

EPIDEMIOLOGIJA RAKOV, POVEZANIH Z RAZNIMI VRSTAMI SEVANJ

Vesna Zadnik, Sonja Tomšič

Povzetek. Rake, ki jih pripisujemo ionizirajočemu sevanju, lahko razdelimo na tiste, ki nastanejo zaradi sevanja naravnega ozadja, tiste, ki nastanejo zaradi izpostavljenost umetnim, največkrat medicinskim virom sevanja ter sevanju radona. Ionizirajoče sevanje lahko vodi v katero koli vrsto rakave bolezni. Skupno naj bi zaradi sevanja naravnega ozadja in zaradi sevanja medicinskih virov letno v Sloveniji zbolelo okoli 110 ljudi, zaradi sevanja radona pa še enkrat toliko.

Izpostavljenost sončnim žarkom ali pa uporaba solarijev veča tveganje za nastanek kožnih rakov – malignega melanoma in nemelanomskih kožnih rakov. Okrog 90 % primerov kožnih rakov pripišemo izpostavljenosti UV-žarkom. V Sloveniji letno za kožnim melanom zbolijo okrog 500 oseb, za nemelanomskimi kožnimi raki pa več kot 2.000.

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC) uvršča glede na raketovnost sevanje nižjih energij, s frekvencami, manjšimi od 300 GHz, v skupino 2B, torej med možne, a z malo konkretnimi dokazi potrjene raketovne snovi. Osebe, ki so močno izpostavljene sevanju mobilnih telefonov, imajo menda 1,5-krat večjo verjetnost, da zbolijo za možganskim rakom, gliomom. Sevanje daljnovidov in gospodinjskih aparatov se izkazuje kot morebitno raketovno za ljudi, in sicer pri nastanku otroških levkemij pri povprečni 24-urni izpostavljenosti, večji od 0,3–0,4 μ T.

V slovenski populaciji je ustrezna zaščita pred soncem tisti javnozdravstveni ukrep, s katerimi bomo preprečili največ rakov, ki jih povzročata katerokoli sevanje.

UVOD

Marie Curie, vsem znana kot prva ženska z Nobelovo nagrado ter ena od le dveh oseb, ki je prejela Nobelovi nagradi na dveh različnih področjih (fizika in kemija), je celotno svoje raziskovalne zanimanje usmerila v proučevanje radiokativnosti in radioaktivnega sevanja. V začetnem obdobju je delovala z možem Pierrrom, kasneje pa s prvo rojeno hčerko Irène. Poleg v teoretične raziskave je Marie Curie veliko svoje pozornosti usmerila tudi v možne uporabne lastnosti radioaktivnega sevanja, v veliki meri tudi v medicini. Med drugim je celo predpostavljala, da bi radioaktivno sevanje lahko učinkovito uporabili za uničevanje rakavih celic, pri čemer bi zdrave celice ponovno zrasle. Ob tem se ne ona ne njeni sodelavci niso zavedali, da je radioaktivno sevanje samo raketovno. Marie Curie je z ranami na prstih, izmučena in skoraj slepa umrla zaradi aplastične anemije; z radioaktivnimi elementi je nezaščiten rokovala več kot štirideset let. Njena hči Irène je v svojem deve-

tinpetdesetem letu umrla zaradi levkemije, enaka usoda pa je doletela tudi njenega moža Frédérica Joliot-Curieja, s katerim sta si razdelila Nobelovo nagrado za odkritje umetne radioaktivnosti [1, 2].

Naše poznavanje ogroženosti z rakom pri ljudeh, ki so bili izpostavljeni ionizirajočemu sevanju, se je v zadnji polovici stoletja močno zvečalo. Največ smo se naučili na proučevanju preživelih tragičnega jedrskega bombardiranja Hirošime in Nagasakija. Poleg tega imamo dandanes na voljo rezultate številnih epidemioloških raziskav, ki so proučevale posledice izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju zaradi zdravstvenih, poklicnih ali okoljskih razlogov [3]. Že dolgo je tudi znano in sprejeto, da dolgotrajna izpostavljenost sončnim žarkom, ki v elektromagnetnem spektru zavzemajo mesto med ionizirajočimi in neionizirajočimi sevanji, povzroča raka [4]. Danes med dokazane karcinogene uvrščamo ultravijolično sevanje (UV) tako naravnega kot umetnega izvora [5]. Sevanja nižjih energij, s frekvencami manjšimi od 300 GHz, uvrščamo v skupino neionizirajočih elektromagnetnih sevanj (EMS). Zaradi vse večje razširjenosti uporabe raznovrstnih tehnik in električnih naprav (npr. širitve električnih omrežij, mobilne telefonije, naprav v gospodinjstvu), narašča tudi zaskrbljenost ljudi, ki menijo, da je večja in dolgotrajna izpostavljenost električnim in magnetnim poljem povezana z različnimi zdravstvenimi tveganji, med katerimi je bojazen pred rakom na prvem mestu.

V pričujočem prispevku je podan epidemiološki pregled rakov, ki jih povežemo z različnimi vrstami sevanja. Splošnim informacijam dodajava tudi poskus izračuna števila rakov, ki bi jih v Sloveniji lahko pripisali izpostavljenosti posameznim sevanjem. V izračunu so uporabljeni podatki Registra raka Republike Slovenije, ki že od leta 1950 zagotavlja podatke o incidenci, prevalenci in preživetju vseh, zbolelih za rakom, ki imajo stalno prebivališče v Sloveniji [6].

KATERE SNOVI SO RAKOTVORNE?

Morebitno rakotvornost posamezne snovi ugotavljajo z bazičnimi in epidemiološkimi raziskavami. Pri bazičnih laboratorijskih raziskavah gre za kratkotrajne poskuse na celičnih kulturah in bakterijah ter za dolgotrajne na živalih. Z analitičnimi epidemiološkimi raziskavami preverjajo povezanost med izpostavljenostjo in rakom pri človeku. O tem, ali je ta zveza pri človeku res vzročna, večinoma presojujejo skupine strokovnjakov, ki snovi na osnovi strogo določenih meril razvrščajo v več skupin glede na stopnjo dokazane povezanosti z rakom. Natančneje sva avtorici prispevka podali pregled po-

stopka določanja rakotvornosti v prispevku Rejevega seminarja leta 2016 [7]. Za razumevanje tokratnega prispeva je ključno, da ponovimo, kako se snovi razvrščajo na podlagi seznama Mednarodne agencije za raziskovanje raka iz Lyona (ang. *International Agency for Research on Cancer – IARC*), posebne agencije Svetovne zdravstvene organizacije. Na seznamu te agencije so kemikalije, njihove zmesi in proizvodni postopki pa tudi virusi in fizikalni dejavniki razvrščeni v štiri skupine. V prvi skupini (skupina 1) so tisti, za katere je dovolj dokazov o karcinogenosti za ljudi. Med njimi so najbolj znani azbest, tobačni dim, alkoholne pijače, z obravnavanega področja pa ionizirajoče in UV-sevanje. V skupini 2A so tisti, za katere vzročna zveza še ni dokazana, je pa verjetna. Za fizikalne, kemične in biološke dejavnike v skupini 2B je manj dokazov o karcinogenosti oziroma drugih možnih razlag ni mogoče izključiti. V to skupino je razvrščeno sevanje mobilnih telefonov, daljnovodov, gospodinjstskih aparatov ipd. V skupini 3 so kemikalije in drugi dejavniki, ki jih po proučevanju zaenkrat še ne morejo uvrstiti v nobeno od prej omenjenih skupin. Seznam na osnovi novih spoznanj sproti dopolnjujejo; vsem je dostopen na medmrežju, na spletnem naslovu https://monographs.iarc.fr/cards_page/preamble-monographs/.

IONIZIRAJOČE SEVANJE

Tista elektromagnetna valovanja, ki imajo dovolj veliko energijo, da cepijo kemijske vezi, imenujemo ionizirajoča sevanja. Med njih spadajo žarki γ , žarki X ter visoko energijski delci α , β , protoni in nevtroni. Najpomembnejši vir ionizirajočega sevanja so radioaktivni elementi, ki so sestavni del zemeljske skorje in globljih plasti. Skupaj s sevanjem kozmičnih žarkov tvorijo t.i. naravno ozadje, ki je odgovorno za več kot dve tretjini skupne doze ionizirajočega sevanja, ki smo mu izpostavljeni na Zemlji. Glavni umetni vir ionizirajočega sevanja so postopki, ki jih uporabljamo za diagnostične in terapevtske namene v medicini, po velikosti jim sledijo doze prejete po jedrskih poskusih, na zadnjem mestu po pomembnosti pa je ionizirajoče sevanje, ki nastane ob vzdrževanju jedrskih reaktorjev. Ocenjeno je bilo, da je letni prispevek naravnega ozadja 2,5 mSv, letni prispevek iz umetnih virov pa je med 0,4 in 1,5 mSv. Celotni prispevek dosedanjih jedrskih poskusov v svetu je 7,2 mSv, celotni prispevek jedrske nesreče v Černobilu pa je 0,72 mSv. Letni prispevek Nuklearne elektrarne Krško je manjši od 0,02 mSv.

Ionizirajoče sevanje je med najbolj preučeni karcinogeni. Naše današnje vedenje o njegovem vplivu na zdravje in o njegovih bioloških učinkih teme-

lji predvsem na epidemioloških študijah na preživelih po padcih atomskih bomb na Hirošimo in Nagasaki leta 1945, na ljudeh, ki so bili obsevani v okviru terapije, na poklicno izpostavljenih in na ljudeh izpostavljenih sevanju po jedrskih nesrečah (Černobil 1986). Izsledke teh raziskav dopolnjujejo podatki pridobljeni pri poskusih na živalih, namenjenih predvsem ugotavljanju vpliva različnih vrst sevanja ter časa in vzorca izpostavljenosti na biološki učinek. Na podlagi vseh znanih dejstev je Mednarodna agencija za raziskovanje raka sevanje žarkov γ in X uvrstila med kancerogene skupine 1 – med dejavnike, za katere je dovolj dokazov, da povzročajo raka. Tveganje za nastanek raka je odvisno od intenzitete sevanja, energije posameznega fotona in absorbirane količine energije v izpostavljeno tkivo. Ionizirajoče sevanje lahko vodi v katerokoli vrsto rakavega obolenja, latentna doba, ki je potrebna, da se bolezen razvije pa je odvisna od občutljivosti posameznega tkiva za sevanje. Velika prejeta doza žarkov γ in X poveča tveganje za razvoj vseh vrst levkemij (z izjemo kronične limfocitne levkemije) za približno petkrat, več kot petkrat povečano pa je tudi tveganje raka ščitnice pri ljudeh, ki so bili izpostavljeni velikim dozam v otroštvu. Ker se izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju iz umetnih virov dandanes ni mogoče popolnoma izogniti, je Mednarodna agencija za radiološko zaščito priporočila omejitev še dopustne letne ekvivalentne doze iz umetnih virov na človeka na 1 mSv, za izpostavljene delavce pa omejitev petletne prejete doza na 100 mSv.

Radon je radioaktivni plin, ki nastane z naravnim razpadom radioaktivnih elementov kot je uran. Nahaja se v tleh in kamninah zemeljske skorje. Plin radon se iz tal in kamnin premika v zrak in v podzemne in površinske vode ter je prisoten tako na prostem kot v zaprtih prostorih. Izpostavljenosti radonu sicer ne moremo preprečiti, lahko pa jo zmanjšamo, predvsem na mestih, kjer se ljudje dalj časa zadržujejo, torej v domovih, šolah, vrtcih in na delovnih mestih. Med enostavnejše ukrepe sodi zračenje kletnih ali dobro izoliranih prostorov, zahtevnejše pa so sanacije zgradb (npr. betoniranje temeljnih plošč).

Zavedanje o škodljivosti radona sega že v 16. stoletje, ko so v Nemčiji in na Češkem številni rudarji umirali za tako imenovano »Schneberg krankheit«. IARC je radon in njegove razpadne produkte uvrstila med snovi, ki so gotovo rakotvorne za človeka (skupina 1) leta 1988 [5]. Ocenjujejo, da je vsak deseti pljučni rak posledica izpostavljenosti radonu oziroma njegovim razpadlim produktov. Zelo pomembno je tudi zavedanje povezave med izpostavljenostjo radonu in kajenjem.

Slovenija sodi med območja z večjimi količinami radona v tleh. Skladno z Uredbo o nacionalnem radonskem programu (Ur. l. št. 18/18 in 86/18) se

območja z več radona v tleh nahajajo v štiriindvajsetih slovenskih občinah - najbolj izpostavljeni so prebivalci na jugovzhodu Slovenije. Rutinski pregledi podatkov Registra raka že od 60-ih let naprej kažejo, da imajo prebivalci upravne enote Kočevje, to je občin Kočevje, Kostel in Osilnica v primerjavi z ostalo Slovenijo večje tveganje pljučnega raka.

Koliko primerov raka bi lahko pripisali ionizirajočemu sevanju v Sloveniji?

Rake, ki jih pripisujemo ionizirajočemu sevanju, lahko razdelimo na tiste, ki nastanejo zaradi sevanja naravnega ozadja, tiste, ki nastanejo zaradi izpostavljenosti umetnim, največkrat medicinskim virom sevanja, ter sevanju radona. V Sloveniji še nismo pripravili nobene epidemiološke analize, ki bi opredelila populacijske pripisljive deleže (ang. *Population Attributable Fraction – PAF*) za katerega koli od omenjenih virov ionizirajočega sevanja,. Pri tokratnem poskusu prikaza bremena raka v naši populaciji zaradi izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju smo tako za osnovo vzeli tuje oziroma mednarodne ocene, ki so nam dostopne v epidemiološki literaturi. Najbolj celovito sta področje obdelala Parkin in Darby, ki sta podala PAF za britanske bolnike, ki so za rakom zboleli leta 2012 tako zaradi izpostavljenosti naravnemu ozadju, radonu, in tudi različnim medicinskim postopkom [8].

V Tabeli 1 je prikazan PAF naravnega ozadja in medicinskih virov, kot sta jih izračunala Parkin in Darby. Obravnavata devet lokacij raka ter dodatno podajata pripisljivi delež pri vseh rakah, povezanih s sevanji. Podobnega izračuna se je v francoski populaciji za medicinsko izpostavljenost lotila Marrant-Micallefova s sodelavci [9]. Francoski izračun je pripravljen po drugačni metodi, kar naj bi bil razlog, da so vrednosti skupnega PAF relativno podobne (0,9 % / 1,0 %), čeprav naj bi bili pripisljivi deleži v Franciji zaradi večjega števila diagnostičnih pregledov precej višji. V Tabelo 1 so primerjalno dodani tudi PAF, izračunani za Francijo. Za izračun števila rakov, ki bi jih lahko izpostavljenosti sevanju naravnega ozadja ali sevanju medicinskih virov pripisali v Sloveniji, smo uporabili PAF, kot sta jih podala Parkin in Darby. Skupno naj bi zaradi sevanja naravnega ozadja in zaradi sevanja medicinskih virov letno v Sloveniji zbolelo okoli 110 ljudi. Tabela 1 prikazuje ocenjeno število bolnikov v Sloveniji zaradi ionizirajočega sevanja (radon je izključen).

Tabela 1. Populacijski pripisljivi deleži (PAF - population attributable fraction) primerov raka zaradi izpostavljenost ionizirajočemu sevanju (sevanje radona izključeno), kot so jih ocenili za Veliko Britanijo [8] in Francijo [9]. Povprečno letno število novo zbolelih ter povprečno letno število novo zbolelih, ki jih lahko pripišemo izpostavljenost ionizirajočemu sevanju v Sloveniji (2012–2016)

Lokacija raka	PAF (UK) ¹ – naravno ozadje in medicinski viri	PAF (UK) ¹ – medicinski viri	PAF (Francija) ² – medicinski viri	N, Slovenija ³	Število primerov raka, povprečno letno pripisano ionizirajočemu sevanju (brez radona), Slovenija
Požiralnik	2,7	2,7	0,5	87	2,3
Želodec	1,2	1,2	0,8	462	5,5
Debelo črevo in danka	1,6	1,5	1,0	1435	23,0
Jetra	0,8	0,8	0,4	210	1,7
Pljuča	1,2	1,1	1,3	1380	16,6
Dojka (ženske)	0,9	0,4	1,1	1322	11,9
Sečni mehur	2,5	2,4	2,0	341	8,5
Ščitnica	0,7	0,7	0,2	181	1,3
Levkemije	8,9	1,7	3,3	303	26,9

¹Referenca 8

²Referenca 9

³Povprečno letno število zbolelih, Slovenija 2012-2016 [6]

Po izračunu Parkina in Darbya lahko radonu pripišemo 4,2 % pljučnih rakov pri moških in 5,4 % pri ženskah (oba spola skupaj 4,7 %). Kot že omenjeno, imamo v Sloveniji, predvsem v južnem delu, izrazito visoke koncentracije radona v tleh. Toglečno se zdi, da bi lahko britanske vrednosti podcenile slovensko situacijo. IARC v svoji monografiji [5] poudarja, da se PAF pljučnega raka zaradi radona v različnih evropskih populacijah precej razlikujejo. Vrednosti ocenjujejo z 8–15 %. Dodatni problem pri določanju PAF pljučnega raka zaradi radona je sinergistična povezava med radonom in kajenjem – tveganje pljučnega raka (in s tem tudi PAF) pri kadilcu, izpostavljenemu radiju, se multiplicira in ne sešteva. Ker opazujemo v slovenski populaciji pri incidenci pljučnega raka v zadnjih desetletjih izrazit na spol vezani kohortni učinek (pri moških v Sloveniji zaradi zmanjšane deleža kadilcev pljučni rak že dvajset let stagnira, pri ženskah pa je v strmem porastu, saj zbolevaro

generacije, ki so bile rojene po drugi svetovni vojni, ko je bil delež kadilk v populaciji velik) [10, 11], je praktično nemogoče za posamezno leto izločiti ustrezen delež zbolelih, pri katerih je za bolezen (so)odgovoren radon. Številka pa zagotovo ni majhna, saj po podatkih Registra raka zboli za pljučnim rakom na letni ravni v Sloveniji okoli 1.500 oseb. Podrobnejša epidemiološka analiza tega področja bi bila v našem prostoru vsekakor potrebna, saj breme pljučnega raka zaradi radona v Sloveniji očitno presega breme rakov, nastalih zaradi drugih virov ionizirajočega sevanja.

ULTRAVIJOLOČINO SEVANJE

Izpostavljenost sončnim žarkom ali pa uporaba solarijev veča tveganje za nastanek kožnih rakov – malignega melanoma ter nemelanomskih kožnih rakov, kot sta bazaliom in ploščatocelični karcinom. Bolj so ogrožene svetlopolte osebe z velikim številom pigmentnih znamenj. Izpostavljenost UV-žarkom je večja v ekvatorialnem pasu, v visokogorju in v predelih s stanjšano ozonsko plastjo. Tveganje malignega melanoma povezujejo z intenzivno občasno izpostavljenostjo sončnim žarkom, predvsem v mladosti, medtem ko je za nastanek nemelanomskega kožnega raka pomembna kronična in celokupna življenjska izpostavljenost [4]. Izračunano je bilo, da lahko okrog 90 % primerov kožnega raka pripišemo izpostavljenosti UV-žarkom, pri mlajših zbolelih še precej več [12]. V preventivi sta ključna zaščita pred UV-žarki (predvsem v otroštvu) in zgodnje prepoznavanje bolezni.

Maligni melanom ima 5–10-odstotni delež vseh primerov kožnih rakov. V Sloveniji se kožni melanom uvršča po pogostosti na 7. mesto med vsemi raki. Letno zboli skoraj 500 ljudi, umre pa jih nekaj več kot 100. Bolezen je nekoliko pogostejša v osrednji in zahodni Sloveniji. Bistvenih razlik po spolu ne opazamo, zbolevalo že mlajši od 30 let, se pa tveganje veča s starostjo. Kožni melanom najpogosteje vznikne na trupu in okončinah. Prognoza melanoma je dobra, če se odkrije, preden se razširi v bezgavke ali oddaljene organe. Bolniki z omejeno boleznijo preživijo 5 let v več kot 90 % [6, 11].

Nemelanomski kožni rak je najpogostejši rak med vsemi raki v Sloveniji. Letno pri nas zboli okrog 2.000 oseb. Število zbolelih se vsako leto zveča za 2 %. Incidenca je največja v osrednji Sloveniji, na Primorskem in v Prekmurju. Ker ta rak ne zaseva, je umrljivost majhna – letno zabeležimo okrog 30 smrti. Zbolevalo predvsem starejši; v skupini starejših od 80 let, zboli za nemelanomskim kožnim rakom 650 oseb na 100.000 prebivalcev. Bolezen se v dveh tretjinah primerov pojavi na glavi in vratu, redkeje na trupu in le izjemoma na okončinah [6, 11].

NIZKOFREKVENČNA SEVANJA

Sevanja nižjih energij s frekvencami, manjšimi od 300 GHz, uvrščamo v skupino neionizirajočih elektromagnetnih sevanj (EMS). Njihovi biološki učinki so lahko le posledica absorpcije energije sevanja (in ne cepljenja kemijskih vezi), ki pa pada s kvadratom razdalje med virom in obsevanim tkivom, tako da je morebitno tveganje za nastanek škodljivih učinkov le v neposredni bližini virov nizkofrekvenčnega EMS. Radiofrekvenčna EMS, med katere uvrščamo sevanja mobilnih in brezvrvičnih telefonov, njihovih baznih postaj, brezžičnih internetnih sistemov ter radijskih in televizijskih oddajnikov, s frekvencami med 100 kHz in 300 GHz so od leta 2011 uvrščena med snovi, za katere vzročna zveza z nastankom raka še ni potrjena, je pa mogoča (IARC, skupina 2B). Osebe, ki so močno izpostavljene sevanju mobilnih telefonov, so menda do 1,5-krat bolj ogrožene z nastankom možganskega raka glioma.

Gospodinjski električni aparati, električne napeljave, daljnovodi in transformatorske postaje delujejo na frekvencah med 0,1 in 300 Hz (najpogosteje med 50 in 60 Hz). Ta sevanja uvrščamo med EMS z izredno nizko frekvenco delovanja (ang. *Extremely Low-Frequency, ELF EMS*); pogovorno jih imenujemo kar nizkofrekvenčna EMS. Proučevanje ELF EMS kot možnega kancerogene dejavnika se je začelo leta 1979, ko sta Wertheimer in Leeper objavila, da otroci, ki živijo v bližini visokonapetostnih daljnovodov, pogosteje zbolevajo za levkemijami, limfomi in tumorji osrednjega živčnega sistema [13]. Tej objavi so sledile številne boljše ali slabše zastavljene epidemiološke raziskave na otrocih in odraslih, za bivalno ali poklicno izpostavljenost ter za številne različne zdravstvene izide. Rezultate vsaj približno relevantnih raziskav sta ovrednotila in združila v dveh objavah Ahlbom s sodelavci in Greenland s sodelavci leta 2000 [14, 15]. Tudi razne mednarodne organizacije, npr. IARC (2002), Svetovna zdravstvena organizacija, (2007), Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ang. *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP*, 2010), Znanstveni odbor za nova in novo opredeljena zdravstvena tveganja (ang. *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR*; mnenje objavljeno 2009 in nadgrajeno 2015, SCENHIR 2015), angleška Nacionalna agencija za zdravje (ang. Health Protection Agency – HPA, HPA 2006) opravljajo občasne preglede rezultatov objavljenih raziskav, da bi lahko predlagale nadaljnje usmeritve glede zaščite prebivalstva pred morebitnim večjim tveganjem. Celostni pregled objavljenega smo v okviru raziskave Analiza izpostavljenosti in določitev ukrepov za zmanjševanje sevalnih obremenitev na DV 2 x 400 kV Beričevo-Divača pripravili tudi v raziskovalni skupini avtoric prispevka [16]. Trenutno po proučitvi vseh možnih vidikov ne moremo govoriti o vzročni po-

vezanosti med izpostavljenostjo ELF MP in različnimi zdravstvenimi izidi. Rezultati raziskav so si nasprotujoči, osnovni biološki in fiziološki mehanizmi vpliva ELF MP na človeški organizem (in tudi na druge organizme) pa so slabo poznani in ne pojasnjujejo mehanizmov vpliva na zdravje. Dejstvo je tudi, da so dosedanje epidemiološke raziskave pogosto podvržene različnim metodološkim težavam, ki zmanjšujejo zanesljivost rezultatov, kot so: nenatančno določanje izpostavljenosti ELF MP, majhno število vključenih primerov, neupoštevanje drugih, že poznanih motečih dejavnikov in drugi.

Kot morebitno rakotvorno za ljudi se izkazuje ELF MP le za otroške levkemije, in sicer pri arbitrarno določeni povprečni 24-urni izpostavljenosti, večji od 0,3–0,4 μ T. Ocene izpostavljenosti populacije govorijo o deležu, ki je manjši od 5 % (za Slovenijo je bila podana ocena, da je ELF EMS, večjim kot 0,4 μ T izpostavljenih 1 % otrok), populacijski pripisljivi delež ELF EMS pri otroških levkemijah pa naj bi bil okrog 2 %. Pri odraslih rezultati za nobenega od proučevanih rakov niso enoznačni, zato o morebitni vzročni povezanosti trenutno ne moremo govoriti. Na področju drugih zdravstvenih izidov se nakazuje morebitna povezava predvsem s poklicno izpostavljenostjo, ki pa še ni potrjena. Tudi pri povezanosti izpostavljenosti ELF MP s pojavom nespecifičnih simptomov trenutno ne moremo govoriti o vzročni zvezi.

Koliko rakov bi lahko pripisali nizkofrekvenčnim sevanjem v Sloveniji?

Rak pri otrocih je redka bolezen – vsako leto zbolijo za rakom okrog 50 otrok, mlajših od 15 let. Med otroškimi raki so s približno tretjinskim deležem med vsemi raki najpogostejše levkemije (približno 15 novih primerov letno), med njimi je kar 80 % akutnih limfoblastnih levkemij. Zaradi majhnega števila primerov v posameznem letu opazimo pri ocenjevanju časovnega trenda pojavljanja levkemij precejšnja nihanja, vseeno pa ni opaziti rasti števila novih primerov v zadnjih letih ali desetletjih.

Dejavniki, ki večajo tveganje levkemij pri otrocih, so še v precejšnji meri neznani. V številnih raziskavah se preučujejo gentski dejavniki, pred- in po-porodna izpostavljenost različnim dejavnikom iz okolja ali okužbam ter seveda interakcije med njimi. Med okoljskimi dejavniki lahko danes z gotovostjo kot dejavnik tveganja navedemo le izpostavljenost ionizirnemu sevanju. V skupino 1 IARC v povezavi z otroškimi akutnimi levkemijami je uvrščenih še nekaj kemikalij in zdravil (benzen, ciklofosfamid, etopozid itd.). Navedeno tudi pojasnjuje opažanje, da se veliko otroških levkemij pojavi kot sekundarni tumor pri otrocih, ki so bili podvrženimi intenzivnemu onkološkemu zdravljenju primarnega raka. Nizkofrekvenčno EMS spada v skupino

2B IARC, torej med možne, a z malo konkretnimi dokazi potrjene rakotvorne snovi.

Današnje znanje nam torej omogoča teoretično oceno števila za levkemijo zbolelih otrok, katerih bolezni bi lahko povezali z izpostavljenostjo nizkofrekvenčnemu EMS. Dejstvo je, da bi bile te številke za našo državo izredno majhne (ne več kot posamezen primer vsakih nekaj let). Še bolj pomembno pa je ponovno poudariti, da zanesljivih dokazov o nizkofrekvenčnem EMS kot povzročitelju raka nimamo ter da je zato preštevanje števila zbolelih zaradi te izpostavljenosti ponavadi motivirano bolj politično kot znanstveno. Z javnozdravstvenega vidika bi bilo gotovo ustrežnejše pozornost usmeriti v preprečevanje izpostavljenosti nevarnejšim dokazanim rakotvornim dejavnikom, ki smo jim z bivanjem v naši družbi in okolju vede ali pa nevede izpostavljeni.

ZAKLJUČEK

Strokovnjaki, združeni pod okriljem Mednarodne agencije za raziskovanje raka, so v sklopu zdravstvene strategije EU leta 2014 oblikovali četrto verzijo Evropskega kodeksa proti raku. Sestavili so dvanajst nasvetov, ki naj bi ob upoštevanju pripomogli k zmanjšanju zbolelosti in umrljivosti za rakom. Priporočila so seveda taka, da ne varujejo le pred rakom, pač pa tudi pred drugimi kroničnimi boleznimi, predvsem boleznimi srca in ožilja. Zato bi moralo upoštevanje priporočil Evropskega kodeksa izboljšati zdravstveno stanje nasploh. Aktualni Evropski kodeks proti raku (Slika 1) med dvanajstimi nasveti proti raku priporoča tudi izogibanje sevanju, in sicer se v 7. nasvetu opredeli do zaščite pred UV-žarki (naravnimi in umetnimi), v 9. nasvetu pa svetuje zmanjševanje izpostavljenosti radonu.

Slika 1. Evropski kodeks proti rak, 2014 – nasveta številka 7 in 9

<p>7 PREVIDNO SE SONČITE!</p> <ul style="list-style-type: none">• Sončite se pred enajsto uro dopoldne in po tretji uri popoldne; uporabljajte zaščitna oblačila in kreme. Pazite, da vas, še posebej pa otrok, ne opeče sonce!• Tudi sončenje v solarijih ni varno, saj je učinek podoben kot pri soncu. 	<p>9 VARUJTE SE PRED IONIZIRAJOČIM SEVANJEM!</p> <ul style="list-style-type: none">• Kjer je v zemljišču več radioaktivnega elementa radona, lahko prodira v stavbe - v bivalne in delovne prostore.• Redno zračenje pomembno zmanjša koncentracijo radona v prostorih in je zaščita pred nastankom pljučnega raka. 
---	---

Tudi v slovenski populaciji je ustrezna zaščita pred soncem tisti javnozdravstveni ukrep, s katerimi bomo preprečili največ rakov, ki jih povzroča katero koli sevanje. Avstralcem je v svoji državi, ki ima eno največjih incidenc kožnega raka, uspelo s ciljanim preventivnim ukrepom zmanjšati incidenco malignega melanoma pri mladih [17], medtem ko se število zbolelih povsod po svetu (tudi v Sloveniji [11]), kljub splošnim preventivnim ukrepom veča [18–20]. V Sloveniji strokovnjaki Nacionalnega inštituta za javno zdravje že več kot deset let izvajajo preventivni program za otroke in šolarje »Varno s soncem«. Vsako leto več kot 50.000 otrokom (in posredno vsaj toliko staršem) organizirano priporočajo samozaščitno ravnanje pred sončnimi žarki. Verjamemo, da se bodo učinki programa pokazali v naslednjih letih z zmanjšanim bremenom kožnega raka.

LITERATURA

1. Mošet Zupan A. Marie Skłodowska-Curie – najslavnejša znanstvenica. Kvadrakadabra, časopis za tolmačenje znanosti. 2005. Epub 4. 7. 2005.
2. Editors Bc. Marie Curie Biography 2014. Pridobljeno na spletni strani <https://www.biography.com/scientist/marie-curie> 29. julija 2019.
3. Gilbert ES. Ionising radiation and cancer risks: what have we learned from epidemiology? *Int J Rad Biol* 2009; 85 (6): 467–82.
4. Stewart BW, Wild CP, editors. World Cancer Report 2014. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2014.
5. IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. A review of human carcinogens: Radiation. Lyon: IARC, 2012; 100D.
6. SLORA: SLOvenija in RAK. Ljubljana: Epidemiologija in register raka, Onkološki inštitut Ljubljana, 2010 [cited 29.7.2019]. Pridobljeno na spletni strani <http://www.slora.si> 29. julija 2019.
7. Zadnik V. Raziskovanje vplivov okolja na zbolevanje za rakom in ocenjevanje tveganja. In: Belovič B, Čemažar M, Perharič L, Primic Žakelj M, Zadnik V, editors. Kemikalije v okolju in rak. XXIV seminar „IN MEMORIAM DUŠANA REJE“. Ljubljana: Zveza slovenskih društev za boj proti raku, 2016: 7–19.
8. Parkin DM, Darby SC. Cancers in 2010 attributable to ionising radiation exposure in the UK. *British journal of cancer*. 2011 105 Suppl 2:S57-65.
9. Marant-Micallef C, Shield KD, Vignat J, Clero E, Kesminiene A, Hill C, et al. The risk of cancer attributable to diagnostic medical radiation: Estimation for France in 2015. *Int J Cancer* 2019;144 (12): 2954–63.
10. Zwitter M, Čufer T, Vrankar M, Kern I, Štupnik T, Rozman A, et al. Lung cancer in Slovenia. *J Thorac Oncol* 2019; 14 (8): 1327–31.
11. Zadnik V, Primic Žakelj M, Lokar K, Jarm K, Ivanus U, Žagar T. Cancer burden in slovenia with the time trends analysis. *Radiol Oncol* 2017; 51 (1): 47–55.
12. 1Parkin DM, Mesher D, Sasieni P. Cancers attributable to solar (ultraviolet) radiation exposure in the UK in 2010. *Br J Cancer* 2011; 105 (Suppl 2): S66–9.

13. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979; 109 (3): 273–84.
14. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood leukemia-EMF study group. *Epidemiol* 2000; 11 (6): 624–34.
15. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2000; 83 (5): 692–8.
16. Tomšič S, Zadnik V, Žagar T, Lokar K, Ožura D. Pregled najnovejše znanstvene literature o možnih vplivih nizkofrekvenčnih elektromagnetnih polj na zdravje s posebnim poudarkom na otrocih in opredelitev stopnje tveganja. 2019: 48 pp.
17. Baade P, Coory M. Trends in melanoma mortality in Australia: 1950–2002 and their implications for melanoma control. *Aust N Z J Public Health* 2005; 29 (4): 383–6.
18. Arnold M, Karim-Kos HE, Coebergh JW, Byrnes G, Antilla A, Ferlay J, et al. Recent trends in incidence of five common cancers in 26 European countries since 1988: Analysis of the European cancer observatory. *Eur J Cancer* 2015; 51 (9): 1164–87.
19. Erdmann F, Lortet-Tieulent J, Schuz J, Zeeb H, Greinert R, Breitbart EW, et al. International trends in the incidence of malignant melanoma 1953–2008 – are recent generations at higher or lower risk? *Int J Cancer* 2013; 132 (2): 385–400.
20. Sacchetto L, Zanetti R, Comber H, Bouchardy C, Brewster DH, Broganelli P, et al. Trends in incidence of thick, thin and in situ melanoma in Europe. *Eur J Cancer* 2018; 92: 108–18.