

**Sevanje** v vsakdanjem življenju pomeni nekaj zaželenega in nujno potrebnega, večkrat pa nam vzbuja tudi neprijetne občutke. Ko govorimo o sevanju, namreč večinoma pomislimo na sevanje radioaktivnih snovi, mobilnih telefonov ter računalniških in televizijskih zaslonov. Redko pa pomislimo, da smo pri prijetnem poležavanju ob kaminu izpostavljeni tudi naslednjim sevanjem: svetlobi, zvoku in toploti.

Premalo se zavedamo, da **brez sevanja ne bi bilo vesolja\*, zvezd in planetov** ter da je sevanje **normalen del narave in življenja.**

\* Na začetku vesolja, pred 13,7 milijarde let, so z dogodkom, ki mu pravimo veliki pok ali prapok, nastali čas, prostor, energija, sevanje in pozneje snov. Prve tri minute je vesolje napolnjevalo le sevanje v obliki valovanj in hitrih delcev, šele potem so nastala prva atomska jedra in čez nekaj sto tisoč let tudi prvi atomi.

Vsak dan smo izpostavljeni različnim oblikam **naravnega sevanja**.

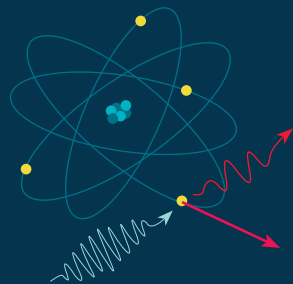
Sevajo Sonce in vsa druga **segreta telesa**. Iz vesolja prihaja **kozmično sevanje**. Izpostavljeni smo tudi sevanju iz zemeljske skorje, ki nastaja ob **razpadih radioaktivnih elementov** v njeni notranjosti.

Z razvojem tehnologije je človek v prostor vnesel tudi številna **umetna sevanja**. Izpostavljeni smo različnim vrstam **elektromagnetnega sevanja (valovanja električnega in magnetnega polja)**, ki ga oddajajo gospodinjstve, industrijske, medicinske in telekomunikacijske naprave ter naprave za proizvodnjo, prenos in uporabo električne energije.

Pri živih bitjih so se z evolucijo razvili mnogi **koristni in za življenje na Zemlji celo nujno potrebni načini izkoriščanja energije**, ki se s sevanjem širi v prostor. Kot primer omenimo izkoriščanje svetlobe za fotosintezo ter številna čutila za zaznavanje **toplote**, različnih vrst **svetlobe** in **zvoka**, kar nam omogoča medsebojno sporazumevanje in spoznavanje okolice.

Danes se veliko govori o **vplivu sevanja na naše zdravje**, pri čemer je veliko neresnic, ki s fizikalno razlago sevanja nimajo nič skupnega. To je posledica nepoznavanja **različnih vrst sevanja in količine energije**, ki se s sevanjem širi skozi prostor. K temu pripomore dejstvo, da za nekatera sevanja nimamo čutil, s katerimi bi jih zaznali.

Kakšen vpliv ima in kako sevanje vpliva na snov, je odvisno od **frekvence in energije valovanja** ali **energije delcev**, ki jih vir oddaja. Če je **energija nosilcev sevanja** dovolj velika, sevanje v snovi iz atomov izbiže elektrone, pri čemer nastanejo ioni. Takšno sevanje zato imenujemo **ionizirajoče sevanje**. Prosti ioni v telesnih celicah lahko pomenijo tveganje za živa bitja. Umetni viri ionizirajočega sevanja so pod nadzorom. Naravnih ionizirajočih sevanj pa nimamo pod nadzorom. Z nekaj truda se pred njimi lahko ustrezno zaščitimo. V vsakdanjem življenju smo izpostavljeni tudi **neionizirajočemu sevanju**, ki nima dovolj energije za nastanek ionov.



DELEC (FOTON) Z DOVOLJ ENERGIJE LAHKO IZ ATOMA IZBIŽE ELEKTRON.



**Sevanje** je širši pojem, ki z eno besedo opisuje pojave, pri katerih viri v obliki



**valovanja**

(valovanje električnih in magnetnih polj, mehanska valovanja) ali



**delcev**

(helijeva jedra, protoni, elektroni ...) **oddajajo energijo v prostor.**

## VRSTE SEVANJ



### ELEKTROMAGNETNO (EM) VALOVANJE

Izvor **elektromagnetnih sevanj** so nabiti delci, ki nihajo. Nihanje nabitih delcev je posledica segrevanja snovi. Vse **segrete snovi** (predmeti v okolici, človek, pečica, Sonce ...) so zato **izvor elektromagnetnega valovanja**. Elektromagnetno valovanje lahko povzročimo tudi z nihanjem elektronov v žici. To se dogaja na primer v **antenah** (radijske, televizijske, mobilne), v **električni napeljavi** in raznih **električnih napravah**. Vse to so **viri** elektromagnetnega valovanja.

Poznamo različne **vrste elektromagnetnega valovanja**, ki se ločijo po **frekvenci** ali **valovni dolžini**.



### MEHANSKO VALOVANJE

Izvor mehanskih sevanj zaniha delce v snovi in s tem povzroči širjenje **mehanskega valovanja** skozi snov. Primer mehanskega valovanja je **zvok**, ki se v obliki zgoščin in razredčin širi skozi snov, kar lahko uporabljamo za sporazumevanje in zaznavanje okolice.

Zvok višjih frekvenc, imenovan **ultrazvok**, pogosto uporabljamo za industrijske in medicinske namene, na primer za zaznavanje objektov, preizkušanje materialov, čiščenje predmetov, pregled mehkih tkiv v medicini ali lokalno gretje bioloških tkiv pri fizioterapiji.



### SEVANJE DELCEV

O **sevanju delcev** govorimo, kadar se energija po prostoru prenaša z **delci** (helijeve jedra, protoni, elektroni ...). Takšen primer je **kozmično sevanje**, ki prihaja iz vesolja. Sevanje delcev je prisotno tudi pri **radioaktivnih razpadih** nestabilnih atomskih jeder, ki jih vsebujejo **radioaktivne snovi**.

**Sevanje delcev** in **ionizirajoče elektromagnetno sevanje** skupaj imenujemo **sevanje radioaktivnih snovi** in spada med **ionizirajoče sevanje**. Povezujemo ga s **procesi v jedrskih elektrarnah**, premalo pa se zavedamo, da je **normalen naravni pojav**. Radioaktivni razpadi potekajo v ozračju, v zemeljski skorji in tudi v našem telesu.

Sevanje nas spremlja  
v številnih vsakodnevni  
situacijah:

1

## SEVANJE V NARAVI

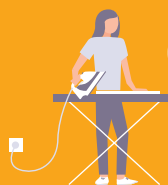
stran 6



2

## SEVANJE GOSPODINJSKIH ELEKTRIČNIH APARATOV

stran 10



4

## SEVANJE DALJNOVODOV

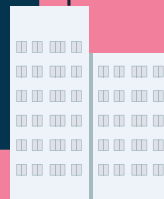
stran 18



3

## SEVANJE IN MOBILNE KOMUNIKACIJE

stran 14



5

## SEVANJE IN JEDRSKE ELEKTRARNE

stran 22



6

## SEVANJE V MEDICINI

stran 26



## 1

## SEVANJE V NARAVI

Sevanje je povsod okoli nas. Prisotno je že od nekdaj in ga poznamo v različnih pojavnih oblikah, na primer kot sončno svetlobo, radijske valove in sevanje radioaktivnih snovi.

Sevanje **prenaša energijo**, ki se iz vira sevanja širi v prostor, njegova **jakost pa se manjša z razdaljo od vira sevanja**. Vire sevanja zaradi lažjega razumevanja ločimo na **naravne in ume-  
tne vire** (tiste, ki jih je ustvaril človek), a z vidika vplivov na naše zdravje je to razlikovanje nepomembno.

Kako in koliko sevanje **vpliva na naše zdravje**, je odvisno od vrste sevanja (neionizirajoče ali ionizirajoče sevanje), od energije nosilcev sevanja (fotonov, elektronov, protonov itd.) in predvsem od prejete doze. Ni pa odvisno od tega, ali prihaja sevanje iz naravnega ali umetnega vira.

## Sevanje naših teles:

- infrardeče sevanje (ker so naša telesa segreta),
- sevanje naravnih radioaktivnih elementov v našem telesu (ki jih v telo vnesemo s hrano in dihanjem) ter
- EM-sevanje (npr. sevanje možganskega valovanja oziroma možganska električna aktivnost, ki jo merimo z elektroencefalografom).

**Kozmično sevanje**  
iz vesolja.



**Vidna svetloba**,  
ki prihaja na  
Zemljo od Sonca  
in od zvezd.



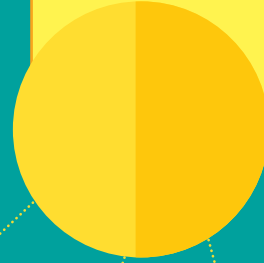
## SEVANJE JE POVSOD OKOLI NAS!

Različne vrste sevanj so sestavni del naravnega okolja, v katerem ljudje živimo že od začetkov svojega obstoja na planetu Zemlja. Naravnim sevanjem smo že od nekdaj izpostavljeni in nanje dobro prilagojeni. Nismo pa prilagojeni na večje presežne vrednosti sevanj.



### Sevanje sonca

v vseh svojih raznolikih pojavnih oblikah že milijarde let odločilno oblikuje in omogoča življenje ter pospešuje njegovo raznovrstnost na našem planetu.



**Infrardeča (IR) svetloba Sonca,** ki jo čutimo kot toploto.

**Ultravijolični (UV) žarki,** ki prihajajo na Zemljo od Sonca.

**Sevanje naravnih radioaktivnih elementov** v zemlji, vodi, hrani in zraku.



## Sonce ima poleg številnih koristnih učinkov (svetloba, toplota, nastanek vitamina D, dobro počutje) tudi škodljive učinke na zdravje.

Sevanja iz naravnih virov je na našem planetu precej več kot tistega iz umetnih virov. Ne glede na to, ali gre za sevanje iz naravnih ali umetnih virov, moramo biti pozorni, kateremu sevanju smo izpostavljeni, ter se ustrezno zaščititi, na primer pred sevanjem UV-žarkov.

Sončnemu sevanju smo izpostavljeni vsi. UV-sevanja, v nasprotju z vidno in infrardečo svetlobo (toploto), večinoma ne zaznavamo s čutili. Čezmerno izpostavljanje UV-žarkom, ne glede na njihov izvor (Sonce ali umetni viri UV-sevanja), lahko povzroči akutne in kronične škodljive učinke na kožo, oči in imunski sistem.

**Veliko ljudi še vedno zmotno misli, da je porjavela polt zdrava in da je dolgotrajno izpostavljanje UV-sevanju koristno za zdravje. Zmotno je tudi mnenje, da je umetno sončenje v solariju varnejše od naravnega.**



### DEJSTVO

Pretirano sončenje povzroča več negativnih učinkov na zdravje, kot je pozitivnih učinkov zaradi pridobivanja vitamina D. Zagorelost zaradi UV-sevanja je znak poškodbe kože. Koža se s tvorbo kožnega barvila brani pred škodljivim delovanjem UV-sevanja, ki lahko poškoduje tudi DNK.

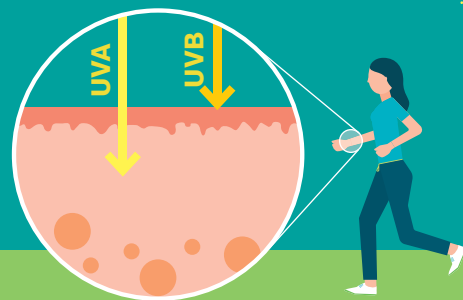
## UVA

**UVA-žarki predstavljajo do 95 odstotkov UV-sevanja, ki doseže Zemljino površje.**

Od UV-žarkov **prodrejo najdlje v kožo**, in sicer v globlje plasti usnjice (dermis).

UVA-žarki prehajajo skozi vodo in navadno steklo.

POVRŠINA KOŽE  
VRHNJICA  
USNJICA  
PODKOŽJE



### MIT



**»Več kot se sončim, več vitamina D dobim. Tako bom bolj zagorela in zdrava.«**





## SONCE – KORISTNO, A TUDI NEVARNO!

Sončeva svetloba je odločilnega pomena za življenje na Zemlji. Če je ne bi bilo, bi bila življenjska okolja verjetno bistveno manj pestra. Vendar je čezmerno izpostavljanje sončnemu UV-sevanju (ali UV-sevanju iz umetnih virov, na primer solariju) škodljivo za zdravje, saj med drugim povzroča nastanek kožnega raka. Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) uvršča UV-sevanje (A-, B- in C-žarki) ter naprave za umetno sončenje (solarije) med rakotvorne snovi prve skupine, kamor med drugim spadata tudi azbest in tobak.

### UVB

UVB-žarki predstavljajo **do 5 odstotkov UV-sevanja, ki doseže Zemljino površje**. V koži prodrejo v vrhnjico (epidermis). Prehajajo skozi vodo, ne prehajajo pa skozi navadno steklo.

### UVC

UVC so UV-žarki **največjih energij**. Absorbirajo se v zgornjih plasteh Zemljinega ozračja in **ne dosežejo površja Zemlje, ker jih zadržijo ozonska plast**. Njihov citotoksični (baktericidni) učinek lahko izkoriščamo na primer za dezinfekcijo vode, zraka in površin (na primer v bazenih, bolnišnicah, zračnih kanalih prezračevalnih naprav in v živilski industriji).

### UV-sevanje in kožni rak

UVA-sevanje pospešeno **stara kožo**, UVB-sevanje pa poleg **zagorelosti in sončnih opeklin** različnih stopenj (rdečina, mehurji) povzroča še **zavoro imunskega sistema** (tj. imunosupresijo). Izpostavljanje UV-sevanju (UVA- in UVB-žarki) je glavni dejavnik tveganja za pojav vseh **vrst kožnega raka**. Številni so tudi drugi vplivi UV-sevanja na kožo. **UV-sevanje solarijev ima enake škodljive vplive na zdravje kot sončno UV-sevanje.**

### Koliko sončenja je zdravo?

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) pravi: ni dvoma, da nam malo izpostavljanja soncu koristi, a za vzdrževanje ustrezne ravni vitamina D v telesu poleti zadostuje že **od 5 do 15 minut** izpostavljanja soncu na sicer že izpostavljenih delih telesa (obraz, dlani, roke) **od dva- do trikrat tedensko.**



#### Kako se lahko zaščitimo?

- Omejimo izpostavljanje soncu med 10. in 16. uro.
- Izberimo primerna oblačila (lahka, gosto tkana, široka, z dolgimi rokavi in hlačnicami) in pokrivalo.
- Oči zaščitimo s sončnimi očali ustrezne kakovosti (CE, UV400) in oblike, ki prepreči dostop žarkov tudi od strani.
- Kot dodatno zaščito uporabimo kakovostne kemične varovalne pripravke (kreme, gele za zaščito pred soncem) s sončnim zaščitnim faktorjem 30 ali več.
- Ne sončimo se namerno in ne uporabljajmo solarijev.

## 2

## SEVANJE GOSPODINJSKIH ELEKTRIČNIH APARATOV

Sodobno življenje je močno odvisno od naprav, ki jih poganja električna energija. Te delujejo le, če so priključene na električne vodnike, ki so pod električno napetostjo in po katerih teče električni tok. Zato se okoli vodnikov in naprav ustvari električno in magnetno polje. Današnja tehnologija omogoča delovanje naprav tudi brez neposredne fizične povezave z omrežjem. Ob tem izkoriščamo prenos energije na napravo prek valovanja magnetnega polja izvirne naprave.

Gospodinjska opravila danes v razvitem svetu **namesto ljudi praviloma opravljajo električne naprave** za ogrevanje, pralni in pomivalni stroji, štedilniki, mikrovalovne pečice, sesalniki ter drugi **gospodinjski električni aparati in orodja**.

### Električni aparati ter električna in magnetna polja

Okoli električnih naprav, skozi katere teče izmenični tok, se oblikujejo časovno spremenljiva električna in magnetna polja. Ta 50 Hz valovanja EM-polj (oziroma EM-sevanja) delujejo lokalno, največje vrednosti pa dosegajo na površini naprave.

Vrednosti polj so odvisne od zgradbe naprave, izolacije vodnikov in materialov v napravi. Z razdaljo od naprave vrednosti polj vedno hitro upadajo.

Pri uporabi električnih naprav smo torej redno izpostavljeni EM-sevanjem, a praviloma je izpostavljen le manjši del našega telesa, vezan na uporabo teh naprav, in še to le krajši čas. Dlje kot je naprava od nas, manj smo izpostavljeni sevanju.

**Vrednosti električnih in magnetnih polj**, ki se oblikujejo okrog gospodinjskih električnih naprav, **se precej razlikujejo**, in to celo med napravami, ki so si med seboj podobne. Ključnega pomena sta zasnova naprave in naša oddaljenost od nje.



### Kaj se skriva za vtičnico?

Za **vtičnico** v zidu so **električni vodniki**. Ti so do vtičnice napeljeni od hišnih ali etažnih **razdelilnikov**. V razdelilniku in zunanji priključni omarici so nameščene varovalke, zaščitna stikala in števec porabe električne energije. Temu sistemu rečemo **hišna električna napeljava** (ali po domače **električna inštalacija**). Hišna napeljava je z vidika porabnikov le zadnji del poti električne energije, ki prihaja v naše domove po daljnovodih od elektrarn.





## ELEKTRIČNI APARATI ODDAJAJO RAZNOLIKA EM-SEVANJA

Hišna električna napeljava in gospodinjiski aparati ter druge naprave, ki za svoje delovanje potrebujejo električno energijo, so viri **elektromagnetnega valovanja** (sevanja) z omrežno frekvenco (50 Hz), kadar so pod napetostjo in po njih teče električni tok. Pri teh frekvencah električnega in magnetnega polja običajno ne obravnavamo neodvisno kot elektromagnetno valovanje, temveč govorimo o **nizkofrekvenčnih valovanjih električnih in magnetnih polj**.


Glede na namen svojega delovanja gospodinjiski aparati oddajajo še **druge vrste sevanja**:




Wi-fi oddajniki oddajajo **visokofrekvenčno elektromagnetno valovanje** (GHz) z namenom brezžičnega komuniciranja med napravami.


Mikrovalovna pečica je vir **mikrovalov**, ki jih uporabljamo za segrevanje hrane.



Indukcijska grelna plošča oddaja magnetno polje frekvenc nekaj 10 kHz, s katerim inducira tok v posodi. Posoda se segreje.



Televizor je vir sevanja **vidne svetlobe**, zvočniki hi-fi-sistema oddajajo v prostor **mehansko valovanje (zvok)**.



Glavni vir električnega in magnetnega polja v hiši ni električna napeljava, ampak so to gospodinjiski aparati, predvsem tisti, s katerimi smo med njihovo uporabo v neposrednem stiku (na primer sušilnik za lase, brivnik).



## Naša izpostavljenost električnemu in magnetnemu polju zaradi delovanja gospodinjskih električnih aparatov je praviloma kratkotrajna, zmanjšamo jo lahko tudi z oddaljenostjo od njih.

Vrednosti polj, ki jih ustvarijo ti umetni viri, so ob uporabi naprav na ustrezni razdalji v mnogih primerih manjše od vrednosti naravnih električnih in magnetnih polj, ki so nenehno prisotna okoli nas. Opravljene raziskave na zdravih prostovoljcih kažejo, da izpostavljenost poljem šibkih jakosti v okolju ali doma ne povzroča zaznavnih škodljivih vplivov na zdravje.

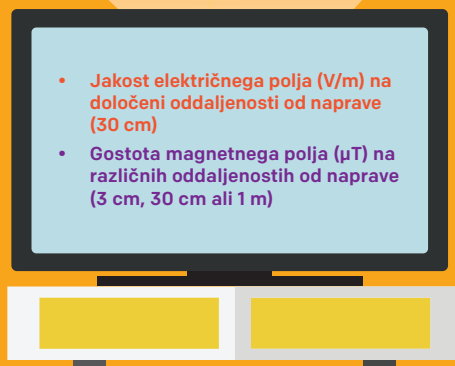
Mejne vrednosti izpostavljenosti EM-sevanju so določene zato, da ne pride do kakršnihkoli tveganj za zdravje prebivalstva. Za opredelitev mejnih vrednosti ni bistveno, ali smo izpostavljeni električnim oziroma magnetnim poljem v naravi ali sevanju umetnih virov.

Nekateri ljudje menijo, da so »elektrosenzibilni« - preobčutljivi na električna in magnetna polja, ki se oblikujejo okoli umetnih virov, kot so wi-fi sistemi in drugi gospodinjski električni aparati ter hišna električna napeljava. Prepričani so, da je ta »elektrosmog« kriv za njihovo slabo počutje ali zdravstvene težave.

**S strahom pred sevanji iz umetnih virov je povezana ponudba izdelkov na trgu, kot so »detektorji elektrosmoga«, s katerimi naj bi lahko »natančno izmerili nevarna umetna EM-sevanja«, ki izvirajo iz različnih električnih aparatov.**

## VREDNOSTI EM-POLJ Z ODDALJENOSTJO OD APARATOV HITRO UPADAJO

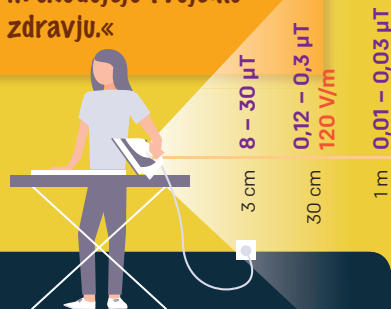
1 m	0,01 – 0,15 $\mu$ T
30 cm	0,4 – 2 $\mu$ T 60 V/m
3 cm	2,5 – 50 $\mu$ T



MIT



»Z detektorjem lahko izmeriš vsa škodljiva sevanja, ki prihajajo iz električnih naprav in škodujejo tvojemu zdravju.«



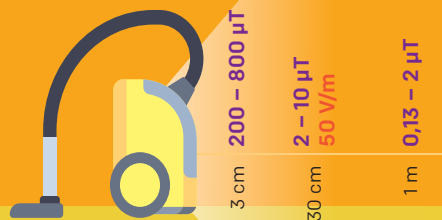
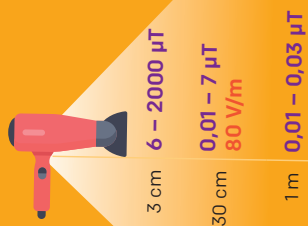
### DEJSTVO

Detektorji običajno zaznavajo le sevanje v določenem frekvenčnem območju (ponavadi 50 Hz). Povezava zaznanih sevanj s škodljivimi učinki na zdravje ni dokazana.

MEJNA VREDNOST v bivalnem območju	JAKOSTI ELEKTRIČNEGA POLJA
slovenska zakonodaja*	<b>500 V/m</b>
priporočila ICNIRP	<b>5.000 V/m</b>

MEJNA VREDNOST v bivalnem območju	GOSTOTE MAGNETNEGA POLJA
slovenska zakonodaja*	<b>10 <math>\mu</math>T</b>
priporočila ICNIRP	<b>200 <math>\mu</math>T</b>

\* velja za nove vire in za prva območja varstva pred sevanjem



**100 V/m** tipična vrednost električne poljske jakosti (statično polje) **na zemeljskem površju ob lepem vremenu**, vrednost z višino pada.

**50.000 V/m** tipična vrednost (red velikosti) električne poljske jakosti **ob udaru strele** (na razdalji 10 m od strele).

**20  $\mu$ T-60  $\mu$ T** gostota **naravnega magnetnega polja Zemlje** (v Sloveniji okoli 47  $\mu$ T).

**1.500.000  $\mu$ T** gostota magnetnega polja ob pregledu z **magnetno resonanco (MRI)**.

## Kaj pravzaprav zaznavajo detektorji elektrosmoga?

Tovrstni izdelki naj bi zaznavali elektromagnetna valovanja in sevanja pri nekaterih izbranih frekvencah ali v določenem frekvenčnem pasu. Običajno **zaznavajo EM-sevanja različnih frekvenc**. Vendar ponavadi **ni jasno, kaj (in v katerih enotah) zaznajo**. Ali zaznajo:

- prejeta energijo EM-sevanja,
- gostoto magnetnega polja,
- jakost električnega polja,
- trenutno moč valovanja ... ali kaj drugega?

Ali pa zaznajo naravno ozadje EM-sevanja (tako imenovani beli šum), ki je prisoten povsod?

Možnosti je več, zato se je treba pred morebitnim nakupom detektorja prepričati, kaj (in v katerih enotah) takšna naprava zaznava. To velja še posebej zato, ker nekateri od naštetih parametrov ne vplivajo na zdravje ali okolje.

## Zaznano ni nujno nevarno

Dejstvo je, da so sevanja povsod okoli nas. Če »nekaj« zaznamo, še **ne pomeni, da je to nujno tudi nevarno** in da je naše zdravje ogroženo. Pomeni le, da so okoli nas viri sevanja, ki jih z našimi čutili ne zaznavamo.

## Učinek je odvisen od vrste in jakosti EM-sevanj oziroma valovanj EM-polj

Pri zaznavanju sevanj, za katera nimamo čutil, je še posebej pomembno **vedeti, kaj in koliko smo zaznali ter rezultat znati razložiti - interpretirati** (na primer v primerjavi z drugimi podobnimi vrednostmi sevanja, ki smo jim izpostavljeni v drugih prostorih ali okoliščinah).

Predvsem pa je pomembno zavedanje, da so **učinki sevanja na človeka in živa bitja odvisni od vrste in jakosti sevanja ter časa izpostavljenosti**, ne pa od tega, ali prihaja sevanje iz umetnih ali naravnih virov.

## 3

# SEVANJE IN MOBILNE KOMUNIKACIJE

**Napredne telekomunikacijske naprave, kot so mobilni telefoni in bazne postaje, so pomemben del našega vsakodnevnega komuniciranja. So viri visokofrekvenčnega neionizirajočega EM-sevanja.**

Osnovni deli omrežja mobilne telefonije so mobilni telefon, bazna postaja in osrednji del omrežja, katerega naloge so posredovanje klicev, prenos podatkov, zagotavljanje varnosti in zaračunavanje. **Vira visokofrekvenčnega EM-sevanja sta mobilni telefon in bazna postaja**, prek katere se vzpostavi povezava mobilnega telefona z omrežjem. Da bi povsod zagotovili dober sprejem, potrebujemo dovolj baznih postaj glede na število uporabnikov mobilne telefonije.

**Mobilni telefoni so radijski oddajniki z majhno močjo:**

Izhodna moč mobilnega telefona je **med 1 in 2 W (vata)**. To je med **500- in 1000-krat manj od moči mikrovalovne pečice** ter med **10 in 20-krat več od wi-fi naprav**.

**Ko sevanje naleti na oviro ...**

Sevanja mobilnih telefonov in baznih postaj **oslabijo, če naletijo na oviro** (na primer stavbo, hrib ali človeško telo). Ob tem oviri oddajo energijo, čemur rečemo **absorpcija**. Ko sevanje zadene ob oviro, se del sevanja odbije, del pa absorbira. Energija sevanja, ki se v snovi absorbira, se sprosti v obliki toplote in povzroči segrevanje snovi.

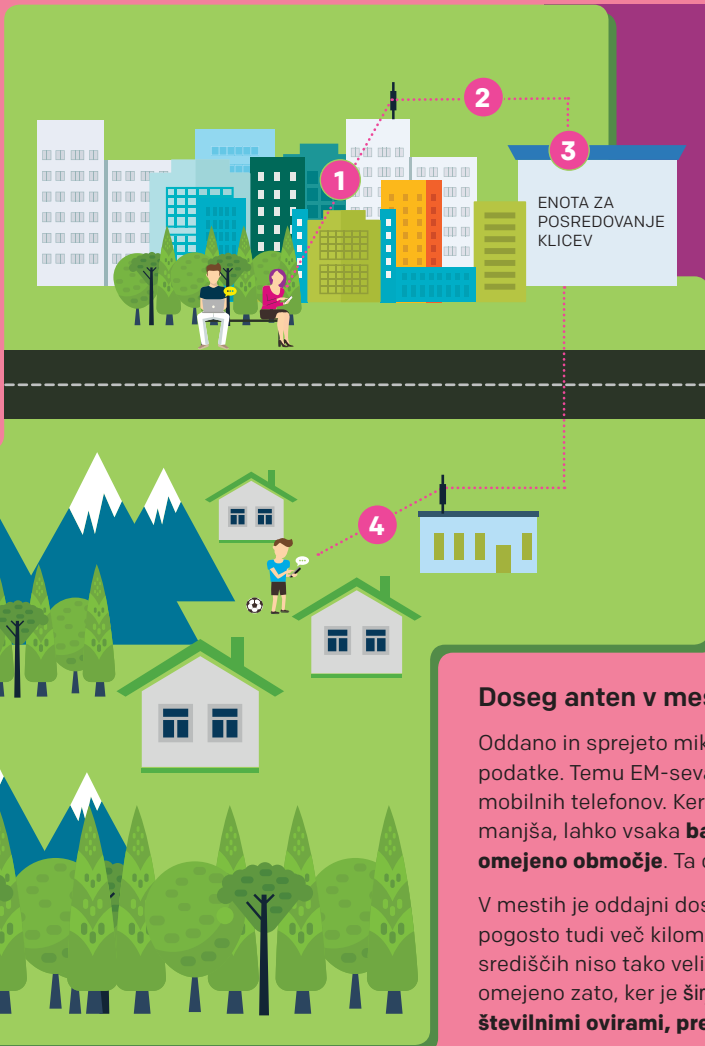
**Bazna postaja in sevanje:  
»učinek svetilnika«**

Bazna postaja mobilne telefonije vsebuje **več anten**, ki oddajajo in sprejemajo visokofrekvenčna EM-sevanja. Antene so usmerjene v različne smeri in pokrivajo različna območja, **visokofrekvenčna EM-sevanja pa oddajajo v snopu**, podobno kot svetilniki. Zato pri sevanju baznih postaj govorimo o »učinku svetilnika«, kar pomeni, da sevanja v »senci« pod anteno ni. Visokofrekvenčna EM-sevanja se zaradi bolj vodoravnega pokrivanja od baznih postaj širijo **z rahlim nagibom navzdol, zato neposredno pod anteno niso močna**.



## MOBILNI TELEFONI SO VIR VISOKOFREKVENČNEGA EM-SEVANJA

Mobilni telefoni oddajajo in sprejemajo **visokofrekvenčno EM-sevanje v območju mikrovalov**. Med uporabo se navadno neposredno dotikajo ušesa ali glave. **Izhodno moč telefona** navadno določa **razdalja med bazno postajo in mobilnim telefonom**: večja kot je ta razdalja oziroma hitreje, kot se (v primeru podatkovnega prenosa) podatki prenašajo, večja je potrebna izhodna moč mobilnega telefona, da lahko komuniciramo na daljavo.



### Štirje koraki vzpostavitve mobilne komunikacije

- 1 **Vključen mobilni telefon** se s pomočjo oddajanja visokofrekvenčnega EM-sevanja **poveže z anteno bazne postaje** z najmočnejšim signalom. Po pritisku tipke za klicanje **antena sprejme signale** našega (oddajnega) mobilnega telefona.
- 2 Signale po kabelski povezavi **posreduje do enote za posredovanje klicev**.
- 3 Ta enota klic **posreduje do bazne postaje**, ki je nazadnje zaznala (sprejemni) mobilni telefon.
- 4 Iz te bazne postaje **potuje signal do sprejemnega mobilnega telefona spet brezžično**. Tako se vzpostavi **povezava med mobilnima telefonoma**, ki njunima uporabnikoma omogoča pogovor.

### Doseg anten v mestu in na podeželju

Oddano in sprejeto mikrovalovno EM-sevanje prenaša mobilni govor ali podatke. Temu EM-sevanju pravimo signal, potreben pa je za delovanje mobilnih telefonov. Ker se jakost sevanja z razdaljo od antene hitro manjša, lahko vsaka **bazna postaja pokriva le določeno krajevno omejeno območje**. Ta območja imenujemo celice.

V mestih je oddajni doseg anten le nekaj sto metrov, na podeželju pa pogosto tudi več kilometrov (oddajne moči baznih postaj v mestnih središčih niso tako velike kot na podeželju). Območje je v mestih bolj omejeno zato, ker je širjenje **EM-sevanja poleg razdalje omejeno tudi s številnimi ovirami, predvsem stavbami**.

## Mobilni telefoni za prenos govora in podatkov oddajajo EM-sevanje. Del tega sevanja se absorbira tudi v človeškem telesu.

Naprave za mobilno komunikacijo zaradi vedno novih informacijsko-komunikacijskih storitev uporabljamo vse pogosteje in/ali dlje, poleg tega na globalni ravni narašča število uporabnikov mobilne telefonije. Zaradi povečane uporabe omrežja mobilne telefonije moramo postavljati vedno nove bazne postaje. S tem pa se večja tudi naša izpostavljenost visokofrekvenčnemu EM-sevanju.

Med uporabniki mobilnih telefonov se pogosto pojavljajo napačna razumevanja glede tega, kako lahko zmanjšamo svojo izpostavljenost sevanju zaradi uporabe mobilnih telefonov.

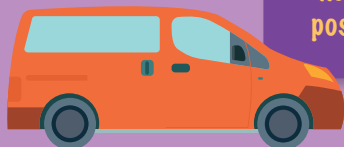
**Zmotno je prepričanje, da je sevanje baznih postaj nevarnejše od sevanja mobilnih telefonov in da je z vidika izpostavljenosti sevanju varnejša uporaba mobilnih telefonov na večji razdalji od bazne postaje.**



MIT







»Te kmalu pokličem nazaj, ko bom v avtu ... Da se vsaj malo zaščitim pred sevanjem mobilnega telefona in bazne postaje, blizu katere stojim.«



DEJSTVO

Bližje kot smo bazni postaji, manj oddajne moči potrebuje mobilni telefon za vzpostavitev in vzdrževanje zveze. Med takim pogovorom prejmemo torej manj sevanja, kot če govorimo s telefonom ob ušesu na lokaciji s šibkim signalom (na primer daleč od bazne postaje, v betonski zgradbi in podobno).



kakovost signala	stopnja SAR
 NI SIGNALA	NI SEVANJA
 SLAB SIGNAL	VISOKA DO 1,4 W/kg
 SREDNJI SIGNAL	SREDNJA DO 1 W/kg
 DOBER SIGNAL	MAJHNA DO 0,1 W/kg

## SLABŠI KOT JE SIGNAL, MOČNEJŠE JE SEVANJE

Kakovost signala mobilne telefonije je običajno slabša na hribovitem terenu, v velikih, visokih zgradbah, npr. takih z betonskimi ali kovinskimi stenami, termoizolacijskimi stekli, v predorih in na območjih, ki so gosto pokrita z gozdom.

Na takih lokacijah mora **mobilni telefon delovati z večjo (polno) oddajno močjo, da vzpostavi dobro povezavo z bazno postajo.**

### SAR – kaj je to?

Ko uporabljamo mobilni telefon, nastane okrog naše glave, ušesa in roke območje sevanja. SAR pomeni **stopnjo specifične absorpcije** in nam pove, **koliko energije sprejme naše telo ob izpostavljenosti sevanju v določenem času**. SAR merimo v vatih na kilogram telesne teže. Tako lahko proučujemo termične biološke učinke visokofrekvenčnih neionizirajočih sevanj.

### Vrednosti SAR se močno razlikujejo

Vrednosti SAR se med mobilnimi telefoni precej razlikujejo, **tudi do desetkrat**. Mejna vrednost SAR, ki velja v Evropi, je **2 W/kg**. To pomeni, da morajo na evropskem trgu **vsi mobilni telefoni ustrezati tej mejni vrednosti**. Pri tem je treba upoštevati, da je med telefoniranjem dejanska vrednost SAR skoraj vedno precej manjša od vrednosti SAR, navedene za posamezni mobilni telefon (navedena je namreč vrednost SAR, ko telefon oddaja z največjo možno močjo).

### Kdaj mobilni telefon najbolj seva?

Mobilni telefon (velja za GSM) **deluje z največjo oddajno močjo, ko vzpostavlja zvezo**, in sicer prvih pet sekund po pritisku tipke 'Kliči'. Po tem pa moč, če smo blizu bazne postaje, pade tudi na le tisočinko začetne vrednosti. Če želimo zmanjšati izpostavljenost sevanju, ga takrat držimo stran od glave; k ušesu ga položimo šele, ko je zveza vzpostavljena.

### Mobilni telefoni in zdravje

Pri raziskovanju vplivov sevanja mobilnih telefonov na zdravje imajo znanstveniki **premalo znanstvenih razlag in dokazov** o tem, kako bi lahko visokofrekvenčno EM-sevanje vplivalo na zdravje, na primer na nastanek rakavih obolenj. **Energija sevanja, ki ga oddajajo mobilni telefoni, je namreč premajhna, da bi razbila kemične vezi med molekulami in poškodovala DNK**, kar je običajen potek za nastanek raka. Sevanje mobilnih telefonov sodi med neionizirajoča sevanja. Poleg tega EM-sevanja v telesu izginejo takoj, ko izključimo vir sevanja.



Spletno mesto, kjer lahko preverite SAR svojih telefonov:  
**[www.inis.si/index.php?id=38](http://www.inis.si/index.php?id=38)**.



## 4

SEVANJE  
DALJNOVODOV

Po daljnovodih prenašamo električno energijo od elektrarn v naše domove, tovarne, šole, bolnišnice in druge ustanove. Daljnovodi in drugi elementi elektroenergetskega omrežja so vir nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj, ki se raztezajo v okolico.

Električna energija potuje od elektrarne do našega doma najprej po **(visokonapetostnem) prenosnem**, nato pa po **(srednje- in nizkonapetostnem) distribucijskem omrežju**. Glavni elementi elektroenergetskega omrežja so **(nadzemni) daljnovodi**, **(podzemni) kablovodi** ter **razdelilne transformatorske postaje (RTP)** in **transformatorske postaje (TP)**. Omrežje naprav za prenos in distribucijo električne energije je obsežno, saj morajo biti električni vodi napeljani v prav vsako stavbo, kjer želimo uporabljati električno energijo.

## Električno in magnetno polje

Daljnovodi, ki so razporejeni po Sloveniji, z električno energijo zanesljivo in nenehno oskrbujejo naša gospodinjstva, tovarne, šole, bolnišnice, pisarne in druge porabnike. Kadar je daljnovod pod **napetostjo**, se v njegovi okolici vzpostavi **električno polje**, ki je **pogojeno z razporeditvijo električnega naboja na vodnikih**. Ko pa po daljnovodu teče **električni tok**, se zaradi gibanja naboja okoli vodnikov daljnovoda vzpostavi še **magnetno polje**.



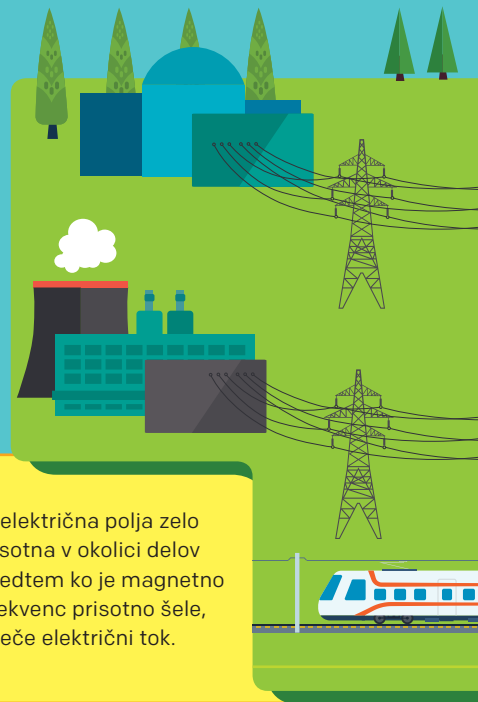
Pri daljnovodih so električna polja zelo nizkih frekvenc prisotna v okolici delov pod napetostjo, medtem ko je magnetno polje zelo nizkih frekvenc prisotno šele, ko po daljnovodu teče električni tok.



## Zemljino magnetno polje

Magnetna polja, ki nastanejo kot posledica prenosa električne energije v naše domove, imajo na ustrezni oddaljenosti **vsaj nekajkrat manjšo gostoto magnetnega polja, kot jo ima naravno, Zemljino magnetno polje**.

Zemljino magnetno polje je statično. Polje naprav in porabnikov v električnem omrežju pa se spreminja s frekvenco 50 Hz. Vendar se v telesu, ki se premika po konstantnem magnetnem polju Zemlje, inducira podobna napetost kot v telesu, ki je v spreminjajočem magnetnem polju.

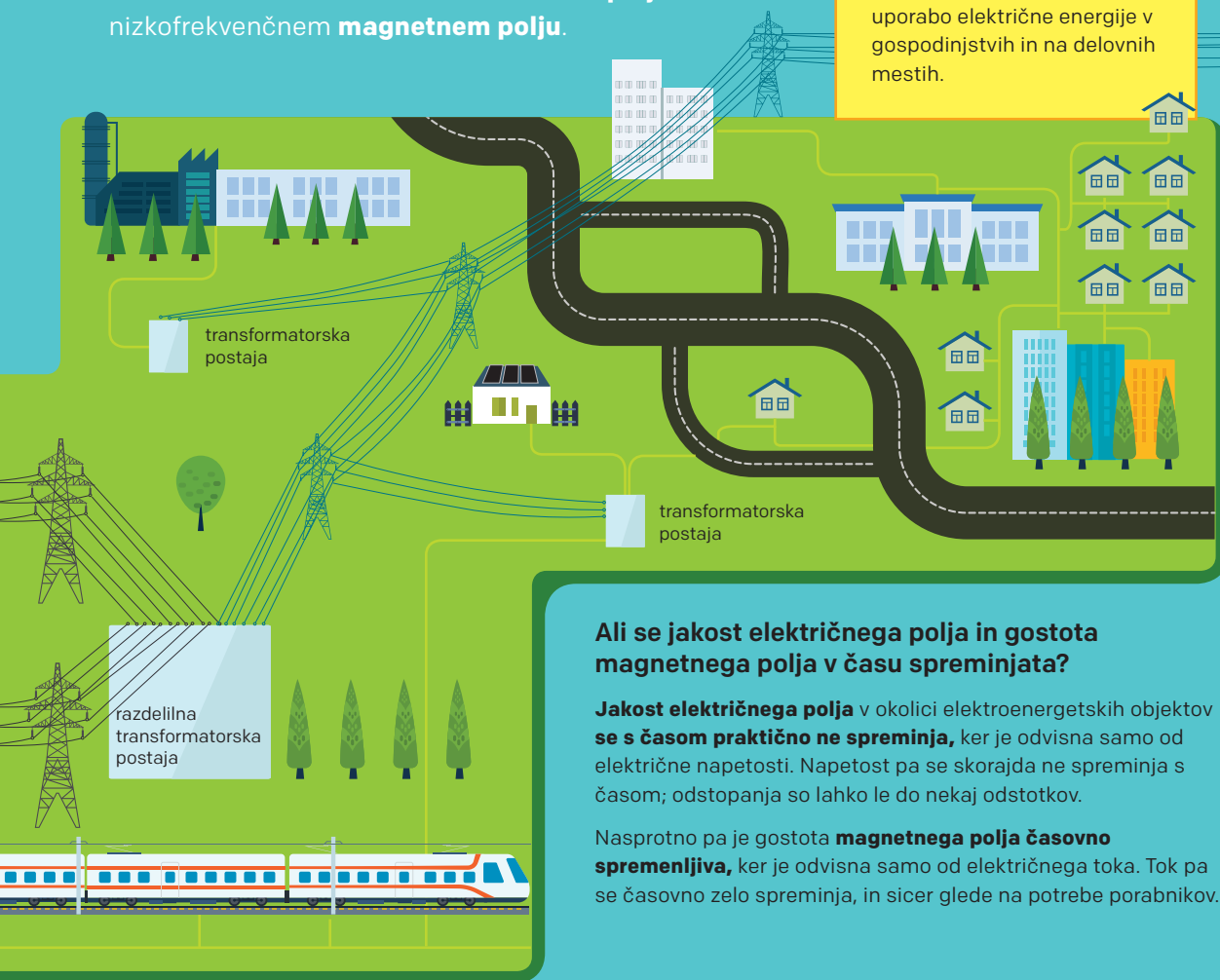


## DALJNOVODI SO VIR ELEKTRIČNIH IN MAGNETNIH POLJ

Naprave elektroenergetskega omrežja so viri **elektromagnetnega valovanja** z omrežno frekvenco (50 Hz), kadar so pod napetostjo in po njih teče električni tok. Gre za **neionizirajoče** elektromagnetno sevanje **zelo nizkih frekvenc**. Pri teh frekvencah električnega in magnetnega polja običajno ne obravnavamo soodvisno kot elektromagnetno valovanje, temveč govorimo ločeno o nizkofrekvenčnem **električnem polju** in nizkofrekvenčnem **magnetnem polju**.



Visokonapetostna omrežja omogočajo prenos na večje razdalje. Prek sredjenapetostnih omrežij povezujejo nizkonapetostna omrežja, ki omogočajo uporabo električne energije v gospodinjstvih in na delovnih mestih.



### Ali se jakost električnega polja in gostota magnetnega polja v času spreminjata?

**Jakost električnega polja** v okolici elektroenergetskih objektov **se s časom praktično ne spreminja**, ker je odvisna samo od električne napetosti. Napetost pa se skorajda ne spreminja s časom; odstopanja so lahko le do nekaj odstotkov.

Nasprotno pa je gostota **magnetnega polja časovno spremljiva**, ker je odvisna samo od električnega toka. Tok pa se časovno zelo spreminja, in sicer glede na potrebe porabnikov.

## Daljnovodi so vir nizkofrekvenčnih električnih in magnetnih polj. Vendar jakost električnega polja in gostota magnetnega polja z oddaljenostjo od daljnovoda zelo hitro upadata.

Izmerjene vrednosti električnih in magnetnih polj daljnovodov so za splošno prebivalstvo v bivanjskih okoljih, kot so stanovanjska območja, območja šol, zdravstvenih ustanov in podobno, pod strogimi mejnimi vrednostmi, ki so določene v predpisih. Te obremenitve so v bivanjskih okoljih tudi manjše od vrednosti polj iz naravnih virov. Koliko manjše so, pa je odvisno predvsem od naše oddaljenosti od daljnovodov.

Med ljudmi, ki živijo v bližini obstoječih ali načrtovanih daljnovodov, se pogosto pojavlja strah, da daljnovod škodljivo vpliva na njihovo zdravje, čeprav so od daljnovodov ustrezno oddaljeni.

**Čeprav za to ni znanstvenih dokazov, menijo, da daljnovodi tudi v bivanjskih okoljih, ki so ustrezno oddaljena od daljnovodov, povzročajo prevelika električna in magnetna polja, ki jim ljudje sicer (če ne bi živeli v bližini daljnovodov) ne bi bili izpostavljeni.**

### Mejne vrednosti so stroge ...

Mejne vrednosti E- in M-polj so določene zato, da zaradi izpostavljenosti tem poljem **ne pride do kakršnihkoli tveganj za zdravje prebivalstva**. Določene so zelo strogo – precej strožje od tistih, pri katerih so bili na podlagi znanstvenih raziskav doslej ugotovljeni škodljivi vplivi. Svetovna zdravstvena organizacija zato poudarja, da **sevalne obremenitve, ki so manjše od mednarodnih smernic ICNIRP, ne povzročajo znanih negativnih vplivov na zdravje**.

### ... v Sloveniji pa še strožje

V Sloveniji so mejne vrednosti določene v uredbi. **Za nove vire sevanj** na bolj občutljivih, bivanjskih območjih pa postavljajo **še strožje mejne vrednosti** z dodatnim večkratnim faktorjem previdnosti glede na smernice ICNIRP.

MIT



»Daljnovodi so nevarni. Ustvarijo namreč močna umetna polja, ki segajo daleč v okolico in jih naše telo sicer ni vajeno.«



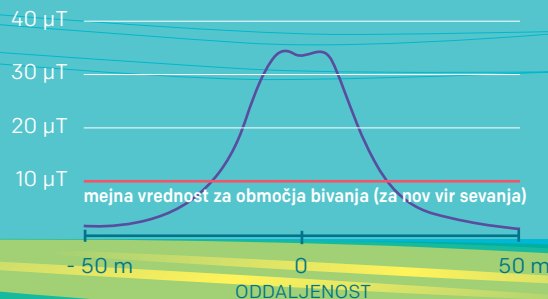
### DEJSTVO

Električno in magnetno polje, ki se oblikujeta kot posledica delovanja daljnovodov in v katerem se v ustrezno oddaljenem bivanjskem okolju znajde človek, sta šibkejša (jakost električnega polja in gostota magnetnega polja) kot polja iz drugih virov, ki smo jim vsakodnevno izpostavljeni, na primer naravnemu Zemljinemu magnetnemu polju. Seveda je Zemljino magnetno polje statično, polja pod daljnovodi pa so izmenična.

## MEJNE VREDNOSTI ELEKTRIČNIH IN MAGNETNIH POLJ DALJNOVODOV

MEJNE VREDNOSTI	JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA	GOSTOTA MAGNETNEGA POLJA
slovenska uredba (za območje bivanja - novi vir)	500 v/m	10 $\mu\text{T}$
slovenska uredba (za nebivalna območja - obstoječi vir)	10.000 v/m	100 $\mu\text{T}$
priporočila EU (1999)	5.000 v/m	100 $\mu\text{T}$
smernica ICNIRP (2010)	5.000 v/m	200 $\mu\text{T}$

Izmerjene vrednosti električnega in magnetnega polja v neposredni bližini ter v bivanjskih in drugih okoljih ob daljnovodih ob upoštevanju oddaljenosti in glede na tip daljnovoda so **precej manjše od predpisanih mejnih vrednosti**.



### Kje daljnovod najbolj seva?

Vrednosti električnega in magnetnega polja upadajo z razdaljo od vodnika. **Največjim vrednostim smo izpostavljeni neposredno pod daljnovodom, kjer so vodniki najnižje, nato pa te vrednosti hitro upadajo na obe strani od osi voda.**

### Naša telesa so naravno »električna«

V našem telesu je **naravno nenehno prisotno električno polje** kot posledica delovanja nekaterih organov, na primer našega srca, možganov, živcev in mišic. To električno polje **ima višjo jakost** kot tisto, ki se oblikuje kot posledica delovanja daljnovoda in smo mu izpostavljeni v bivanjskem okolju na ustrezni oddaljenosti.

Poleg tega naše telo dobro prevaja električni tok (**ljudje smo električni prevodniki**) in zato zunanja električna polja vanj težko prodrejo.



### TIPIČNE GOSTOTE MAGNETNEGA POLJA OKOLI NAS:



**0,2  $\mu\text{T}$**   
električni tok po žicah  
v našem domu



**2  $\mu\text{T}$**   
delovanje daljnovoda na  
oddaljenosti 40 metrov



**20-60  $\mu\text{T}$**   
gostota Zemljinega  
statičnega magnetnega polja

## 5

SEVANJE IN  
JEDRSKE  
ELEKTRARNE

**Sevanje je prisotno v okolici vsake elektrarne (npr. hidroelektrarne, termoelektrarne na premog, plinske, sončne, vetrne in jedrske elektrarne). Posebnost jedrske elektrarne je, da je s sevanjem zelo povezan tudi proces proizvodnje električne energije.**

V jedrski elektrarni je s sevanjem povezano dogajanje v **jedrskem reaktorju**, kjer zaradi cepitve atomskih jeder in posledičnega sevanja **nastaja toplota**. Jedrski reaktor je zelo močan vir ionizirajočega sevanja.

### Jedrska elektrarna in sevanje

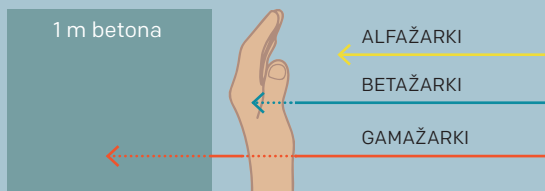
**Jedrski reaktor je vir ionizirajočega sevanja**, ki je posledica cepitve jeder in nestabilnosti tako nastalih radioaktivnih atomov. Ti atomi pri cepitvi oddajajo presežek energije ter tako s časom postajajo stabilnejši.

Zaradi sevanja nevtronov znotraj jedrskega reaktorja postanejo elementi primarnega hladilnega kroga radioaktivni. Tudi **hladilna voda v primarnem krogu** vsebuje radioaktivne produkte. Obsevano jedrsko gorivo, deli sredice reaktorja in elementi primarnega hladilnega kroga so viri radioaktivnega sevanja, torej so **vir sevanja žarkov alfa, beta in gama ter nevtronskega sevanja**.

Sevanje **gama** je elektromagnetno valovanje **zelo visokih frekvenc in energij**. Narava žarkov gama je podobna rentgenskemu sevanju, vendar ima še višjo frekvenco in energijo.

### Kako deluje jedrska elektrarna?

V jedrski elektrarni nastaja toplota iz energije, ki se sprosti pri cepitvi jeder v **jedrskem reaktorju**. Ta toplota greje vodo v **primarnem sistemu** jedrske elektrarne. Primarna voda v **uparjalniku** prek notranje stene uparjalnika prenaša toploto na **sekundarno stran**. Tam se voda sekundarnega sistema zaradi nižjega tlaka upari. Primarna in sekundarna voda se ne mešata, sta fizično ločeni. Med njima se prenaša le toplota, potrebna za proizvodnjo pare. Para poganja **turbino**. Naloga turbine je, da iz toplote (pare) proizvaja mehansko energijo (rotacija). To energijo **generator** pretvori v električno energijo. **Terciarni krog** odvaja odpadno toploto iz turbine v reko ali hladilni stolp. Tako iz jedrske energije proizvedemo električno energijo.



Sevanji beta in alfa sta **sevanji delcev visokih energij**. Sevanje **beta** so hitri **elektroni**, sevanja **alfa** pa **helijeva jedra**, ki jih oddajajo radioaktivni atomi pri svojem razpadu in tako oddajajo energijo v prostor. Med sevanja delcev spadajo tudi zelo prodorna nevtronska in nevtrinska sevanja.

## JEDRSKI REAKTOR JE VIR IONIZIRAJOČEGA SEVANJA

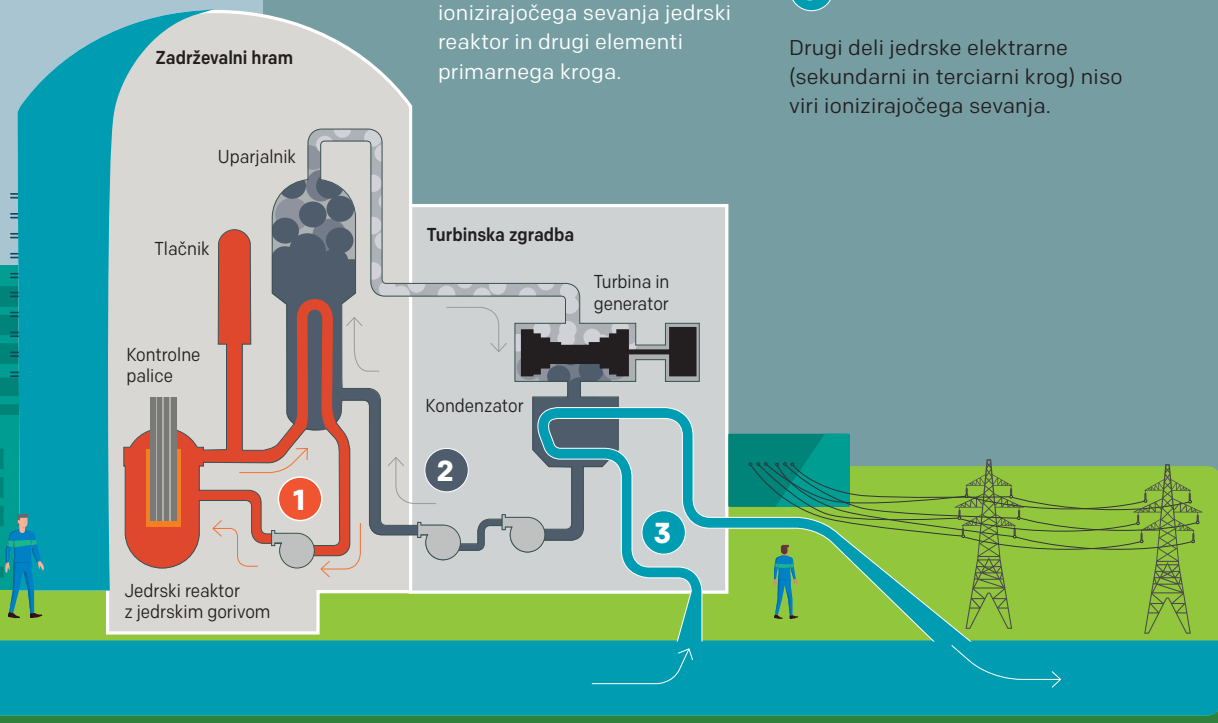
### 1 PRIMARNI KROG

V jedrski elektrarni so vir ionizirajočega sevanja jedrski reaktor in drugi elementi primarnega kroga.

### 2 SEKUNDARNI KROG

### 3 TERCIARNI KROG

Drugi deli jedrske elektrarne (sekundarni in terciarni krog) niso viri ionizirajočega sevanja.



## Varstvo pred sevanji

Zaradi posebnosti postopka proizvodnje električne energije iz jedrske energije je v jedrski elektrarni izjemno pomembno področje varstva pred sevanji. Naloga varstva pred sevanji je **ljudi in okolje zaščititi pred negativnimi učinki ionizirajočega sevanja**.

Postopki varstva pred sevanji temeljijo na izogibanju izpostavljenosti oziroma povečanju razdalje od vira sevanja ter skrajšanju časa izpostavljenosti in uporabi zaščitnih sredstev.

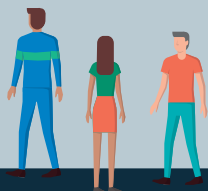
Naloga varstva pred sevanji je tudi **nadzor izpostavljenosti delavcev** ionizirajočemu sevanju, **preprečevanje širjenja virov sevanja** ter **izvajanje meritev**:

- v delovnem okolju,
- koncentracij radioaktivnosti v izpuštih v zrak in vodo (t. i. meritve efluentov) ter
- v okolici jedrske elektrarne.

## V vsakdanjem življenju smo izpostavljeni različnim naravnim in umetnim virom ionizirajočega sevanja. K povprečni letni dozi sevanja vsakega prebivalca Zemlje največ prispevajo naravni viri, med njimi radon, in uporaba sevanja v medicini.

Kljub znanim in jasnim podatkom o dozah sevanj iz naravnih in umetnih virov ter o razmerju med njimi se v javnosti pogosto pojavljajo znanstveno neutemeljene percepcije tveganj, povezane s posameznimi viri sevanja. To lahko vodi v neutemeljen strah pred določenimi sevanji oziroma tehnologijami, iz katerih izvirajo. Mednje spada tudi jedrska energija oziroma jedrske tehnologije.

**Nekateri verjamejo oziroma se bojijo, da ljudje, ki živijo v bližini obratujočih jedrskih elektrarn, prejmejo precej večjo dozo sevanja kot preostali prebivalci in so zato bolj izpostavljeni zdravstvenim tveganjem.**



»Že 20 let dela v jedrski elektrarni. Prejel je ogromno sevanja.«



Prebivalci, ki bi živeli tik ob ograji jedrske elektrarne ali drugih jedrskih objektov, kot so na primer skladišča ali odlagališča radioaktivnih odpadkov, prejmejo dodatno iz teh virov manj kot 0,01 % letne doze naravnega ozadja/sevanja.

(Vir: Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2015)

To je približno:

- **5-krat manj**, kot jo prejmemo npr. pri **rentgenskem panoramskem slikanju zob** (0,005 mSv),
- **40-krat manj**, kot jo prejmemo **med povratnim poletom iz Evrope v ZDA in nazaj** (0,04 mSv),
- **enaka doza**, kot jo prejmemo, če **pojemo deset banan** (0,001 mSv),
- **desettisočkrat manj**, kot jo prejmemo v **enem letu zaradi sevanja iz naravnega okolja**.



MIT



MEDICINA  
Življenje v neposredni bližini JE Krško  
**0,01 %**  
**21 %**

UMETNI VIRI SEVANJA

### DEJSTVO

Po več kot pol stoletja delovanja jedrskih elektrarn po vsem svetu, ki ga spremlja skrbno izvajanje radioloških monitoringov in medicinskih raziskav, ni znanstvenih dokazov o povezavi med normalno delujočimi jedrskimi elektrarnami (vključno z aktivnostmi, povezanimi z ravnanjem z radioaktivnimi odpadki) in negativnimi vplivi na zdravje okoliškega prebivalstva ali zaposlenih.

Sevanju izpostavljeni delavec v NEK med njenim normalnim obratovanjem in vzdrževanjem prejme povprečno letno dozo 0,65 mSv/leto. Povprečna letna doza, ki jo prejmejo piloti, znaša 1,45 mSv/leto. Povprečna letna doza turističnih vodičev v naših kraških jamah pa celo 5,1 mSv/leto.



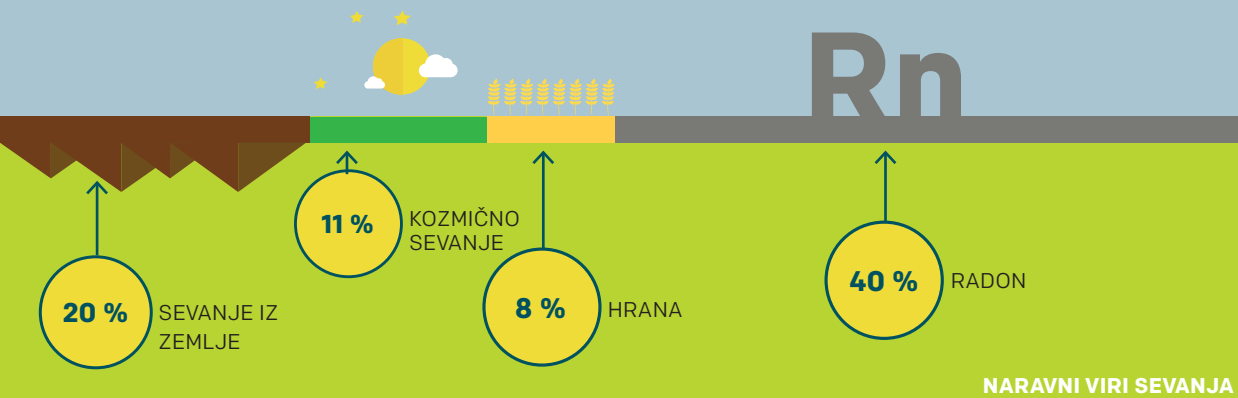


## PRETEŽNI DEL IONIZIRAJOČEGA SEVANJA PREJMEMO IZ NARAVNIH VIROV

**Pretežni del (več kot tri četrtine) ionizirajočega sevanja**, ki smo mu izpostavljeni v vsakdanjem življenju, je **iz naravnih virov**. Drugi, **manjši del pa izvira iz umetnih, od človeka ustvarjenih virov**. Med njimi največ sevanja izvira iz medicinskih virov (radiološka diagnostika in terapij).

MEJNA VREDNOST	EFEKTIVNA DOZA
slovenska uredba za posameznike	<b>1 mSv/leto</b>
slovenska uredba za izpostavljene delavce	<b>20 mSv/leto</b>
smernice ICRP (2007) za posameznike	<b>1 mSv/leto</b> <i>(izjemoma je dovoljena višja doza, vendar povprečje v petih letih ne sme preseči 1 mSv/leto)</i>
smernice ICRP (2007) za izpostavljene delavce	<b>20 mSv</b> <i>povprečno v petih letih, a ne več kot 50 mSv v enem letu</i>

Mejne vrednosti izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju so v Sloveniji določene z uredbo in so skladne s smernicami ICRP (Mednarodna komisija za varstvo pred sevanji).



### Prispevek vseh jedrskih dejavnosti: bistveno manj kot 1 % celotne doze

Čeprav v jedrskih elektrarnah proizvedemo pomemben delež električne energije (37 % v Sloveniji, 11 % na svetovni ravni), so **sevalne obremenitve, ki izvirajo iz jedrskih elektrarn, minimalne in zelo strogo regulirane**. Z vidika doze sevanja, ki jo prejmemo, je ta vir tako rekoč neznamen.

Ionizirajoča sevanja, ki izhajajo **iz celotnega jedrskega gorivnega kroga** (izkop urana,

priprava jedrskega goriva, proizvodnja električne energije, ravnanje z radioaktivnimi odpadki, predelava izrabljenega goriva itd.) **in iz poklicne izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju** (v različnih poklicih v energetiki, medicini, raziskavah in industriji), **jedrskih raziskav in vseh dosedanjih jedrskih nesreč**, prispevajo v skupni kolač povprečne letne izpostavljenosti **manj kot 1 % celotne doze, ki jo prejme prebivalec Slovenije**.

## 6

SEVANJE V  
MEDICINI

V medicini koristno uporabljamo različne vrste sevanj v diagnostične in terapevtske namene, torej za ugotavljanje, spremljanje in zdravljenje bolezni.

Uporabljamo **neionizirajoča in ionizirajoča EM-sevanja**. Pogosta pa je tudi uporaba ultrazvoka, s katerim dobimo vpogled v notranjost mehkih tkiv, njegovo delovanje pa temelji na zvočnem, torej **mehanskem, in ne elektromagnetnem valovanju**.

### Rentgensko slikanje

Med najpogostejšimi postopki uporabe sevanja v medicini je **rentgensko slikanje**. Pri tem slikanju uporabimo rentgenske žarke. To je **elektromagnetno sevanje z visoko energijo**, ki spada v ionizirajoči del EM-spektra. **Rentgenski žarki** so proizvedeni v tako imenovani **rentgenski cevi**, ki ne vsebuje radioaktivnih snovi. To cev napaja elektrika, zato **lahko sevanje vključimo in izključimo s stikalom**, enako kot luč.

Rentgensko (RTG) sevanje (rentgenske ali x-žarke) uporabljamo **predvsem v diagnostične namene**, to je za ugotavljanje skeletnih in drugih poškodb ter bolezenskih sprememb v notranjosti telesa. Snop rentgenskih žarkov ob prehodu skozi telo oziroma njegova tkiva in organe različno oslabi, saj v njih odloži del svoje energije. Detektor zazna te spremembe in jih prikaže na zaslonu oziroma filmu kot različne stopnje sivin (od črne do bele). Različna tkiva namreč bodisi zelo (kostne in poapnele strukture), srednje (mišice, maščobna tkiva) ali slabo (zrak) oslabijo, to je absorbirajo rentgenske žarke.

### Nuklearna medicinska slikovna diagnostika – scintigrafija

V nuklearni medicini pri scintigrafiji **sevanje izhaja iz preiskovanega organa**. Nuklearna diagnostična slika v primerjavi z RTG-/CT-sliko prikaže obliko in zgradbo organa manj natančno; njena prednost pa je prikaz funkcionalnosti (delovanja) organa.

V nuklearni medicini uporabljamo radioaktivne snovi **za diagnosticiranje in zdravljenje različnih bolezni**. Preiskovanec prejme z injekcijo v žilo **radiofarmak**, na katerega je kemično vezan radioaktivni izotop. Za preiskave različnih organov so na voljo različni radiofarmaki, ki **se kopičijo v preiskovanem organu** (na primer v okostju, ščitnici, slinavki, pljučih, ledvicah, mehurju, dojki ...) oz. se prek njega izločajo iz telesa.



Sevanje UV-C žarkov in gamažarkov uporabljamo v medicini tudi za sterilizacijo kirurških instrumentov in nekaterih zdravil. Dovolj dolga izpostavljenost močnemu sevanju uniči mikroorganizme, bakterije in viruse.



## UPORABA IONIZIRAJOČEGA SEVANJA V MEDICINI

Ionizirajoče sevanje uporabljamo v medicini za rentgensko (RTG) in CT-slikanje, v obsevalni (radiacijski) terapiji in nuklearni medicini.

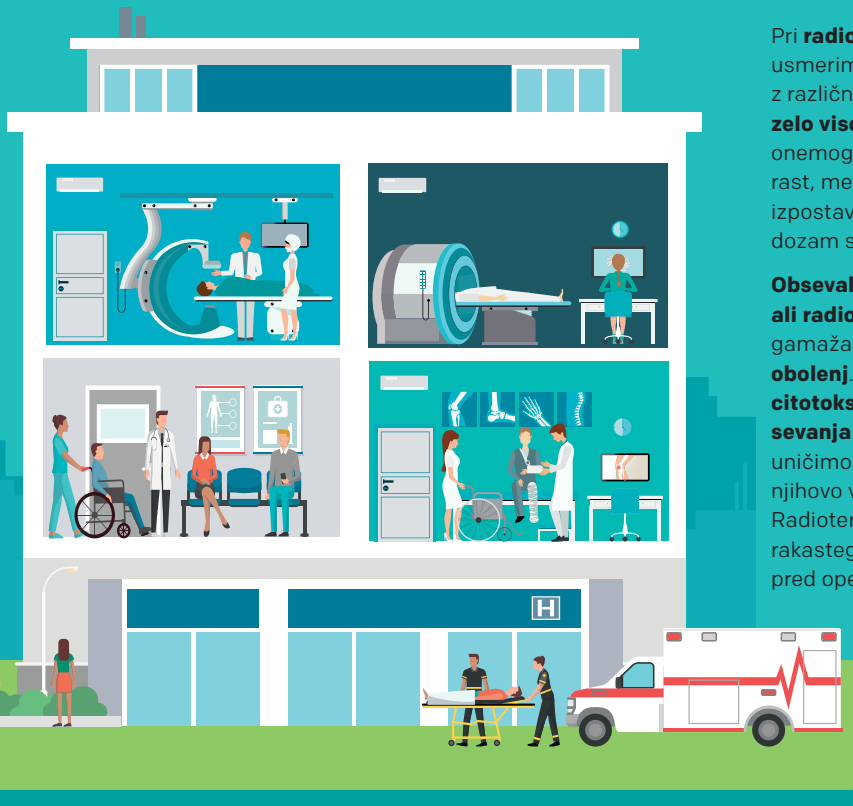
Neionizirajoče sevanje pa pri:

- magnetni resonanci (mikrovalovna diagnostika),
- infrardeči (IR) terapiji ter
- laserski kirurgiji in terapiji (uporaba vidne svetlobe).

### Obsevalna (radiacijska) terapija

Pri **radioterapiji** v tumor natančno usmerimo **ozek žarek sevanja**, izmenično z različnih strani. Tako **prejme tumor zelo visoko dozo sevanja**, kar lahko onemogoči ali upočasni njegovo nadaljnjo rast, medtem pa je zdravo tkivo v okolici izpostavljeno praviloma precej manjšim dozam sevanja.

**Obsevalna (radiacijska) terapija ali radioterapija** je uporaba sevanja gamažarkov **za zdravljenje rakastih obolenj**. Zdravljenje temelji na **citotoksični lastnosti ionizirajočega sevanja**: z močnim sevanjem lahko uničimo rakaste celice, zmanjšamo njihovo velikost ali omilimo bolečino. Radioterapija včasih nadomesti operacijo rakastega tumorja. Včasih jo izvajamo pred operacijo, včasih pa po njej.



### CT-slikanje

V sodobni medicini so rentgenske (RTG) naprave povezane z računalniki – to so naprave za t. i. **računalniško tomografijo (CT)**.

S CT-napravami (skenerji) zdravniki pridobijo trirazsežnostne slike, ki prikazujejo obliko in druge podrobnosti stanja notranjih organov. Tako lahko locirajo in prepoznajo tumorje, njihove velikosti ter stanje notranjih organov.

## Z diagnostičnimi in terapevtskimi postopki v medicini, ki temeljijo na uporabi sevanj, dosegamo pomembne pozitivne učinke za zdravje in s tem za kakovost življenja. To velja tudi za postopke, pri katerih uporabimo ionizirajoče sevanje.

Uporaba ionizirajočega sevanja v medicini je sicer povezana tudi s prejemom dodatne doze sevanja v bolnikovem zdravem tkivu, kar lahko vpliva na verjetnost za stranske učinke. Zato so ti postopki podvrženi natančno določenim protokolom. Njihov namen je, da bolnik prejme kar se da majhno dozo sevanja, s katero je še mogoče doseči koristi za zdravje.

Med uporabniki radioloških diagnostičnih in terapevtskih storitev v medicini se pogosto pojavlja jo s sevanjem povezane želje ali strahovi, ki niso skladni s stališči medicinske znanosti.

Nekateri, ki so zdravi, si **želijo** opraviti diagnostične storitve, povezane s sevanjem, čeprav za to ni medicinske utemeljitve. Napačno mislijo, da bodo tako dobili potrditev, da nimajo raka ali druge bolezni.

Na drugi strani pa so bolniki, ki kljub zdravnikovi napotitvi **ne želijo** na diagnostične ali terapevtske postopke, povezane s sevanjem. Bojijo se namreč dodatne doze sevanja, ki je po njihovem mnenju (pre)velika, ali pa se neutemeljeno bojijo vpliva sevanja na njihovo zdravje ali počutje.

## PRIMERJAVA PREJETIH DOZ SEVANJA IZ MEDICINE Z DOZAMI SEVANJA IZ DRUGIH VIROV:

**Dozo**, prejeto med **RTG-slikanjem pljuč**, lahko primerjamo s tisto, ki jo prejmemo med **poletom z letalom** ali nekajdnevnim bivanjem v krajih s povečanim sevanjem iz naravnih virov.



**Doza**, prejeta med **CT-preiskavo celotnega telesa**, je lahko **nekajkratnik letne doze sevanja iz naravnega ozadja** (odvisno seveda od tega, na katerem delu planeta živimo).



MIT



»Zdravnik, mi lahko opravite CT-preiskavo celotnega telesa? Sicer se povsem dobro počutim, a rada bi, da mi s preiskavo zagotovo potrdite, da nimam raka.«



MIT



»Zobnemu rentgenu bi se najraje izognil, bojim se namreč, da bi zaradi velike doze sevanja namesto zobobola dobil raka.«



## DEJSTVO

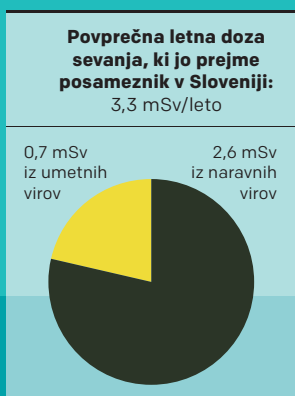
Doze, ki jih prejme bolnik med radiološkimi diagnostičnimi ali terapevtskimi medicinskimi postopki, sicer niso zanemarljive, zato jih po nepotrebem ne opravljamo.



## SEVANJE V MEDICINI: KORISTI PRETEHTAJO TVEGANJA

Zdravnik nam predpiše radiološke diagnostične in terapevtske postopke le, kadar koristi tega postopka pretehtajo z njim povezana tveganja oziroma možno škodo. Vsekakor je sevanje eno temeljnih orodij, brez katerega si sodobne medicinske diagnostike in zdravljenja ne moremo več predstavljati.

### DOZE SEVANJA, KI JIH PREJME NAŠE TELO (v mSv, milisivertih)



**Letališki varnostni skener**  
0,0001

**Medcelinski polet z letalom (6 ur)**  
0,02

**Kajenje (škatlica na dan, leto dni)**  
0,36



**Astronavt med daljšim bivanjem na vesoljski postaji**  
72

**RTG slikanje kosti okončin**  
0,001

**Zobni RTG**  
0,005

**RTG prsnega koša**  
0,1

**Mamogram**  
0,4

**RTG trebušne votline**  
0,7

**CT posnetek glave**  
2

**CT posnetek prsnega koša**  
7

**CT posnetek medenice**  
10

Kolikšno dozo sevanja prejmemo, je zelo odvisno od vrste preiskave ali terapije. V večini primerov, ko gre za manjše posege, lahko doze sevanja v medicini primerjamo z dozami, ki jih prejmemo v vsakdanjem življenju, na primer zaradi naravnega ozadja ali poleta z letalom.

## NARAVNA RADIOAKTIVNOST (SEVANJE IZ NARAVNIH VIROV) OKOLI NAS

Okoli nas (v zemlji, vodi in zraku) so od nekdaj prisotni številni naravni elementi – radioaktivni izotopi. Z dihanjem in s hrano ti elementi vstopajo v naše telo in se vgradijo v naše celice. Kateri so ti elementi, od kod prihajajo in kje so? V glavnem jih lahko razdelimo v tri skupine.

**Radioaktivni elementi, ki so prisotni na Zemlji že od njenega nastanka oziroma od nastanka našega osončja,** imajo zelo dolge razpolovne dobe, zato od takrat še niso vsi razpadli. To so predvsem uran (U-238, U-235), torij (Th-232) in kalij (K-40). So v kamninah in zemlji.

**Naravni izotopi, ki stalno nastajajo kot posledice jedrskih reakcij v naši atmosferi.** Zgornjo plast naše atmosfere namreč nenehno obstreljujejo delci kozmičnega sevanja, ki vstopajo v zrak z veliko energije. V tem procesu trkajo z atomi zraka in pri tem nastajajo tudi radioaktivni izotopi (tako imenovani kozmogenični radioaktivni izotopi). To so ogljik (C-14), tritij (H-3) in berilij (Be-7). So predvsem v zraku in vodi.



**Vsebnosti posameznih naravnih radioaktivnih izotopov** so različne v različnih snoveh, merimo pa jih v Bq (bekerelih).



odrasla oseba  
(povprečno 70 kg)  
**7.000 Bq**



1 kg opeke  
**800 Bq**

**Radioaktivni potomci izotopov urana (U) in torija (Th),** torej radioaktivni elementi iz dveh uranovih ali iz torijeve razpadne verige. Mednje štejemo radij (Ra) in polonij (Po). Najdemo jih v bližini kamnin, kjer sta uran in torij. Ker je med njimi tudi zlahka plin radon (Rn), so tudi v zraku in na delcih prahu okoli nas.

Vsebina:

**prof. dr. Marko Marhl**

Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta

**doc. dr. Tomaž Žagar**

ARAO in Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko

**doc. dr. Vladimir Grubelnik**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

**mag. Mojca Drevenšek**

Consensus Komunikacije za odgovorno družbo

Uredila:

**Mojca Drevenšek in Tomaž Žagar**

Lektura: Špela Vidmar

Oblikovanje: KOFEIN dizajn

Naklada: 5.000

Tisk: Schwarz Print, d.o.o.

Izdajatelj: EN-LITE, Društvo za spodbujanje energetske pismenosti

**Mozirje, april 2017**

Za strokovni pregled se zahvaljujemo sodelavcem projekta EN-LITE:

**prof. dr. Alenka Gaberščik**

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta;  
za pregled sklopa Sevanje v naravi

**doc. dr. Peter Kitak**

Univerza v Mariboru, FERI, Inštitut za močnostno elektrotehniko; za pregled sklopa Sevanje gospodinjskih električnih aparatov

**mag. Andrej Štern**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za telekomunikacije; za pregled sklopa Sevanje in mobilne komunikacije

**mag. Aleš Kregar in Minče Mandelj**

ELES, d. o. o.; za pregled sklopa Sevanje daljnovodov

**Matjaž Žvar**

NEK, d. o. o.; za pregled sklopa Sevanje in jedrske elektrarne

**doc. dr. Marko Jevšek, spec. radiolog**

UKC Maribor in Univerza v Mariboru, Medicinska fakulteta;  
za pregled sklopa Sevanje v medicini

---

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

537.531

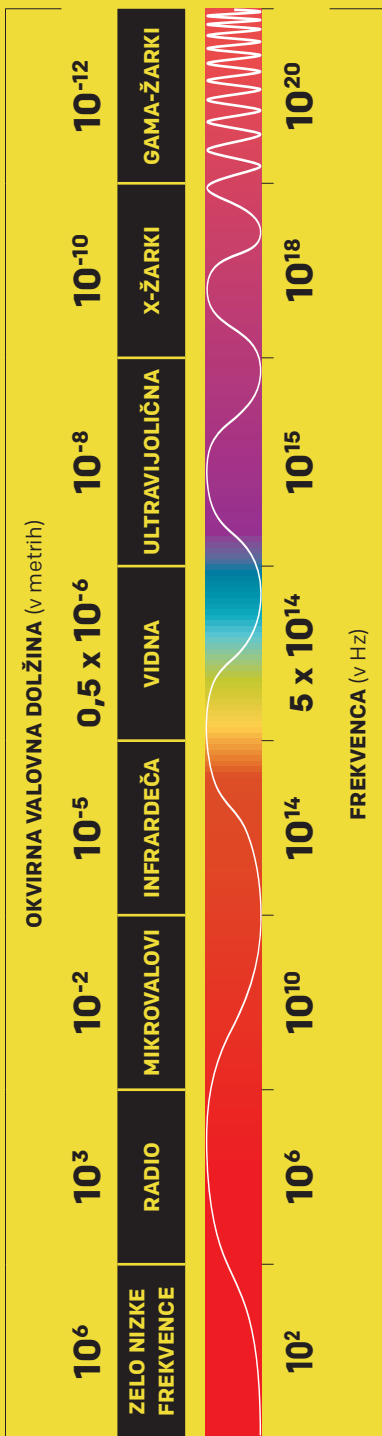
621.039.58

ENERGIJA, sevanje, življenje : dejstva in miti o sevanju v vsakdanjem življenju / [uredila Mojca Drevenšek in Tomaž Žagar]. - Mozirje : EN-LITE, Društvo za spodbujanje energetske pismenosti, 2017

ISBN 978-961-94213-0-7

1. Drevenšek, Mojca

289861888



Spekter prikazuje ELEKTROMAGNETNO SEVANJE, nista pa v njem zajeta MEHANSKO VALOVANJE in SEVANJE DELCEV.

## SPEKTER ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA

Poznamo **različne vrste elektromagnetnega valovanja**, ki jih ločimo po **frekveni** ali **valovni dolžini**. Elektromagnetna valovanja obsegajo zelo širok razpon frekvenc:

- od ekstremno nizkih frekvenc, kot je frekvenca delovanja elektroenergetskega sistema (50 Hz, to je 50 nihajev v sekundi), kjer sevanje že prehaja v počasi valujoča polja;
- prek več milijard milijonov nihajev v sekundi ( $10^{15}$  Hz in več) pri ultravijolični svetlobi;
- do frekvence prek  $10^{21}$  Hz pri gamažarkih.

Za različne dele spektra elektromagnetnega **sevanja**, ki imajo različne frekvence in valovne dolžine, uporabljamo različna imena. Pri izredno nizkih frekvencah in pri radijskih frekvencah (skrajno levi del spektra) pogosteje uporabljamo izraz **valovanje**. Pri srednjem delu spektra uporabljamo izraz **svetloba**, pri višjih frekvencah pa običajno govorimo o **žarkih**.

### Ali ljudje vidimo oziroma čutimo valovanja in sevanja?

Večinoma ne. Čutila imamo razvita samo za vidno svetlobo in za IR-valovanje (toplota), za druge vrste EM-valovanja pa ne. To seveda ne pomeni, da sevanja ne vplivajo na nas; pomeni pa, da **jih z lastnimi čutili večinoma nismo sposobni zaznati**.



## KRATICE IZ SPEKTRA EM-VALOVANJA

<b>ELF</b>	(angl. extremely low frequency) – zelo nizke frekvence ali zelo dolgi valovi (valovanje s frekvenco 50 Hz, valovna dolžina v km)
<b>RF</b>	(angl. radio frequency) radijski valovi (valovanje v območju MHz, valovna dolžina v m)
<b>WI-FI</b>	EM-valovanja v območju mikrovalov, ki se uporabljajo za WLAN (wireless LAN) (valovanje v območju GHz, valovne dolžine v cm)
<b>IR</b>	infrardeča svetloba (valovne dolžine, daljše od 700 nm)
<b>vidna svetloba</b>	svetloba valovnih dolžin od 700 do 380 nm
<b>UV</b>	ultravijolična svetloba
<b>UVA</b>	(A iz angl. »aging«, staranje): UV-žarki najdaljših valovnih dolžin (380–315 nm)
<b>UVB</b>	(B iz angl. »burning«, opekline): UV-žarki srednjih valovnih dolžin (315–280 nm)
<b>UVC</b>	(C iz angl. »cytotoxic«, toksičen za celice): UV-žarki najkrajših valovnih dolžin (280–100 nm)
<b>RTG</b>	rentgenski žarki ali x-žarki

## DRUGE KRATICE

<b>CT</b>	(angl. Computed Tomography) računalniška tomografija
<b>EM</b>	elektromagneten
<b>E</b>	električno ali elektro
<b>HI-FI</b>	(angl. High fidelity, krajše hi-fi) naprava – naprava za visokokakovostno predvajanje ali ojačitev zvoka
<b>ICNIRP</b>	Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirajočimi sevanji, več informacij: <a href="http://www.icnirp.org">www.icnirp.org</a>
<b>ICRP</b>	Mednarodna komisija za varstvo pred sevanji, več informacij: <a href="http://www.icrp.org">www.icrp.org</a>
<b>M</b>	magnetno
<b>SAR</b>	(angl. Specific Absorption Rate) – stopnja specifične absorpcije; veličina, ki podaja osebno izpostavljenost EM-sevanju (določena je s količino moči, absorbirane v biološki snovi, enota W/kg)

## V GRADIVU SO UPORABLJENE NASLEDNJE ENOTE IN PREDPONE:

POGLAVJA	Enote in predpona	Zapis in izgovorjava enote	Kaj enota meri
<b>2 GOSPODINJSKI APARATI</b>	Hz in kHz (= 10 <sup>3</sup> Hz)	hertz > herc kilohertz > kiloherc	frekvenco (število nihajev na sekundo)
<b>4 DALJNOVODI</b>	μT (= 10 <sup>-6</sup> T)	mikrotesla	gostoto magnetnega polja
	V/m	volt na meter	jakost električnega polja
<b>3 MOBILNE KOMUNIKACIJE</b>	W	vat	moč
	W/kg	vat na kilogram	stopnjo specifične absorpcije (SAR)
<b>5 JEDRSKE ELEKTRARNE</b>	mSv (= 10 <sup>-3</sup> Sv)	milisievert > milisiver	dozo ionizirajočega sevanja
<b>6 MEDICINA</b>	Bq	bequerel > bekerel	aktivnost vira radioaktivnosti, tj. število razpadov v sekundi
<b>NARAVNA RADIOAKTIVNOST OKOLI NAS</b>	Bq/kg	bequerel na kilogram > bekerel na kilogram	koncentracijo radioaktivnih izotopov

# ENrgy LITE racy

- 🌐 [www.en-lite.si](http://www.en-lite.si)
- ✉ [info@en-lite.si](mailto:info@en-lite.si)
- 🐦 [@projekt\\_enlite](https://twitter.com/projekt_enlite)
- 📘 [projektenlite](https://www.facebook.com/projektenlite)

Naši partnerji in podporniki:

			 KOMUNIKACIJSKI PARTNER PROJEKTA
	 ELEKTRO MARIBOR		 Za distribucijo gradiva po univerzitetnih, splošnih in zamejskih knjižnicah se zahvaljujemo NUK – Narodni in univerzitetni knjižnici. PARTNER ZA OBLIKOVANJE