

Škodljivi zdravstveni učinki mobilne omrežne tehnologije 5G v pogojih realnega življenja

Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037842742030028X>

<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020>

Prejeto 12. decembra 2019; sprejeto v revidirani obliki od 16 januarja 2020; sprejeto 23. januarja 2020. *Toxicology Letters* 323 (2020) 35–40

Na voljo na spletu od 25. januarja 2020

0378-4274/ © 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

Avtorji: Ronald N. Kostoff ^{a,*}, Paul Heroux ^b, Michael Aschner ^c, Aristides Tsatsakis ^{d,e}

^a Research Affiliate, School of Public Policy, Georgia Institute of Technology, Georgia, United States, * Corresponding author. *E-mail addresses*: rkostoff@gmail.com (R.N. Kostoff), toxlab.uoc@gmail.com (A. Tsatsakis).

^b Toxicology and Health Effects of Electromagnetism, McGill University, Canada

^c Molecular Pharmacology, Einstein Center of Toxicology, Albert Einstein College of Medicine, United States

^d Laboratory of Toxicology, Medical School, University of Crete, Voutes, 71409 Heraklion, Crete, Greece

^e Department of Analytical, Toxicology, Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, Sechenov University, 119991

GRAFIČNI POVZETEK



Adverse Health Effects of Wireless Radiation on Humans				
Metabolic Disturbance	Reactive Oxygen Species Generation	Genotoxicity and Carcinogenicity	Immunotoxicity and Inflammation	Apoptosis and Necrosis
Discomfort Symptoms	Sensory Disorders	Sleep Disorders	Congenital Abnormalities	Precancerous Conditions
CANCER	NEURODEGENERATION	INFERTILITY	NEUROBEHAVIORAL	CARDIOVASCULAR

POVZETEK

Ta članek ugotavlja škodljive učinke neionizirnega nevidnega sevanja (v nadaljevanju "brezžično sevanje"), o katerih poročajo v prvotni biomedicinski literaturi. Poudarja, da večina izvedenih laboratorijskih poskusov do danes ni bila zasnovana za prepoznavanje težjih škodljivih učinkov, ki se odražajo v dejanskem delovnem okolju, v katerem delujejo brezžični sevalni sistemi. Številni poskusi ne vključujejo impulzov in modulacije nosilnega signala. Velika večina raziskav ne upošteva sinergističnih škodljivih učinkov drugih strupenih vplivov (na primer kemičnih in bioloških), ki delujejo skladno z brezžičnim

sevanjem. Ta članek predstavlja tudi dokaze, da nova tehnologija mobilnega omrežja 5G ne bo vplivala samo na kožo in oči, kot je običajno mnenje, temveč bo imela tudi škodljive sistemske učinke.

1. UVOD

Brezžične komunikacije se na globalni ravni širijo z eksponentno stopnjo. Najnovejša različica tehnologije mobilnega omrežja se imenuje 4G (četrt generacija) in naslednja različica (imenovana 5G - peta generacija) je v zgodnji fazi izvajanja. Niti 4G niti 5G nista bili preizkušeni za varnost v verodostojnih resničnih scenarijih. Alarmantno je, da številne raziskave, ki so jih opravili v bolj benignem okolju, kažejo škodljive učinke tega sevanja. Ta članek je pregled opravljenih medicinskih in bioloških študij do danes, glede na učinke brezžičnega sevanja in kaže, zakaj so te študije pomanjkljive glede varnosti. Vendar tudi v odsotnosti manjkajočih dejavnikov iz resničnega življenja, kot so strupene kemikalije in biotoksini (ki ponavadi poslabšajo škodljive učinke brezžičnega sevanja), literatura kaže, da obstaja veliko utemeljenih razlogov za zaskrbljenost zaradi možnih škodljivih učinkov tehnologij 4G in 5G. Te študije o vplivih brezžičnega sevanja na zdravje, o katerih poročajo v literaturi, je treba obravnavati kot izjemno konzervativne, saj bistveno podcenjujejo škodljive vplive te nove tehnologije

2. BREZŽIČNO SEVANJE / ELEKTROMAGNETNI SPEKTER

V tem delu je pregled elektromagnetnega spektra in opisani so deli spektra, na katere se bo ta članek osredotočil. Elektromagnetni spekter zajema celoten razpon elektromagnetnega sevanja, vključno z:

- ionizirno sevanje (gama žarki, rentgenski žarki in ekstremno ultravijolični, z valovnimi dolžinami pod $\sim 10^{-7}$ m in frekvencami nad $\sim 3 \times 10^{15}$ Hz);
- neionizirno vidno sevanje (valovne dolžine od $\sim 4 \times 10^{-7}$ m do $\sim 7 \times 10^{-7}$ m in frekvence med $2,42 \times 10^{14}$ Hz in $7,7 \times 10^{14}$ Hz);
- neionizirno nevidno sevanje-kratki valovni radijski valovi in mikrovalovi, z valovnimi dolžinami med $\sim 10^{-3}$ m in $\sim 10^5$ m in frekvencami med $\sim 3 \times 10^{11}$ do $\sim 3 \times 10^3$ Hz; dolge valovne dolžine, ki se gibljejo med $\sim 10^5$ m in $\sim 10^8$ m in frekvence med 3×10^3 in 3 Hz.

Kako se te frekvence uporabljajo v praksi?

- Nizke frekvence (3 Hz - 300 KHz) se uporabljajo za linijski prenos električne energije (60 Hz v ZDA) ter pomorsko in podmorniško navigacijo in komunikacije.
- Srednje frekvence (300 KHz – 900 MHz) se uporabljajo za oddajanje AM/FM/TV v Severni Ameriki.
- Spodnje mikrovalovne frekvence (900 MHz - 5 GHz) se uporabljajo za telekomunikacije, kot so mikrovalovne naprave / komunikacije, radio astronomija, mobilni telefoni in lokalno brezžično omrežje LAN.

- Višje mikrovalovne frekvence (5 GHz - 300 GHz) se uporabljajo za radarje in so predlagane za mikrovalovne usmerjevalnike Wi-Fi in bodo uporabljene za visoko zmogljivo omrežje 5G.
- Teraherčne frekvence (300 GHz - 3000 GHz) se vedno pogosteje uporabljajo za slikanje, kot dopolnitev rentgenskih žarkov v nekaterih zdravstvenih aplikacijah in za varnostno skeniranje (Kostoff in Lau, 2017).

V tej študiji vplivov brezžičnega sevanja na zdravje je zajet frekvenčni spekter od 3 Hz do 300 GHz, s posebnim poudarkom na visokofrekvenčni komunikacijski komponenti v razponu od ~ 1 GHz do ~ 300 GHz. Zakaj je bil izbran ta del spektra? Prejšnji pregledi vplivov brezžičnega sevanja na zdravje so ugotovili, da se impulzna elektromagnetna polja (PEMF), uporabljena v razmeroma kratkem časovnem obdobju, lahko včasih uporabijo v terapevtske namene, medtem ko je kronična izpostavljenost elektromagnetnim poljem (EMP) v frekvenčnem razponu električne napeljave (~ 60 Hz) in v mikrovalovnem frekvenčnem območju (~ 1 GHz - 300 GHz) povzročila škodljive učinke na zdravje (Kostoff in Lau, 2013, 2017). Glede na sedanje pomisleke v zvezi s hitrim širjenjem komunikacijskih sistemov 5G (za uporabo so predvideni v glavnem višji deli mikrovalovnega spektra z največjo zmogljivostjo oz. visoko pasovni način), ko ni ustreznih in strogih varnostnih preizkusov, bo v tem dokumentu večji poudarek na komunikacijskih frekvencah.

3. MODERNA IZPOSTAVLJENOST BREZŽIČNEMU SEVANJU

Nekoč je glavnino vidnega spektra za človeška bitja zagotavljala sončna svetloba in njeni lunarni odsevi (ter ogenj in strele). Zdaj imamo veliko vrst umetne svetlobe (žarnice, fluorescenčne in svetleče diode), ki je nadomestila sonce kot glavni vir vidnega sevanja v času budnosti. Poleg tega so sevanja EMP iz drugih delov neionizirnega nevidnega spektra postala vseprisotna v vsakdanjem življenju, na primer iz brezžičnega računalništva in telekomunikacij. V zadnjih dveh ali treh desetletjih je eksplozivna rast mobilne telefonske industrije postavila stolpe mobilne telefonije v bližino rezidenc v mestnih območjih. Prihodnja implementacija nove mobilne omrežne tehnologije 5G bo močno povečala gostoto stolpov mobilne telefonije.

V zvezi s sevanjem brezžičnih povezav so se pojavili zdravstveni pomisleki zaradi:

- (1) mobilnih komunikacijskih naprav
- (2) poklicne izpostavljenost
- (3) izpostavljenosti javnosti
- (4) brezžičnih omrežij v domovih, podjetjih in šolah
- (5) mobilnih radarjev in
- (6) drugih virov sevanja neionizirnih EMP, kot so na primer pametni števeci in internet stvari

4. UGOTOVLJENI BIOLOŠKI IN ZDRAVSTVENI UČINKI PREJŠNJIH GENERACIJ TEHNOLOGIJE BREZŽIČNEGA OMREŽJA

Za ugotavljanje sta bili izvedeni dve glavni vrsti študij bioloških in zdravstvenih učinkov brezžičnega sevanja: laboratorijske in epidemiološke študije. Opravljeni laboratorijski testi so dali najboljše znanstveno razumevanje učinkov brezžičnega sevanja, vendar niso odražali pogojev v resničnem okolju, v katerem delujejo brezžični sevalni sistemi

(izpostavljenost strupenim kemikalijam, biotoksinom, drugim oblikam strupenega sevanja itd.). Obstajajo trije glavni razlogi, zakaj laboratorijski testi niso odražali pogojev izpostavljenosti ljudi v resničnem življenju.

Prvič, laboratorijski testi so bili opravljeni predvsem na živalih, zlasti podganah in miših. Zaradi fizioloških razlik med majhnimi živalmi in ljudmi, se nenehno pojavljajo skrbi v zvezi z ekstrapolacijo rezultatov iz malih živali na človeka. Poleg tega, medtem ko se vdihavanje ali zaužitje snovi lahko projicira iz laboratorijskih poskusov na živalih sorazmerno naravnost na človeka, pa je sevanje je lahko bolj problematično. Globina penetracije neionizirnega sevanja je odvisna od frekvence, tkiva in drugih parametrov. Sevanje bi lahko prodiralo veliko globlje v notranjost majhne živali, kot sevanje podobne valovne dolžine pri ljudeh, zaradi veliko manjše velikosti živali. Z različnimi stopnjami gostote moči bi bili prizadeti različni organi in tkiva.

Drugič, tipični dohodni signali EMP v večini preteklih laboratorijskih testih so bili sestavljeni iz ene same frekvence valovanja; dodani nizkofrekvenčni signali, ki vsebujejo informacije, niso bili vedno vključeni. Ta opustitev je morda pomembna. Kot trdi Panagopoulos: "Pomembno je opozoriti, da so razen RF / mikrovalovne nosilne frekvence, v telekomunikacijskih EMP vedno prisotne tudi izjemno nizke frekvence (ELF 0–3000 Hz) v obliki pulziranja in modulacije. Obstajajo pomembni dokazi, ki kažejo, da so učinki telekomunikacijskih EMP na žive organizme predvsem posledica vključenih izjemno nizkih frekvenc. Medtem ko ~50% študij z uporabo simuliranih izpostavljenosti ne najde nobenih učinkov, pa raziskave, ki uporabljajo izpostavljenost sevanju iz komercialno dostopnih naprav v resničnem življenju, skoraj 100% dosledno kažejo škodljive učinke." (Panagopoulos, 2019). Ti učinki se lahko še poslabšajo zaradi 5G: "z vsako novo generacijo telekomunikacijskih naprav ...se količina informacij, poslanih vsak trenutek... povečuje, kar ima za posledico večjo spremenljivost in zapletenost signalov, zaradi česar se žive celice / organizmi še toliko bolj ne morejo prilagoditi "(Panagopoulos, 2019).

Tretjič, ti laboratorijski poskusi so navadno vključevali en stresor (strupeni dražljaj) in so bili izvedeni v idealnih pogojih. To nasprotuje izpostavljenosti v resničnem življenju, kjer so ljudje izpostavljeni več strupenim dejavnikom vzporedno ali sočasno (Tsatsakis et al., 2016, 2017; Docea in sod., 2019a). Morda je pet odstotkov primerov, o katerih so poročali v literaturi o brezžičnem sevanju, imelo dodan drugi stresor (predvsem biološki oz kemični strupeni dejavnik) brezžičnemu sevalnemu stresorju, da bi ugotovili, ali je bil s to kombinacijo ustvarjen aditiven, sinergističen, potenciativen ali antagonističen učinek. (Kostoff in Lau, 2013, 2017; Juutilainen, 2008; Juutilainen in sod., 2006). Kombinacijski eksperimenti so izredno pomembni, kajti ko druge strupene dražljaje obravnavamo v kombinaciji bodisi med seboj ali z brezžičnim sevanjem, nastane sinergija, ki povečuje škodljive učinke vsakega posameznega dražljaja. To je bilo prikazano v več raziskavah ki so ovrednotili kumulativne učinke kronične izpostavljenosti majhnim odmerkom ksenobiotikov v kombinaciji (Kostoff in sod., 2018; Docea in sod., 2018; Tsatsakis in sod., 2019a; Docea in sod., 2019b; Tsatsakis in sod., 2019b, c; Fountoucidou in sod., 2019).

V kombinacijah, ki vključujejo brezžično sevanje, kombinirana izpostavljenost strupenim dražljajem in brezžičnemu sevanju pomeni veliko nižje tolerančne vrednosti za vsak strupeni dejavnik v kombinaciji glede na stopnje izpostavljenosti, ki jih povzročajo škodljivi učinki izolirano. V skladu s tem so varnostne meje izpostavljenosti brezžičnemu sevanju, če jih preučimo v kombinaciji z drugimi strupeni dražljaji, veliko nižje od meja

izpostavljenosti samo brezžičnim sevanjem brez drugih strupenih dejavnikov. Tako so skoraj vsi laboratorijski poskusi brezžičnega sevanja ki so bili opravljeni do danes, pomanjkljivi / omejeni glede prikaza celotnega škodljivega vpliva brezžičnega sevanja, ki bi ga bilo pričakovano videti v resničnih pogojih življenja.

Izključitev informacijskih signalov ali uporaba samo enega stresorja podcenjuje resnost škodljivih učinkov brezžičnega sevanja. Izključitev obeh iz poskusov, kot je bilo storjeno v ogromni večini študij o vplivih brezžičnega sevanja na zdravje, znatno podcenjuje dejansko škodljivost. Tako je na ugotovljene rezultate v biomedicinski literaturi treba gledati kot na 1) zelo konzervativne in 2) zelo podcenjeno resnost škodljivih učinkov brezžičnega sevanja.

Za razliko od nadzorovanih nedotaknjenih okolij, ki so značilna za laboratorijske poskuse o vplivu brezžičnega sevanja na živali, do sedaj opravljene epidemiološke študije o brezžičnem sevanju, običajno vključujejo človeška bitja, ki so bila podvržena nešteto znanim in neznanim stresnim dejavnikom pred (in med) študijo.

Ravni izpostavljenosti človeka sevanjem baznih postaj mobilne telefonije v resničnem življenju v študijah (poročilo Kostoff-a in Lau-leta 2017), ki so pokazale povečano pojavnost raka, so bile v resničnem življenju za en red velikosti nižje kot je bila raven izpostavljenosti v nedavni laboratorijski študiji na živalih ameriškega Nacionalnega toksikološkega programa (Melnick, 2019). Verjamemo, da je vključitev učinkov iz resničnega sveta v študije o sevanju stolpov mobilne telefonije vplivala na to, da je že en red velikosti nižji nivo izpostavljenosti bil povezan s povečano pojavnostjo raka. Laboratorij testi so bili izvedeni v nadzorovanih pogojih, ki ne odražajo resničnega življenja, medtem ko so bile epidemiološke študije opravljene v prisotnosti mnogih stresnih dejavnikov, znanih in neznanih, ki so navzoči v resničnem življenju. Stopnje izpostavljenosti neštetim toksičnim dejavnikom v epidemioloških študijah so bile večinoma nekontrolirane.

V zadnjih šestdesetih letih so bili objavljeni obsežni pregledi bioloških in zdravstvenih učinkov brezžičnega sevanja, ki se je uporabilo izolirano ali v kombinaciji z drugimi strupenimi vplivi (Kostoff in Lau, 2013, 2017; Belpomme in sod., 2018; Desai in sod., 2009; Di Ciaula, 2018; Doyon in Johansson, 2017; Havas, 2017; Kaplan et al., 2016; Lerchl in sod., 2015; Levitt in Lai, 2010; Miller in sod., 2019; Pall, 2016, 2018; Panagopoulos, 2019; Panagopoulos in sod., 2015; Russell, 2018; Sage in Burgio, 2018; van Rongen in sod., 2009; Yakymenko in sod., 2016; Bioinitiative, 2012). V celoti so ti pregledi učinkov radiofrekvenčnega (RF) spektra pokazali, da RF sevanje **pod smernicami ameriške Zvezne komisije za komunikacije (FCC)** lahko povzroči:

- rakotvornost (možganski tumorji / gliomi, rak dojke, akustični nevromi, levkemija, tumorji parotidnih žlez)
- genotoksičnost (poškodbe DNK, zaviranje popraviljanja DNK, strukture kromatina)
- mutagenost, teratogenost
- nevrodegenerativne bolezni (Alzheimerjeva bolezen, amiotrofična lateralna skleroza),
- nevrobehavioralne težave, avtizem, reproduktivne težave, nosečniški izidi, previsok nivo reaktivnih kisikovih spojin / oksidativni stres, vnetje, apoptoza, motnja krvno-možganske pregrade, proizvodnja melatonina žleze epifize, motnje spanja, glavobol, razdražljivost, utrujenost, težave s koncentracijo, depresija, omotica, tinitus, pekoča in zardela koža, prebavne motnje, tresavica, srčne nepravilnosti

- škodljivi vplivi na nevronske, krvnožilni, imunski, endokrini in kostni sistem

Iz tega vidika je radiofrekvenčno sevanje močno razširjen vzrok bolezni!

Odgovor industrije je bil, da noben mehanizem ne bi mogel razložiti biološkega delovanja netermičnih in neioniziranih elektromagnetnih polj. Vendar so bila poročila o jasnih motnjah bioloških sistemov na nivojih blizu ali celo pod $1000 \mu\text{W} / \text{m}^2$ (Bioinitiative, 2019) razložena z motnjami v prenosu elektronov in protonov, ki podpirajo proizvodnjo ATP molekul energije v mitohondrijah (Sanders in sod., 1980; 1985) zaradi izpostavljenosti radiofrekvenčnim ali ekstremno nizkim elektromagnetnim signalom (Li in Heroux, 2014). Da bi pridobili drug pogled na celoten spekter neželenih učinkov brezžičnega sevanja je bila v Medline opravljena poizvedba za pridobivanje reprezentativnih zapisov, povezanih s škodljivimi učinki EMP (v glavnem, vendar ne samo RF EMP). Pridobljenih je bilo več kot 5400 zapisov in glavnih naslovov na področju medicine (MeSH). Kategorije škodljivih vplivov obeh pristopov se zelo dobro ujemajo. Škodljivi zdravstveni učinki obsegajo od veliko različnih občutkov nelagodja do življenjsko nevarnih bolezni. Celoten seznam naslovov MeSH, povezanih s to poizvedbo, je prikazan v prilogi 1 (Kostoff, 2019). Zainteresirani bralec lahko ugotovi, katere druge bolezni / simptomi so bili vključeni. Pridobljenih 5400+ referenc je prikazanih v Dodatku 2 (Kostoff, 2019).

5. KAKŠNE VRSTE BIOLOŠKIH IN ZDRAVSTVENIH UČINKOV LAHKO PRIČAKUJEMO OD 5G TEHNOLOGIJE BREZŽIČNEGA OMREŽJA?

Možni škodljivi učinki 5G izhajajo iz notranje narave sevanja in njegove interakcije s tkivom in ciljnim strukturami. Omrežna tehnologija 4G je bila povezana predvsem z nosilnimi frekvencami v območju $\sim 1\text{--}2,5 \text{ GHz}$ (mobilni telefoni, WiFi). Valovna dolžina sevanja 1 GHz je 30 cm , globina penetracije v človeško tkivo pa je nekaj centimetrov. V načinu z najvišjo visoko pasovno zmogljivostjo je omrežna tehnologija 5G povezana predvsem z nosilnimi frekvencami, ki so vsaj en red višje od frekvenc 4G, čeprav, kot je bilo že omenjeno, so ekstremno nizke frekvence (ELF $0\text{--}3000 \text{ Hz}$) vedno prisotne v vseh telekomunikacijskih elektromagnetnih poljih v obliki impulzov in modulacij. Globina penetracije nosilne frekvence visoko frekvenčnega brezžičnega sevanja 5G bo nekaj milimetrov (Aleksiev in sod., 2008a, b). Pri teh valovnih dolžinah lahko pričakujemo resonančne pojave z majhnimi strukturami v človeškem telesu (Betzalet et al., 2018). Poleg tega so številne simulacije milimetrskih valovnih resonanc z žuželkami pokazale splošno povečanje absorbirane moči radijskih frekvenc pri 6 GHz in več, v primerjavi z absorbirano močjo RF frekvenc pod 6 GHz . Premik 10% incidentne gostote moči za frekvence nad 6 GHz naj bi predvidoma povzročil **povečanje absorbirane količine moči RF sevanja med $3\text{--}370\%$** (Thielens in sod., 2018). Pogosta „modrost“, predstavljena v literaturi in medijih je, da če obstajajo škodljivi vplivi, ki so posledica visoko pasovnih frekvenc 5G, bodo osredotočeni na pojave blizu površine telesa, kot so rak kože, katarakti in druga bolezenska kožna stanja.

Vendar obstajajo dokazi, da se biološki odzivi zaradi obsevanja z milimetrskimi valovi lahko začnejo v koži, kasnejše sistemsko signaliziranje v koži pa ima za posledico fiziološke učinke na živčni sistem, srce in imunski sistem (Russell, 2018). Upoštevajte tudi ugotovitve v dokumentu Zalyubovskaya (1977). To je eden izmed številnih prevodov člankov o brezžičnem sevanju, izdanih v nekdanji Sovjetski zvezi (glejte tudi preglede Sovjetske zveze o raziskavah na to temo: McRee (1979, 1980), Kositsky et al. (2001) ter Glaser in Dodge (1976)). Na str. 57 članka avtorice Zalyubovskaya se obravnavajo biološki

učinki milimetrskih radijskih valov. Zalyubovskaya je izvajala poskuse z uporabo pretokov moči 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (10 W/m^2 = smernica za širšo javnost ameriške Zvezne komisije za komunikacije FCC) in frekvence okoli 60 GHz. Škodljivi učinki niso bili le na koži, ampak tudi na srcu, jetrih, ledvicah, tkivu vranice ter v krvi in kostnem mozgu. Ti rezultati krepijo zaključek Russela, **da lahko zaradi milimetrskega valovanja nastanejo sistemski učinki**. Naj ponovno poudarimo, da je pri poskusih Zalyubovskajove prihajajoči signal bil nemoduliran nosilec frekvenc in da je poskus vključeval samo en stresni dejavnik. Zato je pričakovan rezultat v resničnem svetu (ko na ljudi vplivajo mnogi strupeni dejavniki in so signali pulzni in modulirani) veliko bolj resen in se sproži pri nižjih (morda precej nižjih) tokovih moči brezžičnega sevanja.

Dokument Zalyubovskayove je bil objavljen leta 1977. ZDA so ga leta 1977 označile za tajnost, kar je bilo razveljavljeno leta 2012. Kateri nacionalni problemi varnosti so povzročili, da je bil ta dokument (in drugi dokumenti, navedeni v referencah) 35 let razvrščen kot tajnost, vse do razveljavitve leta 2012? Drugi dokumenti s podobnimi ugotovitvami so bili objavljeni v ZSSR (in ZDA) v tistem času ali celo prej, vendar mnogi nikoli niso videli luči dneva, tako v ZSSR kot v ZDA. To kaže, da so bili potencialno škodljivi vplivi milimetrskega valovanja na kožo (in druge večje sisteme v telesu) prepoznani že pred več kot štiridesetimi leti, danes pa se pogovor vrti le okoli možnosti skromnih potencialnih vplivov na kožo in nastanek kataraktov zaradi brezžičnega sevanja milimetrskih valov.

6. KAKŠNO JE SOGLASJE O ŠKODLJIVIH UČINKIH SEVANJA BREZŽIČNIH POVEZAV?

Niso vse študije brezžičnega sevanja pokazale škodljivih učinkov. Na primer, razmislite o možnih genotoksičnih učinkih sevanja mobilnih telefonov. Študija, ki raziskuje »vpliv uporabe mobilnih telefonov na genetsko nestabilnost celic sluznice ustne votline, "je zaključila: " Uporaba mobilnega telefona ni povzročila bistveno povečane frekvence mikrojedrer «(Hintzsche in Stopper, 2010). Nasprotno pa je študija iz leta 2017 raziskala pripravo bukalnih celic za genetsko nestabilnost in ugotovila, da je "frekvenca mikrojedrer (13,66x), jedrnih brstov (2,57x), bazalnih (1,34x), kariorekcijskih (1,26x), kariolitičnih (2,44x), piknotičnih (1,77x) in kondenziranih kromatinskih (2,08x) celic bila zelo pomembno ($p = 0,000$) povečana pri uporabnikih mobilnih telefonov." (Gandhi in sod., 2017). Študija iz leta 2017, za ugotavljanje učinka sevanja mobilnega telefona na orofacialnih strukturah, je sklenila, da »mobilni telefon, ki oddaja sevanje, povzroča nepravilnosti jeder ustnih mukoznih celic «(Mishra in sod., 2017).

Nadalje, študija iz leta 2016 za "raziskovanje učinkov sevanja mobilnih telefonov na frekvenco MN celic ustne sluznice, je zaključila: »Število celic z mikrojedri (1000 odluščenih bukalnih mukoznih celic) je bilo znatno povečano v skupini pogostih uporabnikov mobilnih telefonov, ne pa tudi v skupini uporabnikov, ki mobilne telefone uporabljajo manj pogosto.«(Banerjee in sod., 2016). Nazadnje je študija, namenjena preiskovanju zdravstvenih učinkov izpostavljenosti sevanju Wi-Fi, zaključila, da »dolgotrajna izpostavljenost Wi-Fi lahko privede do škodljivih učinkov, kot so neurodegenerativne bolezni, na primer pomembne spremembe izražanja gena AChE in nekaterih nevrobehavioralnih parametrov, povezanih s poškodbo možganov.« (Obajuluwa in sod., 2017).

Obstaja veliko možnih razlogov, ki pojasnjujejo pomanjkanje soglasja glede učinkov.

1) Pri parametrih lahko pride do 'oken', kjer se škodljivi učinki pojavijo, medtem ko delovanje zunaj teh oken pokaže a) da ni nobenih učinkov ali b) hormeticne učinke ali c) terapevtske učinke. Na primer, če informacijska vsebina signala močno prispeva k negativnim vplivom na zdravje (Panagopoulus, 2019), potem so poskusi, ki vključujejo le nosilne frekvence, lahko zunaj »okna«, v katerem se pojavljajo škodljivi učinki na zdravje. Lahko pa tudi v tem konkretnem primeru nosilni signal in informacijski signal vidimo kot kombinacijo potencialno škodljivih dražljajev, ker so škodljivi učinki vsake komponente omogočeni zaradi kombiniranih sinergičnih učinkov obeh signalov.

Drug primer je ugotovitev škodljivih učinkov kombinacije 50 Hz EMP in DMBA na zdravje enega seva glodavcev, medtem ko se ni pokazal škodljiv vpliv na zdravje drugega seva glodavcev pri isti kombinaciji sevanja (Fedrowitz in sod., 2004). Iz perspektive kombinacije višjega reda, če so genetske nepravilnosti / razlike konceptualno gledano potencialno enakovredne škodljivemu dejavniku, potem je trojna sinergična kombinacija 50 Hz EMF, DMBA in genetike bila potrebna za nastanek škodljivih vplivov na zdravje enega seva glodavcev v zgornjem poskusu. Če je mogoče te rezultate ekstrapolirati med vrstami, bi se lahko človeška bitja različno odzivala na iste elektromagnetne dražljaje na podlagi svojih edinstvenih genetskih predispozicij (Caccamo in sod., 2013; De Luca in sod., 2014).

2) Kakovost raziskav je lahko bila slaba, negativni učinki pa so bili spregledani.

3) Raziskovalna skupina bi morda imela vnaprej pripravljeno agendo, kjer bi bil cilj, da v študiji ne najdejo neželenih učinkov brezžičnega sevanja. Študije so na primer pokazale, da ko raziskovanje škodljivih vplivov na zdravje brezžičnega sevanja financira industrija, je veliko bolj verjetno, da ne bodo našli nobenih učinkov kot pri raziskavah, ki jih financirajo od industrije neodvisni viri. (Huss in sod., 2007; Slesin, 2006; Carpenter, 2019). Študije v drugih disciplinah, poleg brezžičnega sevanja, so to pokazale za izdelke vojaške industrije ter trgovinske in politično občutljive dejavnosti. »Raziskovalci« ali organizacije so najete za objavljanje člankov, ki so v nasprotju z verodostojno znanostjo in vzbujajo dvom, ali je nek izdelek res škodljiv (Michaels, 2008; Oreskes in Conway, 2011).

Na žalost, glede na močno odvisnost civilne in vojaške ekonomije od brezžičnega sevanja, so spodbude za prepoznavanje škodljivih učinkov brezžičnega sevanja minimalne in in nasprotnih dejavnikov je veliko. Te perverzne spodbude ne veljajo samo za sponzorje raziskav in razvoja, ampak tudi za izvajalce. Tudi zlati standard za verodostojnost raziskav - **neodvisna ponovitev rezultatov raziskav** - je vprašljiv na politično, komercialno in vojaško občutljivih področjih, kot je varnost brezžičnega sevanja, kjer je pospešeno izvajanje ciljev usklajeno pri večini sponzorjev raziskav (vlada in industrija). Ključnega pomena je, da imajo zelo objektivni ocenjevalci, z minimalnim navzkrižjem interesov, osrednjo vlogo pri tem, da so sprejeti strogi varnostni standardi za brezžične sevalne sisteme, preden se dovoli njihova široka izvedba.

7. ZAKLJUČKI

Brezžično sevanje ponuja obljubo izboljšane daljinskega zaznavanja, izboljšane komunikacije in prenosa podatkov ter izboljšane povezanost. Na žalost obstaja veliko podatkov iz laboratorijskih in epidemioloških študij, ki kažejo, da imajo prejšnje in sedanje generacije tehnologije brezžičnega omrežja pomembne negativne vplive na zdravje. Večina teh podatkov je bila pridobljena pod pogoji, ki niso odsev resničnega življenja. Ko

se dodajo pomisleki iz resničnega življenja, kot je npr 1) vključevanje informacijske vsebine signalov skupaj z 2) nosilnimi frekvencami in 3) vključno z drugimi škodljivimi dejavniki v kombinaciji z brezžičnim sevanjem, se škodljivi učinki, povezani z brezžičnim sevanjem, znatno povečajo. Vsiljevanje sevanja 5G v že strupeno okolje zaradi brezžičnega sevanja, bo še poslabšalo škodljive učinke na zdravje, za katere je ugotovljeno, da obstajajo. Veliko več raziskav in testiranja potencialnih učinkov 5G na zdravje v resničnih pogojih je potrebno, preden se lahko opravi nadaljnje uvajanje.

Izjava o transparentnosti: Dokument o preglednosti, povezan s tem členom, je v spletni različici.

Izjava o konkurenčnem interesu: Avtorji izjavljajo, da nimajo znanih konkurenčnih finančnih sredstev interesov ali osebnih odnosov, ki bi lahko vplivali na delo, o katerem poroča ta članek.

VIRI:

Alekseev, S.I., Radzievsky, A.A., Logani, M.K., Ziskin, M.C., 2008a. Millimeter wave dosimetry of human skin. *Bioelectromagnetics* 29 (January (1)), 65–70. <https://doi.org/10.1002/bem.20363>.

Alekseev, S.I., Gordienko, O.V., Ziskin, M.C., 2008b. Reflection and penetration depth of millimeter waves in murine skin. *Bioelectromagnetics* 29 (July (5)), 340–344. <https://doi.org/10.1002/bem.20401>.

Banerjee, S., Singh, N.N., Sreedhar, G., Mukherjee, S., 2016. Analysis of the genotoxic effects of mobile phone radiation using buccal micronucleus assay: a comparative evaluation. *J. Clin. Diagn. Res.* 10 (3) ZC82-ZC5.

Belpomme, D., Hardell, L., Belyaev, I., Burgio, E., Carpenter, D.O., 2018. Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: an international perspective. *Environ. Pollut.* 242, 643–658.

Betzalel, N., Ben Ishai, P., Feldmann, Y., 2018. The human skin as a sub-THz receiver - Does 5G pose a danger to it or not? *Environ. Res.* 163, 208–216.

BioInitiative Working Group, Cindy Sage, David O. Carpenter, BioInitiative Report: A Rationale for Biologically-Based Public Exposure Standards for Electromagnetic Radiation at 2012; www.bioinitiative.org December 31, 2012, last updated 2019.

Caccamo, D., Cesareo, E., Mariani, S., Raskovic, D., Lentile, R., Currò, M., Korkina, L., De Luca, C., 2013. Xenobiotic sensor- and metabolism-related gene variants in environmental sensitivity-related illnesses: a survey on the Italian population. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2013 <https://doi.org/10.1155/2013/831969>. Article ID 831969.

Carpenter, D.O., 2019. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: how source of funding affects results. *Environ. Res.* 178, 108688. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108688>.

De Luca, C., Thai, J.C., Raskovic, D., Cesareo, E., Caccamo, D., Trukhanov, A., Korkina, L.,

2014. Metabolic and genetic screening of electromagnetic hypersensitive subjects as a feasible tool for diagnostics and intervention. *Mediators Inflamm.* 2014, 924184. <https://doi.org/10.1155/2014/924184>. Epub 2014 Apr 9.

Desai, N.R., Kesari, K.K., Agarwal, A., 2009. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 7.

Di Ciaula, A., 2018. Towards 5G communication systems: are there health implications? *Int. J. Hyg. Environ. Health* 221 (3), 367–375.

Docea, A.O., Gofita, E., Goumenou, M., Calina, D., Rogoveanu, O., Varut, M., Olaru, C., Kerasioti, E., Fountoucidou, P., Taitzoglou, I., Zlatian, O., Rakitskii, V.N., Hernandez, A.F., Kouretas, D., Tsatsakis, A., 2018. Six months exposure to a real life mixture of 13 chemicals' below individual NOAELs induced non monotonic sex-dependent biochemical and redox status changes in rats. *Food Chem. Toxicol.* 115, 470–481 doi: 10.1016/j.fct.2018.03.052.

Docea, A.O., Calina, D., Goumenou, M., Neagu, M., Gofita, Tsatsakis, A., 2019a. Study design for the determination of toxicity from long-term-low-dose exposure to complex mixtures of pesticides, food additives and lifestyle products. *Toxicol. Lett.* 258 <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.06.1666>. S179-S179.

Docea, A.O., Goumenou, M., Calina, D., Arsene, A.L., Dragoi, C.M., Gofita, E., Pisoschi, C.G., Zlatian, O., Stivaktakis, P.D., Nikolouzakis, T.K., Kalogeraki, A., Izotov, B.N., Galateanu, B., Hudita, A., Calabrese, E.J., Tsatsakis, A., 2019b. Adverse and hormetic effects in rats exposed for 12 months to low dose mixture of 13 chemicals: RLRS part III. *Toxicol. Lett.* 310, 70–91. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019b.04.005>.

Doyon, P.R., Johansson, O., 2017. Electromagnetic fields may act via calcineurin inhibition to suppress immunity, thereby increasing risk for opportunistic infection: conceivable mechanisms of action. *Med. Hypotheses* 106, 71–87.

Fedrowitz, M., Kamino, K., Loscher, W., 2004. Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats. *Cancer Res.* 64 (1), 243–251.

Fountoucidou, P., Veskoukis, A.S., Kerasioti, E., Docea, A.O., Taitzoglou, I.A., Liesivuori, J., Tsatsakis, A., 2019. Kouretas DA mixture of routinely encountered xenobiotics induces both redox adaptations and perturbations in blood and tissues of rats after a long-term low-dose exposure regimen: the time and dose issue. *Toxicol. Lett.* 317, 24–44. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.09.015>.

Gandhi, G., Singh, P., Kaur, G., 2017. Perspectives revisited - the buccal cytome assay in mobile phone users. *Int. J. Hum. Genet.* 15 (4), 173–182.

Glaser, R., Dodge, C.H., 1976. Biomedical Aspects of Radiofrequency Radiation: A Review of Selected Soviet, East European, and Western References. Selected Papers of the USNC/ URSI Annunl Meeting (Boulder, CO. 1975). HEW Publication (FDA) 77-8010/ 8011, pp. 2–34 Dec.

- Havas, M., 2017. When theory and observation collide: can non-ionizing radiation cause cancer? *Environ. Pollut.* 221, 501–505.
- Hintzsche, H., Stopper, H., 2010. Micronucleus frequency in buccal mucosa cells of mobile phone users. *Toxicol. Lett.* 193 (1), 124–130.
- Huss, A., Egger, M., Hug, K., Huwiler-Müntener, K., Rössli, M., 2007. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. *Environ. Health Perspect.* 115 (1), 1–4.
- Juutilainen, J., 2008. Do electromagnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? *Radiat. Prot. Dosimetry* 132 (2), 228–231.
- Juutilainen, J., Kumlin, T., Naarala, J., 2006. Do extremely low frequency magnetic fields enhance the effects of environmental carcinogens? A meta-analysis of experimental studies. *Int. J. Radiat. Biol.* 82 (1), 1–12.
- Kaplan, S., Deniz, O.G., Onger, M.E., Turkmen, A.P., Yurt, K.K., Aydin, I., et al., 2016. Electromagnetic field and brain development. *J. Chem. Neuroanat.* 75, 52–61.
- Kositsky, N.N., Nizhelska, A.I., Ponezh, G.V., 2001. Influence of high-frequency electromagnetic radiation at non-thermal intensities on the human body (a review of work by Russian and Ukrainian researchers). *No Place to Hide- Newsletter of the Cellular Phone Taskforce Inc.* 3 (Supplement (1)).
- Kostoff, R.N., 2019. Adverse Effects of Wireless Radiation. PDF. <http://hdl.handle.net/1853/61946>.
- Kostoff, R.N., Lau, C.G.Y., 2013. Combined biological and health effects of electromagnetic fields and other agents in the published literature. *Technol. Forecast. Soc. Change* 80 (7), 1331–1349.
- Kostoff, R.N., Lau, C.G.Y., 2017. Modified health effects of non-ionizing electromagnetic radiation combined with other agents reported in the biomedical literature. In: Geddes, C.D. (Ed.), *Microwave Effects on DNA and Proteins*. Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50289-2_4.
- Kostoff, R.N., Goumenou, M., Tsatsakis, A., 2018. The role of toxic stimuli combinations in determining safe exposure limits. *Toxicol. Rep.* 5, 1169–1172. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.10.010>. ECollection 2018.
- Lerchl, A., Klose, M., Grote, K., Wilhelm, A.F.X., Spathmann, O., Fiedler, T., et al., 2015. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 459 (4), 585–590.
- Levitt, B.B., Lai, H., 2010. Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays. *Environ. Rev.* 18, 369–395.
- Li, Y., Héroux, P., 2014. Extra-Low-Frequency magnetic fields alter cancer cells through metabolic restriction. *Electromagn. Biol. Med.* 33 (4), 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.eb.2014.05.001>.

3109/15368378.2013.817334.

McRee, D.I., 1979. Review of Soviet Eastern-European research on health-aspects of microwave-radiation. *Bull. N. Y. Acad. Med.* 55 (11), 1133–1151.

McRee, D.I., 1980. Soviet and Eastern-European research on biological effects of microwave-radiation. *Proc. IEEE* 68 (1), 84–91. <https://doi.org/10.1109/PROC.1980.11586>. Also. https://www.avaate.org/IMG/pdf/mcree80_rev_soviet.pdf.

Melnick, R.L., 2019. Commentary on the utility of the National Toxicology Program study on cell phone radiofrequency radiation data for assessing human health risks despite unfounded criticisms aimed at minimizing the findings of adverse health effects. *Environ. Res.* 168, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.010>.

Michaels, D., 2008. *Doubt Is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health*, 1st edition. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.

Miller, A.B., Sears, M.E., Morgan, L.L., Davis, D.L., Hardell, L., Oremus, M., et al., 2019. Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front. Public Health* 7, 223. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00223>.

Mishra, S.K., Chowdhary, R., Kumari, S., Rao, S.B., 2017. Effect of cell phone radiations on orofacial structures: a systematic review. *J. Clin. Diagn. Res.* 11 (5), 5.

Obajuluwa, A.O., Akinyemi, A.J., Afolabi, O.B., Adekoya, K., Sanya, J.O., Ishola, A.O., 2017. Exposure to radio-frequency electromagnetic waves alters acetylcholinesterase gene expression, exploratory and motor coordination-linked behaviour in male rats. *Toxicol. Rep.* 4, 530–534.

Oreskes, N., Conway, E.M., 2011. *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues From Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Press, New York, NY.

Pall, M.L., 2016. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J. Chem. Neuroanat.* 75, 43–51.

Pall, M.L., 2018. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environ. Res.* 164, 405–416.

Panagopoulos, D.J., 2019. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. *Mutat. Res. Mutat. Res.* 781, 53–62.

Panagopoulos, D.J., Johansson, O., Carlo, G.L., 2015. Real versus simulated mobile phone exposures in experimental studies. *Biomed Res. Int.* 2015, 607053. <https://doi.org/10.1155/2015/607053>.

Russell, C.L., 2018. 5 G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications. *Environ. Res.* 165, 484–495.

Sage, C., Burgio, E., 2018. Electromagnetic fields, pulsed radiofrequency radiation, and

epigenetics: how wireless technologies may affect childhood development. *Child Dev.* 89 (1), 129–136.

Sanders, A.P., Schaefer, D.J., Joines, W.T., 1980. Microwave effects on energy metabolism of rat brain. *Bioelectromagnetics* 1, 171–181.

Sanders, A.P., Joines, W.T., Allis, J.W., 1985. Effects of continuous-wave, pulsed, and R.N. Kostoff, et al. *Toxicology Letters* 323 (2020) 35–40 39 sinusoidal-amplitude-modulated microwaves on brain energy metabolism. *Bioelectromagnetics*. 6, 89–97.

Slesin, L., 2006. “Radiation Research” and the Cult of Negative Results. *Microwave News* 31 July. <http://microwavenews.com/RR.html>.

Thielens, A., Bell, D., Mortimore, D.B., Greco, M.K., Martens, L., Joseph, W., 2018. Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHz. *Sci. Rep.* 8, 3924. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22271-3>.

Tsatsakis, A.M., Docea, A.O., Tsitsimpikou, C., 2016. New challenges in risk assessment of chemicals when simulating real exposure scenarios; simultaneous multi-chemicals' low dose exposure. *Food Chem. Toxicol.* 96, 174–176. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.08.011>.

Tsatsakis, A.M., Kouretas, D., Tzatzarakis, M.N., Stivaktakis, P., Tsarouhas, K., Golokhvast, K.S., Rakitskii, V.N., Tutelyan, V.A., Hernandez, A.F., Rezaee, R., Chung, G., Fenga, C., Engin, A.B., Neagu, M., Arsene, A.L., Docea, A.O., Gofita, E., Calina, D., Taitzoglou, I., Liesivuori, J., Hayes, A.W., Gutnikov, S., Tsitsimpikou, C., 2017. Simulating real-life exposures to uncover possible risks to human health: a proposed consensus for a novel methodological approach. *Hum. Exp. Toxicol.* 36 (6), 554–564. <https://doi.org/10.1177/0960327116681652>.

Tsatsakis, A.M., Docea, A.O., Calina, D., Buga, A.M., Zlatian, O., Gutnikov, S., Kostoff, R.N., Aschner, M., 2019a. Hormetic Neurobehavioral effects of low dose toxic chemical mixtures in real-life risk simulation (RLRS) in rats. *Food Chem. Toxicol.* 125, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.12.043>.

Tsatsakis, A., Tyshko, N.V., Docea, A.O., Shestakova, S.I., Sidorova, Y.S., Petrov, N.A., Zlatian, O., Mach, M., Hartung, T., Tutelyan, V.A., 2019b. The effect of chronic vitamin deficiency and long term very low dose exposure to 6 pesticides mixture on neurological outcomes - A real-life risk simulation approach. *Toxicol. Lett.* 315, 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.07.026>.

Tsatsakis, A., Docea, A.O., Constantin, C., Calina, D., Zlatian, O., Nikolouzakis, T.K., Stivaktakis, P.D., Kalogeraki, A., Liesivuori, J., Tzanakakis, G., Neagu, M., 2019c. Genotoxic, cytotoxic, and cytopathological effects in rats exposed for 18 months to a mixture of 13 chemicals in doses below NOAEL levels. *Toxicol. Lett.* 316, 154–170. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2019.09.004>.

van Rongen, E., Croft, R., Juutilainen, J., Lagroye, I., Miyakoshi, J., Saunders, R., et al., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system.

J. Toxicol. Environ. Health-Part B-Crit. Rev. 12 (8), 572–597.

Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidorik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., Kyrylenko, S., 2016. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn. Biol. Med.* 35 (2), 186–202.

Zalyubovskaya, N.P., 1977. Biological Effects of Millimeter Radiowaves. *Vrachebnoye Delo*. No. 3. P. 57.
<https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/CIARDP88B01125R000300120005-6.pdf>.