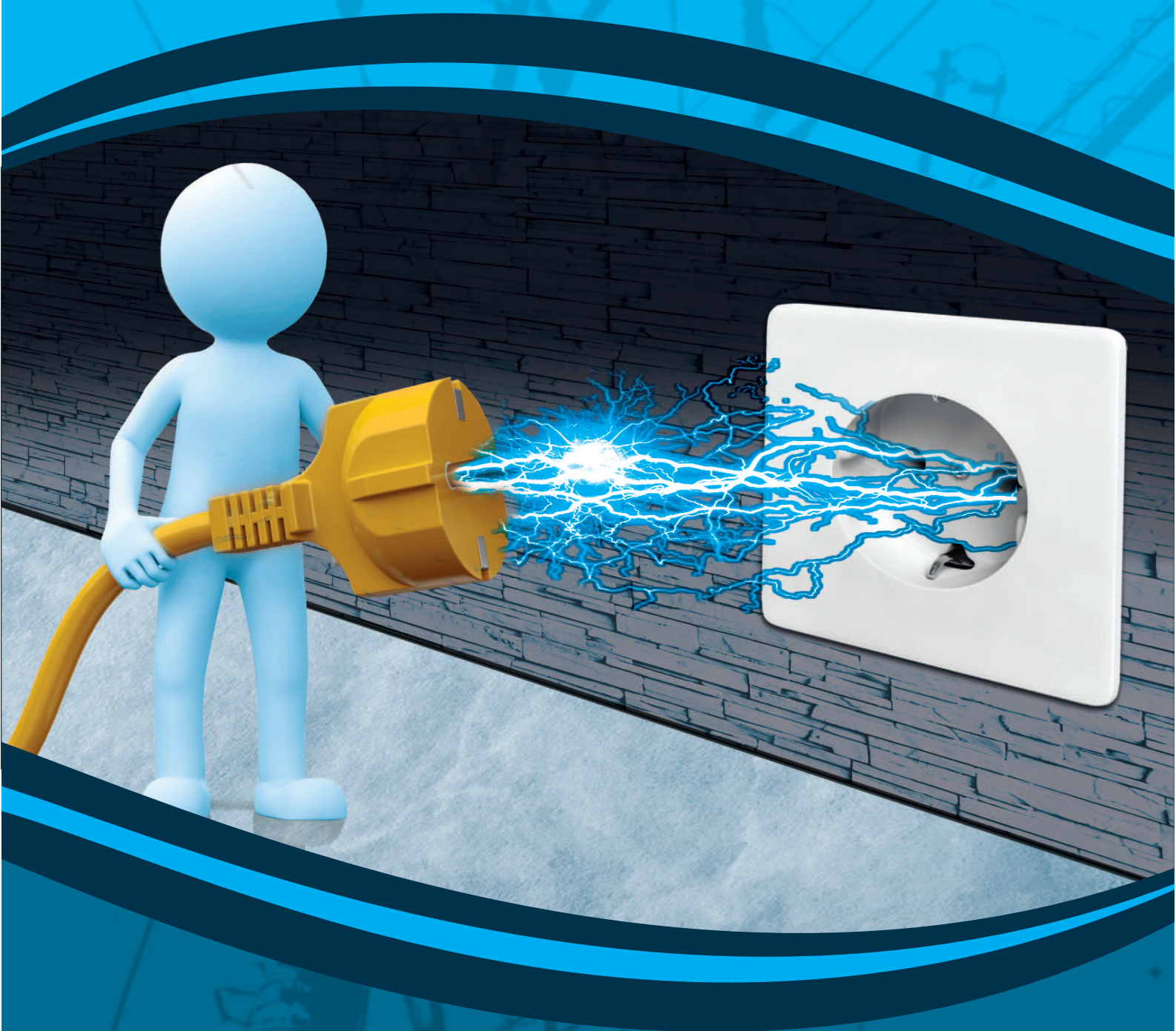


NAPRAVE ZA DISTRIBUCIJO ELEKTRIČNE ENERGIJE

ELEKTRIČNA IN MAGNETNA POLJA



SLOVARČEK

Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI. RS 70/1996) določa mejne vrednosti, ki jih električna in magnetna polja na človeku dostopnih mestih v okolju ne smejo presežati. Pri tem uredba loči I. območje in II. območje varstva pred sevanji.

I. stopnja varstva pred sevanjem velja na I. območju varstva pred sevanji, kjer je potrebno povečano varstvo pred sevanji: območje objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa in zdravstvenega varstva, bolnišnic, objektov namenjenih bivanju, igri in rekreaciji, javnih zelenih in rekreacijskih površin, trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim, javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti in podobno.

II. stopnja varstva pred sevanjem velja na II. območju varstva pred sevanji, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. II. območje varstva pred sevanji je zlasti območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodni dejavnosti, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter vsa druga območja, ki niso določena kot I. območje varstva pred sevanji.

Daljnovid – nadzemni vod, elektroenergetska naprava za prenos in distribucijo električne energije, ki ima vodnike nameščene na stebrih. Vodniki so ločeni – za vsako od treh faz se uporablja samostojen vodnik. Za distribucijo električne energije se uporabljajo 110, 35, 20 in 10 kV daljnovodi.

Kablovod – podzemni vod, elektroenergetska naprava za prenos in distribucijo električne energije, ki ima vodnike položene v zemlji. Vodniki so lahko ločeni – za vsako od treh faz se uporablja poseben kabel, ali pa so vse tri faze združene v enem kablu. Za distribucijo električne energije se uporabljajo 110, 35, 20, 10 in 0,4 kV kablovodi.

Vplivno območje opisuje tisto območje v prostoru, kjer so glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju mejne vrednosti presežene.

ELEKTRIČNA IN MAGNETNA POLJA – NAPRAVE ZA DISTRIBUCIJO ELEKTRIČNE ENERGIJE

Izdajatelj: projekt FORUM EMS

Priprava besedila: doc.dr. Peter Gajšek, dr. Blaž Valič

Recenzija in potrditev: doc.dr. Vesna Zadnik, prof.dr. Tadej Kotnik

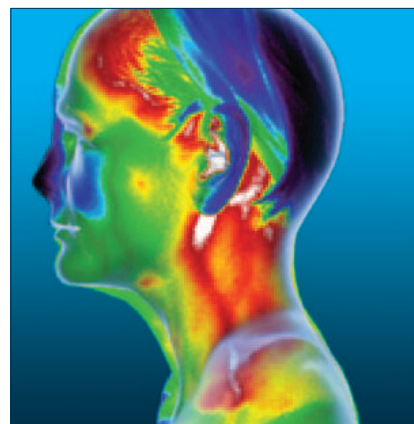
Lektoriranje: skupina Lucas

Oblikovanje: www.studiolumina.si

Ljubljana, December 2014

1. ŽIVLJENJE S SEVANJI

Sevanje je oblika energije, ki se kot elektromagnetno valovanje ali v obliki delcev širi skozi prostor in snov. Sevanje, ki ga določa frekvenca ter pripadajoča energija, je prisotno povsod v našem okolju ter človeka spremlja že ves čas njegovega razvoja. Dnevno se srečujemo s svetlobo, toploto, sevanjem radioaktivnih snovi, sevanjem oddajnikov in mobilnih telefonov, daljnovodov, transformatorskih postaj, gospodinjskih in drugih električnih in elektronskih naprav. Sevanje prihaja tudi iz vesolja in zemeljske skorje, saj minerali, ki sestavljajo zemeljsko skorjo, vsebujejo radioaktivne elemente. Tudi živa bitja so vir sevanja, saj oddajajo toploto, sevajo pa tudi zaradi radioaktivnih snovi, ki so prisotne v človekovem telesu (v kosteh polonij in radij, v mišicah radioaktivni ogljik in kalij).



Slika 1: Človeško telo oddaja neionizirna infrardeča sevanja - toploto

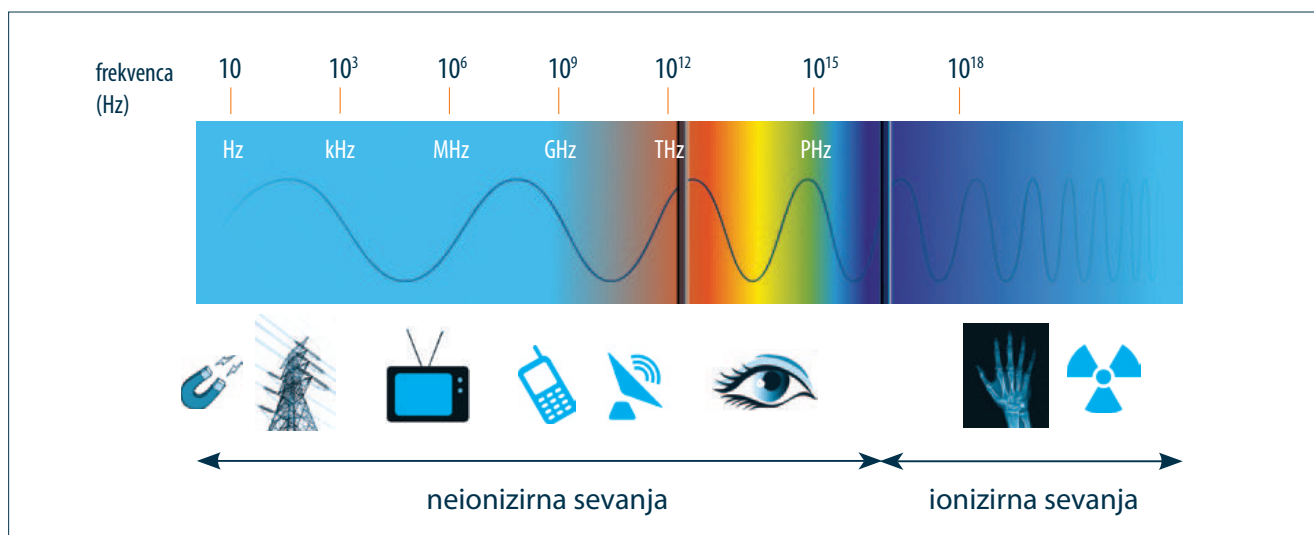
Električna in magnetna polja so lahko naravnega ali umetnega izvora. Naravnega izvora je zemeljsko statično magnetno polje, ki smo mu nenehno izpostavljeni in na katerega reagira kompas. Tudi električno polje, ki nastane zaradi razelektritev v ozračju (strela) ali drgnjenja dveh predmetov, je naravnega izvora. Izpostavljenost električnim in magnetnim poljem torej ni nov pojav. Odkar je Werner von Siemens v drugi polovici 19. stoletja odkril princip proizvodnje električne energije s pomočjo elektrodinamike, se izpostavljenost umetnim virom zaradi povečane potrebe po uporabi električne energije, razvijajočih se novih tehnologij ter sprememb socialnega vedenja ljudi nenehno povečuje. Umetni viri dosegajo bistveno večje jakosti kot sevanja naravnih virov.

Elektromagnetna sevanja (EMS) glede na energijo ter s tem glede na učinek delimo na **ionizirna** in **neionizirna**. Čim višja je frekvenca sevanja (manjša valovna dolžina), tem višja je njegova energija, in obratno. Ionizirna sevanja imajo precej višje frekvence in s tem več energije od neionizirnih in zato lahko ionizirajo snov - izbijejo elektrone iz atomov. Od tod tudi ime, saj procesu izbijanja elektronov iz atomov pravimo ionizacija. Ker ionizirna sevanja izbijejo elektrone tudi iz atomov v človekovem telesu, lahko ogrozijo zdravje. Med ionizirna sodijo rentgenska sevanja ter radioaktivna sevanja v zemeljski skorji in izven nje. Nekatera neionizirna sevanja zaznavamo s pomočjo čutil (vidno svetlobo, toploto), ionizirnih sevanj pa s čutili ne moremo zaznati.

2. NEIONIZIRNA SEVANJA

Neionizirna sevanja imajo nižje frekvence od ionizirnih ter zato premajhno energijo za ionizacijo snovi. Neionizirna sevanja se nanašajo predvsem na sevano energijo, ki s prehodom skozi snov ne povzroča nabitih ionov, temveč segrevanje in stimulacijo vzdražnih tkiv. Oba pojava povzročata biološke učinke, nad določenim pragom jakosti pa imata tudi negativne vplive na zdravje. Neionizirna sevanja delimo na enosmerna električna in magnetna polja, sevanja nizkih in visokih frekvenc ter infrardečo, vidno in ultravijolično svetlobo. Neionizirna sevanja so posledica naravnih virov, kot sta Sonce in statično magnetno polje Zemlje.

Glavni viri umetnih nizkofrekvenčnih polj so naprave za prenos in distribucijo električne energije, električne napeljave v stanovanjih ter vse gospodinjske in druge električne in elektronske naprave, ki potrebujejo elektriko za svoje delovanje. Glavni viri umetnih visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj pa so radijski in televizijski oddajniki, radarji, mobilni telefoni in njihove bazne postaje ter druge naprave v industriji, zdravstvu in znanosti.



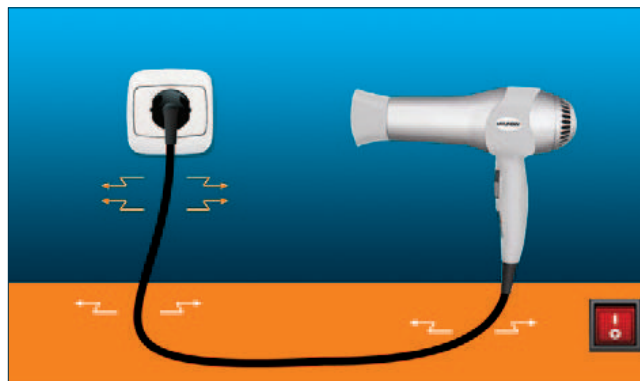
Slika 2: Delitev elektromagnetnega spektra glede na frekvenco

ELEKTRIČNO POLJE

Električna polja obstajajo povsod, kjer je navzoč pozitivni ali negativni električni naboj. Naboji med seboj delujejo z določeno silo. Jakost električnega polja merimo v voltih na meter (V/m). Ko električno napravo priključimo na elektriko, nastane v njeni okolici električno polje. Čim večja je napetost, tem močnejše je električno polje na določeni razdalji od naprave. Ker lahko napetost obstaja tudi tedaj, ko tok ne teče, za obstoj električnega polja ni potrebno, da naprava deluje.



Slika 3: Električno polje se ustvari tam, kjer je prisotna električna napetost. V stanovanju imamo napetost 230 V na vtičnici, ki na razdalji 30 cm lahko povzroči električno poljsko jakost 5 V/m.



Slika 4: Ko sušilnik priključimo v vtičnico in še ne deluje (ne teče tok), se tudi okrog priključnega kabla ustvari električno polje.

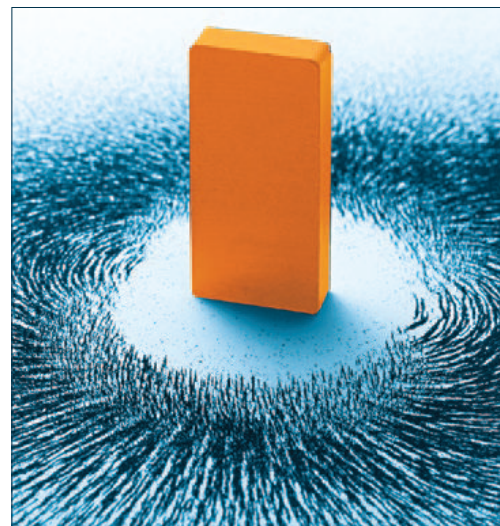
MAGNETNO POLJE

Magnetno polje obstaja le takrat, ko je tokokrog zaključen in steče električni tok. V prostoru torej tedaj obstaja tako električno kot magnetno polje. Čim večja je poraba električne energije ter s tem električnega toka, tem močnejše je magnetno polje. Jakost magnetnega polja merimo v amperih na meter (A/m). V praksi se pogosto kot enota uporablja tudi gostota magnetnega pretoka v teslih (T). Navadno za opisovanje sevanj različnih naprav uporabljamo dosti manjšo enoto – milijoninko te vrednosti – mikrotesla (μT).



Slika 5: Ko sušilnik vključimo, steče električni tok, ki ustvari magnetno polje. Električno polje, ki je posledica električne napetosti (230 V), je stabilno. Magnetno polje pa se časovno spreminja, saj je posledica porabe - trenutnega električnega toka.

Statično polje se s časom ne spreminja. Enosmerni tok je električni tok, ki teče le v eno smer. V napravah, ki jih napajajo baterije, teče tok od baterije do naprave in nato nazaj v baterijo. Tako nastajata statično električno in magnetno polje. Tudi magnetno polje Zemlje je statično polje. Enako velja za magnetno polje okrog permanentnega magneta, ki ga lahko opazimo, če opazujemo vzorec, ki se oblikuje, ko se okrog njega naberejo železovi opilki.



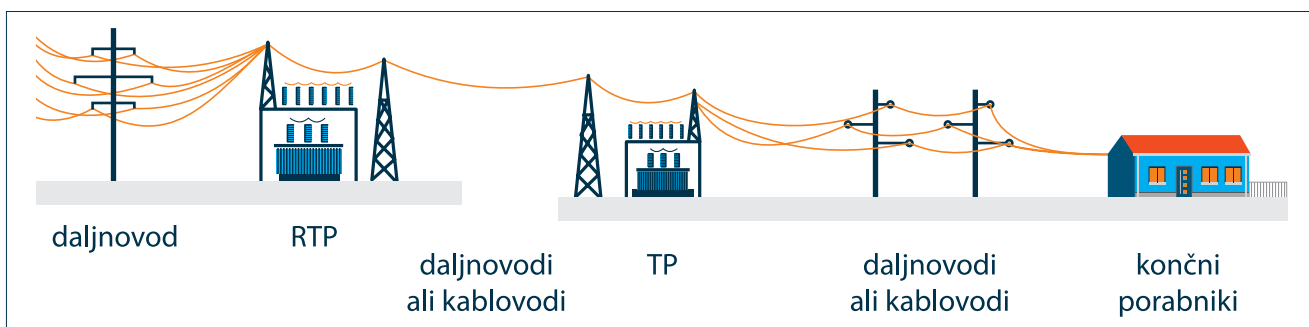
Slika 6: Razporeditev opilkov v okolici permanentnega magneta

Na drugi strani pa časovno spreminjajoča se polja nastajajo zaradi izmeničnih tokov. Izmenična polja spreminjajo svojo smer v rednih intervalih. V državah EU elektrika spreminja smer s frekvenco 50 nihajev na sekundo ali 50 Hz. Tako tudi s tem povezano magnetno polje spreminja svojo smer 50-krat na sekundo. V Severni Ameriki ima elektrika frekvenco 60 Hz.

3. VIRI NIZKOFREKVENČNIH ELEKTRIČNIH IN MAGNETNIH POLJ

3.1 DISTRIBUCIJSKE NAPRAVE KOT VIRI NIZKOFREKVENČNIH ELEKTRIČNIH IN MAGNETNIH POLJ

Distribucijske naprave so elektroenergetske naprave, prek katerih v naše domove, podjetja, šole itd. prihaja električna energija oziroma, pogovorno rečeno, elektrika. Celoten sistem naprav za distribucijo električne energije je obsežen, saj morajo biti električni vodi napeljeni prav v vsako stavbo, kjer želimo, da je na voljo elektrika.



Slika 7: Na sliki so predstavljeni posamezni sklopi oziroma naprave sistema za distribucijo električne energije. To so daljnovodi, razdelilne transformatorske postaje, transformatorske postaje ter kablovodi

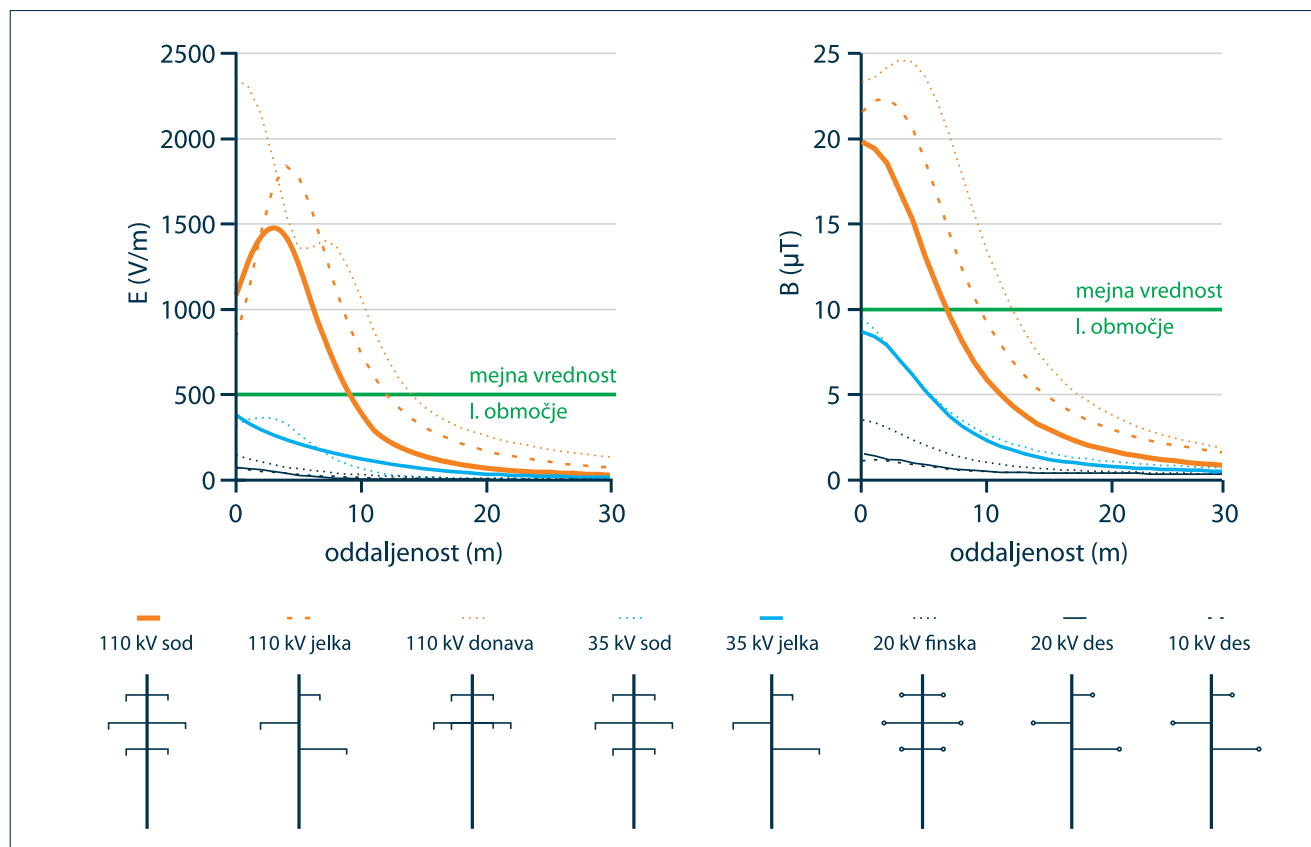
Distribucijske naprave glede na njihovo vrsto delimo na visokonapetostne daljnovode in kablovode, razdelilne transformatorske postaje (RTP), daljnovode in kablovode srednjih napetosti, transformatorske postaje (TP) in kablovode nizke napetosti. Hišna napeljava, ki je prav tako nujen sestavni del pri zagotavljanju oskrbe z električno energijo, pa ni del distribucijskih naprav, podobno kot to niso tudi vsi gospodinjski aparati in druge električne naprave v stanovanjih in hišah. Naprave za distribucijo električne energije ločimo tudi glede na njihovo nazivno napetost, to je napetost, pri kateri delujejo. Za distribucijo električne energije se upo-

rabljajo napetostni nivoji 110 kV (daljnovodi, kablovodi, RTP), 35 kV (v opuščanju; daljnovodi, kablovodi, TP in RTP), 20 kV (daljnovodi, kablovodi, TP in RTP), 10 kV (v opuščanju; daljnovodi, kablovodi, TP in RTP) ter 0,4 kV (kablovodi in TP). Kablovodi napetostnega nivoja 0,4 kV so tisti, ki so napeljani do končnega uporabnika. Večji industrijski uporabniki pa so lahko priključeni tudi na višje napetostne nivoje 20 in 110 kV.

3.2 DALJNOVODI

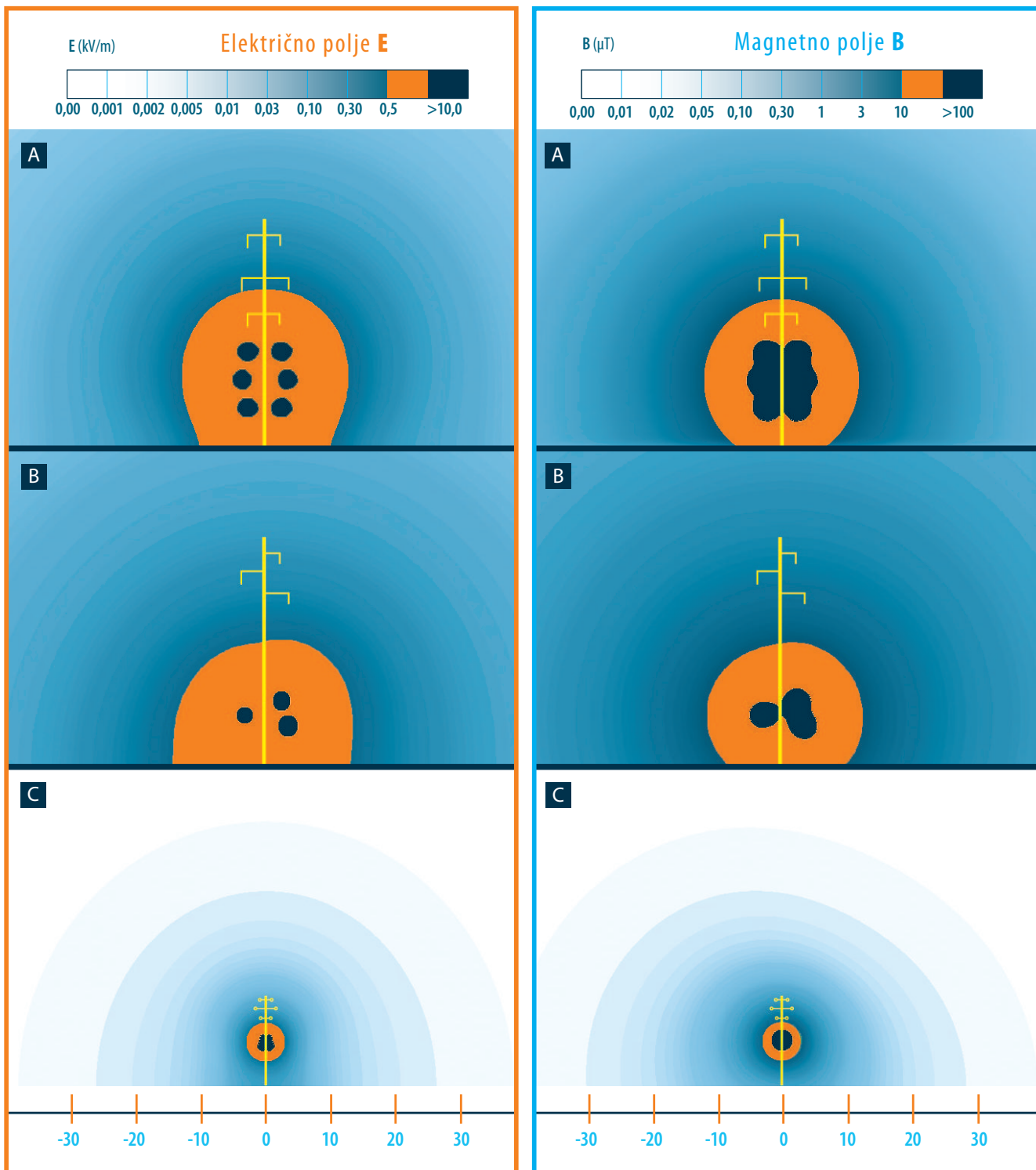
Daljnovodi napetosti 110 kV so lahko enosistemski (na njem je nameščen en trofazni ter zaščitni oziroma strelvodni vodnik) ali pa dvosistemski (na njem sta nameščena dva trofazna sistema s skupno 6 vodniki in en ali dva zaščitna oziroma strelvodna vodnika), odvisno od tipa stebra. Pri daljnovodih za distribucijo električne energije nižje napetosti od 110 kV prav tako uporabljamo eno ali dvosistemске daljnovode praviloma brez zaščitnega oziroma strelvodnega vodnika.

Tako električno kot magnetno polje se z oddaljenostjo od osi daljnovoda zmanjšujeta obratno sorazmerno s kvadratom razdalje (glej sliki 8 in 9). Iz slik je razvidno, da so vrednosti v bližini 110 kV daljnovodov najvišje, v bližini 35 kV daljnovodov znatno nižje, za 20 in 10 kV daljnovode pa že zelo majhne. Ob tem velja poudariti, da so poteki polja v bližini daljnovodov predstavljeni za nazivno obremenjene daljnovode, običajno pa so daljnovodi bistveno manj obremenjeni in so posledično tudi vrednosti magnetnega polja bistveno nižje. Primerjava rezultatov za 110 kV daljnovode (oranžna barva) in 35 kV daljnovode (svetlo modra barva) kaže, da je z vidika obremenjevanja okolja najugodnejši tip daljnovoda sod. To je dvosistemski tip daljnovoda, ki povzroča približno 20 odstotkov manjše obremenitve od enosistemskega daljnovoda tipa jelka ob kar dvakrat višji obremenitvi, saj je sestavljen iz dveh sistemov. Zato se danes za večino novih daljnovodov izbere stebre tipa sod.



Slika 8: Največje vrednosti električne poljske jakosti E in gostote magnetnega pretoka B za posamezne tipe daljnovodov na različnih oddaljenostih. Oddaljenost se meri os središčne osi daljnovoda, rezultati pa so podani za višino 1 m nad tlemi. Zelena črta predstavlja mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UI.RS 70/1996).

Na spodnji sliki je za najbolj pogoste tipe daljnovodov prikazana porazdelitev električnega in magnetnega polja v prostoru. Rezultati predstavljajo najneugodnejše razmere, ko je daljnovod nazivno obremenjen. Rezultati so predstavljeni na mestu največjega povesa vodnikov, kjer je območje s preseženimi mejnimi vrednostmi za večino daljnovodov največje. Najnižji vodnik daljnovoda se na tem mestu nahaja na višini 6 m. V območju, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje, je potrebno preprečiti dostop za prebivalstvo, medtem ko se v območju, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje, ne smejo nahajati površine, namenjene bivanju, vzgoji, zdravstvu in podobno.

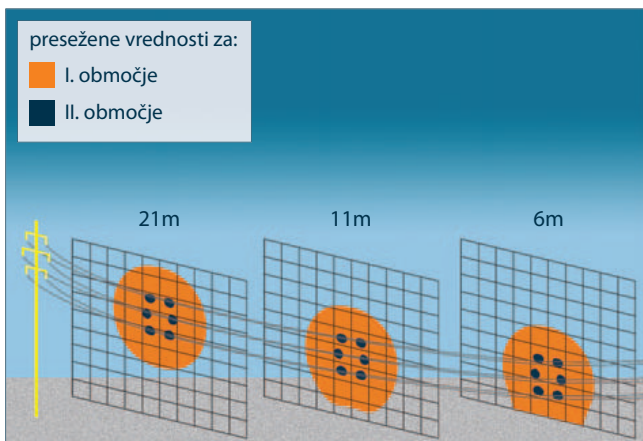


Slika 9: Električno in magnetno polje v okolici različnih daljnovodov.

presežene vrednosti za:

- I. območje
- II. območje

- A** Dvosistemski 110 kV daljnovod tipa »sod«
- B** Enosistemski 110 kV daljnovod tipa »jelka«
- C** Dvosistemski 20 kV daljnovod tipa »Finska«



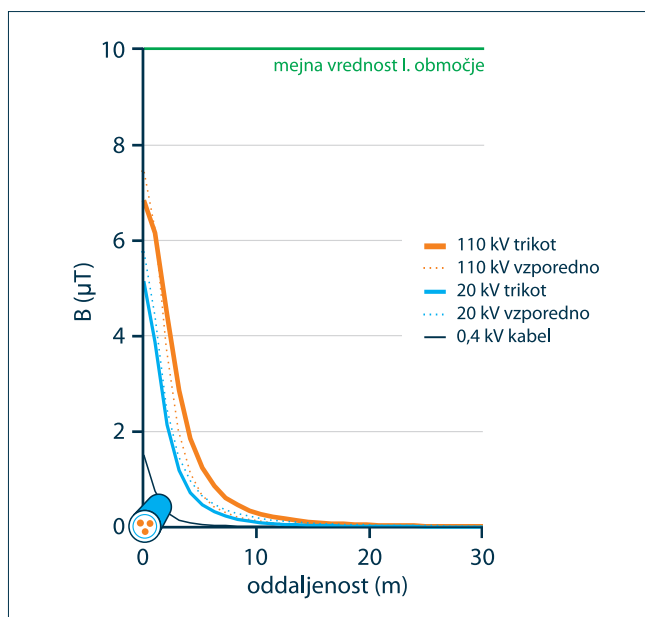
Slika 10: Vpliv višine vodnikov nad tlemi na vrednost električnega polja pod 110 kV daljnovodom tipa sod. Višina najnižjega vodnika nad tlemi: levo 21 m, sredina 11 m, desno 6 m.



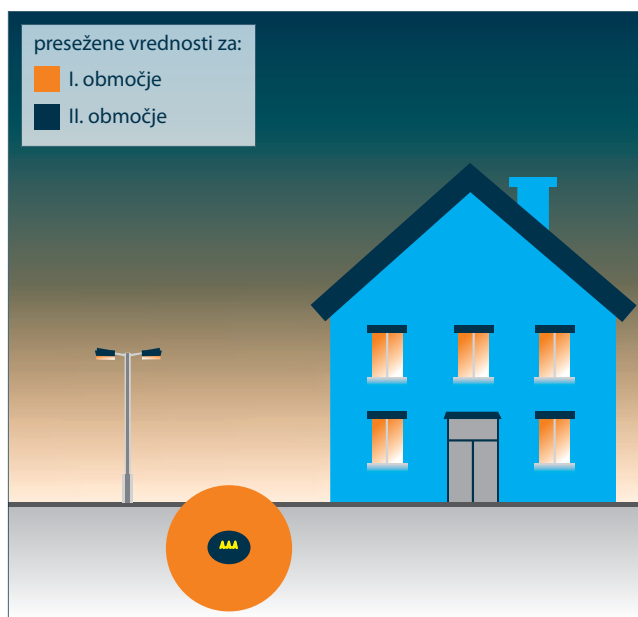
Slika 11: Vpliv stavb, dreves in terena na električno polje v okolici daljnovoda.

Na velikost električnega in magnetnega polja pod in v bližini daljnovoda bistveno vpliva višina vodnikov nad tlemi. Izračuni na sliki 9 predstavljajo najnižjo dovoljeno višino vodnikov (6 m nad tlemi). Če pa se vodniki nahajajo le 5 m višje (slika 10 sredina), mejne vrednosti za I. območje na človeku dostopnih mestih niso več presežene. Poleg višine vodnikov nad tlemi na porazdelitev električnega polja v okolici daljnovoda bistveno vplivajo tudi hiše, vegetacija in vzpetine. Gradbeni materiali slabijo zunanje električno polje v povprečju za več kot 90 % (slika 11). Zato stavbe zaradi učinka zaslanjanja nudijo dobro zaščito pred električnimi polji daljnovodov. Za magnetno polje to ne velja, saj to prosto prehaja skozi vse običajne materiale in zato bližnji objekti in drevesa nanj ne vplivajo. Za zmanjševanje magnetnega polja potrebujemo posebne materiale z visoko magnetno permeabilnostjo (npr. Mu-metal).

3.3 KABLOVODI



Slika 12: Največje vrednosti gostote magnetnega pretoka B za posamezne tipe kablovodov na različnih oddaljenostih. Oddaljenost se meri od središčne osi kablovoda, rezultati pa so podani za višino 1 m nad tlemi.



Slika 13: Magnetno polje v okolici treh polno obremenjenih 20kV kablovodov. Običajno so kablovodi obremenjeni bistveno manj, le redko več kot 50%.

Podobno kot daljnovodi tudi kablovodi služijo za distribucijo električne energije. Za distribucijo električne energije se uporabljajo 110, 35, 20, 10 in 0,4 kV kablovodi. Kablovodi povzročajo bistveno manjša električna polja, saj so vodniki izolirani in običajno tudi oklopljeni, zato je jakost električnega polja kablovodov zanemarljiva. Tudi magnetno polje kablovoda je na isti oddaljenosti manjše od magnetnega polja daljnovoda, po drugi strani pa so lahko njegove vrednosti tik nad kablovodom, vkopanim v tla, višje kot tik pod daljnovodom, saj je kablovod položen v globini 0,7 - 1,0 m, vodniki daljnovoda pa so nameščeni na višini več metrov.

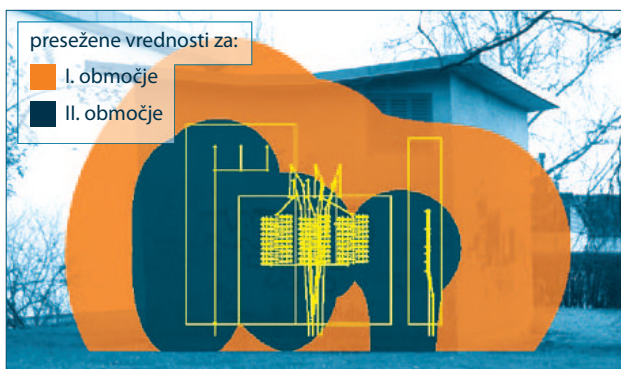
3.4 TRANSFORMATORSKE POSTAJE IN RAZDELILNE TRANSFORMATORSKE POSTAJE

Sestavni del distribucijskega omrežja so tudi transformatorske (TP) in razdelilne transformatorske postaje (RTP), ki pretvarjajo električno energijo pri visoki napetosti v električno energijo pri nizki napetosti ali obratno.

Glavni del takšne postaje je transformator. Deluje na principu indukcije: na primarno navitje priključimo izmenično napetost, nastane spremenljivo magnetno polje, zaradi česar se na sekundarnem navitju inducira napetost.

Postaje se med seboj razlikujejo glede na njihov namen. Tako so v urbanih središčih nameščene tako imenovane transformatorske postaje (TP), velikokrat na podeželju srečamo transformatorje, nameščene na daljnovodne drogove, poznamo pa tudi velike razdelilne transformatorske postaje (RTP), ki skrbijo za razdelitev električne energije in so vanje napeljeni številni visokonapetostni in srednenapetostni daljnovodi in kablovodi.

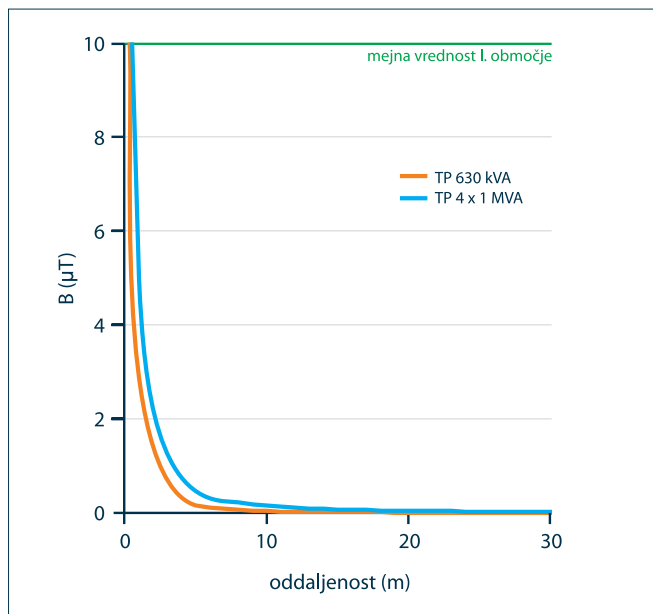
TRANSFORMATORSKA POSTAJA V NASELJU



Slika 14: Magnetno polje v okolici tipične 630 kVA transformatorske postaje.

V naseljih so za napajanje uporabnikov nameščene manjše TP, ki 10 ali 20 kV napetost transformirajo v 0,4 kV. Nazivne moči takšnih TP so od nekaj deset kVA pa vse do nekaj MVA, najbolj običajna in razširjena pa je TP moči 630 kVA. Nameščene so lahko v transformatorskih stavbah ali na nadzemnem drogu daljnovoda. Ne glede na namestitev povzročajo v svoji okolici razmeroma majhno jakost električnega polja, ki je podobno električnemu polju napajalnih kablov. Zato je z vidika sevalnih obremenitev pomembno magnetno polje oziroma gostota magnetnega pretoka.

Značilna TP v naselju (630 kVA) povzroča sevalne obremenitve, ki so že na razdalji večji od 5 m nižje od zakonsko določenih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred EMS. Tako ni pričakovati, da bi lahko taka postaja kakorkoli povečala električna in magnetna polja, ki so v stanovanju stalno navzoča zaradi sevanj gospodinjskih naprav ter električnega ožičenja. Oddaljenosti, ki so manjše od 5 m, si zaslužijo dodatno pozornost in natančnejše meritve. Še posebej je pomembno preučiti sevalne obremenitve v primeru, ko se transformator umešča v sam stanovanjski objekt in ne v ločeno, več metrov oddaljeno zgradbo. V primeru nepravilne namestitve so lahko v objektu namreč prisotne velike sevalne obremenitve zaradi delovanja transformatorja.

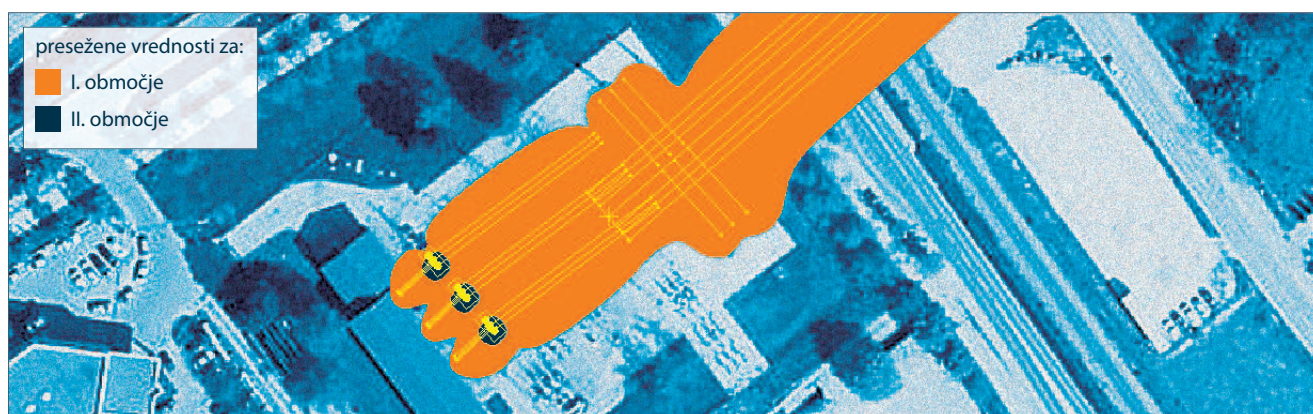


Slika 15: Največje vrednosti gostote magnetnega pretoka B za tipične transformatorske postaje na različnih oddaljenostih. Oddaljenost se meri od stavbe transformatorske postaje.

RAZDELILNA TRANSFORMATORSKA POSTAJA

Razdelilne transformatorske postaje (RTP) so po funkciji podobne transformatorskim postajam, le da delujejo na višjih napetostnih nivojih. Povezujejo prenosno elektroenergetsko omrežje na napetostnih nivojih 110, 220 in 400 kV, z distribucijskim omrežjem na 10 ali 20 kV. Njihove moči so od nekaj MVA do več deset MVA.

Predpisane mejne vrednosti za I. območje varstva so v okolici razdelilne transformatorske postaje presežene le v omejenem območju znotraj ograje. Izven ograjenega območja so lahko presežene v bližini daljnovodov in kablovodov, ki so povezani v razdelilno transformatorsko postajo. Izpostavljenosti v bližini kablovodov in daljnovodov so predstavljene prejšnjih poglavjih. V neposredni bližini večjih transformatorjev so presežene tudi mejne vrednosti za II. območje varovanja, vendar le v zelo majhnem območju tik ob napravah.



Slika 16: Območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. in za II. območje varstva pred sevanji za tipično RTP 110 kV na višini 1 meter nad tlemi.

Prebivalstvo ne sme imeti dostopa v območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred EMS. V območju, kjer so mejne vrednosti za I. območje presežene, se ne smejo nahajati objekti oziroma območja, ki so namenjena za stanovanjsko gradnjo, bolnišnice, zdravilišče, šole, zdravstvene ustanove in podobno. Zato morajo biti takšna območja od virov odmaknjena najmanj toliko, kolikor je odmik za I. območje.

Če želimo na določenem mestu vzdolž daljnovoda natančno predvideti potrebne odmike, moramo upoštevati podrobne podatke o viru, kot so tip daljnovoda, višina vodnikov nad tlemi...

Vir	Odmik [m] (na višini 1 m nad tlemi) za I. območje varstva pred sevanji
110 kV dvosistemski daljnovod donava	14
110 kV enosistemski daljnovod jelka	12
110 kv dvosistemski daljnovod sod	9
35 kV enosistemski daljnovod jelka	3
35 kV dvosistemski sod	0
20 kV dvosistemski daljnovod Finska	0
20 kV enosistemski daljnovod DES	0
10 kV enosistemski daljnovod DES	0
110 kV dvojni podzemni kablovod, vodniki vzporedno	0
110 kV dvojni podzemni kablovod, vodniki v trikot	0
20 kV dvojni podzemni kablovod, vodniki vzporedno	0
20 kV podzemni kablovod, vodniki v trikot	0
0,4 kV nadzemni kablovod	0
tipična TP postaja 20/0,4 kV, 630 kVA	2

Tabela 1: Velikost območja kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje na višini 1m nad tlemi. Za II. območje mejne vrednosti niso presežene.

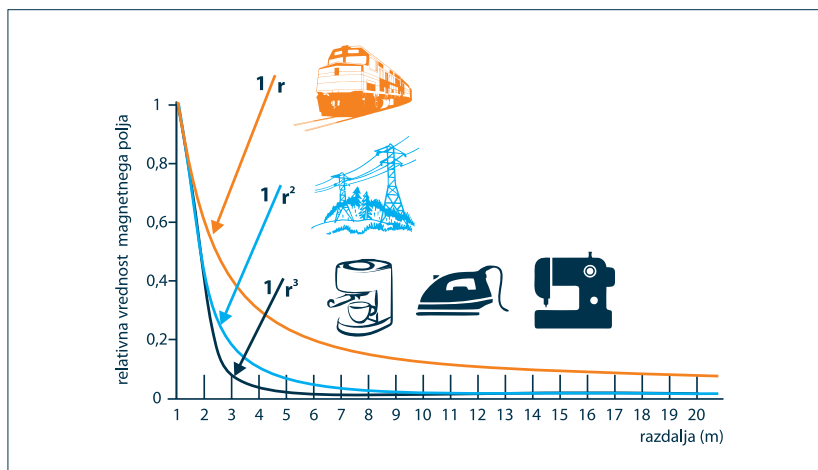
3.5 ELEKTRIČNA IN MAGNETNA POLJA ELEKTRIČNIH NAPRAV DOMA

Najmočnejša nizkofrekvenčna električna polja omrežne frekvence 50 Hz, ki jih lahko najdemo v okolju, so prisotna pod visokonapetostnimi daljnovodi. V nasprotju s tem pa najmočnejša nizkofrekvenčna magnetna polja omrežne frekvence navadno najdemo v neposredni bližini gospodinjskih naprav, električnih motorjev in drugih električnih naprav v našem stanovanju. K sevalnim obremenitvam v bivalnem okolju prispevajo številni dejavniki: število električnih naprav v stanovanju, jakost toka v ozemljitvenem vodu sistema, električno ožičenje, poraba električne energije v celotni soseski, razdalja od sosedovega stanovanja in razdalja od vodnikov. Električna in magnetna polja niso odvisna od velikosti, zapletenosti, moči in glasnosti električnih naprav. Celo med napravami, ki so si na prvi pogled podobne, se jakosti magnetnih polj zelo razlikujejo. Zato ni mogoče podati enotne ocene sevanja posamezne naprave.

V bivalnem okolju se jakost magnetnega polja spreminja glede na porabo električne energije v soseski. Magnetno polje je tako praviloma najvišje zvečer, ponoči pa doseže nižje vrednosti.

Stavbe zaradi učinka zaslanjanja nudijo dobro zaščito pred električnimi polji daljnovodov. Ker prisotnost električno prevodnega človeškega telesa precej popači električno polje, se izpostavljenost zelo spreminja s položajem telesa v tem polju in z razdaljo od vira.

V stanovanjih je izpostavljenost električnim in magnetnim poljem posledica električnega ožičenja, uporabe svetil ter delovanja električnih naprav. Največja magnetna polja, ki navadno nastopajo v stanovanju, so posledica delovanja gospodinjskih naprav in se z razdaljo zelo hitro zmanjšujejo (slika 17).



Slika 17: Magnetno polje zelo hitro upada z oddaljenostjo od različnih virov.

Tako na primer nekateri sušilniki za lase oddajajo zelo močna magnetna polja (do 2000 μT), okrog drugih pa ta redko presežejo 1 μT . Jakosti magnetnega polja so odvisne predvsem od zasnove/modela naprave in oddaljenosti od nje. Pri večini gospodinjskih naprav je magnetno polje na razdalji 30 cm precej nižje od priporočene mejne vrednosti **Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)** za prebivalstvo, ki znaša 200 μT .

Iz tabele 3 lahko razberemo:

- magnetna polja v neposredni bližini (3 cm) nekaterih naprav lahko dosežejo do 2000 μT kar presega dovoljene mejne vrednosti;
- magnetna poljska jakost z oddaljenostjo strmo pada;
- na razdalji nad 30 cm so magnetna polja v bližini naprav v večini primerov 100-krat manjša od mednarodno priporočene mejne vrednosti.

Izpostavljenost magnetnim poljem zaradi uporabe večine gospodinjstskih naprav je kratkotrajna. Poseben primer trajne izpostavljenosti predstavljajo določene naprave, ki se lahko nahajajo v bližini telesa (radijska budilka). S prestavitvijo takih naprav na bolj oddaljeno lokacijo lahko bistveno znižamo osebno izpostavljenost. Že na razdalji enega metra magnetno polje zaradi radijske budilke navadno doseže take jakosti, ki so primerljive s splošno onesnaženostjo bivalnega okolja z magnetnimi polji ($> 0,1 \mu\text{T}$).

Ker gradbeni materiali skoraj nič ne slabijo magnetnega polja, je potrebno posebno pozornost posvetiti tudi položaju trajno nameščenih virov sevanj v sosednjih prostorih.

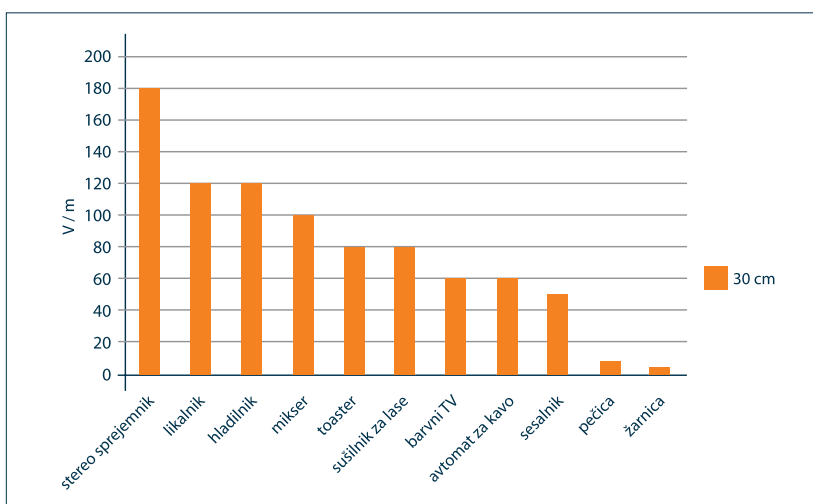


Tabela 2: Značilne vrednosti električne poljske jakosti električnih naprav na oddaljenosti 30 cm.

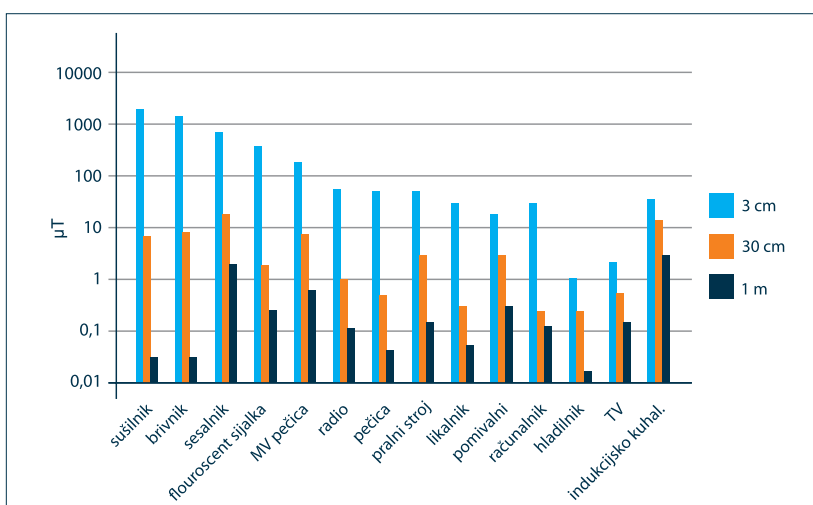
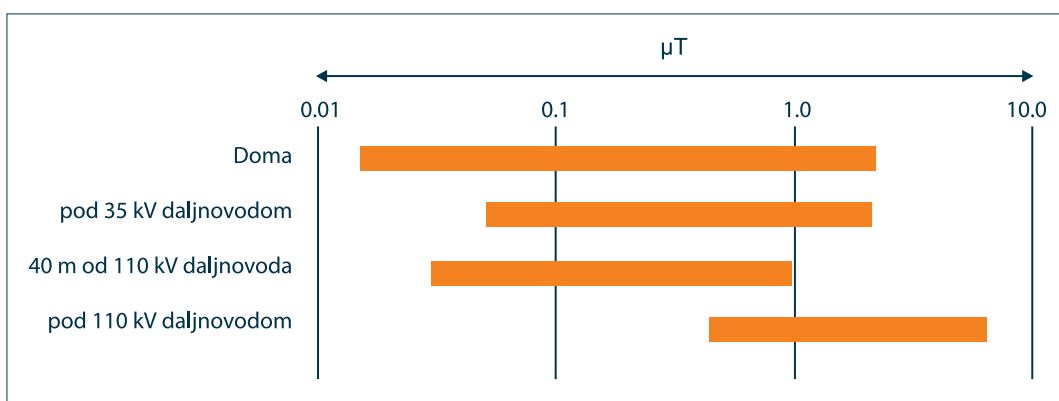


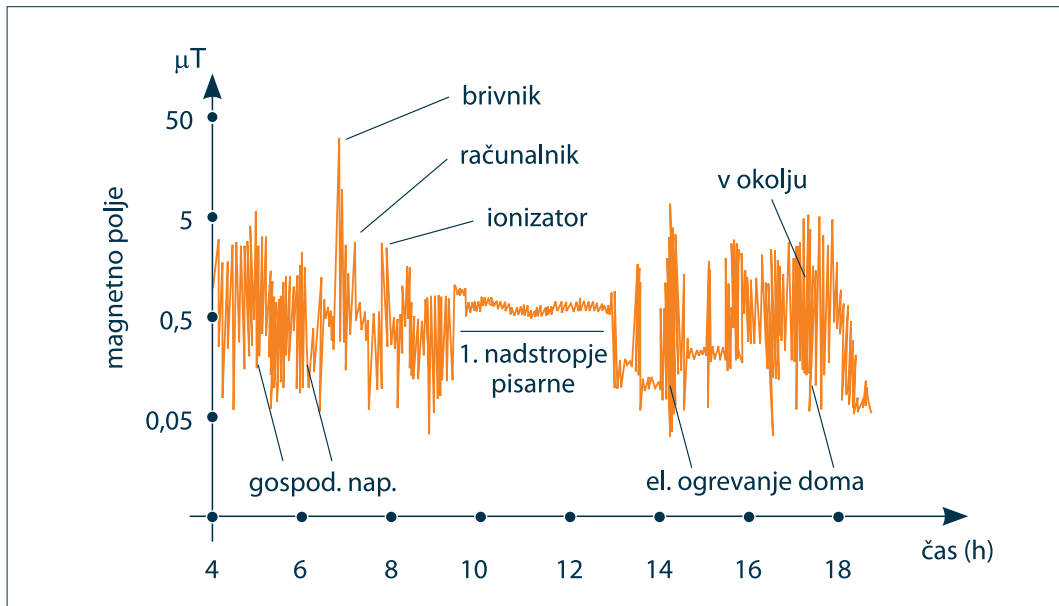
Tabela 3: Značilne vrednosti gostote magnetnega pretoka električnih naprav na različnih oddaljenostih od naprave. **OPOZORILO:** Tabela je v logaritemski skali.

3.6 OSEBNA IZPOSTAVLJENOST

Vzročno povezavo med izpostavljenostjo določeni snovi in boleznijo, simptomi ali smrtjo dokazujemo z epidemiološkimi študijami in eksperimenti na živalih ter celičnih kulturah. Iskanje povezave med vzrokom in posledico je lahko zelo zahtevno posebej zato, ker izpostavljenosti različnim virom lahko povzročajo iste bolezni in ker nas pogosto zanima vpliv šibkejšega povzročitelja, katerega vpliv je potrebno prikazati ločeno od vpliva močnejšega. Zato še posebej v primeru šibkih vplivov težko odgovorimo na vprašanje, ali je določena snov zdravju škodljiva. Potrebno je narediti več različnih študij na različnih populacijah in z različnimi metodologijami in šele potem presojati, ali so bili dokazi dovolj močni za sklepanje o tem, kako nevarna je določena snov.



Slika 18: Tipične vrednosti magnetnega polja v bivalnem in naravnem okolju.



Slika 19: Primer izpostavljenosti magnetnemu polju pri osebi, ki stanuje v bližini 110 kV daljnovoda in je zaposlena kot administrativni delavec v pisarni. Vidimo, da največje trenutne sevalne obremenitve povzročajo posamezne gospodinjne naprave (do 47 μT), medtem ko je povprečna izpostavljenost v pisarni 0,7 μT in doma 0,65 μT .

Ena največjih težav pri raziskovanju vpliva izpostavljenosti EMS na zdravje človeka je gotovo določanje izpostavljenosti. Če je izpostavljenost pri epidemiološki študiji definirana napačno, so lahko povsem napačni tudi dobljeni rezultati, ki kažejo na tveganje: lahko so prešibki ali pa premočni. Najprimernejši način določanja izpostavljenosti EMS so pri epidemioloških študijah trajne meritve osebne izpostavljenosti.

Inštitut za neionizirna sevanja (INIS) je s prostovoljci v Sloveniji opravil meritve 24-urne izpostavljenosti magnetnim poljem. Izmerjene izpostavljenosti so se precej razlikovale, povprečna 24-urna izpostavljenost pa je znašala 0,10 μT . Ta vrednost je tisočkrat nižja od mejne vrednosti, ki znaša 100 μT za II. območje varstva pred EMS, ter stokrat nižja od mejne vrednosti za I. območje varstva pred EMS. Poleg tega so meritve pokazale, da ni izrazitih razlik v povprečni 24-urni izpostavljenosti med ljudmi, ki živijo v središčih velikih mest (0,11 μT), in tistimi s podeželja (0,09 μT). Celotna izpostavljenost ljudi, ki živijo na razdalji več kot 50 m od 110 kV daljnovodov, se komaj opazno razlikuje od povprečne izpostavljenosti ljudi.

4. VPLIVI ELEKTRIČNIH IN MAGNETNIH POLJ NA ZDRAVJE

Izpostavljenost elektriki ter posledično električnim in magnetnim poljem ni nekaj novega, saj se z razvojem znanja in tehnologij jakost umetno ustvarjenih virov v okolju nenehno povečuje. Človek je doma in na delovnem mestu izpostavljen mešanici šibkih električnih in magnetnih polj – kot posledici proizvodnje, prenosa in distribucije električne energije ter uporabe najrazličnejših električnih in elektronskih naprav doma in na delovnem mestu. Za ugotavljanje morebitnih škodljivih vplivov električnih in magnetnih polj na zdravje ter oceno tveganja so potrebne različne študije z različnih področij raziskovanja. Pri ugotavljanju tveganja za zdravje se uporablja več vrst raziskav: od raziskav molekularnih struktur prek raziskav celic in tkiv do raziskav na živalih in ljudeh, ki so lahko epidemiološke ali laboratorijske na prostovoljcih. Za dokončno ugotovitev nekega biološkega učinka ter vpliva na zdravje je potrebno, da ta učinek potrdimo na vseh ravneh raziskav.

Biološki učinki so merljivi odzivi organizma na dražljaje ali vplive iz okolja. Ti učinki niso nujno škodljivi za zdravje. Nekateri biološki učinki, kot je na primer produkcija vitamina D zaradi vpliva sončne svetlobe na celice kože, so celo koristni. Človeško telo ima številne zapletene mehanizme za prilagoditev na spreminjajoče se vplive iz okolja. Seveda pa nima ustreznih kompenzacijskih mehanizmov za vse vrste bioloških učinkov. Ireverzibilne spremembe ter dolgotrajnejše obremenitve lahko v nekaterih okoliščinah pomenijo zdravstveno tveganje.

Danes vemo, da močna električna in magnetna polja, ki presežejo določen prag, povzročajo določene biološke učinke. Vendar pa opravljene raziskave na zdravih prostovoljcih kažejo, da izpostavljenost poljem šibkih jakosti v okolju ali doma ne povzroča zaznavnih škodljivih vplivov na zdravje. Izpostavljenost višjim jakostim, ki je lahko nevarna, pa je že omejena z mednarodnimi priporočili ter domačo zakonodajo.

4.1 AKUTNI UČINKI

Znanstveno je potrjeno, da izpostavljenost zunanjim električnim in magnetnim poljem v človekovem telesu lahko povzroča nastanek polj ter tokov in, če so zunanja polja dovolj močna, v odvisnosti od jakosti in frekvenčnega območja tudi vrsto učinkov, na primer segrevanje notranjosti telesa, stimulacijo centralnega in perifernega živčnega sistema ter stimulacijo mrežnice (fosfeni). Obstaja tudi posredni znanstveni dokaz, da inducirano električno polje lahko vpliva na funkcije možgan (vizualizacijo, motoriko).

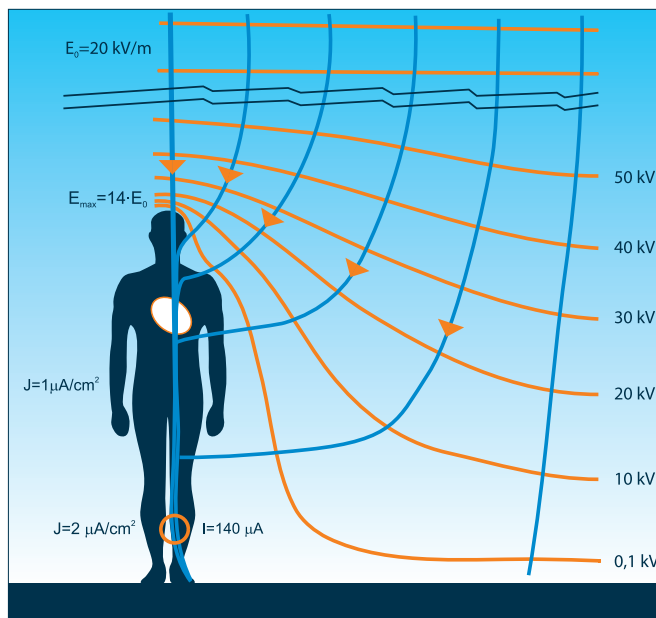
Za nastanek omenjenih učinkov morajo biti polja v okolici človekovega telesa precej močnejša od tistih, ki so navadno prisotna v našem bivalnem okolju. Doslej opravljene raziskave niso jasno pokazale na škodljive vplive izpostavljenosti v domačem ali delovnem okolju na naše zdravje.

ELEKTRIČNO POLJE

Električni tokovi so v človekovem telesu prisotni tudi brez zunanjih tokov. Signali, ki jih po našem telesu prenašajo živci, so električni impulzi – na ovojnici živca je električna napetost, po njem pa ob prenosu signala teče električni tok. Tudi srce je električno aktivno – zdravniki to aktivnost merijo z elektrokardiogramom (EKG). Povprečne naravne gostote tokov v telesu znašajo od 1 do 10 mA/m².

Ko se človek znajde v nizkofrekvenčnem električnem polju:

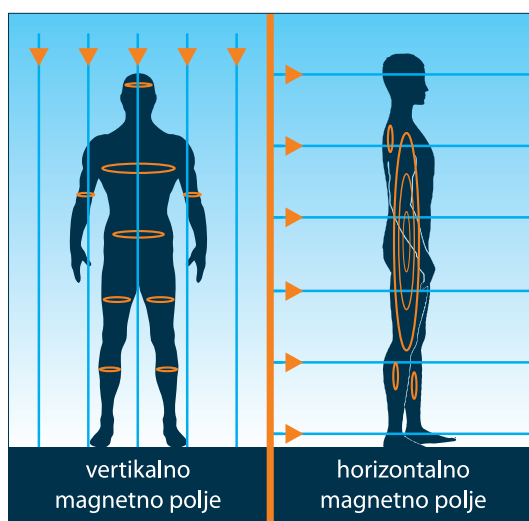
- se prvotno električno polje zelo popači, saj je človeško telo dober prevodnik. Električno polje je zato skoraj pravokotno na površino telesa;
- se zaradi prerazporejanja nabojev na površini telesa ustvari električno polje, ki se razlikuje od prvotnega polja in lahko povzroči stimulacijo senzornih receptorjev v koži. Zaradi tega polja lahko pride do nihanja dlak in las ter ga tako lahko zaznavamo, kar pa ne predstavlja nobene nevarnosti za človekovo zdravje;
- nastane v telesu notranje električno polje, ki doseže 100.000-krat nižje vrednosti od zunanjega polja in skozi telo požene električni tok. Tok teče navadno po krvnih poteh in je pri ozemljenem človeku največji v področju gležnjev.



Slika 20: Človek v električnem polju. Zunanje električno polje povzroči prerazporejanje nabojev na površini telesa. Zaradi tega v telesu nastane električno polje, ki povzroči električni tok, ki teče po telesu proti tlom.

Ti notranji tokovi kot neposredni učinek električnih polj so pri električnih poljskih jakostih, ki jih srečujemo v našem vsakdanjiku, izredno nizki in nimajo znanih vplivov na naše zdravje.

MAGNETNO POLJE



Slika 21: Induciranje vrtilčnih tokov zaradi izpostavljenosti magnetnem polju. Zunanje magnetno polje inducira v telesu vrtilčne tokove, katerih smer je odvisna od položaja telesa glede na smer magnetnega polja.

V nasprotju s tokom, ki teče skozi telo zaradi električnega polja, pa magnetno polje v telesu inducira krožne vrtilčne električne tokove, katerih smer je pravokotna na zunanje magnetno polje.

Ker človeško telo ni magnetno (permeabilnost telesa je enaka praznemu prostoru), je magnetno polje v tkivu enako kot zunanje polje. Zato tudi človeško telo s svojo prisotnostjo ne spremeni magnetnega polja. Pri danem magnetnem polju in orientaciji se pri večjih osebah inducira višje električno polje. Električno polje in tokovi v telesu so odvisni od smeri zunanjega magnetnega polja. Največji so takrat, ko je magnetno polje pravokotno na človeško telo.

Tako zunanje električno in kot tudi zunanje magnetno polje povzročata električno polje v telesu. Obe komponenti kot posledica zunanjih električnih in magnetnih polje pa se med seboj seštevata.

4.2 ZAPOZNELI UČINKI

Medtem ko so navedeni akutni učinki nizkofrekvenčnih polj znanstveno dokazani, pa obstaja določena negotovost glede možnih zapoznelih učinkov pri dolgotrajni izpostavljenosti poljem, katerih jakosti ne presegajo mejnih vrednosti, ki jih določajo priporočila ICNIRP ter Uredba o EMS. Prav ti učinki so že dolgo predmet znanstvenih raziskav. Znanstveniki tako na primer raziskujejo vplive nizkofrekvenčnih polj na celično membrano, izločanje hormonov, aktivnost encimov, sintezo DNK in nastanek raka. Rezultatov nekaterih raziskav, ki so pokazale na obstoj bioloških učinkov, druge raziskovalne skupine v ponovljenih poizkusih v številnih primerih niso mogle potrditi. Poleg tega pa je prenos izsledkov o bioloških učinkih na nivoju celičnih raziskav oz. poskusov na živalih na človeka zelo zapleten.

V današnji zelo tekmovalni znanosti je nujno objavljati in zato ni redkost, da se v objavo v znanstvenih revijah posredujejo slabo načrtovane in nedodelane študije, v želji po odmevnosti pa njihovi avtorji dopuščajo tudi nepravilne interpretacije v medijih.

MAGNETNO POLJE IN OTROŠKA LEVKEMIJA

Od konca sedemdesetih let prejšnjega stoletja znanstveniki opravljajo epidemiološke raziskave o morebitni povezavi med nizkofrekvenčnimi polji majhnih jakosti v bivalnem okolju in rakom. Odkrili niso nobene povezave med dolgotrajno izpostavljenostjo tem poljem in povečanim tveganjem za pojav raka pri odraslih. Drugače je pri otrocih in pojavu levkemije.

Nekatere epidemiološke študije kažejo, da se pri otrocih, ki so trajno izpostavljeni magnetnemu polju nad $0,4 \mu\text{T}$ pri 50 Hz (povprečna 24-urna izpostavljenost) v primerjavi z otroci, ki so izpostavljeni magnetnemu polju manjšemu od $0,1 \mu\text{T}$, tveganje, da bodo zboleli za levkemijo, podvoji. Na podlagi zbranih podatkov **Svetovne zdravstvene organizacije (SZO)** ocenjuje, da je takim visokim poljem izpostavljeno nekaj odstotkov (med 1 in 4 %) otrok po svetu. Poleg

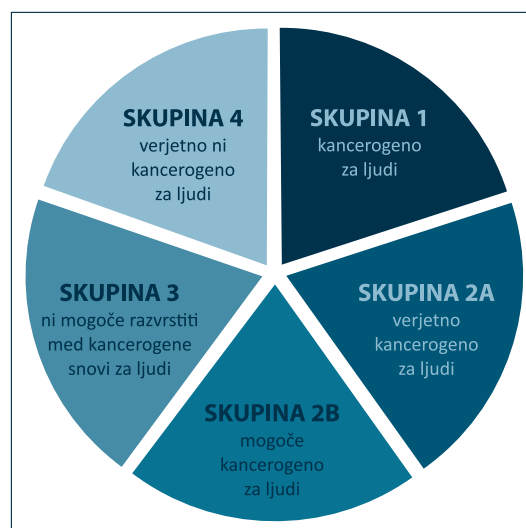
tega opazimo, da glede na izvedene raziskave manj kot polovica otrok, ki so bili izpostavljeni poljem v višini 0,4 μ T ali več, ni živila v neposredni bližini daljnovodov, kablovodov ali transformatorskih postaj. Ta izpostavljenost je bila posledica oskrbe z elektriko v stanovanjih, bodisi zaradi načina ožičenja bodisi zaradi uporabe različnih električnih naprav.

Epidemiološke študije so sicer nakazale vzročno povezavo, vendar pa doslej biološkega mehanizma učinkovanja, ki bi razložil pojav levkemije ali spodbujanje rasti rakavih celic pri otrocih pod vplivom nizkofrekvenčnih magnetnih polj, še ni bilo mogoče potrditi. Brez nedvoumnih dokazov o kancerogenih vplivih pri odraslih ali verodostojnih izsledkov na podlagi eksperimentov na živalih ali izoliranih celicah, epidemiološki dokazi niso dovolj močni, da bi opravičili trden zaključek, da takšna polja povzročajo levkemijo pri otrocih.

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.

Svetovna zdravstvena organizacija poleg tega ugotavlja, da obstaja možnost, da je opažena povezava med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in levkemijo pri otrocih posledica drugih razlogov. Danes namreč še ne poznamo vseh možnih povzročiteljev otroške levkemije. Dejstvo je, da v nobeni od epidemioloških študij, ki kažejo na povezavo med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim elektromagnetnim sevanjem in otroško levkemijo, niso bili sočasno upoštevani bistveni (ne)znani dejavniki tveganja. Nadaljnje epidemiološke raziskave s tega področja je zato potrebno usmeriti v preučevanje problematike identifikacije dejavnikov tveganja ter vplivov izpostavljenosti drugim snovem. Trenutno stališče je, da tudi v primeru obstoja vzročne povezave lahko s povečano izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem razložimo največ 2 % primerov otroške levkemije, kar na populacijski ravni za Slovenijo pomeni praktično zanemarljivo količino (ne več kot en primer na vsakih nekaj let).

Povezava med izpostavljenostjo magnetnim poljem in levkemijo zaradi nedoslednosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in zaradi pomanjkanja podpore drugih potrebnih raziskav (predvsem glede verjetne razlage osnovnih mehanizmov) ne izpolnjuje kriterijev za nedvoumno potrditev vzročne povezave. Zato je potrebno ugotovljeno povezavo med magnetnimi polji in levkemijo razumeti kot zelo šibko. Zaradi navedenih razlogov ICNIRP v svojih smernicah leta 2010 ni izoblikovala mejnih vrednosti, ki bi upoštevale tveganje za pojav otroške levkemije kot posledice izpostavljenosti magnetnim poljem. Kljub temu pa je to možno tveganje potrebno vzeti resno in uvajati ukrepe načela previdnosti (glej poglavje 5).



Slika 22: Skupine, ki jih IARC uporablja za klasifikacijo potencialnih kancerogenih snovi na podlagi objavljenih znanstvenih dokazov.

HIPERSENZITIVNOST

Nekateri posamezniki (ocenjeno na 2-6 % populacije) naj bi bili še posebej občutljivi za izpostavljenost električnim in magnetnim poljem. Pripisujejo jim zbadanje in bolečine v tkivih, glavobole, slabosti, depresije, motnje pri spanju, utrujenost ter celo krče, motnje v koncentraciji ter tesnobo. Eksperimentalne študije na testnih osebah in epidemiološke raziskave kažejo, da se ti posamezniki v natančno nadzorovanih pogojih niso dosledno odzivali na izpostavljenost električnim in magnetnim poljem. Spomin, odzivne sposobnosti in drugi vidiki kognitivnih sposobnosti niso bili prizadeti. Prav tako ni nobenega znanega fizikalnega mehanizma, ki bi opisano preobčutljivost pojasnil. Raziskovanje na tem področju je zelo kompleksno, saj so v možne odzive na električna in magnetna polja vpleteni številni drugi subjektivni odzivi, ki niso neposredno povezani z učinki teh polj. Sama namestitvev daljnovoda lahko zaradi zaskrbljenosti glede možnih učinkov na zdravje povzroči motnje spanja in sicer tudi v primeru, da daljnovod sploh še ni vključen. Prevladujoče znanstveno mnenje, ki ga podpira tudi Svetovna zdravstvena organizacija, je, da na voljo ni znanstveno potrjenih rezultatov raziskav, ki bi potrdili preobčutljivost na električna in magnetna polja in s tem nespecifične simptome.

DRUGA ZDRAVSTVENA TVEGANJA

Mnogo testiranj na prostovoljcih se je usmerilo predvsem na njihov imunski sistem, kri, hormon melatonin ter kardiovaskularni in centralni živčni sistem. Kljub opaženim redkim in prehodnim biološkim učinkom lahko zaključimo, da ne obstaja prepričljiva povezava med nizkofrekvenčnimi polji in škodljivimi vplivi na zdravje pri jakostih, ki so nižje od mednarodno priznanih mejnih vrednosti. Znanstveni dokazi o povezavi med nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in zdravstvenimi težavami, kot so depresija, samomorilnost, reproduktivne in razvojne motnje, vpliv na imunski sistem ter vpliv na nevrološke motnje, so veliko šibkejši kot v primeru otroške levkemije. V nekaterih primerih, npr. pri raku na dojki ali boleznih srca in ožilja, pa obstaja dovolj dokazov, da nizkofrekvenčno magnetno polje nima vpliva na njihov nastanek.

Konsenz stroke je strnjen v izjavi Svetovne zdravstvene organizacije (SZO), ki pravi, da pregled najpomembnejših razpoložljivih znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko magnetna polja negativno vplivala na zdravje ljudi oziroma pri jakostih, ki jih najdemo v bivalnem okolju, povzročala ali pospeševala razvoj raka pri živalih in ljudeh. Številne druge mednarodne organizacije so prišle do enakega zaključka (ICNIRP, IARC).

Znanstveni odbor za novo identificirana zdravstvena tveganja (SCENIHR) v okviru Evropske komisije je na podlagi poglobljene analize obstoječih raziskav ugotovil, da so rezultati raziskav o vplivu magnetnih polj na delovanje in vzdražnost možgan ter obnašanje preveč različni in heterogeni, da bi lahko naredili kakršnekoli zaključke. Obstoječi rezultati raziskav tudi ne kažejo, da bi lahko magnetno polje vplivalo na reproduktivno funkcijo pri človeku.

Kaj je mogoče storiti glede znanstvene negotovosti na podlagi opredelitve IARC, ki EMS uvršča med možne kancerogene za ljudi? SZO priporoča sprejetje znanstveno utemeljenih smernic, kakršne so smernice ICNIRP, za zaščito zdravja ljudi pred znanimi tveganji zaradi nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj. Poleg tega odgovorni organi posameznih držav lahko pretehtajo uporabo prostovoljnih preventivnih ukrepov, s katerimi bi zmanjšali izpostavljenost poljem do tedaj, ko bo znanost sposobna ponuditi natančnejše informacije o možnosti povezave med izpostavljenostjo magnetnim poljem in porastom otroške levkemije.

4. MEJNE VREDNOSTI

Mejne vrednosti so določene zato, da zaradi izpostavljenosti EMS ne pride do kakršnih koli tveganj za zdravje prebivalstva. Temeljijo na trenutnem stanju stroke na tem področju in so določene tako, da za izpostavljenosti, manjše od mejnih vrednosti, ni znanih nobenih škodljivih vplivov na zdravje.

V mednarodnem prostoru je najvišja avtoriteta pri pripravi mejnih vrednosti mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP). ICNIRP redno spremlja vso znanstveno literaturo o izpostavljenosti EMS in jo presoja po znanih in vnaprej določenih strogih kriterijih. Na podlagi presoje znanstvene literature ICNIRP pripravlja predloge za mejne vrednosti za izpostavljenost elektromagnetnim (in tudi optičnim) sevanjem, katerim sledijo številne svetovne organizacije in države. Temeljijo na znanih škodljivih vplivih EMS na človeka, ki so pri nizkih frekvencah povezani predvsem z vzdraženjem živčnih ali mišičnih tkiv. Kot mejno vrednost določajo jakost električnega polja v tkivih, ki lahko povzroči te vplive. Zaradi razlik med ljudmi (starost, velikost, telesni ustroj) so mejne vrednosti določene bistveno nižje od jakosti, pri katerih so bili na podlagi znanstvenih raziskav ugotovljeni znani škodljivi vplivi. Ker je v praksi določanje električnega polja znotraj človeka zahtevno, smernice ICNIRP določajo tudi t.i. izvedene mejne vrednosti. Te mejne vrednosti so pri nizkih frekvencah določene za jakost električnega polja in gostoto magnetnega pretoka izven telesa človeka, ki ju je v praksi precej lažje izmeriti ali izračunati. Upoštevanje izvedenih mejnih vrednosti zagotavlja, da so upoštevane tudi izhodiščne mejne vrednosti in s tem preprečeni vsi znani negativni vplivi na človeka.

Kljub precejšnjemu številu raziskav na tem področju še vedno ne poznamo vseh odgovorov. ICNIRP zato tudi po objavi mejnih vrednosti še naprej spremlja in presoja izvedene raziskave in ob novih spoznanjih ustrezno spremeni mejne vrednosti.

Področje izpostavljenosti EMS v okolju je v Sloveniji zakonsko urejeno od leta 1996, ko je vlada sprejela Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ul.RS 70/1996). Mejne vrednosti v Uredbi so skladne s smernicami ICNIRP ter priporočili Evropskega sveta in temeljijo na znanstveno dokazanih vplivih na ljudi, upoštevajo pa kar 50-kratni varnostni faktor za izpostavljenost prebivalstva. Uredba poleg tega uvaja še dodatni varnostni faktor 10 za bolj občutljiva območja (I. območje varstva pred sevanji). S tem se Slovenija uvršča med države z najstrožjimi zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi v EU.

V I. območje varstva pred sevanji spadajo tista območja, ki so namenjena bivanju, oziroma kjer se prebivalstvo zadržuje dlje časa: stanovanjska območja, območja bolnišnic, zdravilišč, šol, zdravstvenih ustanov in podobno. II. območje varstva pred sevanji predstavlja ostala območja: gozdove, kmetijske površine, transportna in industrijska območja, prometne površine... Za obstoječe vire, to je vire, ki so bili v uporabi že ob uveljavitvi uredbe leta 1996, uredba določa, da se, četudi se nahajajo v I. območju, uporabljajo mejne vrednosti za II. območje.

V Sloveniji tako za jakost električnega polja veljajo za I. območje 10-krat nižje mejne vrednosti, za gostoto magnetnega pretoka pa 20-krat nižje mejne vrednosti od smernic ICNIRP, za II. območje pa za gostoto magnetnega pretoka velja 2-krat nižja vrednost in za jakost električnega polja 2-krat višja vrednost od smernic ICNIRP. Čeprav je zakonodaja v Sloveniji v veljavi že od leta 1996, vidimo, da ni zastarela v smislu slabega ali nezadostnega varovanja prebivalstva pred EMS.

Svetovna zdravstvena organizacija v povezavi z Mednarodno komisijo za varstvo pred neionizirnimi sevanji navaja, da vsi pregledi znanstvenih raziskav jasno kažejo, da sevalne obremenitve, ki so nižje od mednarodnih smernic ICNIRP, ne povzročajo poznanih negativnih vplivov na zdravje.

	mejne vrednosti za	
	električno poljsko jakost E [V/m]	gostoto magnetnega pretoka B [μ T]
Uredba I. območje	500	10
Uredba II. območje	10000	100
Priporočila EU (1999)	5000	100
Smernice ICNIRP (2010)	5000	200

Tabela 4: Mejne vrednosti za električno poljsko jakost in gostoto magnetnega pretoka glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ter smernice ICNIRP za NF EMS.

5. NAČELO PREVIDNOSTI

Kadar obstaja visoka stopnja znanstvene negotovosti o vplivih določenih dejavnikov na človekovo zdravje, je potrebno in smiselno upoštevati načelo previdnosti. Ker bi čakanje na dokončne ugotovitve lahko imelo škodljive posledice, je smiselno ukrepati že ob ugotovljeni znanstveni negotovosti in ne čakati na izsledke znanstvenih raziskav, ki bi neko tveganje potrdili ali ovrgli. Čeprav tudi na področju problematike elektromagnetnih sevanj obstaja določena stopnja znanstvene negotovosti, se Evropska komisija ni odločila, da bi načelo previdnosti neposredno vključila v priporočila o omejevanju izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem z uvedbo strožjih mejnih vrednosti. Ocenila je, da bi bilo to neprimerno, saj ne obstajajo dovolj trdni dokazi o mogočih negativnih učinkih magnetnih polj na zdravje ljudi. Vsakršno bistveno povišanje stroškov zaradi zmanjševanja električnih ali magnetnih polj pod zakonsko določenimi vrednostmi torej ni upravičeno. Kljub temu številne institucije opozarjajo, da je uvajanje načela previdnosti v povezavi z EMS smiselno in preventivno naravnano – vendar opravičljivo le ob ničnih oziroma minimalnih stroških.

V smislu izvajanja ukrepov za zmanjšanje osebne izpostavljenosti ima vsakdo na voljo nekaj preprostih ukrepov, s katerimi lahko vpliva predvsem na tiste vire EMS, ki se nahajajo v njegovi neposredni bližini:

- Izklop električnih naprav, ko jih ne uporabljamo. Naprav ne puščamo v stanju pripravljenosti (Stand by), ampak jih izkjučimo. Ko jih izključimo, se izognemo magnetnemu polju, da bi se izognili tudi električnemu polju, iztaknemo vtičač iz vtičnice.
- Povečanje oddaljenosti od električnih naprav je poceni in učinkovit način zmanjševanja izpostavljenosti. Z večanjem oddaljenosti se tako električno kot tudi magnetno polje hitro manjšata. Oddaljenost lahko povečujemo tako, da električne naprave premaknemo stran od območij, kjer se zadržujemo dlje časa.
- Skrajšanje časa, ko se zadržujemo v bližini električnih naprav.
- Električne naprave, kot so radijske budilke in podobne naprave, naj se nahajajo najmanj en meter stran od postelje.

- Nekatere naprave, kot sta na primer brivski aparat in sušilnik za lase, povzročajo visoke sevalne obremenitve. Narejene so tako, da se uporabljajo neposredno ob telesu; kljub temu je njihov prispevek h celotnim 24-urnim sevalnim obremenitvam majhen, saj jih uporabljamo le kratek čas.
- Čimveč električnih naprav umaknimo iz otroških sob ali jih premaknimo tako, da so kar najbolj oddaljene od mest, kjer se zadržujemo dlje časa.
- Posteljo namestimo stran od električnih naprav in električnih kablov.

UKREPI, POVEZANI Z NAPRAVAMI ZA DISTRIBUCIJO

- Namestitev spalnice v tisti del hiše ali stanovanja, ki je bolj oddaljen od vira (transformatorske postaje, daljnovoda). Ta ukrep se bo najbolj poznal v primeru, ko sta daljnovod ali transformatorska postaja oddaljena le nekaj metrov.
- Mogoči so tudi bolj radikalni ukrepi, ki pa navadno niso smiselni in upravičeni (npr. oklop s posebnimi materiali Mu-metal v obliki plošč).

UKREPI, POVEZANI S HIŠNIMI ELEKTRIČNIMI INŠTALACIJAMI

- Pri izdelavi nove električne napeljave lahko z nekaj preprostimi ukrepi zmanjšamo sevanja, ki jih povzroča električna napeljava. Vnaprej načrtujemo razporeditev prostorov in napeljavo umaknemo stran od predelov, kjer se zadržujemo dlje časa. Električno omarico namestimo na mesto, kjer se ne zadržujemo dlje časa. Električne vode do glavnih porabnikov (bojler, pralni in sušilni stroj, pomivalni stroj, kuhinjska pečica, električna kuhalna plošča) napeljemo stran od predelov, kjer se zadržujemo dlje časa, enako ravnamo tudi z glavnim napajalnim kablom. Vsi razvodi se izvedejo radialno in ne krožno. Fazni vodnik in nični vodnik do enega uporabnika sta vedno speljana skupaj. Poskrbimo, da se v raznih drugih prevodnih strukturah (vodovodna in plinska napeljava, razvod za centralno ogrevanje...) ne ustvarjajo krožne zanke, tudi z vstavljanjem plastičnih oziroma električno neprevodnih odsekov. Takšni ukrepi niso povezani z nobenimi dodatnimi stroški in je njihovo izvajanje ob izdelavi nove napeljave smiselno ter upravičeno.
- Pri izdelavi nove električne napeljave lahko uporabimo posebne materiale, ki ob pravilni izvedbi zmanjšajo izpostavljenost tako električnemu kot tudi magnetnemu polju. Takšna izvedba napeljave je povezana z dodatnimi stroški v višini nekaj 10 odstotkov. Upravičenost takšnega ukrepa je smiselna, če se izvaja nadstandardna gradnja, kjer so tudi različni drugi mogoči dejavniki tveganja zmanjšani na minimalne vrednosti.
- Obstoječo napeljavo je mogoče nadomestiti z novo, pri kateri se upošteva vidik izpostavljenosti poljem, vendar zgolj zaradi izpostavljenosti to ni upravičeno. Če pa je potrebna zamenjava električne napeljave iz drugih razlogov, je ob tem smiselno upoštevati iste ukrepe kot za novo inštalacijo.

6. STALIŠČA KLJUČNIH MEDNARODNIH ORGANIZACIJ GLEDE ZDRAVSTVENIH TVEGANJ

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)

»Najnovejši pregled znanstvene literature o morebitnih škodljivih vplivih na zdravje zaradi izpostavljenosti nizkofrekvenčnim električnim in magnetnim poljem (0 – 300 Hz) je pokazal, da izpostavljenost jakostim, ki so nižje od smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP, 2010), nima ugotovljenih škodljivih posledic za zdravje. Nekatere raziskave pa kažejo na statistično povezavo med magnetnimi polji in otroško levkemijo, medtem ko omenjene povezave ni mogoče potrditi pri odraslih ali z laboratorijskimi raziskavami. Potrebne so dodatne raziskave.«

Znanstveni odbor za novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR), Evropska komisija

»Najnovejše epidemiološke raziskave so konsistentne z obstoječimi odkritji, da lahko dolgotrajna 24–urna izpostavljenost magnetnim poljem med 0,3 in 0,4 μT povzroča tveganje za pojav levkemije pri otrocih. Vendar pa na voljo ni ugotovljenih mehanizmov, ki bi pojasnili te ugotovitve. Jasno pomanjkanje eksperimentalne podpore in pomanjkljivosti epidemioloških študij onemogočajo interpretacije in zaključke o vzročni povezavi med obolenjem in izpostavljenostjo magnetnim poljem.«

Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)

»Razpoložljiva znanstvena dognanja in izsledki, ki preučujejo povezavo med dolgotrajno izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in povečano incidenco otroške levkemije, so nezadostni za izoblikovanje mejnih vrednosti. Še posebej, če povezava ni vzročna, ni mogoče ugotoviti koristi za zdravje z zmanjševanjem izpostavljenosti.«

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC)

»Raziskave so pokazale, da lahko EMS električnih naprav in daljnovodov povzročijo šibke električne tokove, ki stečejo skozi človekovo telo. Ti tokovi so precej šibkejši od naravnih tokov, ki nastajajo v možganih, živcih in srcu in ne predstavljajo tveganja za zdravje. Opravljenih je bilo precej raziskav o vplivih EMS na zdravje ljudi. Nekatere študije so nakazale možnost povezave med izpostavljenostjo magnetnim poljem in otroško levkemijo. Vendar pa se je po natančnejšem vrednotenju raziskav izkazalo, da so rezultati neprepričljivi in povezave zelo šibke.«

Nacionalni agencija za zdravje (HPA), Anglija

»Obstajajo epidemiološke študije, ki kažejo, da je dolgotrajna izpostavljenost magnetnim poljem nad 0,4 μT povezana z manjšim povečanjem nevarnosti levkemije pri otrocih, za kar pa ni ustreznih znanstvenih podlag. Na voljo ni podatkov o kancerogenem vplivu nizkofrekvenčnih magnetnih polj na odrasle. Poleg tega so v praksi takšne ravni izpostavljenosti otrok zelo redke – pod 1% v državah EU.«

Inštitut za neionizirna sevanja (INIS), Slovenija

»Znanstveni izsledki kažejo, da lahko izpostavljenost nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v zelo redkih primerih povzroča otroško levkemijo. Ker pa smo skoraj vsi obdani z električnimi napravami in tako izpostavljeni nizkofrekvenčnim magnetnim poljem, je smiselno upoštevati načelo previdnosti ob minimalnih stroških.«

7. LITERATURA

- Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., Skinner, J., Dockerty, J., Linet, M., McBride, M., Michaelis, J., Olsen, J., H., Tynes, T., Verkasalo, P., K., 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83, 692–698.
- EC: Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary principle. Brussels, 02.02.2000. (glej: europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution.htm)
- 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). *Official Journal of the European Communities* L199 of 30.7.1999, pp. 59-70. (glej: europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/ph_fields_cr_en.pdf)
- Gajšek P (ed): *Daljnovodi in zdravje, zbornik referatov*, INIS, Uprava za varstvo pred sevanji, 2014
- Gajšek P (ed): *Elektromagnetna sevanja - okolje in zdravje*, Projekt Forum EMS; 2005. ISBN 961-238-424-x
- Greenland, S., Sheppard, A., R., Kaune, W., T., Poole, C., Kelsh, M., A., 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood Leukemia-EMF Study Group. Epidemiology* 11, 624–634.
- IARC International Agency for Research on Cancer, IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, vol. 80. Lyon, France: IARC Press, 2002.
- ICNIRP Statement: IARC evaluation of carcinogenic risks to humans from exposures to electric and magnetic fields, 2001, (glej: <http://www.icnirp.org/Explorer/Activities.htm>)
- ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)," *Health Phys.*, vol. 99, no. 6, pp. 818–836, Dec. 2010.
- SCENIHR Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Preliminary opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), European Commission 2013, ISBN 978-92-79-30134-6, 2013
- SCENIHR Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Health Effects of Exposure to EMF, European Commission, 2009
- UNEP/WHO (United Nations Environmental Programme/World Health Organization). Environmental health criteria series, No. 232. Static Fields. Geneva: World Health Organization; 2006.
- UNEP/WHO (United Nations Environmental Programme/World Health Organization). Environmental health criteria series, No. 238. Extremely low frequency fields. Geneva: World Health Organization; 2008.
- Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Uradni list Republike Slovenije, št.70, 5925-5931, leto VI, 6.december, 1996, (glej: www.gov.si/mop)
- WHO Fact sheet No. 296: Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic Hypersensitivity, Geneva: World Health Organization; 2005. (glej: www.who.int/peh-emf)

O BROŠURI

Z izjemno hitrim razvojem novih tehnologij se človekovo naravno in bivalno okolje temeljito spreminjata. Električna je prodrla na vsa področja človekovega življenja, saj stroje in naprave, ki jih poganja, najdemo v industriji, prometu, znanosti in medicini ter seveda tudi v slehernem gospodinjstvu. Jakost umetno ustvarjenih sevanj se v primerjavi z naravnimi sevanji povečuje. Med prebivalstvom je čedalje bolj razširjen tudi strah pred morebitnimi negativnimi vplivi električnih in magnetnih polj omrežne frekvence 50 Hz na zdravje. Razlog zaskrbljenosti ob uporabi elektronskih naprav ter odklonilnih stališč javnosti do umestitve novih virov elektromagnetnih sevanj (daljnovodov, transformatorskih postaj) v prostor je tudi pomanjkljivo obveščanje in pomanjkanje konstruktivnega dialoga.

Namen te brošure je objektivno in nepristransko informiranje o vplivih električnih in magnetnih polj, ki jih povzročajo sistemi za distribucijo električne energije (napetostni nivo do 110 kV) ter primerjava z drugimi viri polj, ki jih najdemo v svojem okolju. Brošura ne obravnava daljnovodov in drugih virov napetostnega nivoja 220 in 400 kV, ki se uporabljajo za prenos električne energije. Vsebina brošure o vplivu nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj na zdravje temelji na ključnih znanstvenih ugotovitvah najpomembnejših organizacij, ki so pristojne za pregled in kritično vrednotenje znanstvene literature, kot so:

- Svetovna zdravstvena organizacija (WHO),
- Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP),
- Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC),
- Znanstveni odbor za novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR) v okviru Evropske komisije.

O PROJEKTU FORUM EMS

Forum EMS je projekt, ki skrbi za objektivno, nepristransko in strokovno podprto komuniciranje o problematiki elektromagnetnih sevanj. Opira se izključno na znanstvene temelje in sledi izhodiščem vodilnih mednarodnih organizacij s področja varovanja zdravja in okolja pred elektromagnetnimi sevanji (EMS). Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. Z omenjenimi dejavnostmi želimo omogočiti in zagotoviti objektivno obveščanje javnosti ter v družbi vzpostaviti stanje, kjer bodo zainteresirani posamezniki in skupine imeli možnost objektivno prepoznati in razumeti možna zdravstvena in okoljska tveganja zaradi EMS. Oblikujemo in posredujemo strokovne argumente, ki omogočajo lažje sporazumevanje javnosti s ponudniki storitev. Višja stopnja razumevanja problematike EMS je tudi za ponudnike storitev dober temelj za prikaz njihove družbene odgovornosti skozi neposredno vključevanje v hitrejše reševanje konkretnih dilem in nesoglasij, ki spremljajo umeščanje virov EMS v prostor.

DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: www.forum-ems.si
Lahko jih prejmete tudi po elektronski pošti, če nam pišete na naslov: info@forum-ems.si
Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS: **telefon (01) 5682732**