



Elektromagnetno sevanje





Elektromagnetno sevanje



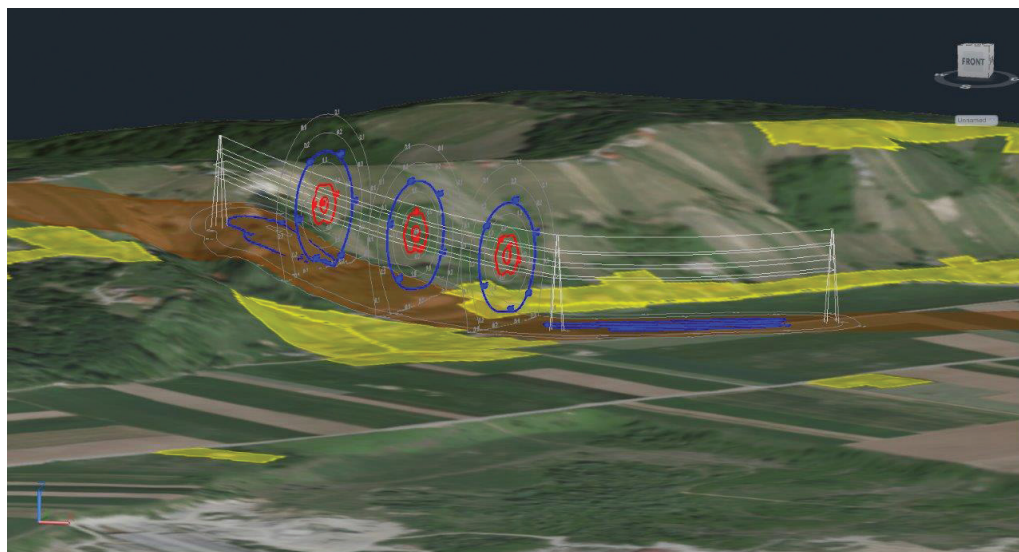
Objekti in naprave elektroenergetskega omrežja pa tudi naprave, ki jih priključujemo na elektroenergetsko omrežje, so vir elektromagnetnega sevanja (EMS), natančneje nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj, ki se raztezajo v okoliški naravni in življenjski prostor. Ta polja so spremljajoči pojav uporabe električne energije, brez katere si življenja ne znamo več predstavljati.

Na Elektroinštitutu Milan Vidmar se ukvarjamo zlasti s tehničnimi vprašanji glede nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj, z merjenjem in izračunavanjem jakosti polj ter ugotavljanjem skladnosti z okoljsko in drugo zakonodajo s tega področja. Obenem spremljamo tudi stališča, ki jih podaja znanstvena skupnost na področju zaščite ljudi pred elektromagnetnimi sevanji.

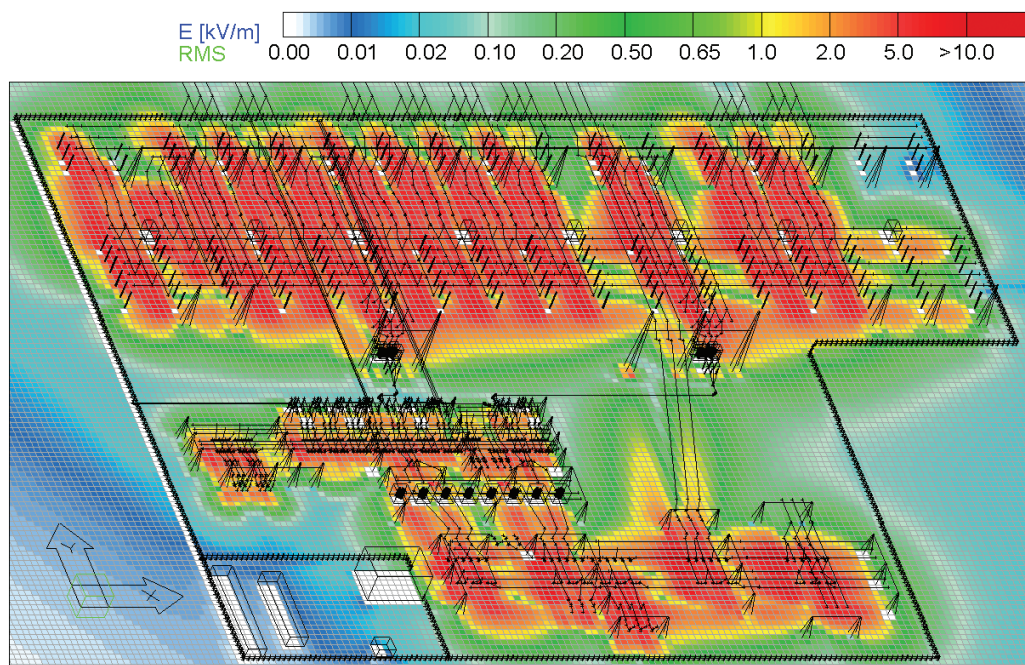
Ali ste vedeli ...

- da so elektromagnetna sevanja sestavni del naravnega in življenjskega okolja, v katerem živi človeštvo že od samih začetkov obstoja? Izpostavljeni smo zemeljskemu magnetnemu polju, vidni svetlobi, UV žarkom, kozmičnim sevanjem iz vesolja, sevanjem radioaktivnih elementov v zemlji in še bi lahko naštevali.
- da je poleg elektromagnetnih polj naravnega izvora začelo človeštvo povzročati z začetkom razvoja elektrifikacije (to je pred približno 150 leti) tudi elektromagnetna polja tehničnega izvora?
- da nam ravno elektromagnetna polja znotraj električnih in elektroenergetskih naprav posredno omogočajo delovanje teh naprav (na primer transformatorjev, generatorjev, električnih strojev ...)?
- da elektromagnetna polja, ki se raztezajo v okoliški naravni in življenjski prostor okoli naprav, niso vedno le neizogiben stranski produkt delovanja, ampak so včasih tudi osnovni namen delovanja naprave (na primer mobilnih telefonov, radarjev, RTV oddajnikov ...)?
- da je prvi koncept električnega polja uvedel angleški znanstvenik Michael Faraday (1791–1867), ki je veliko prispeval k znanosti predvsem na področjih elektromagnetike in elektrokemije?





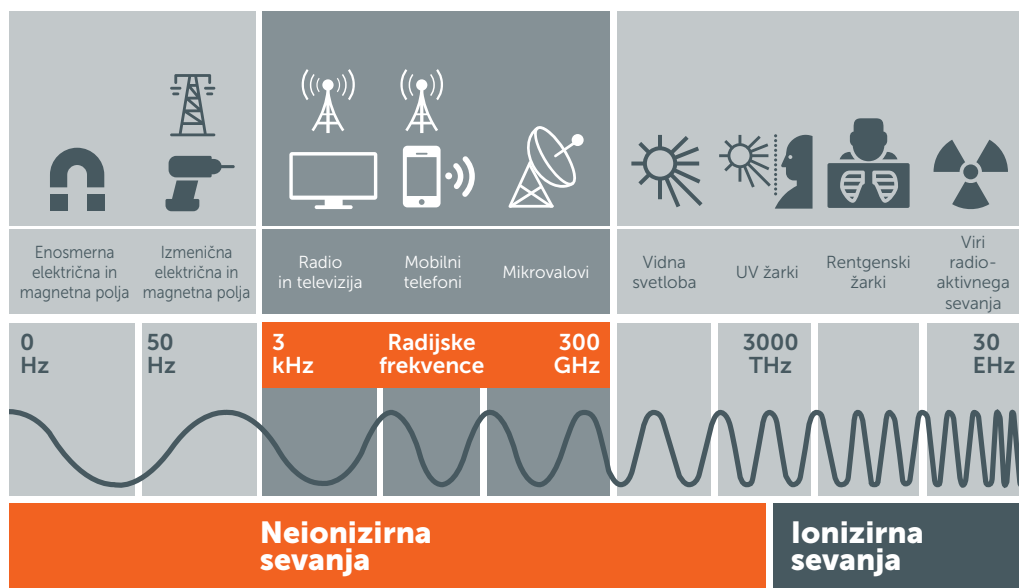
Slika 1: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna električnega polja v treh pravokotnih prereznih ravninah na os nadzemnega voda.



Slika 2: Prikaz podrobnega izračuna električnega polja razdelilne transformatorske postaje 1 m nad tlemi.

1 Razlaga pojmov: električno polje in magnetno polje

Celotno elektroenergetsko omrežje pri nas in v vsej Evropi obratuje pri nazivni (omrežni) frekvenci 50 Hz (ponekod drugod po svetu, na primer v ZDA in v Kanadi, pa 60 Hz). To je osnovna frekvenca harmoničnega časovnega spreminjanja električne napetosti in električnega toka v napravah elektroenergetskega omrežja, s tem pa tudi časovnega spreminjanja elektromagnetnega polja v okolju teh naprav in objektov. Elektromagnetno polje omrežne frekvence sodi v elektromagnetnem spektru (slika 3) v območje neionizirnega sevanja, in sicer med tako imenovana nizkofrekvenčna elektromagnetna polja oziroma natančneje med elektromagnetna polja zelo nizkih frekvenc, ki obsegajo frekvenčno območje do 300 Hz. Pri teh frekvencah običajno ne govorimo o elektromagnetnem, temveč ločeno o **električnem polju** in **magnetnem polju**. Električno in magnetno polje se ne obravnavata soodvisno, temveč ločeno.

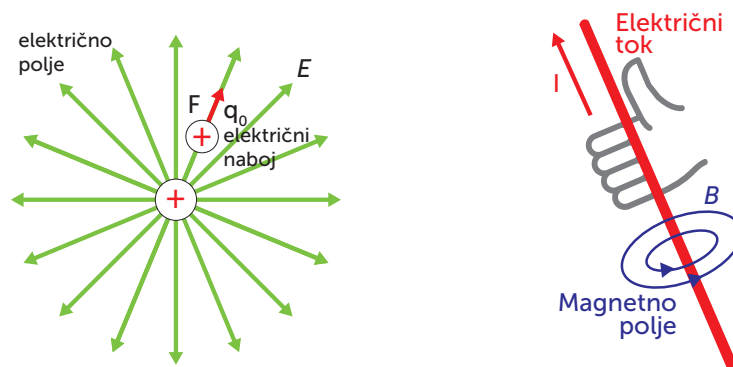


Slika 3: Elektromagnetni spekter.

Električno polje je prostor, v katerem na električni naboj deluje električna sila. Električno polje je pogojeno s prisotnostjo električnih nabojev na vodnikih oziroma posredno električnih napetosti vodnikov do zemlje. Čim višje so napetosti, tem večje so vrednosti karakteristične količine električnega polja. Karakteristična količina, ki se najpogosteje navaja za električno polje, je električna poljska jakost E , ki jo merimo v voltih na meter (V/m).

Magnetno polje pa je opredeljeno kot prostor, v katerem na gibajoč električni naboj deluje magnetna sila. Magnetno polje se pojavi v okolici vodnikov, kadar tečejo po njih električni

tokovi. Čim večji so ti tokovi, tem močnejše je magnetno polje. Karakteristična količina, ki se najpogosteje navaja za magnetno polje, je gostota magnetnega pretoka B , ki jo merimo v enoti tesla (T). Običajno vrednosti polja navajamo v milijonkrat manjši enoti – mikrotlesla (μT).



Slika 4: Prikaz silnic električnega polja in magnetnega polja.

Ponovimo

- Električna in magnetna polja so prisotna povsod, kjer se uporablja elektrika.
- Električno polje:
 - nastane zaradi električne napetosti na vodniku
 - karakteristična količina: električna poljska jakost (E)
 - enota: V/m (volt na meter)
- Magnetno polje:
 - nastane zaradi električnega toka v vodniku
 - karakteristična količina: gostota magnetnega pretoka (B)
 - enota: T (tesla)

2 Viri električnega in magnetnega polja

2.1 Viri v domačem okolju (v gospodinjstvu)

Viri električnega in magnetnega polja znotraj doma so hišna električna napeljava ter vsi električni porabniki (od električnih naprav, aparatov, svetil, vključno z njihovimi priključnimi kablji do električne napeljave). Pri električnih aparatih CE oznaka zagotavlja skladnost z evropskimi standardi.

Električne naprave so viri nizkofrekvenčnega magnetnega polja le v stanju delovanja – ko teče električni tok preko vgrajenih sestavnih elementov, kot so grelni elementi, motorji, transformatorji in tuljave, napajalne vodniške povezave. V splošnem s svojim sevanjem v

stanovanju vplivajo le mikrolokacijsko. Največje jakosti so tik na površini električne naprave kot vira elektromagnetnega sevanja; z razdaljo od naprave pa jakosti polja običajno zelo hitro upadajo. Mnoge naprave, s katerimi vsakodnevno rokujemo oziroma jih uporabljamo v gospodinjstvu, lahko povzročajo na svoji površini lokalno zelo visoke jakosti nizkofrekvenčnega magnetnega polja - zlasti brivski aparat, sušilnik za lase, električni mešalnik, likalnik, električni štedilnik, električno orodje. Polje, ki mu je izpostavljen človek ob uporabi ali zadrževanju ob teh napravah, je zelo nehomogeno, kar pomeni, da je ponavadi največjim jakostim izpostavljen le del telesa. Nekatere elektronske naprave (npr. HI FI, televizor) so izven časa aktivne uporabe pogosto v stanju pripravljenosti in so tudi v tem stanju vir šibkega magnetnega polja.

Tabeli 1 in 2 podajata, kolikšne so lahko tipične vrednosti električnega in magnetnega polja naprav v gospodinjstvu (vir: spletna stran WHO - <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index3.html>). V tabeli 2 so vrednosti magnetnega polja na običajni razdalji uporabe podane poudarjeno.

Tabela 1: Tipične vrednosti električne poljske jakosti, izmerjene pri električnih napravah na oddaljenosti 30 cm.

Električna naprava	Električna poljska jakost (V/m)
Stereo sprejemnik	180
Likalnik	120
Hladilnik	120
Mešalnik	100
Opekač	80
Sušilnik za lase	80
Barvni TV-sprejemnik	60
Naprava za pripravo kave	60
Sesalnik	50
Električna pečica	8
Žarnica	5

Op.: Mejna vrednost za električno poljsko jakost v smernicah ICNIRP je 5000 V/m.



Tabela 2: Tipične vrednosti gostote magnetnega pretoka električnih naprav na različnih oddaljenostih.

Električna naprava	Gostota magnetnega pretoka (μT) na različnih oddaljenostih		
	3 cm	30 cm	1 m
Sušilnik za lase	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Brivnik	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Sesalnik	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2
Fluorescenčna svetilka	40 – 400	0.5 – 2	0.02 – 0.25
Mikrovalovna pečica	73 – 200	4 – 8	0.25 – 0.6
Radijski sprejemnik	16 – 56	1	< 0.01
Električna peč	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Pralni stroj	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Likalnik	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Pomivalni stroj	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Računalnik	0.5 – 30	<0.01	
Hladilnik	0.5 – 1.7	0.01 – 0.25	<0.01
Barvni TV-sprejemnik	2.5 – 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15

Op.: Mejna vrednost za električno poljsko jakost v smernicah ICNIRP je 200 μT .

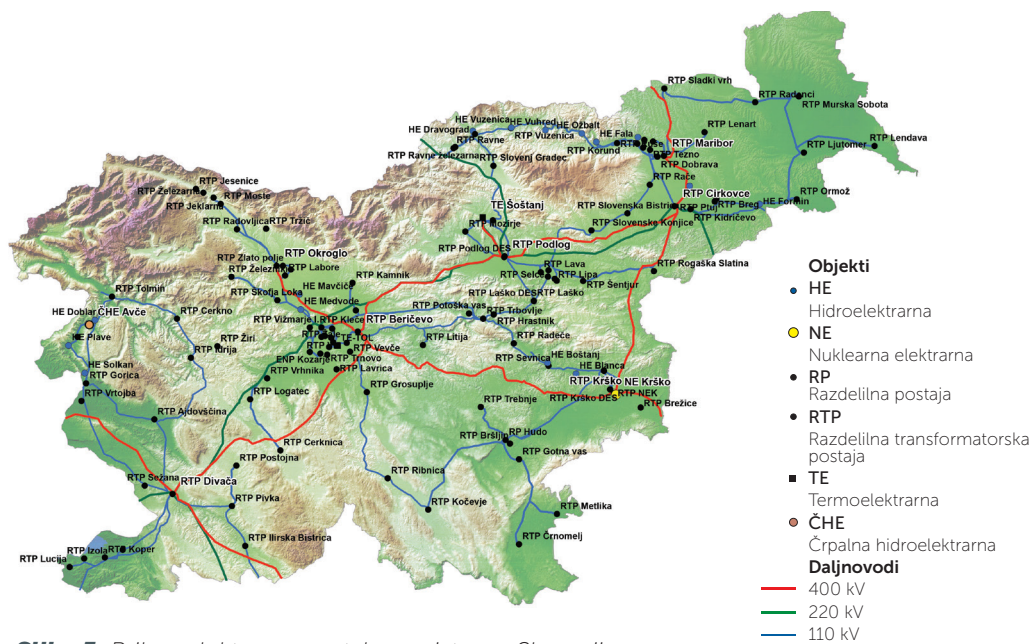
2.2 Objekti in naprave elektroenergetskega omrežja

Pomembni oziroma izrazitejši viri nizkofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja v okolju so visokonapetostni elektroenergetski objekti (kot so: daljnovodi, kablovodi, razdelilne in transformatorske postaje oziroma vse naprave nazivne napetosti nad 1 kV). Za umeščanje teh virov v prostor postavlja omejitve in nadzor tudi slovenska zakonodaja na področju elektromagnetnega sevanja (natančneje Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. RS 70/1996), ki je ena najstrožjih v svetu. Pri teh infrastrukturnih objektih stroka preverja morebitno preseganje z Uredbo predpisanih mejnih vrednosti elektromagnetnega sevanja v bivalnem okolju.

Medtem ko so električna polja v okolici elektroenergetskih objektov praktično časovno konstantna, saj se napetostne razmere praktično ne spreminjajo s časom, pa so magnetna polja časovno spremenljiva, saj se električni tokovi lahko precej spreminjajo s časom. Največja ocenjena vrednost magnetnega polja na določenem kraju zato ne daje slike za trenutno izpostavljenost ali časovno povprečno izpostavljenost, temveč le za največjo možno izpostavljenost.

Preverjanje preseganja mejnih vrednosti polj se pred umeščanjem vira sevanja v prostor izvede z izračuni, po umestitvi v prostor pa z meritvami in izračuni. V začetnih analizah polj so se izvajali splošni izračuni polj, z razvojem informacijskih orodij pa postopno podrobnejši

izračuni. S sodobnim pristopom se v splošnem vsak elektroenergetski objekt (daljnovod, kablovod, RTP) obravnava individualno s podrobnimi izračuni polj, ki vključujejo modeliranje v tridimenzionalnem (3D) prostoru z vključevanjem podrobnih prostorskih podatkov.



Slika 5: Prikaz elektroenergetskega sistema Slovenije.

2.2.1 Nadzemni vodi (daljnovodi)

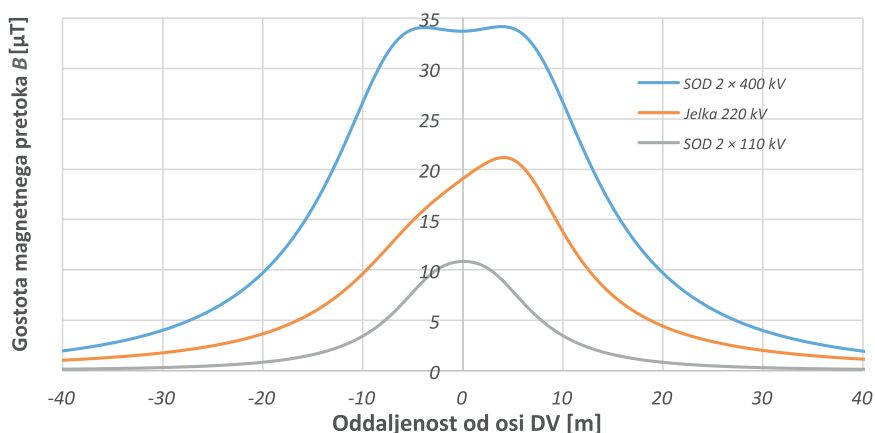
Električna energija se prenaša po državi po nadzemnih vodih različnih napetostnih nivojev. Ti so med elektroenergetskimi objekti najbolj razprostranjeni po prostoru. Nadzemni vodi povzročajo v svoji okolici tako električna kot tudi magnetna polja. Vrednosti polja upadajo od vodnikov s kvadratom razdalje; najvišje vrednosti, ki jim je lahko človek na nivoju tal izpostavljen, so neposredno pod nadzemnim vodom in hitro upadajo na obe strani od osi voda.

Medtem ko lahko najdemo največje jakosti magnetnega polja poleg električnih naprav, ki jih imamo doma, pa največje jakosti električnega polja v okolju lahko najdemo pod nadzemnimi vodi najvišjega napetostnega nivoja (400 kV), in sicer tudi do 10000 V/m. Pod daljnovodi nazivne napetosti 220 kV dosega električno polje vrednosti največ do 5000 V/m, pod daljnovodi nazivne napetosti 110 kV pa največ do 3500 V/m. Magnetno polje pod 400 kV daljnovodi dosega pri maksimalnih obremenitvah vrednosti največ do 50 μ T, pod 220 kV daljnovodi dosega vrednosti največ do 25 μ T, pod 110 kV daljnovodi pa dosega vrednosti največ do 15 μ T.

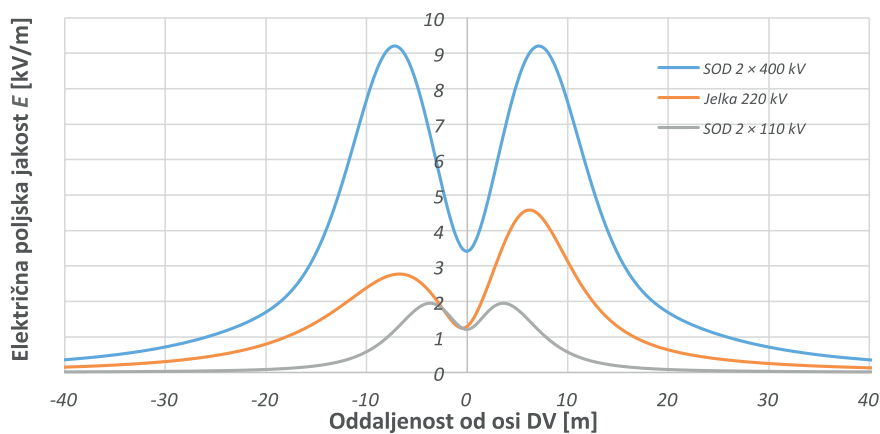
Na porazdelitev električnega in magnetnega polja v prostoru okoli vodnikov daljnoveoda vplivajo naslednji parametri:

- geometrija vodnikov v tridimenzionalnem prostoru,
- fazna razporeditev vodnikov,
- električna napetost in električni tok.

Sliki 6 in 7 prikazujeta porazdelitev jakosti električnega in magnetnega polja pravokotno na os daljnovoda na višini 1 m nad tlemi za tri izbrane tipe stebrov različnih nazivnih napetostnih nivojev pri najmanjši dopustni višini vodnikov nad tlemi.

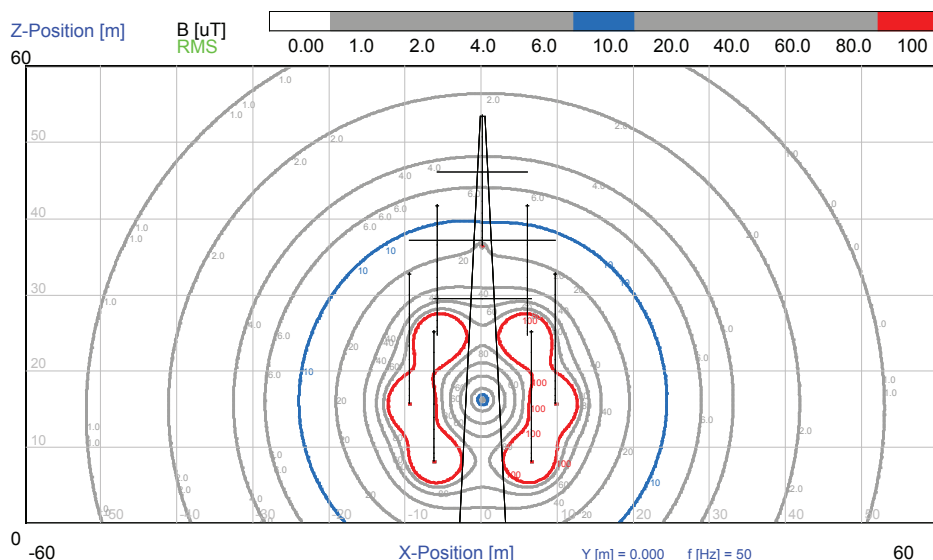


Slika 6: Magnetno polje 1 m nad tlemi v pravokotni prerezni ravnini na os nadzemnega voda (pri najmanjši dopustni višini vodnikov nad tlemi).



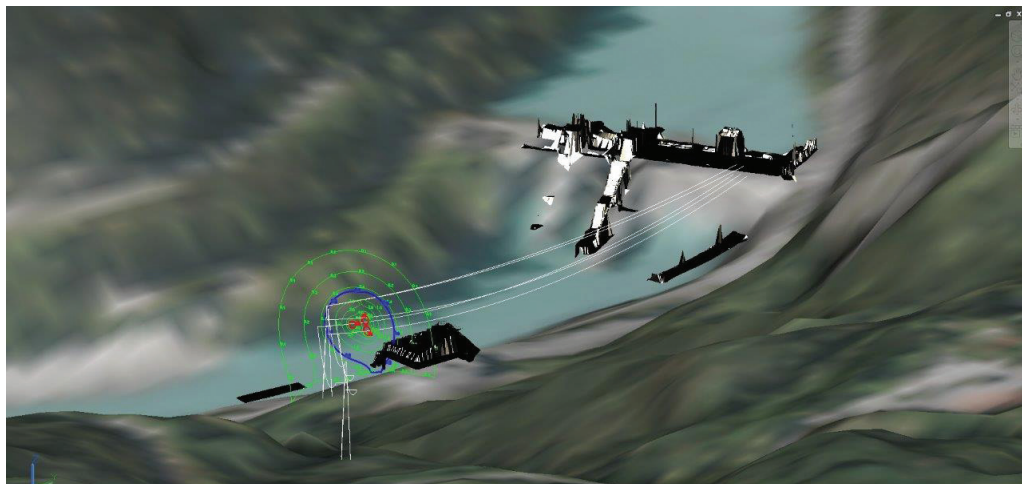
Slika 7: Električno polje 1 m nad tlemi v pravokotni prerezni ravnini na os nadzemnega voda (pri najmanjši dopustni višini vodnikov nad tlemi).





Slika 8: Prikaz splošnega izračuna magnetnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os dvosistemskega nadzemnega voda (SOD).

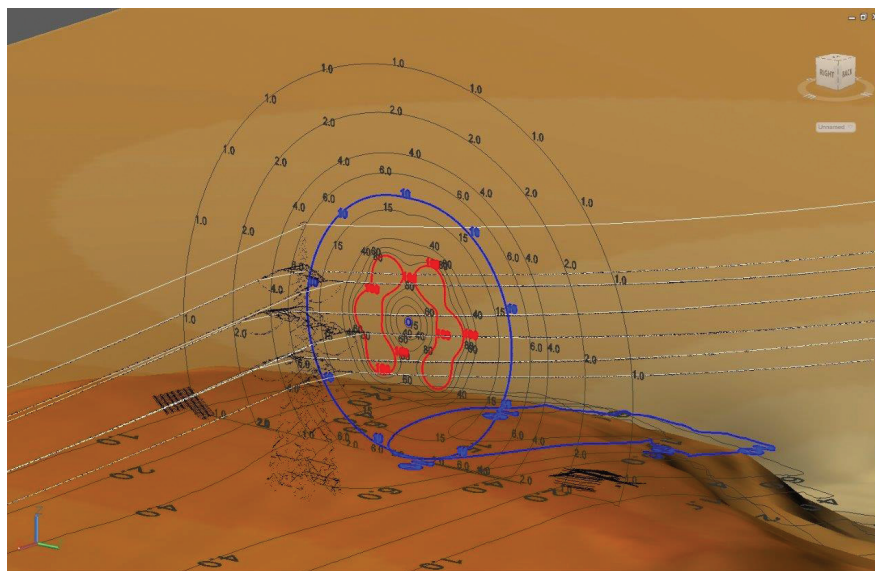
Najbolj neugodne ocene polja in iz njih izhajajoče ocenjene razdalje do mejnih vrednosti, dobljene na podlagi splošnih izračunov polja – poimenujemo jih aproksimativno določeni koridorji – so le ocene za najbolj neugodne situacije, ki lahko nastopijo na trasi elektroenergetskih vodov. V splošnem pa se vsak objekt obravnava s podrobnimi izračuni polj, ki vključuje modeliranje daljnovoda v tridimenzionalnem prostoru. Znotraj aproksimativno določenega koridorja je raba prostora kot območje povečane stopnje pred sevanjem dopustna le na podlagi pozitivnih zaključkov mikrolokacijskih analiz polja s podrobnimi 3D podatki o geometriji vodnikov voda na konkretni lokaciji, na podlagi katerih se ugotovijo dejanske razmere in konture elektromagnetnega polja na tej mikrolokaciji.



Slika 9: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna električnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os nadzemnega voda pri izbranem objektu.



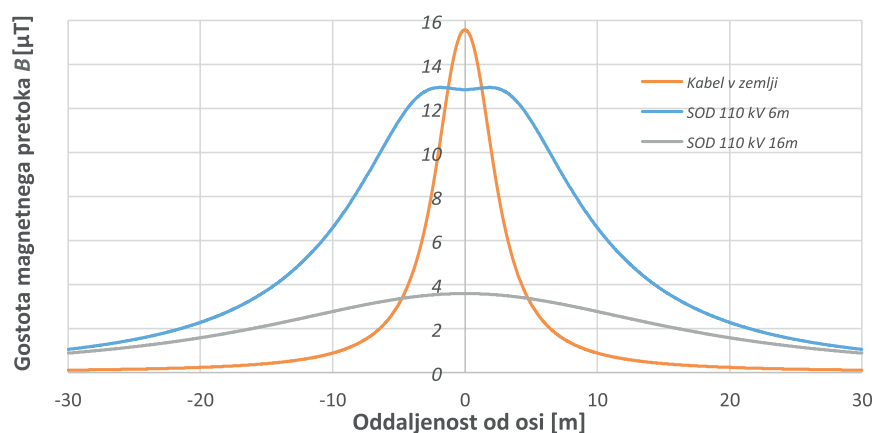
Slika 10: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna magnetnega polja B [μT] 1 m nad tlemi pri izbranem objektu.



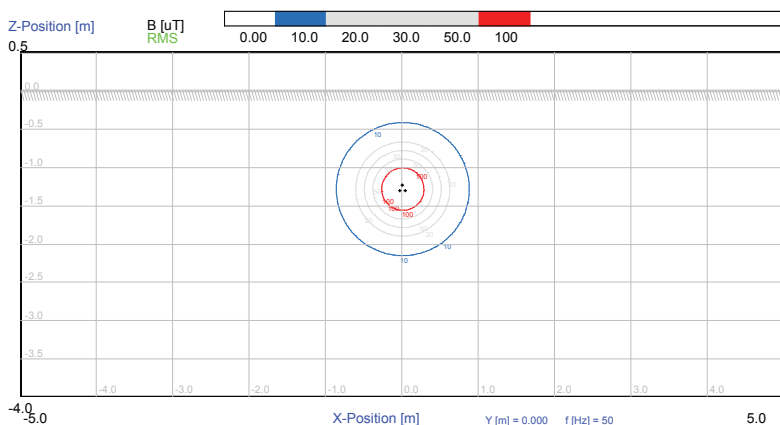
Slika 11: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna magnetnega polja B [μT] 1 m nad tlemi in v pravokotni prerezni ravnini na os nadzemnega voda pri izbranem objektu.

2.2.2 Podzemni kablovodi

Visokonapetostni podzemni kablovodi so vir le magnetnega polja. Pri podzemnih kablovodi so običajno posamezni vodniki, ker so izolirani, lahko bližje drug drugemu kot pri nadzemnih vodih z golimi vodniki, kar pomeni večje izničevanje polja in posledično manjše polje. Vendar pa se jim, razen če so zakopani zelo globoko, lahko tudi bolj približamo, kar pomeni, da smo lahko izpostavljeni višjim jakostim magnetnega polja. V splošnem jakosti magnetnega polja na nivoju tal upadajo pri podzemnih kablovodi veliko hitreje z oddaljenostjo od osi kot pri nadzemnih vodih, vendar so dejansko lahko višje kot pri nadzemnih vodih pri majhnih razdaljah od osi kablovoda (slika 12).

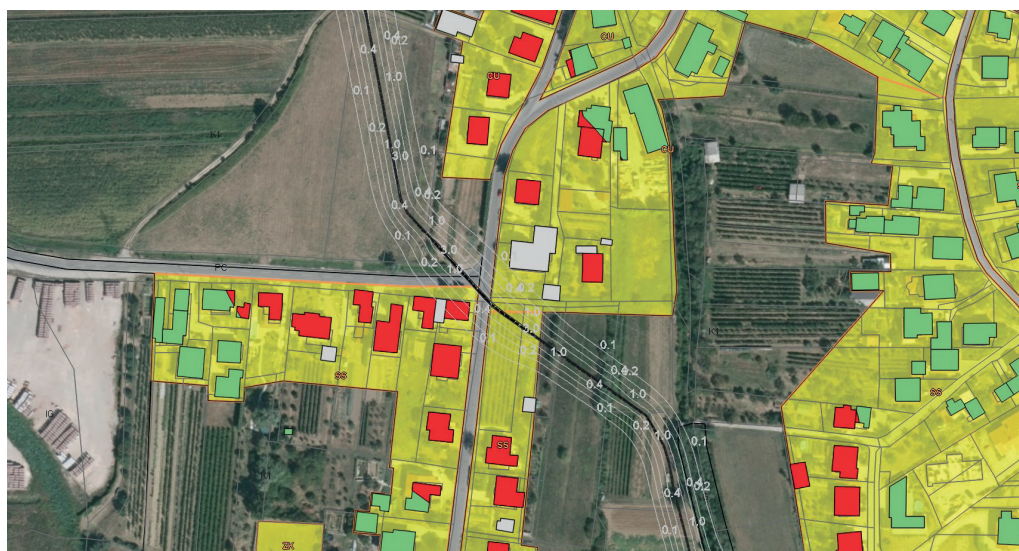


Slika 12: Magnetno polje na višini 1 m nad tlemi v prečnem prerezu na os voda; primerjava za 110 kV kablovod z geometrijo polaganja kablov v ravnino z razmikom 25 cm (oranžna), za nadzemni vod tipa SOD pri višini spodnjega vodnika 6 m (modra) in za nadzemni vod tipa SOD pri višini spodnjega vodnika 16 m (siva).



Slika 13: Prikaz splošnega izračuna magnetnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os 110 kV kablovoda za tipsko geometrijo polaganja v trikot tesno skupaj.

Tudi pri kablovodu se podrobni izračun lahko izvede z modeliranjem v 3D prostoru, z vključevanjem podrobnih prostorskih podatkov (sliki 14, 15).



Slika 14: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna magnetnega polja B [μT] 1 m nad tlemi pri izbranem objektu.



Slika 15: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna magnetnega polja B [μT] v pravokotni prerezni ravnini na os podzemnega voda pri izbranem objektu.

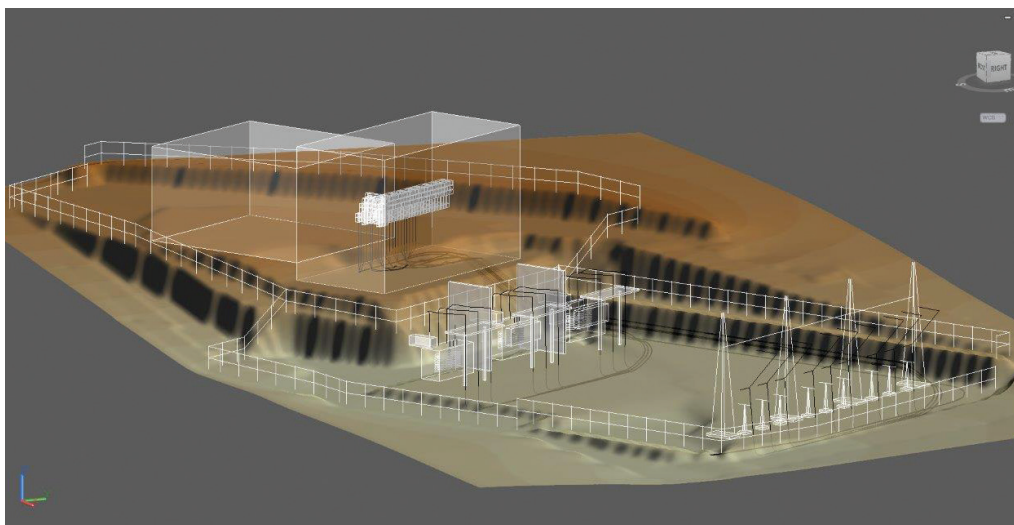
2.2.3 Razdelilne transformatorske postaje (RTP)

Postaja je del sistema, koncentriran na določenem prostoru, ki vsebuje predvsem stikalne naprave in transformatorje na koncih prenosnih in razdelilnih vodov.

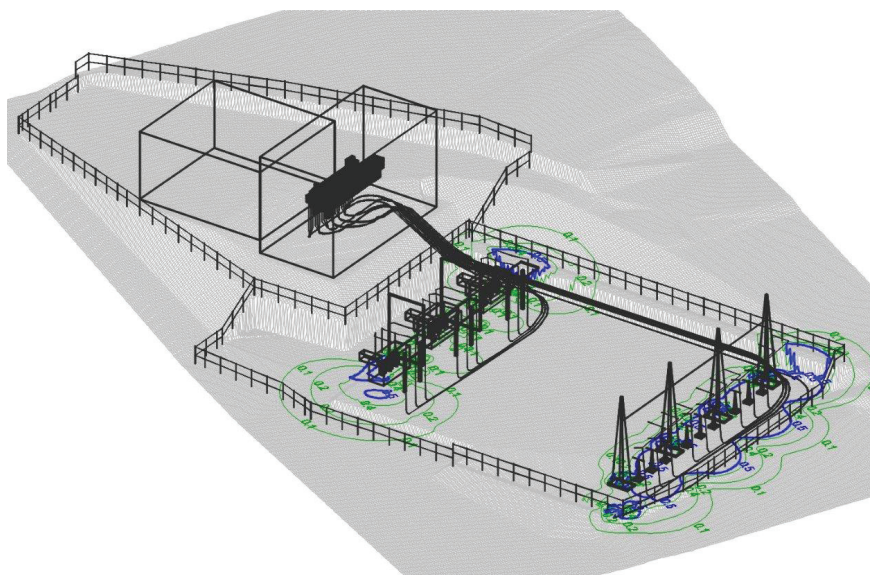
V skoraj vseh primerih najvišje vrednosti električnih in magnetnih polj izven ograjenega območja RTP povzročajo priključni nadzemni vodi in kablovodi, ne pa oprema v notranjosti postaje same. Jakosti polja, ki jih povzroča sama postaja oziroma sestavni elementi postaje, običajno znatno upadejo že znotraj ograje ali že nekaj metrov na zunanji strani od ograje.

Pri prostoračnih izvedbah kovinska ograja, ki obkroža RTP, zagotavlja, da so zaradi električne opreme RTP izven ograje RTP jakosti električnega polja praviloma majhne. Oprema v RTP je tudi vir magnetnega polja, toda jakost magnetnega polja upade dokaj hitro. Največje vrednosti magnetnega polja izven postaj skoraj vedno prihajajo iz priključnih nadzemnih in podzemnih vodov.

Sodobna obravnava polj vključuje modeliranje RTP v 3D prostoru z upoštevanjem podrobnih prostorskih podatkov.



Slika 16: Prikaz 3D modela razdelilne transformatorske postaje.



Slika 17: Prikaz podrobnega mikrolokacijskega izračuna magnetnega polja B [μT] 1 m nad tlemi razdelilne transformatorske postaje.

Ponovimo

- Za pomembne oziroma izrazitejše vire nizkofrekvenčnega elektromagnetnega sevanja v okolju (visokonapetostne elektroenergetske objekte, kot so: daljnovodi, kablovodi, razdelilne in transformatorske postaje oziroma vse naprave nazivne napetosti nad 1 kV), postavlja omejitve in nadzor slovenska zakonodaja na področju elektromagnetnega sevanja.
- Električna polja v okolici elektroenergetskih objektov so praktično časovno konstantna, saj se napetostne razmere praktično ne spreminjajo s časom. Magnetna polja pa so časovno spremenljiva, saj se električni tokovi lahko precej spreminjajo s časom.
- S sodobnim pristopom se v splošnem vsak elektroenergetski objekt (daljnovod, RTP) obravnava individualno, s podrobnimi izračuni polj, ki vključujejo modeliranje v tridimenzionalnem prostoru z vključevanjem podrobnih prostorskih podatkov.

3 Mejne vrednosti za izpostavljenost EMS

Namen mejnih vrednosti je zaščititi ljudi (splošno populacijo in poklicno izpostavljene) pred škodljivimi učinki elektromagnetnega sevanja.

3.1 Smernice ICNIRP

ICNIRP je Mednarodna komisija za zaščito pred neionizirnimi sevanji in je v mednarodnem merilu največja avtoriteta na tem področju. V okviru njenih nalog je oblikovanje znanstvene baze podatkov o zdravstvenih učinkih EMS, razmejitev med znanstveno verodostojno dokazanimi in nedokazanimi zdravstvenimi učinki EMS in oblikovanje priporočil o omejevanju izpostavljanja ljudi.

Najnovejše smernice ICNIRP, objavljene leta 2010 (Smernice za omejitev izpostavljanja časovno spremenljivim električnim in magnetnim poljem (1 Hz do 100 kHz), 2010), temeljijo na trenutnem stanju stroke na področju zaščite ljudi pred škodljivimi učinki elektromagnetnih polj. Mejne vrednosti, ki jih podajajo za splošno populacijo za polja omrežne frekvence, so **$E = 5 \text{ kV/m}$ in $B = 200 \text{ }\mu\text{T}$** .

3.2 Priporočilo Sveta Evrope

V Evropi je za področje zaščite splošne populacije pred elektromagnetnim sevanjem sprejeto priporočilo iz leta 1999. Ta dokument vladam članic Evropske unije pri postavljanju ukrepov za omejevanje izpostavljenosti ljudi elektromagnetnim poljem priporoča upoštevanje izhodiščnih omejitev in referenčnih mejnih vrednosti (za frekvenco 50 Hz sta referenčni mejni vrednosti **5 kV/m in $100 \text{ }\mu\text{T}$**).

3.3 Slovenska Uredba

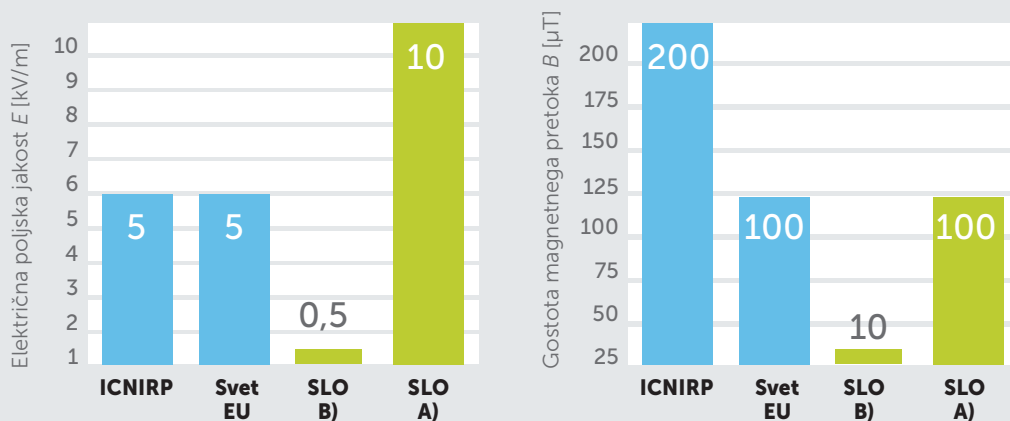
V Sloveniji od leta 1996 velja Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju. Uredba je opredelila elektroenergetske objekte nazivne napetosti nad 1 kV kot vire elektromagnetnega sevanja in jih glede na datum pridobljenega gradbenega dovoljenja razdelila na obstoječe in nove oziroma rekonstruirane vire sevanja. Okolje je razdelila v dve kategoriji: na I. območja in II. območja varstva pred sevanjem. Pri tem so I. območja s povečano stopnjo varstva pred sevanjem, II. območja pa so vsa ostala. Mejne vrednosti za električno in magnetno polje omrežne frekvence so naslednje:

- A) **$E = 10 \text{ kV/m}$ in $B = 100 \text{ }\mu\text{T}$** - za obstoječe vire sevanja (to je za vse tiste, za katere je gradbeno dovoljenje pridobljeno pred 24. 12. 1996) na I. območjih in II. območjih ter za nove in rekonstruirane vire sevanja na območjih z blažjo stopnjo varstva pred sevanjem (to je na II. območjih),

B) **$E = 0,5 \text{ kV/m}$ in $B = 10 \text{ }\mu\text{T}$** - za nove in rekonstruirane vire sevanja na območjih povečane stopnje varstva pred sevanjem (to je na I. območjih).

Slovenska zakonodaja predpisuje tako mejne vrednosti kot tudi metodologijo in lokacije preverjanja vrednosti elektromagnetnega polja. Uredba zahteva, da se za vsak nov ali rekonstruiran vir sevanja pred umestitvijo v prostor izvede presoja oziroma strokovna ocena glede elektromagnetnih polj, po izgradnji pa prve meritve polj in v nadaljevanju za vire z nazivno napetostjo 110 kV in več, vsako peto leto, obratovalni monitoring polj.

Ponovimo



Slika 18: Primerjava mejnih vrednosti električnega in magnetnega polja.

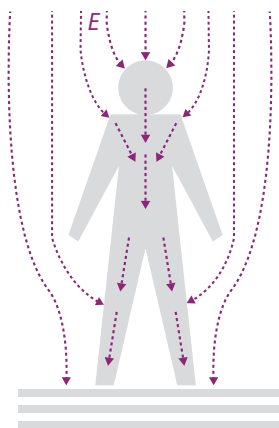


4 Vplivi električnih in magnetnih polj na človeka

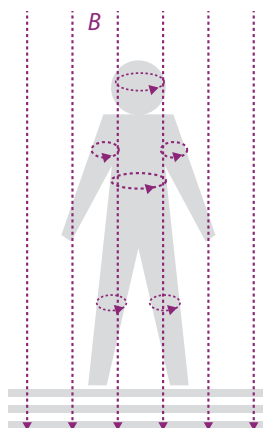
O tem, da električna oziroma magnetna polja merljivo oziroma z opaznimi posledicami učinkujejo na organizme, če so njihove jakosti dovolj visoke, ni nobenega dvoma; ti akutni učinki so znanstveno dokazani. Vendar so jakosti polj, ki jih navadno lahko srečamo v našem naravnem in življenjskem okolju, prenizke za nastanek teh akutnih učinkov.

Če se človek znajde v električnem polju, pride na površini izpostavljenega telesa do prerez-poreditve električnega naboja, v notranjosti telesa pa do električnih tokov oziroma šibkih jakosti električnega polja v telesu. Tudi magnetno polje inducira električne tokove oziroma šibke jakosti električnega polja v telesu. Ti električni tokovi so pri izpostavljenostih poljem, kot jih navadno lahko beležimo v našem naravnem in življenjskem okolju, zelo nizki. Razen polj, ki so dovolj močna, da inducirajo tokovne gostote nad mejo živčne in mišične stimulacije, doslej ni soglasja, da bi polja povzročala škodljive učinke. Omenjeni učinki stimulacije živčevja in mišičja nastopijo pri znatno višjih vrednostih polj, kot jih navadno lahko beležimo v našem naravnem in življenjskem okolju.

V mednarodnih smernicah ICNIRP za zaščito ljudi mejne vrednosti za jakosti električnih in magnetnih polj 50 (60) Hz temeljijo na akutnih učinkih tokov, ki se inducirajo v telesu zaradi električnih in magnetnih polj, vključujejo pa še dodatne varnostne faktorje.



Slika 19:
Človek v električnem polju.



Slika 20:
Človek v magnetnem polju.

Akutni učinki so torej znanstveno dokazani; določena mera negotovosti pa obstaja glede morebitnih zapoznelih učinkov dolgotrajnega izpostavljanja jakostim polj, ki so nižje od postavljenih mej na podlagi akutnih učinkov.

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) pod svojim okriljem spremlja elektromagnetno sevanje kot faktor, ki lahko vpliva na zdravje ljudi. Na svoji spletni strani <http://www.who.int/peh-emf/en/> objavlja informacije o splošnih dejstvih o elektromagnetnih poljih in njihove-mu vplivu na zdravje, stanju standardov, modelu zakonodaje itd.

V izjavi Elektromagnetna polja in zdravje WHO navaja, da je oktobra 2005 WHO zbrala skupino ekspertov, da bi ocenili kakršnokoli tveganje, ki lahko obstaja zaradi izpostavljenosti elektromagnetnega sevanja izjemno nizkih frekvenc. Ta skupina je pregledala dokaze za številne zdravstvene učinke, tudi glede raka.

Skupina je zaključila, da ni vsebinskih zdravstvenih vprašanj, ki bi se nanašala na električno polje izjemno nizkih frekvenc, pri nivojih, ki jih običajno srečuje splošna populacija.

Glede magnetnega polja izjemno nizkih frekvenc je skupina zaključila, da so dokazani biološki učinki zaradi akutnega izpostavljanja pri visokih vrednostih (precej nad 100 μT) in so razloženi s poznanimi biofizikalnimi mehanizmi.

Glede možnih dolgoročnih oz. zapoznelih učinkov izpostavljanja pa se je večina znanstvenih raziskav osredotočila na otroško levkemijo. Leta 2002 je Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) objavila monografijo, ki klasificira magnetna polja izjemno nizkih frekvenc kot »mogoče kancerogena za ljudi«. Ta klasifikacija se uporablja za označitev faktorja, za katerega so pomanjkljivi dokazi o kancerogenosti pri ljudeh in manj kot zadostni dokazi o kancerogenosti pri poskusnih živalih. Ta klasifikacija je temeljila na izsledkih epidemioloških študij, namreč, nekatere epidemiološke študije so pri otrocih, ki so bili dlje časa izpostavljeni magnetnim poljem povprečne vrednosti nad 0,3 oz. 0,4 μT pokazale rahlo, toda opazno povečano tveganje za pojav levkemije. Ta klasifikacija »mogoče kancerogeno za ljudi« je najšibkejša med tremi kategorijami (skupina 1 = »kancerogeno za ljudi«, skupina 2A = »verjetno kancerogeno za ljudi« in skupina 2B = »mogoče kancerogeno za ljudi«), ki jih IARC uporablja za klasifikacijo potencialnih kancerogenih snovi na podlagi objavljenih znanstvenih dokazov (sem sodi tudi npr.: kava in radiofrekvenčno elektromagnetno polje).

Povezava med izpostavljenostjo magnetnim poljem in otroško levkemijo zaradi nekonstentnosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in pomanjkanja podpore v drugih potrebnih raziskavah (predvsem verjetne razlage osnovnih mehanizmov) ne izpolnjuje kriterijev za nedvoumno potrditev vzročne povezave.

SCENIHR je Znanstveni odbor o novih in novoodkritih zdravstvenih tveganjih v okviru Evropske unije. Tudi SCENIHR v povzetku dokumenta Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields navaja: »Nove epidemiološke študije so v skladu s prejšnjimi ugotovitvami, ki kažejo na povečano tveganje za levkemijo pri otrocih z dolgoročno povprečno izpostavljenostjo magnetnim poljem nad 0,3-0,4 μT . Vendar pa, kot je navedeno v prejšnjih mnenjih, niso bili odkriti nobeni mehanizmi, ki bi lahko pojasnili te ugotovitve. Pomanjkanje eksperimentalne podpore in pomanjkljivosti, ugotovljene pri epidemioloških študijah, preprečujejo vzročno interpretacijo.«

Glede možne povezave z izpostavljenostjo nizkofrekvenčnemu magnetnemu polju so bili raziskovani tudi številni drugi morebitni škodljivi učinki na zdravje (poleg otroške levkemije tudi druge oblike raka v otroštvu, raka pri odraslih, depresija, samomorilnost, srčno-žilne bolezni, reproduktivne motnje, razvojne motnje, spremembe imunskega odziva, nevrološko-vedenjski učinki in nevrodegenerativne bolezni). Projektna skupina WHO je ugotovila, da so znanstveni dokazi, ki podpirajo te povezave, veliko šibkejši kot v primeru otroške levkemije. V nekaterih primerih (na primer za srčno-žilne bolezni in za rak dojke) obstaja dovolj dokazov, da jih nizkofrekvenčna magnetna polja ne povzročajo.

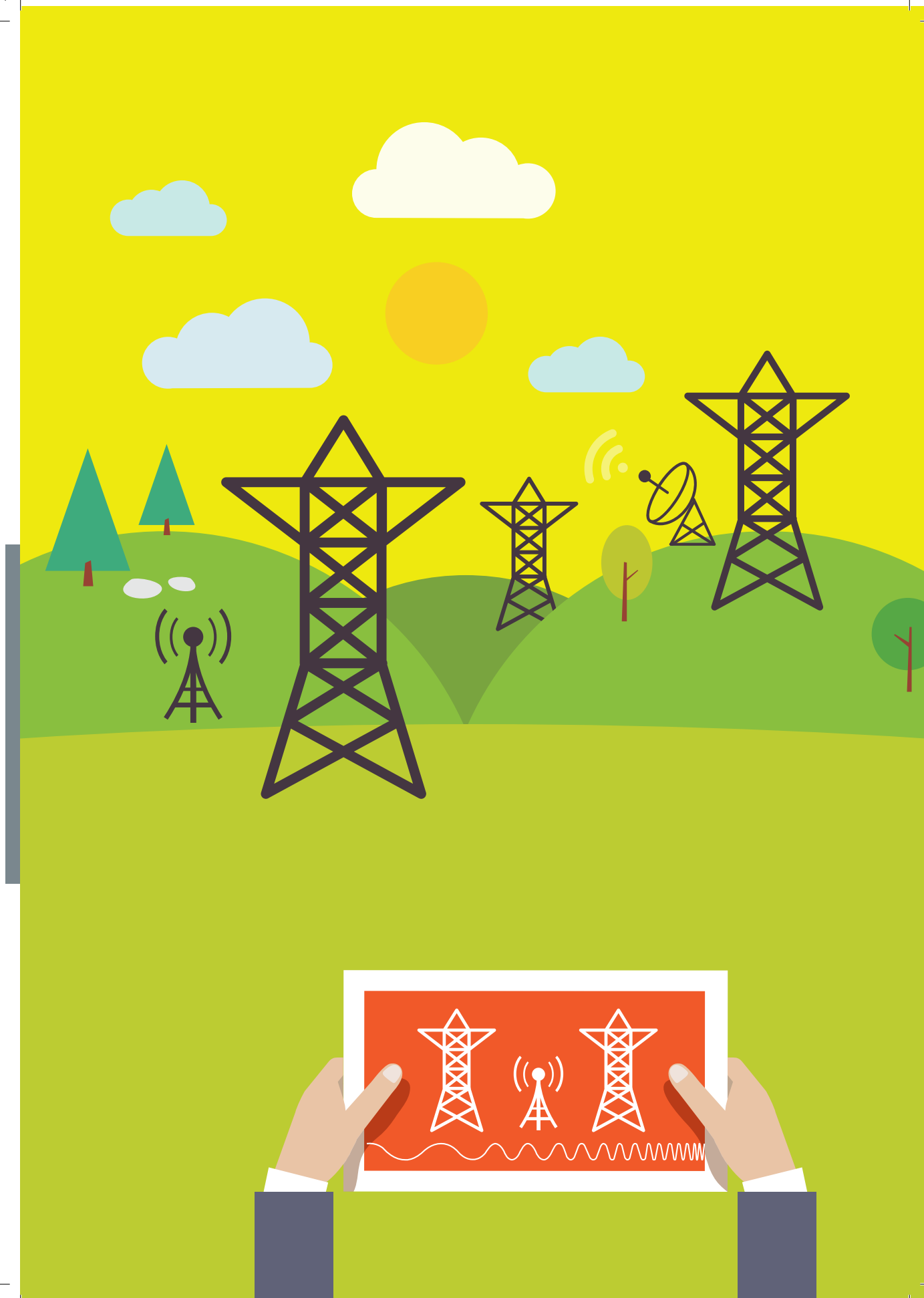
Trenutno mednarodne smernice ICNIRP, ki predstavljajo temeljni zaščitni standard, ki temelji na znanstvenih argumentih, upoštevajo, da so znanstveni dokazi v zvezi z možnimi učinki na zdravje glede dolgoročne izpostavljenosti nizkim jakostim elektromagnetnega sevanja nezadostni, da bi bilo upravičeno znižanje mejnih vrednosti izpostavljenosti.

V slovenski zakonski regulativi glede elektromagnetnega sevanja so za nove posege mejne vrednosti na območjih povečane stopnje varstva pred sevanjem v duhu preventive znatno strožje od mejnih vrednosti iz ICNIRP smernic.

Ponovimo

- Električna in magnetna polja nesporno imajo učinke na ljudi – toda pri visokih jakostih, to je večjih, kot jih običajno srečamo v naravnem in življenjskem okolju. Ti akutni učinki so znanstveno dokazani.
- Določena mera negotovosti pa obstaja glede morebitnih zapoznelih učinkov dolgotrajnega izpostavljanja jakostim polj, ki so nižje od postavljenih mej na podlagi akutnih učinkov.
- Svetovna zdravstvena organizacija navaja, da dokazi za povezavo med izpostavljenostjo magnetnim poljem in otroško levkemijo niso dovolj močni, da bi izpolnili kriterije za nedvoumno potrditev vzročne povezave.





Literatura

1. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur.l. RS 70/96).
2. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur.l. RS 70/96).
3. ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), Health Physics, vol.99, no. 6, december 2010.
4. EC: Council of the European Union. Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC).
5. WHO, Backgrounder: Exposure to extremely low frequency fields, Junij 2007 (<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/>).
6. SCENIHR, Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), 2015 (http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf).
7. Elektromagnetna sevanja električnih naprav in postrojev v naravno in življenjsko okolje, Ref. št. 1349, Elektroinštitut Milan Vidmar, 1998.



Energetska prihodnost.

Elektroinštitut Milan Vidmar je vodilna slovenska inženirska in znanstveno-raziskovalna organizacija na področju elektroenergetike in splošne energetike, ki v svojih raziskovalnih študijah, ekspertnih poročilih, ekoloških, kemijsko-fizikalnih in drugih analizah obravnava proizvodnjo, prenos in distribucijo slovenskega elektroenergetskega sistema ter izvaja nadzor nad njegovo kakovostjo in delovanjem.

ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR,
MILAN VIDMAR ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE,
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
Tel.: +386 1 474 36 01
e-mail: info@eimv.si
www.eimv.si



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

537.86
614.875

CESTNIK, Breda

Elektromagnetno sevanje / [avtorja Breda Cestnik, Karol Grabner]. - Ponatis. -
Ljubljana : Elektroinštitut Milan Vidmar, 2018

ISBN 978-961-6688-08-6

1. Gl. stv. nasl. 2. Grabner, Karol
296262400



Avtorja: mag. Breda Cestnik, univ. dipl. inž. el., Karol Grabner, univ. dipl. inž. el.

Uredila: Pija Hlede, univ. dipl. bibl.

Izdal: Elektroinštitut Milan Vidmar

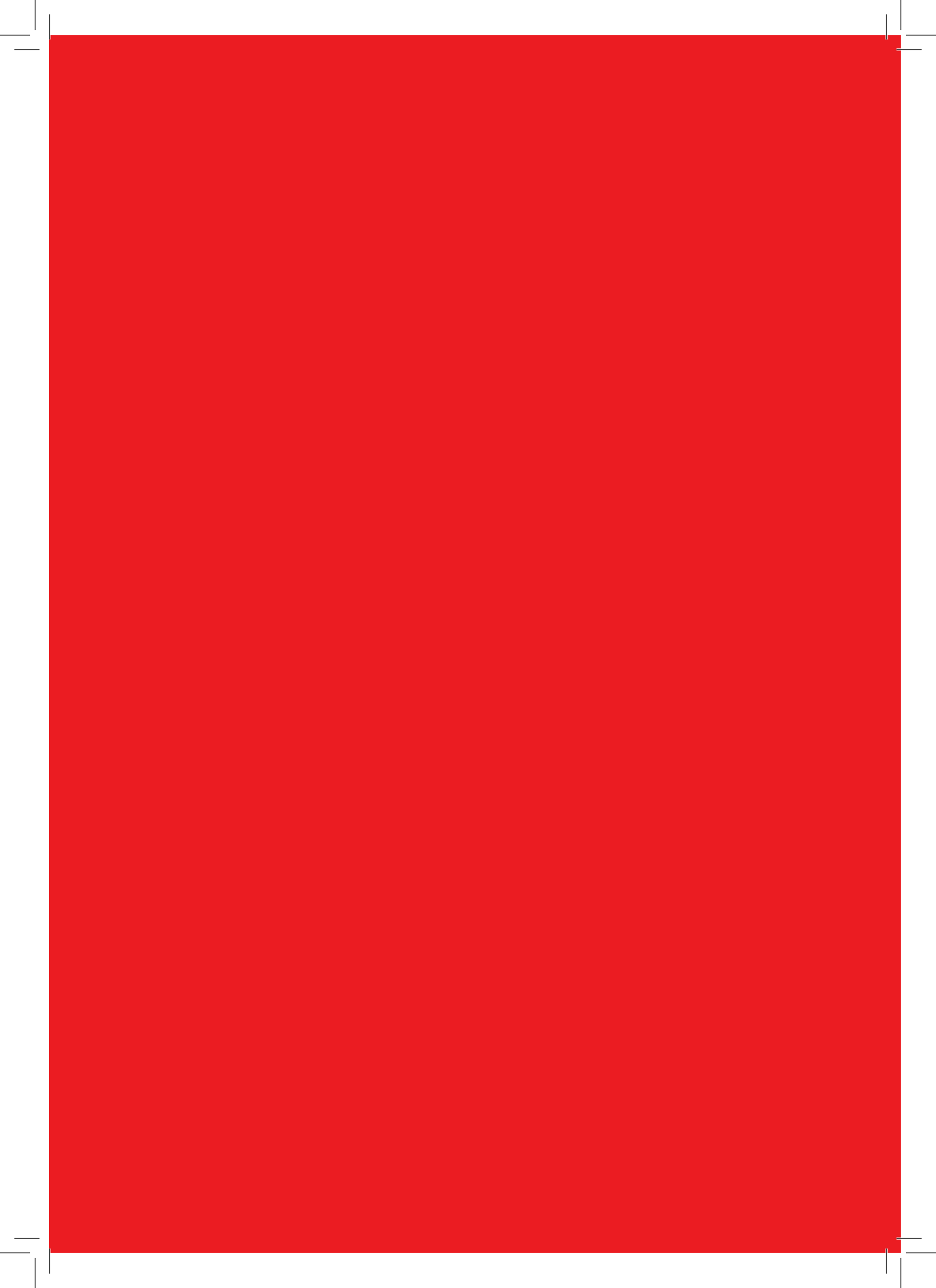
Za izdajatelja: dr. Boris Žitnik, univ. dipl. inž. el.

Oblikovanje: Senjur Design, Bojan Senjur s.p.

Tisk: Schwarz print d.o.o.

Naklada: 100 izvodov

Leto izdaje: 2018, 1. ponatis





ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR