1*}, PETER GAJŠEK¹

¹Inštitut za neionizirna sevanja, Pohorskega bataljona 215, Ljubljana

*E-pošta: blaz.valic@inis.si

Povzetek: Pri ugotavljanju skladnosti umestitve daljnovodov v prostor se upoštevajo najneugodnejši pogoji, ko daljnovod povzroča največje sevalne obremenitve. Enosistemski daljnovodi povzročajo največje sevalne obremenitve, ko so nazivno obremenjeni, dvosistemski pa takrat, ko obratuje samo en sistem, ki je nazivno obremenjen. A običajno so daljnovodi znatno manj obremenjeni, zato so tudi povprečne izpostavljenosti magnetnim poljem v okolici daljnovodov znatno nižje od največjih. Za štiri različne VN daljnovode, dva 110 kV, en 220 kV in en 400 kV, smo na podlagi podatkov o obremenjenosti v letu 2015 določili njihova vplivna območja za nazivno obremenitev, najvišjo obremenitev v letu 2015, najvišjo dnevno, tedensko in mesečno povprečno obremenitev v letu 2015, in letno povprečno obremenitev v letu 2015. Za dvosistemski 110 in 220 kV daljnovod tipa sod se vplivno območje, to je območje, kjer so presežene mejne vrednosti za magnetno polje za I. območje varstva pred sevanji (10 μ T), pri povprečni tedenski obremenitvi (50 odstotkov nazivne) prepolovi glede na nazivne razmere: iz 7 na 3 m pri 110 kV daljnovodu in iz 10 na 5 m pri 220 kV daljnovodu. Za obremenitve, manjše od teh, mejne vrednosti na višini 1 m nad tlemi niso več presežene. Za dvosistemski 400 kV daljnovod tipa sod se območje iz 20 m pri nazivni obremenitvi zmanjša na 15 m pri najvišji povprečni dnevni obremenitvi (60 odstotkov nazivne) in na 7 m pri povprečni letni obremenitvi (30 odstotkov nazivne). Za enosistemski 400 kV daljnovod tipa Y se območje iz 24 m pri nazivni obremenitvi zmanjša na 19 m pri najvišji povprečni dnevni obremenitvi (60 odstotkov nazivne) in na 13 m pri povprečni letni obremenitvi (30 odstotkov nazivne). Ob tem velja poudariti, da 60 odstotna obremenitev, kolikor približno znašajo najvišje dnevne povprečne vrednosti, predstavlja najneugodnejšo variantno povprečnih vrednosti. Od obravnavanih štirih daljnovodov sta bila v času enega leta samo dva (en 110 kV daljnovod tipa sod in en 220 kV daljnovod tipa jelka) obremenjena 60 in več odstotno, in sicer eden 3 odstotke časa in drugi 25 odstotkov časa.

Ključne besede: EMS, NF, magnetno polje, izpostavljenost, vplivna območja, zakonodaja.

HV POWER LINES AREA OF THE INFLUENCE BASED ON AVERAGE LOADS

Abstract: According to Slovene legislation it is necessary to assess the placement of power lines in the environment based on the most unfavorable conditions when the power line generates the highest EMF. For single circuit power lines the worst case scenario is when working under the nominal load, whereas for double circuit power lines worst case scenario is when one circuit is under the nominal load and the other is not in use. But power lines are normally operating at much lower loads than nominal and therefore the average exposure to magnetic fields around power lines is significantly lower than the highest. For four different power lines, two 110 kV, one 220 kV and one 400 kV, the area of influence was calculated for their nominal load, peak load in 2015 and maximum daily, weekly and monthly average load in 2015. Area of influence is the area where the reference levels for magnetic field for I. area of radiation protection (10 μ T) are exceeded. For barrel type double circuit 110 kV and 220 kV power lines the area of influence is halved at the average weekly load (50 percent of nominal load) with respect to the nominal conditions: for 110 kV power line it decreases from 7 m at nominal load to 3 m at average weekly load and from 10 m to 5 m for 220 kV power line. For barrel type double circuit 400 kV power line the influence area is decreased from 20 m at the nominal load to 15 m at the highest average daily load (60 percent of nominal load) and to 7 m for the average annual load (30 percent of nominal load). For Y type one circuit 400 kV power line the influence area is decreased from 24 m at the nominal load to 19 m at the highest average daily load (60 percent of nominal load) and to 13 m at an average annual load (30 percent of nominal load). It should be noted that the load of 60 percent of nominal load which is about the highest daily average load represents the worst-case variant of average values. Of the analyzed four power lines only two reached a load of 60 percent of nominal load in a period of one year, and this load was surpassed only for 3 percent of time for one power line and 25 percent for the other.

Keywords: EMF, ELF, magnetic field, exposure, area of influence, legislation.

1 UVOD

Mejne vrednosti izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem (EMS) temeljijo na trenutnem stanju stroke na tem področju. Določene so tako, da za izpostavljenosti, manjše od mejnih vrednosti, ni znanih nobenih škodljivih vplivov na zdravje. Obstaja pa določena negotovost glede možnih zapoznelih učinkov pri dolgotrajni izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem pri vrednostih, ki so nižje od mejnih vrednosti smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP). Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) kot specializirana agencija za preučevanje tveganja raka v okviru Svetovne zdravstvene organizacije je obravnavala razpoložljive izsledke ter na podlagi epidemioloških študij na otrocih uvrstila nizkofrekvenčna magnetna polja v skupino 2B med »mogoče kancerogene snovi za ljudi«. Ta klasifikacija pomeni, da obstajajo pomanjkljivi dokazi o kancerogenosti pri ljudeh in manj kot zadostni dokazi o kancerogenosti pri živalih. Hkrati je IARC nizkofrekvenčna električna polja razvrstila v skupino 3 med snovi, ki jih ni mogoče razvrstiti med kancerogene snovi za ljudi [1]. Zaradi povezave z dolgotrajnimi izpostavljenostmi je z vidika takšnih vplivov bolj kot teoretično najvišje izpostavljenosti pomembno poznati trajne izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem. V preteklosti so bile v Sloveniji dolgotrajne izpostavljenosti že ocenjene s trajnimi meritvami, tako v obliki meritev osebne izpostavljenosti [2] kot v obliki trajnih meritev na določenih lokacijah [3]. V obravnavani študiji smo s pomočjo numeričnih izračunov ter podatkov o obremenjenosti daljnovodov določili povprečne vrednosti magnetnega polja tipičnih visokonapetostnih daljnovodov v Sloveniji.

2 MEJNE VREDNOSTI

V Sloveniji od leta 1996 velja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju [4]. Mejne vrednosti, ki jih določa uredba, so skladne s smernicami Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) iz leta 1998 [5] ter posledično s priporočili Evropskega sveta [6]. ICNIRP stalno spremlja in presoja raziskave na področju vplivov elektromagnetnih sevanj na zdravje. V letu 2010 je komisija mejne vrednosti na podlagi analize vseh znanstvenih raziskav dopolnila in jih za nizke frekvence povišala [7]. Povišanje mejnih vrednosti za izpostavljenost elektromagnetnim sevanjem je evropski parlament potrdil tudi za poklicno izpostavljenost. Direktiva 2013/35/EU [8] iz leta 2013 je za nizkofrekvenčna EMS določila bistveno višje mejne vrednosti do predhodne direktive 2004/40/ES [9] iz leta 2004.

Uredba je poleg tega uvedla še dodatni varnostni faktor 10 za bolj občutljiva območja (I. območje varstva pred sevanji). V I. območje spadajo tista območja, kjer se prebivalstvo zadržuje dalj časa (bivalna območja, šole, zdravstvene ustanove...). II. območje pa predstavlja ostala območja (gozdovi, njive, transportna in industrijska območja...). Mejne vrednosti so za NF EMS podana v tabeli 1.

Tabela 1: Pregled mejnih vrednosti za nizkofrekvenčna električna in magnetna polja.

	mejne vrednosti za	
	električno poljsko jakost E [V/m]	gostoto magnetnega pretoka B [μ T]
Uredba I. območje	500	10
Uredba I. rekonstrukcija*	1.800	15
Uredba II. območje	10.000	100
Priporočila Evropskega sveta	5.000	100
Smernice ICNIRP 2010	5.000	200

* V primeru rekonstrukcije obstoječega podzemnega ali nadzemnega voda veljajo v bivalnih prostorih in vseh drugih prostorih zgradb, v katerih se zadržujejo ljudje, posebne mejne vrednosti.

3 OBREMENTIVE VISOKONAPETOSTNIH DALJNOVODOV

Magnetno polje v okolici daljnovoda je odvisno od vrste tehničnih podatkov, eden bistvenih je obremenjenost daljnovoda. Ker se le-ta stalno spreminja, se posledično tudi magnetno polje v okolici daljnovoda stalno spreminja, z razliko od električnega polja, ki se zaradi stalne napetosti daljnovoda spreminja le minimalno. Najvišjemu toku, za katerega je načrtovan daljnovod, pravimo nazivni tok. Daljnovodi niso nikoli obremenjeni z nazivnim tokom, se pa najvišje vrednosti lahko približajo nazivnim. Za nekatere daljnovode so tudi najvišje vrednosti bistveno nižje od nazivnih, kar je razvidno iz tabele 2, zato so tudi povprečne vrednosti magnetnega polja v okolici teh daljnovodov, bistveno nižje od največjega magnetnega polja ob nazivnih obremenitvah. Za štiri različne daljnovode, predstavljene v tabeli 2, smo na podlagi podatkov o obremenjenosti različnih v letu 2015 določili naslednje vrednosti tokov: nazivna vrednost, to je vrednost, za katero je daljnovod načrtovan, najvišja vrednost v letu 2015, najvišja dnevna povprečna vrednost v letu 2015, najvišja tedenska povprečna vrednost v letu 2015, najvišja mesečna povprečna vrednost v letu 2015 in letna povprečna vrednost v letu 2015.

Tabela 2: Nazivne ter povprečne vrednosti toka za primere različnih tipov daljnovodov na območju Slovenije.

Daljnovod	Nazivni tok [A]	Najvišja vrednost v času enega leta [A]	Najvišja dnevna povprečna vrednost [A]	Najvišja tedenska povprečna vrednost [A]	Najvišja mesečna povprečna vrednost [A]	Letna povprečna vrednost [A]
110 kV tipa jelka	800	371	261	206	188	134
110 kV tipa sod	2×800	785, 782	516, 514	363, 362	348, 357	284, 283
220 kV tipa jelka	800	787	567	482	427	275
400 kV tipa sod	2×1600	956, 1074	721, 718	590, 587	454, 458	311, 310

Iz podatkov v tabeli 2 je razvidno, da so že najvišje vrednosti toka v času enega leta za nekatere daljnovode v Sloveniji bistveno nižje od nazivnih vrednosti. Najvišje vrednosti toka v obdobju enega leta dosežejo med 98 odstotki za 220 kV daljnovod in 46 odstotki za 110 kV daljnovod. Najvišja dnevna povprečna vrednost se je gibala med 32 in 71 odstotki, najvišja tedenska povprečna vrednost se je gibala med 25 in 60 odstotki, najvišja povprečna mesečna vrednost se je gibala med 23 in 53 odstotki, letna povprečna vrednost pa se je gibala med 17 in 36 odstotki.

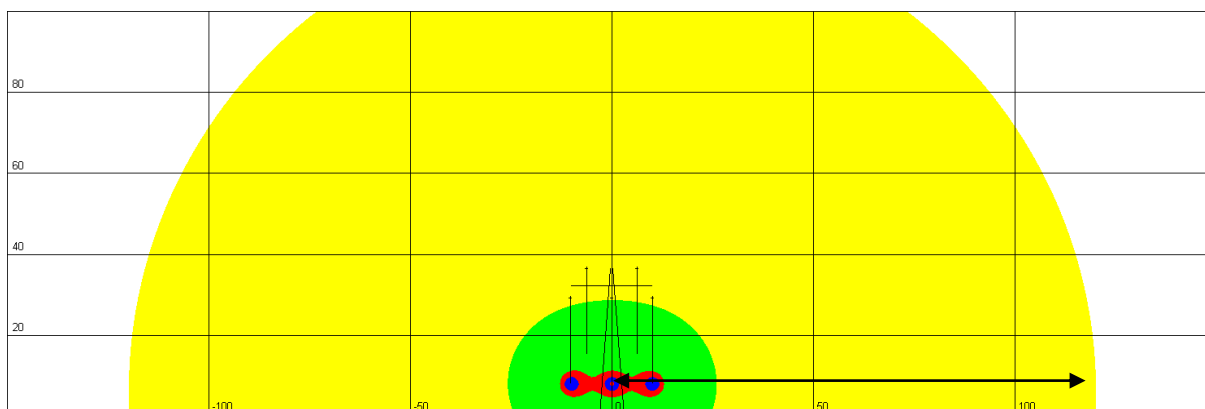
4 SEVALNE OBREMENTITVE DALJNOVODOV ZA RAZLIČNE POGOJE OBREMENJENOSTI

Z numeričnim izračunom so bile izračunane sevalne obremenitve za različne tipe daljnovodov pri povprečnih obremenitvah daljnovoda. Numerični izračuni magnetnega polja so bili izvedeni pri nazivni obremenitvi (100 %), najvišji dnevni povprečni vrednosti (60 % nazivne), najvišji tedenski povprečni vrednosti (50 % nazivne), najvišji mesečni povprečni vrednosti (40 % nazivne) ter pri letni povprečni vrednosti (30 % nazivne). Pri numeričnem izračunu je bila upoštevana najneugodnejša situacija, ko je višina vodnikov nad tlemi enaka najnižji dopustni oddaljenosti vodnikov od tal (6 m za 110 kV daljnovod, 6,75 m za 220 kV daljnovod in 8 m za 400 kV daljnovod). Numerično modeliranje in izračune elektromagnetnega sevanja smo opravili s programskim paketom EFC-400EP Electric and Magnetic Field Calculation, Narda STS, ki nizkofrekvenčne sevalne obremenitve izračuna s pomočjo metode končnih vodnikov.

Za različne tipične daljnovode so bile določene velikosti vplivnega območja. Vplivno območje je tisto območje v prostoru, kjer so mejne vrednosti iz tabele 3 presežene. Vplivno območje daljnovoda se meri od srednje osi daljnovoda, določeno pa je na višini 1 m nad tlemi. V tabeli 3 so predstavljene tudi barve, ki so na slikah v nadaljevanju uporabljene za prikaz posameznega vplivnega območja.

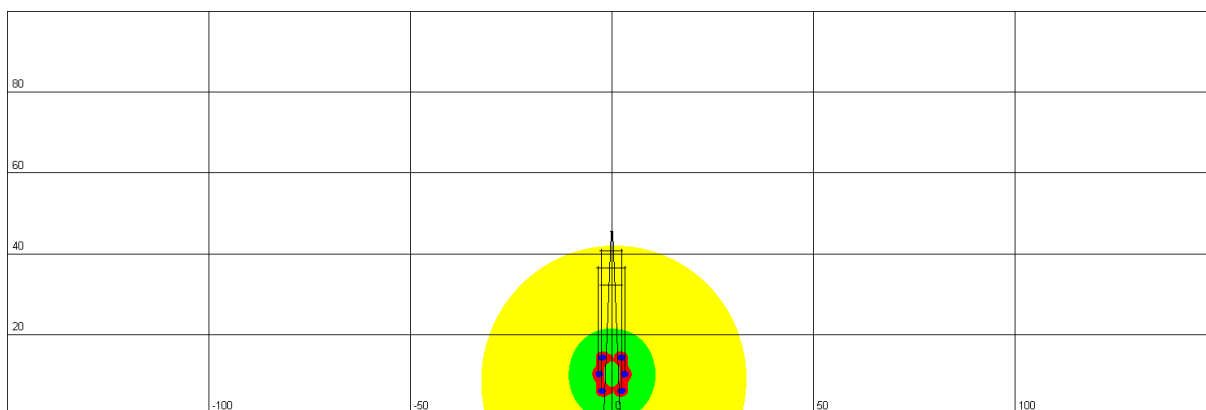
Tabela 3: Barve za posamezno vplivno območje in pripadajoče mejne vrednosti.

	mejne vrednosti za gostoto magnetnega pretoka B [μT]
Empirična mejna vrednost	0,4
Uredba o EMS, I. območje (1996)	10
Uredba o EMS, II. območje (1996)	100
Priporočila Evropskega sveta (1999)	100
Smernice ICNIRP (2010)	200

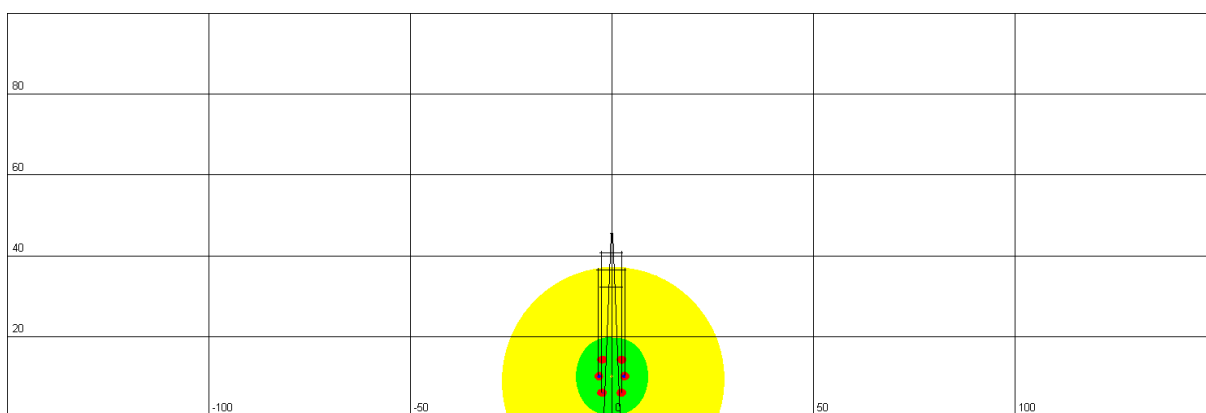


Slika 1: Shematski prikaz vplivnega območja. Območja, kjer so posamezne mejne vrednosti presežene, so predstavljena z različnimi barvami glede na tabelo 4.

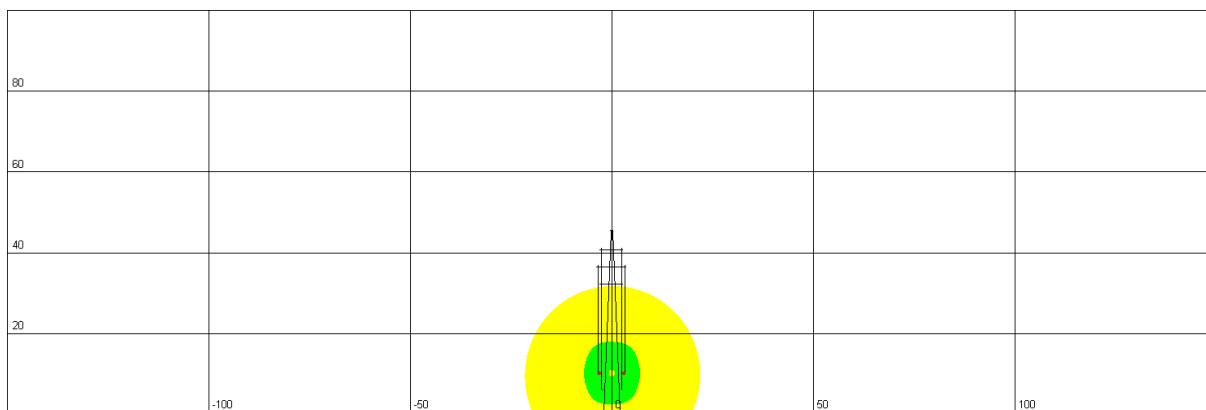
4.1 Dvosistemski 110 kV daljnovod tipa sod



Slika 2: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri nazivni obremenitvi (100 %).



Slika 3: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni dnevni obremenitvi (60 %).



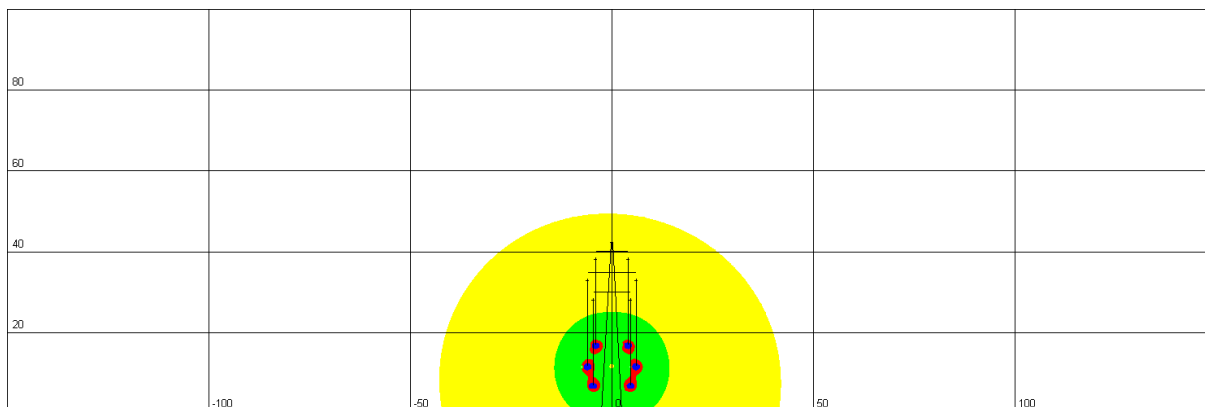
Slika 4: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni letni obremenitvi (30 %).

Tabela 4: Velikost vplivnega območja (območja, kjer so lahko presežene mejne vrednosti) za dvosistemski 110 kV daljnovod tipa sod.

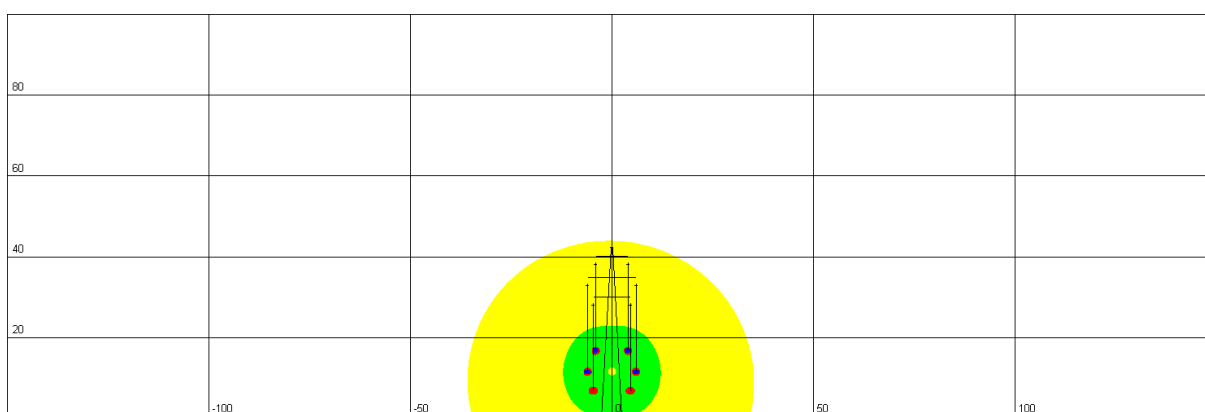
Obremenjenost	0,4 μT	10 μT	100 μT	200 μT
nazivna (100 %)	do 32 m	do 7 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja dnevna povprečna (60 %)	do 26 m	do 3 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja tedenska povprečna (50 %)	do 24 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo
najvišja mesečna povprečna (40 %)	do 22 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo
povprečna letna (30 %)	do 20 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo

Vplivno območje je določeno na višini 1m nad tlemi. Meri se od srednje osi daljnovoda.

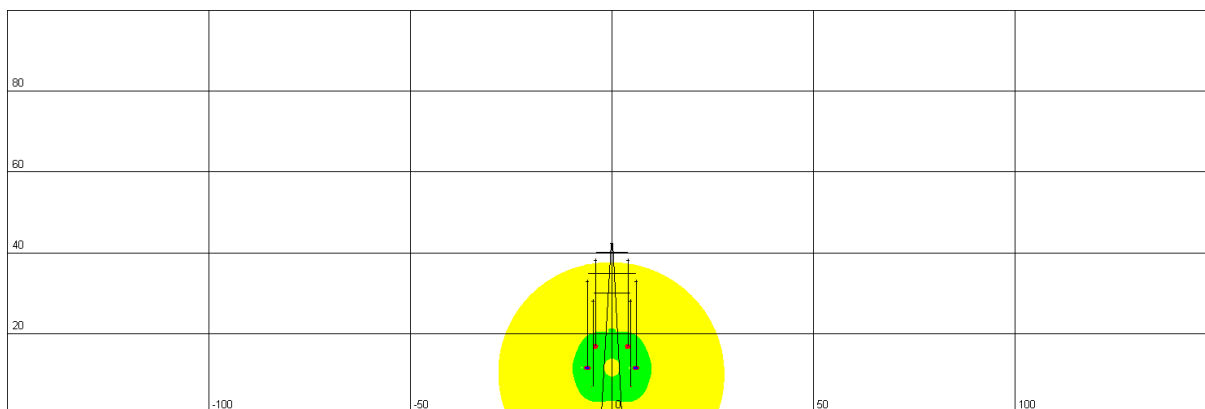
4.2 Dvosistemski 220 kV daljnovod tipa sod



Slika 5: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri nazivni obremenitvi (100 %).



Slika 6: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni dnevni obremenitvi (60 %).



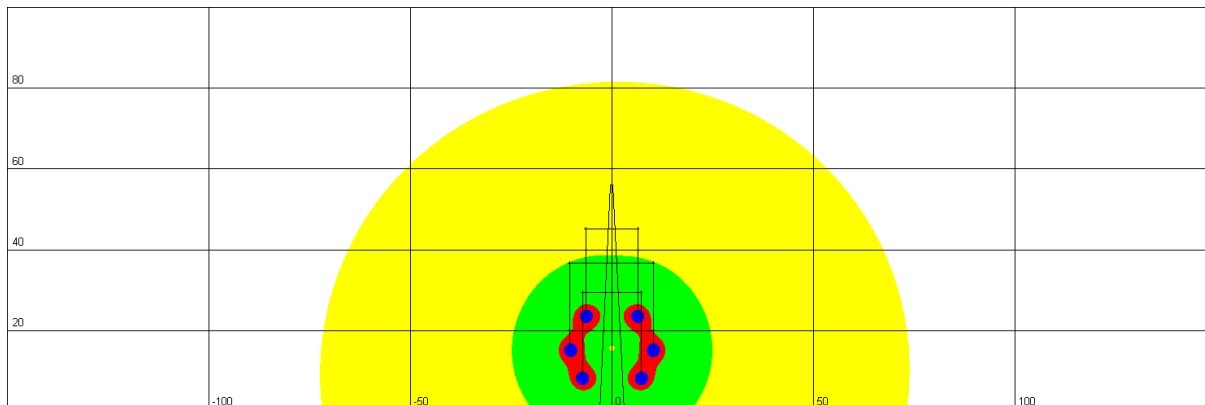
Slika 7: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni letni obremenitvi (30 %).

Tabela 5: Velikost vplivnega območja (območja, kjer so lahko presežene mejne vrednosti) za dvosistemski 220 kV daljnovod tipa sod.

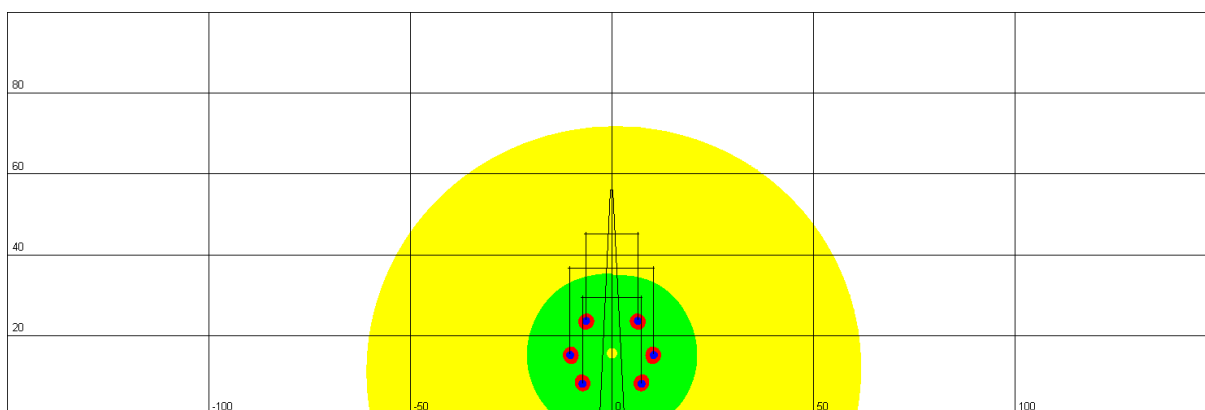
Obremenjenost	0,4 μT	10 μT	100 μT	200 μT
nazivna (100 %)	do 42 m	do 10 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja dnevna povprečna (60 %)	do 35 m	do 5 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja tedenska povprečna (50 %)	do 32 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo
najvišja mesečna povprečna (40 %)	do 30 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo
povprečna letna (30 %)	do 27 m	ni preseženo	ni preseženo	ni preseženo

Vplivno območje je določeno na višini 1 m nad tlemi. Meri se od srednje osi daljnovoda.

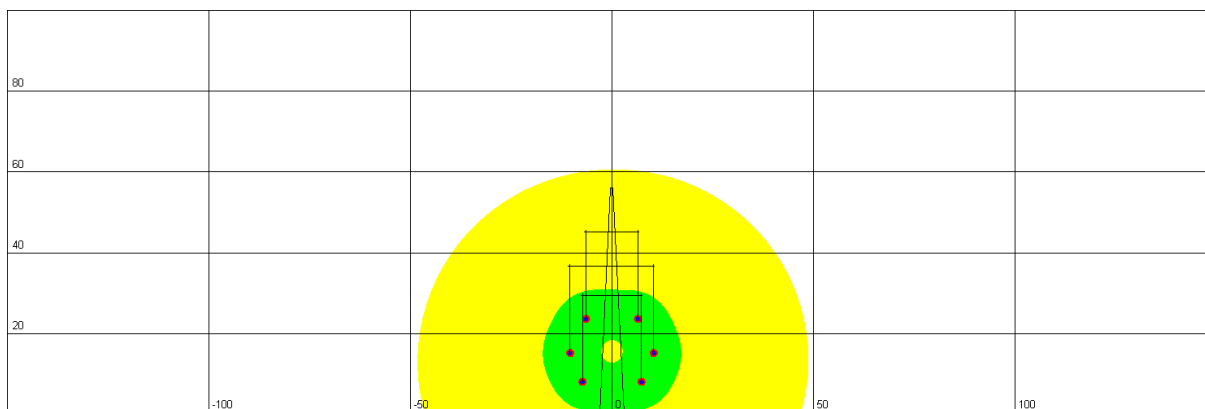
4.3 Dvosistemski 400 kV daljnovod tipa sod



Slika 8: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri nazivni obremenitvi (100 %).



Slika 9: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni dnevni obremenitvi (60 %).

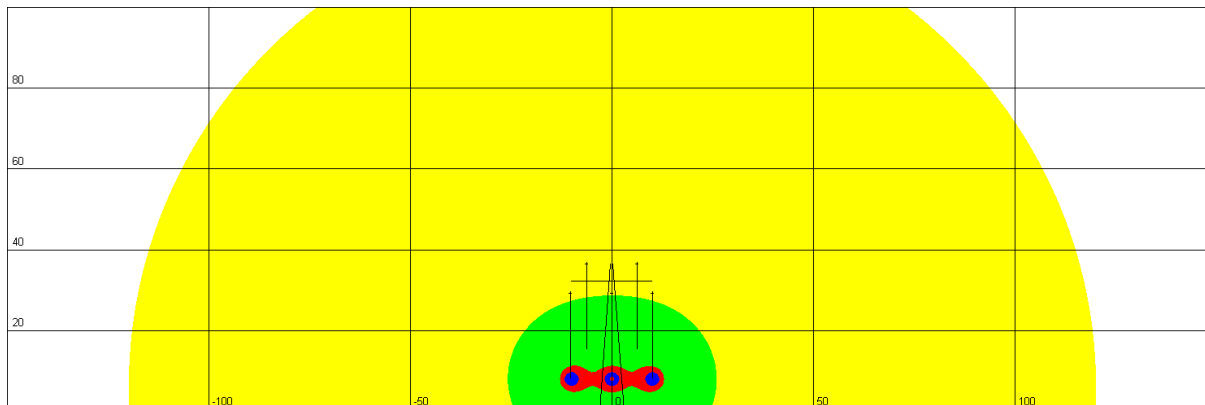


Slika 10: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni letni obremenitvi (30 %).

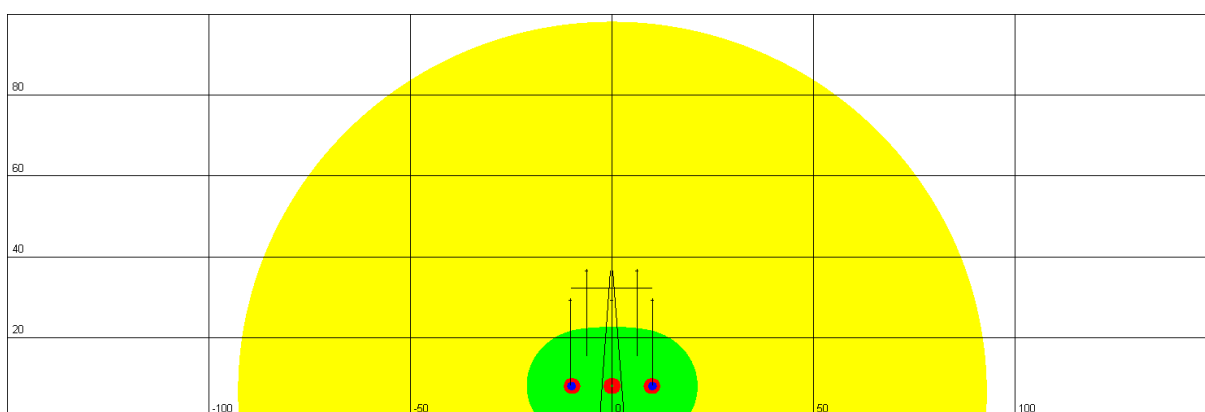
Tabela 6: Velikost vplivnega območja (območja, kjer so lahko presežene mejne vrednosti) za dvosistemski 400 kV daljnovod tipa sod.

Obremenjenost	0,4 μT	10 μT	100 μT	200 μT
nazivna (100 %)	do 72 m	do 20 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja dnevna povprečna (60 %)	do 60 m	do 15 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja tedenska povprečna (50 %)	do 56 m	do 13 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja mesečna povprečna (40 %)	do 52 m	do 11 m	ni preseženo	ni preseženo
povprečna letna (30 %)	do 47 m	do 7 m	ni preseženo	ni preseženo

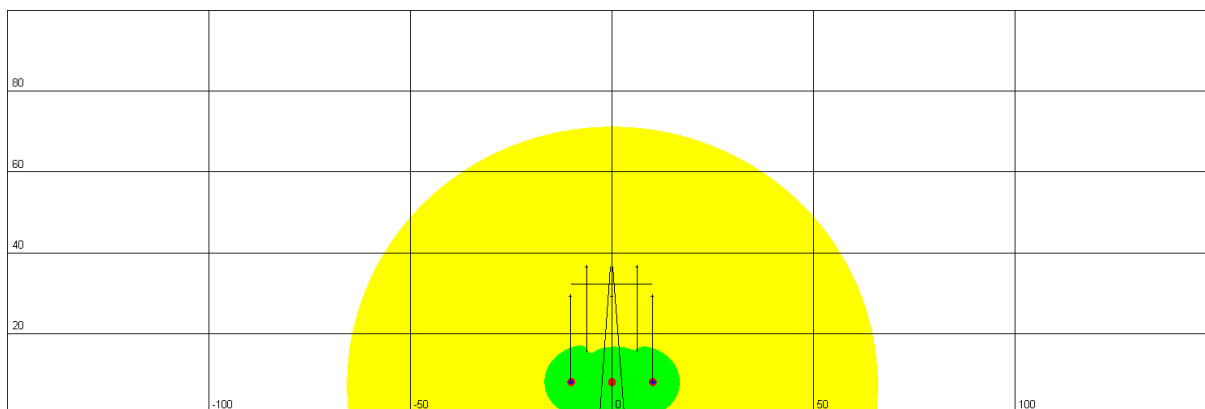
Vplivno območje je določeno na višini 1 m nad tlemi. Meri se od srednje osi daljnovoda.

4.4 Enosistemski 400 kV daljnovod tipa Y


Slika 11: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri nazivni obremenitvi (100 %).



Slika 12: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni dnevni obremenitvi (60 %).



Slika 13: Magnetno polje v okolici daljnovoda pri povprečni letni obremenitvi (30 %).

Tabela 7: Velikost vplivnega območja (območja, kjer so lahko presežene mejne vrednosti) enosistemski 400 kV daljnovod tipa Y.

Obremenjenost	0,4 μT	10 μT	100 μT	200 μT
nazivna (100 %)	do 120 m	do 24 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja dnevna povprečna (60 %)	do 93 m	do 19 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja tedenska povprečna (50 %)	do 85 m	do 18 m	ni preseženo	ni preseženo
najvišja mesečna povprečna (40 %)	do 76 m	do 16 m	ni preseženo	ni preseženo
povprečna letna (30 %)	do 66 m	do 13 m	ni preseženo	ni preseženo

Vplivno območje je določeno na višini 1 m nad tlemi. Meri se od srednje osi daljnovoda.

5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

V obsežni študiji Gajšek s sodelavci [10] navaja, da je povprečna izpostavljenost prebivalstva v EU magnetnim poljem omrežne frekvence zelo nizka, med 0,01 in 0,1 μT . Le okrog 0,5 % prebivalstva v EU je trajno izpostavljeno poljem zaradi daljnovodov in transportnih sistemov nad 0,2 μT . Višje sevalne obremenitve (nad nekaj μT) pa so bile ugotovljene v stanovanjih blizu transformatorskih postaj. Glavni del (do 35 %) celotne izpostavljenosti magnetnim poljem predstavlja raba gospodinskih naprav. Pomembna izjema je električno talno gretje, ki lahko v času obratovanja predstavlja dominanten vir izpostavljenosti za vse stanovalce dan in noč.

Tudi rezultati trajnih meritev [3] kažejo, da so prispevki visokonapetostnih daljnovodov na oddaljenostih, večjih od 60 m, zanemarljivi in primerljivi ali manjši od sevalnih obremenitev, ki jih v svoji okolici povzročajo hišne inštalacije in drugi električni porabniki v objektih (električne in elektronske naprave, gospodinski aparati,...).

Na podlagi analize lahko ugotovimo, da 30 odstotna obremenjenost daljnovoda predstavlja letne povprečne vrednosti, ki najbolje odražajo povprečne izpostavljenosti v bližini daljnovoda. Izračuni kažejo, da so pri 30 odstotni obremenitvi daljnovodov območja, kjer vrednosti magnetnega polja presegajo jakosti 0,4 μT , bistveno manjša do območij pri njihovi nazivni obremenitvi. Za dvosistemski 110 kV daljnovod tipa sod se območje iz 32 m zmanjša na 20 m, za dvosistemski 220 kV daljnovod tipa sod se iz 42 m zmanjša na 27 m, za dvosistemski 400 kV daljnovod tipa sod se iz 72 m zmanjša na 47 m in za enosistemski 400 kV daljnovod tipa Y iz 120 m na 66 m.

Če namesto letnih povprečnih vrednosti upoštevamo najvišje dnevne povprečne vrednosti v času enega leta, se območja, kjer vrednosti magnetnega polja presegajo jakosti 0,4 μT , od območij pri nazivni obremenitvi zmanjšajo v manjši meri. Za dvosistemski 110 kV daljnovod tipa sod se območje iz 32 m zmanjša na 26 m, za dvosistemski 220 kV daljnovod tipa sod se iz 42 m zmanjša na 35 m, za dvosistemski 400 kV daljnovod tipa sod se iz 72 m zmanjša na 60 m in za enosistemski 400 kV daljnovod tipa Y iz 120 m na 93 m. Ob tem velja poudariti, da 60 odstotna obremenitev, kolikor približno znašajo najvišje dnevne povprečne vrednosti, predstavlja najneugodnejšo variantno povprečnih vrednosti. Od obravnavanih štirih daljnovodov sta bila v času enega leta samo dva obremenjena 60 in več odstotno, in sicer eden 3 odstotke časa in drugi 25 odstotkov časa.

Tabela 8: Primerjava velikosti vplivnega območja za električno polje glede na uredbo o EMS za I. območje varstva pred sevanji (500 V/m) in za empirično vrednost magnetnega polja 0,4 μT pri povprečni letni (30 %) obremenitvi daljnovoda.

Daljnovod	električno polje I. območje 500 V/m	magnetno polje letna povprečna obremenitev (30 %) 0,4 μT
dvosistemski 110 kV tipa sod	do 10 m	do 20 m
dvosistemski 220 kV tipa sod	do 16 m	do 27 m
dvosistemski 400 kV tipa sod	do 36 m	do 47 m
enosistemski 400 kV tipa Y	do 46 m	do 66 m

Vplivno območje je določeno na višini 1 m nad tlemi. Meri se od srednje osi daljnovoda.

Če ob tem upoštevamo še vplivno območje zaradi električnega polja, ki je večje od vplivnega območja magnetnega polja, lahko ugotovimo, da pri daljnovodu, obremenjenem s povprečnimi letnimi vrednostmi, vplivno območje za magnetno polje jakosti 0,4 μT ni bistveno večje od vplivnega območja za električno polje glede na uredbo o EMS za I. območje varstva pred sevanji (500 V/m).

Rezultati izračunov temeljijo na podatkih o obremenjenosti omejenega vzorca daljnovodov. Za posamezne daljnovode v Sloveniji lahko povprečne vrednosti obremenitev tudi odstopajo od obremenitev, ki so bile v tej študiji uporabljene kot najvišje dnevne (60 % nazivne), tedenske (50 % nazivne) ter mesečne (40 % nazivne) povprečne obremenitve ter letne povprečne obremenitve (30 % nazivne).

Rezultati podobne študije [11], ki temeljijo na večjem številu daljnovodov, podajajo primerljive, a nekoliko večje velikosti vplivnih območij. Izračuni namreč temeljijo na predpostavki, da pri dvosistemskih daljnovodih vodniki niso razporejeni optimalno, v izračunu namenoma ni upoštevan delno kompenzacijski učinek tokov v zaščitnih vodnikih, za izračun letnih povprečnih vrednosti pa je upoštevano najvišje drseče 365 dnevno povprečje. Tako pridobljeni rezultati so izjemno konservativni in odražajo teoretični najneugodnejše povprečne izpostavljenosti, dejanske povprečne izpostavljenosti pa so nižje od teh in primerljive z rezultati, podanimi v tej študiji.

REFERENCE

- [1] IARC (2002). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon, IARC (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).
- [2] Valič B, Trček T, Gajšek P (2015). Trajne meritve izpostavljenosti prebivalstva nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v različnih okoljih. Inštitut za neionizirna sevanja (dostopno na <http://www.inis.si/index.php?id=129>).
- [3] Valič B, Trček T, Gajšek P (2014). Trajne meritve magnetnega polja v bližini 220 IN 400 kV daljnovodov v Sloveniji s trenutnimi meritvami električnega polja. Inštitut za neionizirna sevanja. (dostopno na <http://www.inis.si/index.php?id=129>).
- [4] UL RS 70/96 (1996). Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ministrstvo za okolje in prostor RS.
- [5] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74: 494-522, 1998.
- [6] EU (1999). 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 L 199/59 (10. 7. 1999).
- [7] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Physics 99: 818-836, 2010.
- [8] Direktiva 2013/35/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 26. junija 2013 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih sevanj) (20. posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS)
- [9] Direktiva 2004/40/ES (UL EU 179/2013) 2004/40/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 29. aprila 2004 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih sevanj) (18. posamična direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS) (UL EU 159/2004).
- [10] Gajšek P, Ravazzani P, Grellier J, Samaras T, Bakos J, Thuróczy G (2016). Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz), Int J Environ Res Public Health. 2016;13(9). pii: E875. doi: 10.3390/ijerph13090875.
- [11] Cestnik B, Grabner K, Hrobat P, Nardin J (2017) Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar.