



Ljubljana, 28.11.2006  
Št.: 230/06

Vrtec Pod Gradom  
Praprotnikova 2  
1000 Ljubljana

Datum naročila: 17.11.2006

## **Zadeva: POROČILO O TESTIRANJIH MOŽNIH UČINKOV SEVANJ ANTEN ZA MOBILNO TELEFONIJO NA IZBRANIH MESTIH V PROSTORIH VRTCA POD GRADOM, ENOTA PRULE**

Vodja raziskave: dr. Romana Ružič.

Sodelovali na projektu:

Prof. dr. Igor Jerman

dr. Metod Škarja

### **OBSEG RAZVOJA IN RAZISKAVE**

1. Biološko testiranje vplivov sevanj GSM in/ali Si-mobil anten.
2. Elektrofotografsko testiranje vode izpostavljene sevanju anten.

Osnova za izvedbo raziskave je bil predvsem znani Freiburški apel, ki opozarja na možne biološke učinke mikrovalovnih sevanj. V tehničnem smislu tovrstna sevanja že v obsegu nad 7 metrov od oddajnega stolpa za mobilno telefonijo ne presegajo uradno dovoljenih vrednosti, vendar pa po vedno večjem številu znanstvenih raziskav predvidevamo, da obstoje bioloških učinki tudi pri nekaterih nižjih vrednostih, kar pa pokažejo le neposredne meritve na terenu.

Omejitev te raziskave je v dejstvu, da si zaradi več razlogov ne moremo privoščiti prave masovne raziskave na ljudeh po metodi dvojnega slepega testa. Prisiljeni smo torej v posredno testiranje, tako biološko kot instrumentalno, s tem, da iz mnogih preteklih testov dobro poznamo povezavo med rezultati takih testov in povprečno odzivnostjo ljudi.

Testiranje lastnosti smo tako opravili na naslednje načine:

#### A) biološki učinki:

testi na že dobro poznanem, razvitem in izredno občutljivem rastlinskem senzornem sistemu prek kompenzacije stresa,

#### B) instrumentalna detekcija subtilnega vpliva polja na vodo na izbranih lokacijah:

digitalno elektrofotografski (DEF) testi

## UVOD

Poznamo več vrst visokofrekvenčnih sevanj, v našem okolju so najpomembnejša predvsem sevanja oddajnikov za RTV, radarjev in oddajnikov za mobilno telefonijo. Tudi mobilnih sistemov je več tipov in sicer NMT (Nordic Mobile Telephony, frekvenca okrog 420 MHz), GSM 900 (Global sistem for Mobile Communication, frekvenca med 890 – 960 MHz), GSM1800 (frekvenca med 1710 – 1880 MHz) in UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, najpogosteje se uporablja 5Hz kanal za oddajanje na frekvenci 1910 in za sprejemanje pri 2100 MHz) pri čemer imajo oddajniki baznih postaj najbolj razširjenega evropskega sistema GSM moči od 10 do 50 W. Ravno zaradi pritiskov javnosti tako antene oddajnih postaj kot mobilni aparati vedno bolj vključujejo tudi pripomočke in mehanizme za zmanjšanje oddajne moči. Pritožbe stanovalcev in strah pred škodljivimi učinki pa še vedno obstajajo.

V množici številnih raziskav, ki niso dala pravih rezultatov, pa so na voljo tudi resne študije, ki nakazujejo, da možnih bioloških vplivov ni mogoče povsem izključiti. Vplive na ljudi je težko raziskovati zaradi subjektivnosti, omejenih možnosti in številnih drugih parametrov, ki lahko vplivajo na rezultate. Na eni strani imamo možne vplive mikrovalov zaradi segrevanja tkiva, le-te telo večinoma dobro uravnava, pri nizkih jakostih pa gre predvsem za netoplotne vplive, ki delujejo kot določen vir bioelektromagnetne informacije. To ne pomeni, da učinki mikrovalov nujno vodijo v kakšne zdravju škodljive posledice, imajo pa lahko merljive biološke učinke. Pogosto so rezultati študij nasprotujoči ali slabo ponovljivi. Dejstvo je, da je znanje o bioloških učinkih mikrovalov še vedno nezadostno in fizikalno nepojasnjeno. Svetovna zdravstvena organizacija je šibka elektromagnetna sevanja uvrstila v rubriko "možen karcinogen", najnižjo rubriko na področju toksičnih ali drugače škodljivih snovi. To pomeni, da so nekatere raziskave pokazale možen škodljiv vpliv elektromagnetnih sevanj, ki pa še zdaleč ni potrjen. Do danes še vedno ni nedvoumnih dokazov, da bi lahko mobilni telefoni ali bazne postaje povzročile zdravju škodljive učinke. Toliko uradna poročila. Množijo pa se raznovrstne posamezne študije, katerih ugotovitve bo potrebno še potrditi. Te študije kažejo predvsem možen vpliv na možgane in živčni sistem, na zmanjšanje tvorbe melatonina, na ravnovesje kalcijevih ionov v telesu, s tem pa tudi na motnje imunskega sistema; nekatere kažejo celo na poškodbe genetskega materiala (Blackman in sod. 1988, 1990 Borbely in sod. 1999, Bortkiewicz in sod. 1995, Fesenko in sod. 1999, Fritze in sod. 1997, Garaj-Vrhovac in sod. 1990, Goldsmith 1997, Hocking in sod. 1996, Maskarinec in sod. 1994, McKenzie in sod. 1998 Michelozzi in sod. 1998, Phelan in sod. 1992 Shandala in sod. 1979, Szmigielski in sod. 1998, Timchenko in sod. 1995).

Poročilo o vplivu mobilnih telefonov na zdravje, ki ga je izvedla neodvisna skupina angleških raziskovalcev (znano tudi kot Stewartovo poročilo) zaključuje, da bazne postaje mobilne telefonije nimajo škodljivega vpliva na zdravje ljudi, lahko pa imajo vpliv na njihovo počutje v nekaterih primerih. Opozarjajo pa, da so lahko posamezne skupine prebivalstva bolj občutljive na ta sevanja, npr. otroci, ker se jim organi in organski sistemi šele razvijajo. Poročilo tudi omenja, da je potrebno natančno določiti nevarno cono okrog takšnih anten, t.j.

določiti območja okrog anten v katerem se naj ne nahajajo ljudje ali živali, še zlasti ne šole, vrtci, bolnišnice ipd. Priporočajo tudi, da nivo ali možne prekoračitve teh sevanj preverijo neodvisne inštitucije (Stewart in sod. 2000). Res pa je, da osebni mobilni telefoni sevajo nekajkrat več kot bazne postaje, dalj ko so telefoni oddaljeni od baznih postaj, močnejše sevajo. Zato obstoji trend, da bi bilo teh baznih postaj čimveč z manjšo jakostjo oddajanja. Res pa je, da razumni uporabniki telefone uporabljajo malokrat, baznim postajam pa so izpostavljeni ves čas. Mednarodno priznani znanstveniki s tega področja svarijo pred področji, kjer je sevanje dalj časa višje od  $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Pri teh jakostih so preučevali predvsem motnje utripa, krvnega pritiska, bitja srca, spanja, pojavili so se glavoboli in motnje v dolžini rem spanja, spremenila se je tudi prepustnost možganske bariere, nekateri pa so preučevali tudi motnje v dednem zapisu, popravljanju poškodb le tega in nastalih proteinih. Ponekod so se pojavile spremembe v električni aktivnosti možgan, sposobnostih spominjanja, motnje v tvorbi spermijev, zmanjšanje aktivnosti živčnega in imunskega sistema, koncentracije, pojav tumorjev in levkemije, šumenje v ušesih, zmanjšanje motoričnih aktivnosti, motnje metabolizma in hormonskega sistema. Angleški znanstvenik dr. G.J. Hyland (2001) meni, da so varnostni standardi omejeni skoraj izključno na toplotne učinke tako za mobitele kot za bazne postaje. Isto trdi tudi prof. Miklavčič (Miklavčič 2004).

Ker zdravniki poznajo razmere pacientov in ker so stanja pogosto povezana z nastopom izpostavitve mikrovalovnim sevanjem oziroma izginejo, ko se pacienti le tem umaknejo, zdravniki menijo, da je eden od bistvenih vzrokov za to fatalno stanje uvedba mobilne telefonije leta 1992 in uvedba brezžičnih hišnih telefonov po DEKT standardu leta 1995. Pulzirajočim mikrovalovom se tako nihče ne more več izogniti. Ti mikrovalovi zaradi sinergizmov povečujejo škodljivost že prej obstoječih kemijskih in fizikalnih škodljivih okoljskih vplivov in še dodatno obremenjujejo imunsko obrambo. Te ugotovitve so strnjene v t.im. Freiburškem apelu, ki ga je izdalo nemško Interdisciplinarno društvo za okoljsko medicino (IGUMED) in ki so ga sestavili aktivni zdravniki praktiki, samo v treh mesecih pa se jim je pridružilo več kot 500 nemških zdravnikov in sicer v zvezi s posledicami EM sevanj, ki jih opažajo pri svojih pacientih. Dokument je strokovno in praktično podprt v tolikšni meri, da mu v merilih poštenosti in objektivnosti ni mogoče ugovarjati. Prav tako so med možnimi učinki mikrovalovnih sevanj naštetih tudi motnje metabolizma in hormonskega sistema, motnje živčnih signalov in poškodbe v zapisih DNA ter manjša sposobnost obnove teh zapisov. Zaradi različnih pristopov k raziskavam učinkov sevanj (fizikalni, biološki) ter različnih kriterijev za sprejem uradne mejne vrednosti so le-te v Evropski uniji različne, povsod pa precej višje od zgoraj navedene priporočene vrednosti – tako je v Švici uradna mejna vrednost  $40.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , v Nemčiji  $4.500.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ , po priporočilih mednarodne komisije za zaščito pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) pa so mejne vrednosti celo pri  $10.000.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Vendar pa je pregled najodmevnejših epidemioloških raziskav s strani članov ta iste komisije potrdil, da kljub negativnim rezultatom številnih raziskav, bioloških učinkov ni mogoče povsem izključiti. Pogosto so mejne vrednosti določali elektrotehniki in ne medicinski strokovnjaki. V Sloveniji je mejna vrednost okrog  $475.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$  pri frekvenci

950 MHz (GSM), torej 4.000-krat večja, kot jo priporočajo znanstveniki, ki preučujejo netoplotne biološke učinke.

Žal segrevanje ni edini pomemben parameter. Ker so mikrovalovi valovanje, so pomembne tudi druge značilnosti, kot je frekvenca in oblika valovanja. Še zlasti pulzna oblika mikrovalov pri GSM in TETRA telekomunikacijskih sistemih ima veliko tipov frekvenc, na katere je organizem lahko občutljiv na povsem netoplotni način.

Spodnji seznam prikazuje standarde in nekatere možne učinke, ki so jih opazili v različnih raziskavah:

- 10.000.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  toplotni učinki; telesa ali deli teles postanejo toplejši.
- 9.000.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  mejna vrednost v Nemčiji (26. BImSchV 1997), regulativa za e-mrežo (1800 MHz).
- 4.500.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  mejna vrednost v Nemčiji (26. BImSchV 1997), regulativa za D-mrežo (900 MHz).
- 100.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  mejna vrednost v Švici za e-mrežo, mejna vrednost v Italiji, Kitajski in Rusiji.
- 40.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  mejna vrednost v Švici za D-mrežo.
- 10.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  priporočilo ekološkega inštituta (Nemčija) po rezultatih novih raziskav (2001).
- 5000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  pojav prepustnosti možganske bariere pri podganah (Brun, Salford, Persson 1999).
- 1600  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  Nedonošenost, težave s kotenjem pri miših po 5 generacijah (like-race 1997) Motorične in spominske motnje pri otrocih (Kolodynski 1996).
- 1000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  spremembe v EEG zapisu (v. Klitzing 1994, Adey 1980).
- 500-1000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  priporočilo FEDERATION (odvisno od frekvence – tudi za nepulzna sevanja).
- 200  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  motnje v napetosti celičnih membran (Marinelli 1999).
- 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  priporočilo Evropskega parlamenta (znanstveni management STOA, 2001) priporočilo Dr. Neil Cherry (Lincoln University of New Zealand, 1998).
- 10  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  priporočilo Dr. Lebrecht von Klitzing (medical University of Luebeck, 2001).
- < 10  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  ocena okoljskega magazina Oeko test 4/2001 za razmeroma nizke obremenitve.
- 10-100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  srednja; preko 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  in visoka obremenitev po lt. Dr. v. Klitzing, Professor Dr. Kaes, IGEF.
- 1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  priporočilo mednarodne organizacije za raziskave električnega smoga IGEF kot maksimalno dozo sevanja pri prenosnih radijih.
- 1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  območje previdnosti (Resolution Bürgerforum 1999)
- 0.1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  povprečna vrednost stavbne biologije za območje spanja (IBN/Maes 2000)
- 0.1-5  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  šibko, 5-100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  močno in > 100  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  povzroči ekstremne anomalije v transportu kalcija možganskih celicah človeka (Bahmeier)
- 0.01  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  nosilca Nobelove nagrade Sakmann in Neher sta odkrila, da že minimalna jakost polja 0,01  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  lahko zadošča motnje v prenosu človekovih lastnih telesnih informacij in s tem do pojava napak (preveč ali premajhna produkcija)
- ~ 0.01-1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  povprečne vrednosti v stavbah za civilno prebivalstvo (Maes 1995-2000)
- ~ 0.001  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  optimalno delovanje D ali e-mrežnih mobilnih telefonov.
- < 0.000001 naravno sevanje (Neitzke)

Slovenska uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem okolju (UL 70/96) navaja dopustne vrednosti obremenitve z visokofrekvenčnimi sevanji (tj. od 10 kHz do vključno 300 GHz in največja oddajna moč večja od 100W) v okolju; spodnja tabela prikazuje podatke za I območje (območje, ki potrebuje povečano varstvo pred sevanji t.j. območje bolnišnic, zdravilišč, turističnih objektov, stanovanjskih območij, vrtcev, šol, območja z

upravno, trgovsko, storitveno in gostinsko dejavnostjo ter predeli s hkratno kmetijsko in stanovanjsko namembnostjo).

Za informacijo navajamo, da imajo GSM sistemi frekvenčno območje delovanja baznih postaj od 935.200 – 959.800 MHz in NMT sistemi od 421.675 – 425.850 MHz.

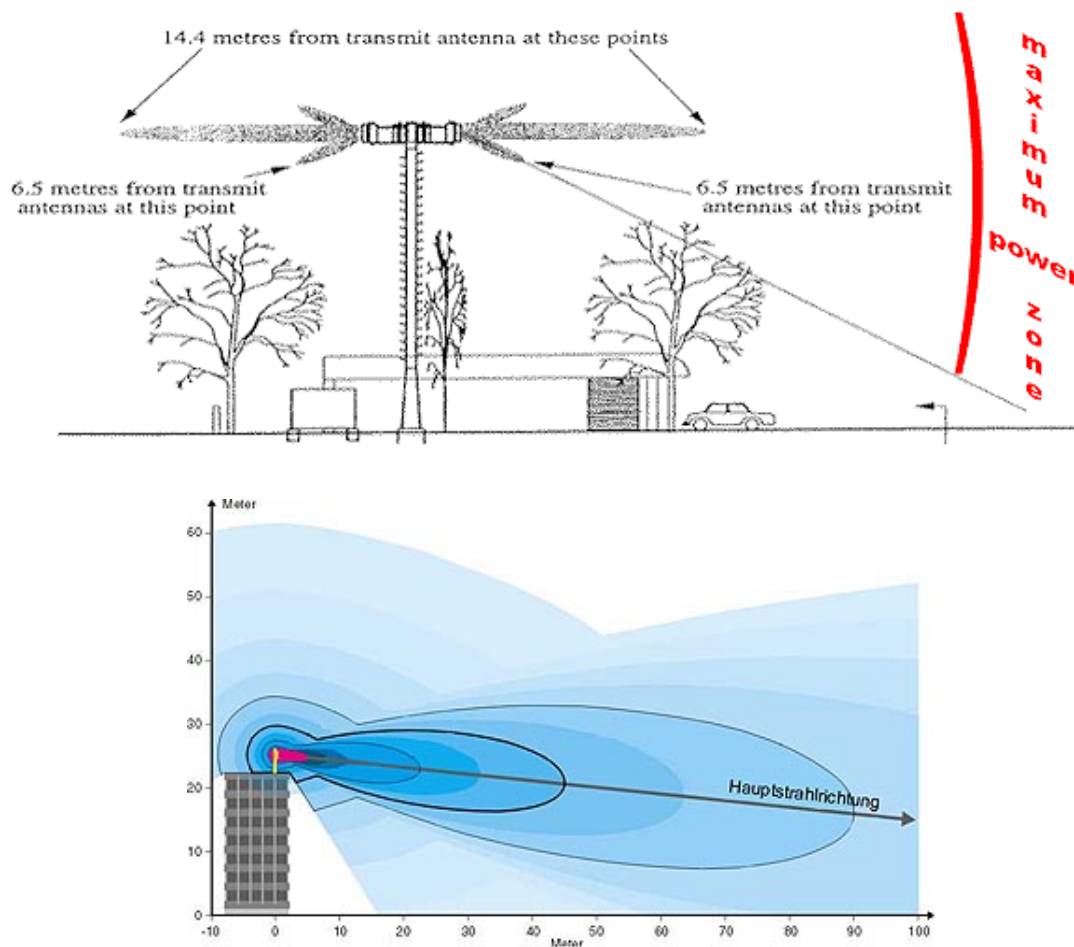
Frekvenčno območje (MHz)	Mejna efektivna vrednost električne poljske jakosti (V/m)	Mejna efektivna vrednost magnetne poljske jakosti (A/m)	Mejna povprečna vrednost gostote pretoka moči (W/m <sup>2</sup> )
>0,01 in <0,042	126	5,3	-
>0,042 in < 0,68	126	0,22/f	-
>0,68 in < 10	86/f	0,22/f	-
> 10 in <400	8,6	0,22	0,2
>400 in < 2000	0,43* $\sqrt{f}$	1,15*10 <sup>-3</sup> * $\sqrt{f}$	f/2000
> 2000 in < 150000	19	0,05	1
> 150000 in < 300000	0,05* $\sqrt{f}$	1,32*10 <sup>-3</sup> * $\sqrt{f}$	0,67*10 <sup>-3</sup>

f je frekvenca izražena v Hz.

Iz raziskav na področju šibkih električnih, magnetnih in elektromagnetnih neionizirnih sevanj (EMS) je že dalj časa znano, da učinki teh sevanj niso linearni, to ne pomeni samo, da so učinki prisotni samo v določenem jakostnem in/ali frekvenčnem pasu, pač pa celo možnost, da so pri nekem drugem, celo bližnjem območju, lahko nasprotni. Pojav, imenovan jakostna in frekvenčna okna (Adey 1980), je bil opažen pri različnih bioloških organizmih in tipih EMS.

Še bolj težaven problem za preučevanje, ki se pojavi pri tovrstnih raziskavah, pa je vpliv fiziološkega stanja organizma v danem trenutku. Tako naše kot tuje študije kažejo, da se smer učinka v določenih primerih lahko spreminja tako v odvisnosti od letnega časa kot celo ure dneva, običajno pa se takšne ugotovitve le redko objavljajo. Vedno bolj pa tako naše kot tuje raziskave kažejo, da so učinki bolj izraziti, kadar so prisotni so-dejavniki okolja, na primer različni stresni dejavniki. Da organizem lahko kolikor toliko normalno deluje, mora te strese kompenzirati, to pa od njega zahteva dodaten napor in energijo. Če stres ni prehud, si organizem opomore med počitkom, spanjem itd. Pri hujših obremenitvah in stresih pa tudi to ne zadošča več in organizem se lahko nahaja v kronično stresnem stanju, v takšnem stanju pa je lahko bolj dovzeten za škodljive vplive okolja, ki bi jih zdrav brez težav prenesel. Na tem temelji tudi razvoj biološkega senzornega sistema za detekcijo bioloških učinkov elektromagnetnih sevanj. Enostaven in dobro poznan organizem, v našem primeru kalečo krešo, izpostavimo elektromagnetnemu sevanju, takoj za tem pa toplotnemu stresu. Le v tem primeru organizem na ta sevanja reagira in sicer tako, da raste bolje ali slabše kot bi brez elektromagnetnega sevanja. V optimalnih pogojih brez toplotnega stresa učinkov ni (Ružič in sod. 2000). Sistem omogoča le to, da zaznamo, ali ima neko elektromagnetno sevanje v okolju (v omenjeni raziskavi sevanje postaj mobilne

telefonije) biološke učinke ali ne. Seveda iz tega ne moremo sklepati, kakšni bi bili učinki na ljudeh, so le dobrodošlo opozorilo k razumnemu povečanju varovalnih ukrepov pred tovrstnimi sevanji v testiranem okolju.



Sliki 1 in 2. Primera prostorske razporeditve sevanja antene za mobilno telefonijo.

## Reference

Adey WR (1980): Frequency and power windowing in the tissue interactions with weak electromagnetic fields. Proc IEEE 68(1): 119-125.

Blackman, C.F., Benane, S.G., Elliott, D.J., and Pollock, M.M., 1988: "Influence of Electromagnetic Fields on the Efflux of Calcium Ions from Brain Tissue in Vitro: A Three-Model Analysis Consistent with the Frequency Response up to 510 Hz". Bioelectromagnetics, 9:215-227.

Blackman, C.F., 1990: "ELF effects on calcium homeostasis". In "Extremely low frequency electromagnetic fields: The question of cancer", BW Wilson, RG Stevens, LE Anderson Eds, Publ. Battelle Press Columbus: 1990; 187-208.

Borbely, AA, Huber, R, Graf, T, Fuchs, B, Gallmann, E, Achermann, P, 1999: Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. Neurosci Lett 275(3):207-210.

Bortkiewicz, A., Zmyslony, M., Palczynski, C., Gadzicka, E. and Szmigielski, S., 1995: "Dysregulation of autonomic control of cardiac function in workers at AM broadcasting stations (0.738-1.503 MHz)". Electro- and Magnetobiology 14(3): 177-191.

Fesenko, EE, Makar, VR, Novoselova, EG, Sadovnikov, VB, 1999: Microwaves and cellular immunity. I. Effect of whole body microwave irradiation on tumor necrosis factor production in mouse cells. Bioelectrochem Bioenerg 49(1):29-35.

Fritze K, Wiessner C, Kuster N, Sommer C, Gass P, Hermann DM, Kiessling M, Hossmann KA, 1997: Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. *Neuroscience* 81(3):627-639.

Garaj-Vrhovac, V., Fucic, A, and Horvat, D., 1990: "Comparison of chromosome aberration and micronucleus induction in human lymphocytes after occupational exposure to vinyl chloride monomer and microwave radiation"., *Periodicum Biologorum*, Vol 92, No.4, pp 411-416.

Goldsmith, J.R., 1997a: "TV Broadcast Towers and Cancer: The end of innocence for Radiofrequency exposures". *Am. J. Industrial Medicine* 32 : 689-692.

Hocking, B., Gordon, I.R., Grain, H.L., and Hatfield, G.E., 1996: "Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers". *Medical Journal of Australia*, Vol 165, 2/16 December, pp 601-605.

Maskarinec, G. Cooper, J. and Swygert, L., 1994: "Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: Preliminary observations". *J. Environ Pathol Toxicol and Oncol* 13(1): 33-37.

McKenzie, D.R., Yin, Y. and Morrell, S., 1998: "Childhood incidence of acute lymphoblastic leukaemia and exposure to broadcast radiation in Sydney - a second look". *Aust NZ J Pub Health* 22 (3): 360-367.

Michelozzi, P., Ancona, C., Fusco, D., Forastiere, F. and Perucci, C.A., 1998: "Risk of leukemia and residence near a radio transmitter in Italy". *ISEE/ISEA 1998 Conference, Boston Mass. Paper 354 P.*, Abstract in *Epidemiology* 9(4):S111.

Miklavčič D (2004): Predvsem kakovostne informacije. *Delo, Znanost* 23. februar. Str. 4-5

Phelan, A.M., Lange, D.G., Kues, H.A, and Luffy, G.A., 1992: "Modification of membrane fluidity in Melanin-containing cells by low-level microwave radiation". *Bioelectromagnetics* 13: 131-146.

Ružič R, Jerman I (2002): Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. *Electromagnetic Biology and Medicine* 21(1): 43-53.

Shandala, M.G., Dumanskii, U.D., Rudnev, M.I., Ershova, L.K., and Los I.P., 1979: "Study of Non-ionising Microwave Radiation Effects on the Central Nervous System and Behavior Reactions". *Environmental Health Perspectives*, 30:115-121.

Szmigielski, S., Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Zmyslony, M. and Kubacki, R., 1998: "Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields". *Blood Press. Monit*, 3(6): 323-330.

Stewart W in sod. (2000): Mobile phones and health. Independent expert group on mobile phones. c/o National Radiological protection board. Chilton, Didcot, Oxon (<http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>)

Timchenko, O.I., and Ianchevskaia, N.V., 1995: "The cytogenetic action of electromagnetic fields in the short-wave range". *Psychopharmacology Series*, Jul-Aug;(7-8):37-9.

Freyburški apel (2002): Interdisciplinarno društvo za okoljsko medicino (IGUMED). Prevod: <http://www.gibanje.org/?id=531>

## MATERIALI IN METODE

Osnovni predmet raziskave je bil biološki vpliv bazne postaje za mobilno telefonijo (Si mobil) nameščene na stavbi Pirnat, Zvonarska 4, Ljubljana (po podatkih Agencije za pošto in elektronske komunikacije), ki je vrtcu najbližji in oddaljen cca 150-200 m. Ostale postaje so oddaljene cca 500 m (Strelišče, Dolenjska 11; SAZU, Novi trg 2; privatna hiša, Stari trg 1; ŠD Trnovo, Zihlerova 40, Ljubljanski grad). Med bazno postajo na Zvonarski ulici in vrtcem je precej hiš in stolpnice (glej zemljevid):

Točka A: Vzorec postavljen v tajništvu na omari.

Točka B: Vzorec postavljen v igralnici na omari ob oknu.

Točka C: Vzorec postavljen na nizki omari, ki stoji na hodniku v prvem nadstropju (imenovan tudi rampa).

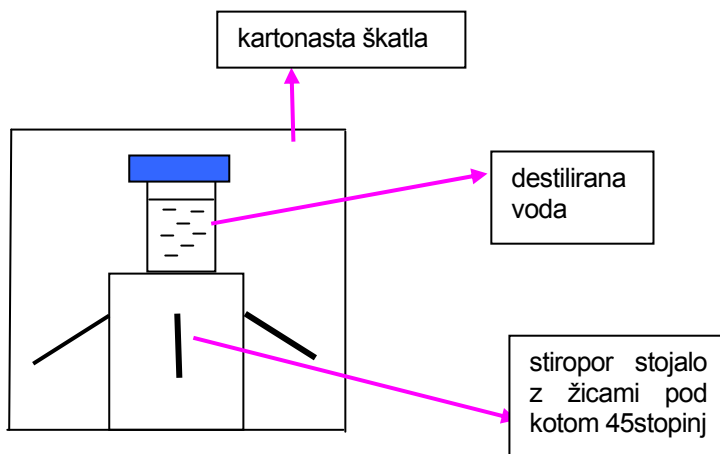
Vzorci vode so bili postavljeni v hiše zaradi zagotovitve sobnih temperatur in hkrati varnosti vzorcev, kar na prostem ne bi bilo mogoče zagotoviti. Po 3-4 dneh smo vzorce vode prenesli v laboratorij ter takoj pripravili za testiranje in sicer biološki test in test z elektrofotografijo. Kontrolni vzorec je bil pripravljen tako, da je bil vzorec zaščiten pred različnimi viri mikrovalovnih sevanj. Istočasni kontrolni vzorci skupaj s testiranimi so nujno potrebni, ker so možni učinki premajhni, da bi bili vidni s prostim očesom, zato je med testiranim in kontrolnim vzorcem potrebna računalniška primerjalna analiza ustreznih merjenih parametrov, odvisno od tipa testa.

## PRIPRAVA VZORCEV VODE

Za vsako testirno mesto (vzorci vod A, B in C plus kontrola) smo pripravili 100 ml destilirane vode v steklenih kozarcih s pokrovom. Višina vode je ustrezala četrtini valovne dolžine, tako da je voda delovala kot sprejemna četrtvalovna antena.

Vzorci vode smo postavili na stiroporna stojala v katera so zataknjene 4 žice pod kotom 45 stopinj, ki so vodi zagotavljale t.i. virtualno zemljo za bolj optimalne sprejem (glej sliko 3).

Vzorci so bili postavljeni v kartonske škatle, tik pred postavitvijo in ob koncu poskusa vtisnjenost informacije ojačimo s potrkanjem z lesenim predmetom. Z vsemi vzorci vode ravnamo previdno (zaščitne rokavice, izogibanje kovinskim predmetom in podobno).



Slika 3. Shema pripravljene vode za vsak vzorec (testirno mesto).

## BIOLOŠKI SENZORNI SISTEM

### Splošno

Večletne izkušnje na razvoju biološkega senzornega sistema občutljivega na zelo šibka sevanja, predvsem na magnetna polja, o čemer imamo tudi mednarodne objave, nam omogočajo aplikacijo tega sistema na različne

vrste sevanj in polj, seveda v točno določenih in kontroliranih pogojih. Seveda je biološki sistem dovolj občutljiv tudi na kemijske in v določenih pogojih energijske lastnosti raztopin ali vod, ki jih s tem sistemom testiramo.

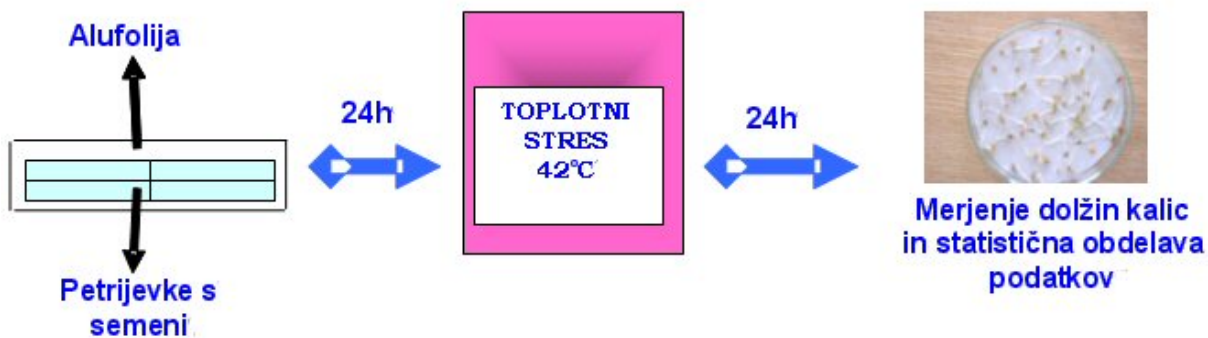
Biološki senzorni sistem je sestavljen iz kalečih semen kreše (*Lepidium sativum*) z visoko kaljivostjo.

Razmeščene so v 4 petrijevkah s po 50 semen v petrijevki. En test je sestavljen iz 4 petrijev s testiranim vzorcem in 4 petrijev s kontrolnim (neaktivnim) vzorcem, skupaj 400 semen. Petrijevke so postavljene v temo (neenakomerna osvetlitev lahko vpliva na rezultate). Kalitev poteka 48 ur. Drugi dan kalice izpostavimo toplotnemu stresu, saj so naše dosedanje raziskave pokazale, da v stresnem stanju kalice reagirajo na zunanja šibka polja in energije, sicer pa ne (Ružič, Jerman 2002). Po dveh dneh opravimo meritve dolžin vzkaljenih kalic in izračunamo povprečno dolžino, standardno deviacijo in razliko od kontrole. Statistične lastnosti rezultatov ocenimo s Studentovim t-testom za primerjavo dveh skupin vzorcev.

### Opis eksperimenta

Za vsak testiran vzorec (A, B ali C) smo uporabili po 4 petrijevke in prav toliko za kontrolo (skupaj na posamezen vzorec 400 semen). Semena v petrijevkah smo zalili z ustreznim vzorcem vode, ki je bila sevanju izpostavljena na terenu, pri čemer ima vsak vzorec svojo kontrolo.

Povprečna temperatura in čas izvedbe poskusa se je od vzorca do vzorca malenkostno razlikovala, zato ne smemo primerjati povprečnih vrednosti rasti kalic neposredno, ampak vedno v primerjavi s kontrolno vodo (potek testa prikazuje slika 4).



Slika 4: Shematski prikaz testiranja z biološkim senzornim sistemom: vrtna kreša (*Lepidium sativum* L.)

Referenca: Ružič R, Jerman I (2002): Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. *Electromagnetic Biology and Medicine* 21(1): 43-53.

# DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

## Splošno

Eksperimenti so potekali po našem že utečenem postopku, objavljenem v mednarodni znanstveni reviji (Electro- and Magnetobiology Vol.16/3, glej ponudbo), s tem, da smo medtem sistem izboljšali in nadgradili z digitalnim zajemom slik. Razvili smo predvsem sistem za elektrofotografsko slikanje vodnih kapljic (oziroma korone okrog njih, ki nastane med periodično razelektritvijo), ki so predhodno izpostavljene različnim vplivom, čeprav lahko slikamo tudi druge objekte. Dobljene slike računalniško analiziramo (standardni in lastni računalniški programi). Pri analizi rezultatov primerjamo parametre, ki opisujejo značilnosti korone, ki nastane okrog vodnih kapljic oziroma raziskovanega objekta med razelektritvijo, to je njeno splošno svetlost, razporeditev, značilnosti streamerjev (razelektritvenih žarkov), ki jo sestavljajo (jakost, širina, dolžina, kontrast, homogenost, ekscentričnost itd.). Za vsako kapljico dobimo tako več parametrov za primerjavo. Razlike med parametri za posamezne različno tretirane vode statistično obdelamo in jih ovrednotimo. Sam sistem za digitalno elektrofotografijo je sestavljen iz posebne naprave za znanstveno elektrofotografijo (Pulz - Swing, Tyrotronic - Bioznanost Professional) ter dodatnega dela s prozorno elektrodo in digitalnim fotoaparatom za neposredno slikanje koronske razelektritve (lasten razvoj).

## Opis eksperimenta

Za elektrofotografski test smo uporabili vse tri vode, ki so se nahajale v vrtcu, in še dve kontrolni vodi. Ena kontrolna voda je stala v naši stavbi v kleti, kjer je sevalno najmanj obremenjen del, poleg tega je bila voda še dodatno v Alu ovoju. Druga kontrola se je nahajala v naših prostorih. Tudi ta je bila ovita v Alu folijo. Tak ovoj sicer ščiti pred direktnim EM valovanjem, ni pa rečeno, da ščiti tudi pred bolj subtilnimi učinki tega polja, kar nakazujejo tudi določene raziskave, opravljene v tujini. Ta kontrola je v grafih in tabelah v poglavju *Rezultati* navajana kot *kontrola 2*. Za elektrofotografski test smo opravili 30 slikanj koron kapljic vode za posamezno vodo, skupaj torej 150 slikanj. Rezultati so bili nato računalniško obdelani.

Referenca: Berden M., Jerman I., Škarja M. (1997): Indirect instrumental detection of ultraweak, supposedly electromagnetic radiation from organisms. *Electro Magnetobiol* 16(3): 249-266.

## REZULTATI

Tehnične meritve sevanj v pričujoči raziskavi nismo izvedli. Po vseh znanih podatkih sevanja tovrstnih baznih postaj že na razdaljah večjih od 7 m ne presegajo dovoljenih standardov. Po naših dosedanjih izkušnjah z merjenji vrednosti sevanj na izbranih lokacijah ne bi presegle  $500\mu\text{W/m}$ , večinoma pa so mnogo nižje.

## BIOLOŠKI SENZORNI SISTEM

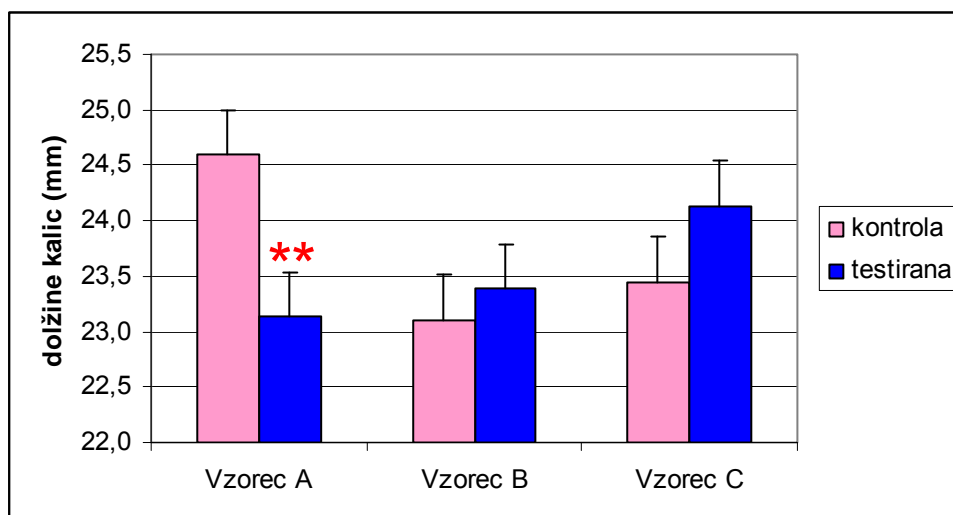
Rezultati bioloških meritev (rast kalic v dolžino pod dodatnim toplotnim stresom) so pokazali na biološki čeprav šibek vpliv sevanja baznih postaj za mobilno telefonijo v enem od vzorcev. Statistično značilen učinek se je pokazal pri točki A (vzorec, ki je bil postavljen na omaro v tajništvu). Dolžine rastlin so bile za 6% krajše od

kontrolne skupine ( $p < 0,007$ ). Pri točki B ni bilo učinka, pri točki C pa je rahlo pozitiven, a statistično neznačilen (rastline so za 3% daljše od kontrole; tabela 1 in slika 5). Seveda pa je treba vedeti, da so učinki razmeroma majhni in se pokažejo le v stresnih razmerah. V optimalnih pogojih po naših izkušnjah rastline ne reagirajo na šibka elektromagnetna sevanja.

Rezultati vzorcev iz vseh točk so prikazani v tabeli 1 in na sliki 5

Vzorec A: tajništvo							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	23,1	5,3	0,4	94	0,007	191	95,5
K	24,6	5,2	0,4			193	96,5
Vzorec B: igralnica							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	23,4	4,8	0,3	101	0,589	192	96
K	23,1	4,8	0,4			176	88
Vzorec C: hodnik (rampa)							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	24,1	5,3	0,4	103	0,213	191	96
K	23,5	5,3	0,4			184	92

Tabela 1. Analiza rezultatov rasti biološkega sensorja izpostavljenega sevanju baznih postaj za mobilno telefonijo v primerjavi z neizpostavljeno kontrolno skupino. (Legenda: S: sevanju izpostavljena skupina, K: kontrolna neizpostavljena skupina; AV: povprečna dolžina kalic; SD: standardna deviacija; SE: standardna napaka; % razlika med obsevano in kontrolno skupino (kontrola ima vrednost 100%); p: statistična značilnost razlike (pri  $p < 0,003$  pomeni, da je le 0,3% verjetnosti, da je rezultat naključen); N: število vzkaljenih in izmerjenih kalic; 5N: stopnja kaljivosti semena).



Slika 5. Prikaz dolžine kalic izpostavljenih sevanju bazne postaje (modro) v primerjavi z rastjo kontrolne skupine (rdečkasto).

Edino mesto, ki je pokazalo značilne razlike pri biološkem testu s kalicami, je mesto A. Rezultat kaže, da to mesto na kalice ni delovalo v smislu dobre priprave na kasnejši stres (ki je sestavni del nadaljnjega eksperimentalnega postopka), a za bolj natančno opredelitev tega vpliva bi bile potrebne dodatne raziskave. Pri drugih mestih pa biološki test ni pokazal razlik (biološki test je sicer dokaj grob pokazatelj in pokaže le že močno izražene vplive).

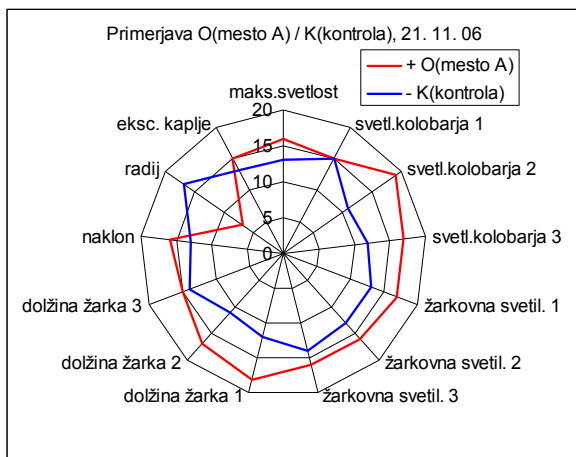
## DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

Vzorci za elektrofotografski test so bili označeni na naslednji način (iz imena je razvidno tudi, kje je bil vzorec postavljen):

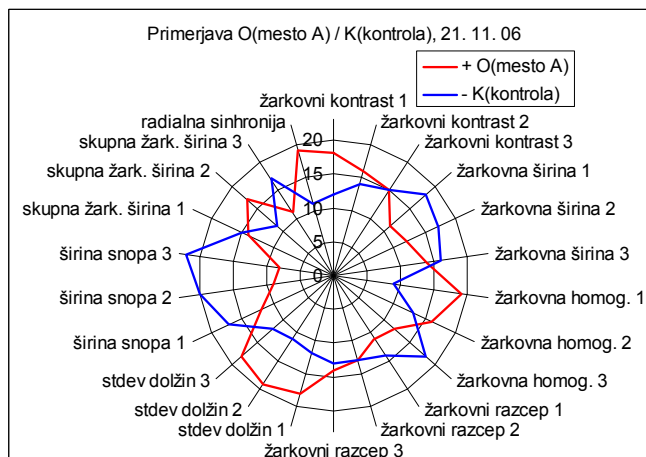
IMENA VZORCEV	MESTO IZPOSTAVITVE VODE
K: kontrola	Bion, klet (v Alu foliji)
O: mesto A	Vrtec enota Prule, tajništvo
P: mesto B	Vrtec enota Prule, igralnica
R: mesto C	Vrtec enota Prule, hodnik
S: kontrola 2	Bion, prostori (v Alu foliji)

Spodnji grafi prikazujejo razlike med kontrolno vodo K in vodami, postavljenimi na različnih mestih v vrtcu, ter kontrolno vodo 2. Grafi a prikazujejo razlike pri svetlostnih in splošnih parametrih, grafi b pa pri strukturnih parametrih. Večja razlika pri posameznem parametru se vidi kot večji razmik med modro in rdečo črto (kateri vzorec predstavlja posamezna črta glej legendo). Če je rdeča črta bolj proti obodu (večja vrednost), to pomeni v povprečju višjo vrednost ustreznega parametra pri tem vzorcu in obratno.

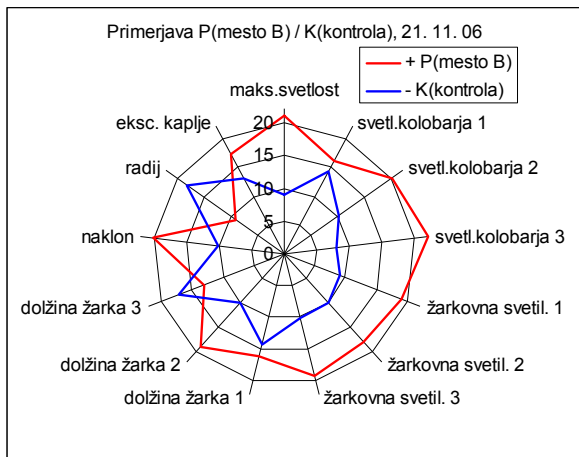
Graf 1a



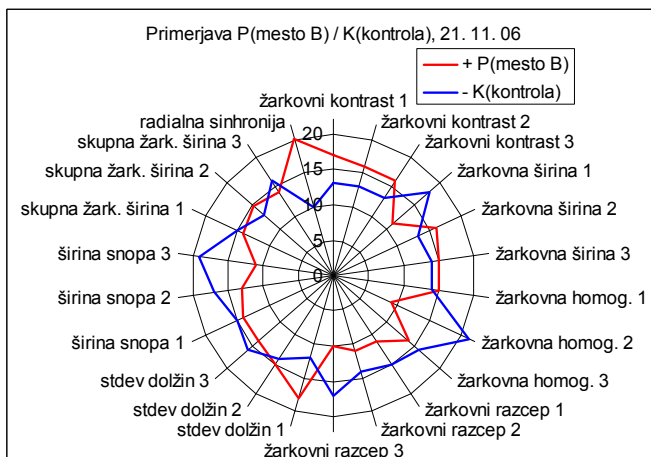
Graf 1b



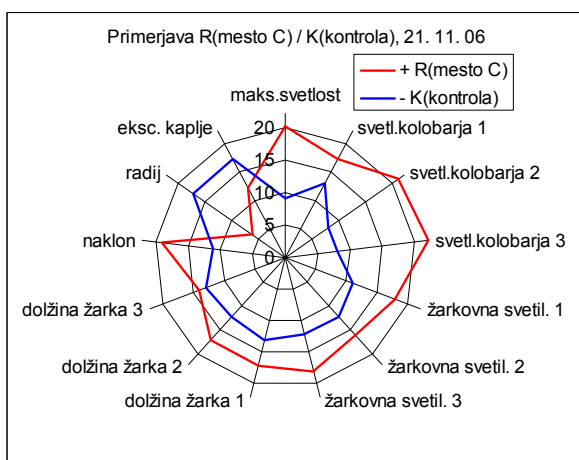
Graf 2a



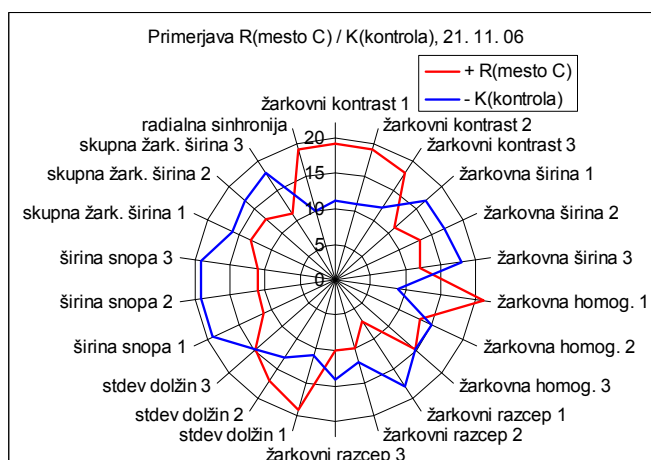
Graf 2b



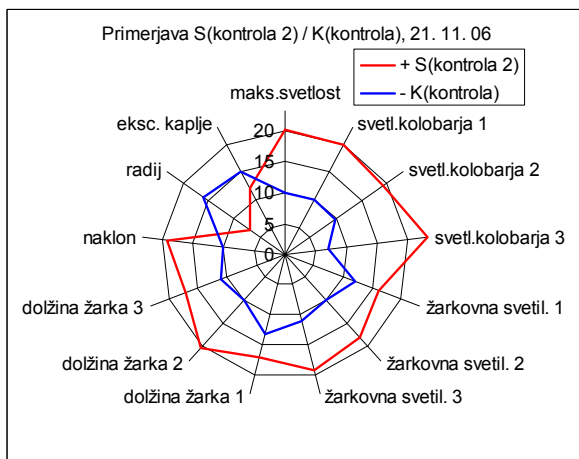
Graf 3a



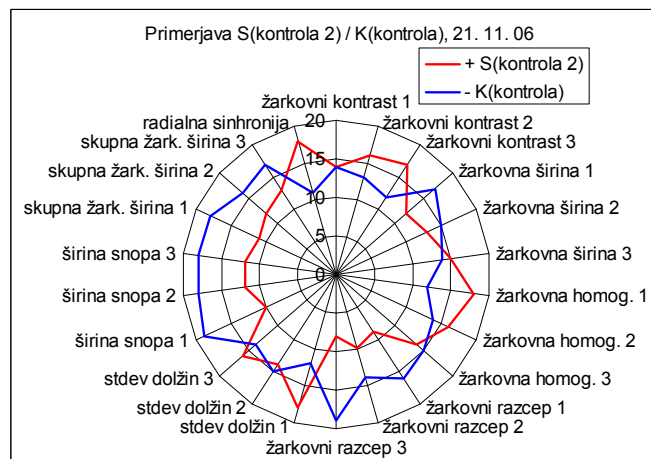
Graf 3b



Graf 4a



Graf 4b



Pri vseh vodah opazimo, da so velike razlike proti kontroli pri svetlostnih parametrih (grafi a), ki naraščajo od mesta A proti mestu B, velika je tudi razlika proti kontroli 2. Precejšnje so razlike tudi pri strukturnih parametrih (grafi b). Vsi grafi so si med seboj kvalitativno podobni, zlasti pa sta si podobna grafa mest A in C, kjer so tudi največje razlike proti kontroli.

Večji svetlostni parametri pomenijo energetsko močnejši vtis zunanjih polj v vodo. Večji žarkovni kontrast pomeni večjo izrazitost vtisa zunanjih polj v vodo, večja radialna sinhronija pa kaže, da je na vodo delovalo

urejeno, koherentno valovanje. Isto kaže tudi manjša širina snopa. Večji žarkovni kontrast je najmočnejše izražen na mestu C, manj pa na mestih A in B. Radialna sinhronija je močno izražena na vseh mestih. Manjša širina snopa je močno izražena na mestih A in C. Na mestu A je močno izražena tudi večja standardna deviacija dolžin, kar kaže na razgibanost učinkujočega polja.

Spodaj je prikazana še tabela razlik po posameznih parametrih in parih vzorcev.

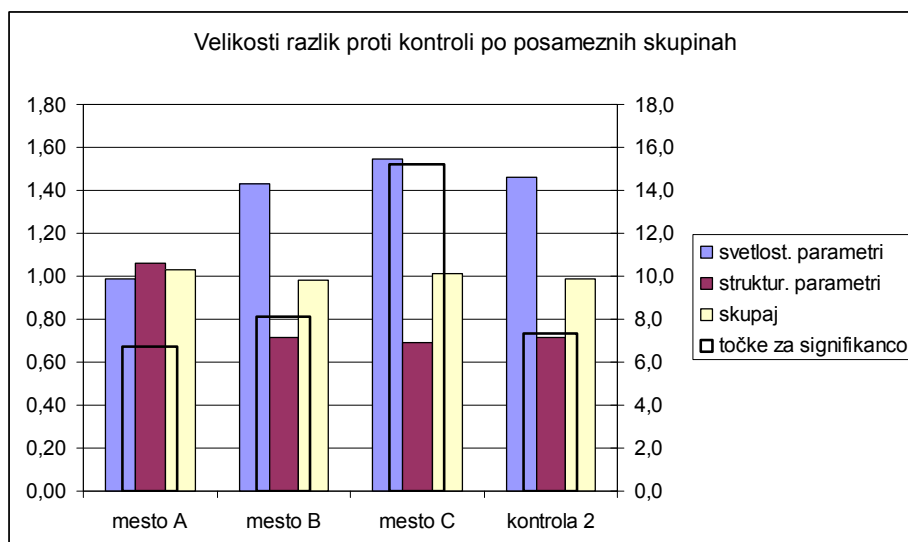
Tabela: število pozitivnih in negativnih točk za posamezne parametre pri primerjavi vseh treh vod iz vrtca ter kontrole 2 s kontrolo. Navedeni so le rezultati, ki so bodisi značilni (rdeča pisava,  $p < 5\%$ ), bodisi delno značilni (vijolično,  $p < 10\%$ ; brez oblikovanja,  $p < 20\%$ ).

PARAMETER	O : K (mesto A) : (kontrola)	P : K (mesto B) : (kontrola)	R : K (mesto C) : (kontrola)	S : K (kontrola 2) : (kontrola)
nad 75%		21 : 9	20 : 9	20 : 10
50-75%	9 : 20			
25-50%		19 : 10	21 : 8	17 : 9
kot_svet			20 : 9	21 : 9
žark_svet		19 : 11		20 : 10
žark_kont			19 : 11	
žark_šir				
žark_hom				
žark_razcep				
Cžark_kont			18 : 11	
Cžark_šir				
št_žarkov				
dolž_vrha				
dolž_sredina		19 : 10		20 : 10
dolž_spodaj				
doseg_vrh			15 : 7	
doseg_sredina		18 : 11		18 : 11
doseg_spodaj				16 : 6
Stdev_vrha			19 : 11	
Stdev_sredina	19 : 11			
Stdev_spodaj				
UpadŽ_vrha	9 : 21	8 : 22	8 : 22	
UpadŽ_sredina				
UpadŽ_spodaj				15 : 4
naklon		20 : 10	19 : 11	19 : 10
Rad.sinh	19 : 11	20 : 10	19 : 10	18 : 11
kot_svet1				20 : 10
kot_svet2	19 : 11	20 : 10	21 : 8	19 : 10
kot_svet3		22 : 8	22 : 8	23 : 7
žark_svet1		19 : 9	18 : 11	
žark_svet2		18 : 10		18 : 10
žark_svet3		19 : 10		19 : 11
žark_kont1			19 : 11	
žark_kont2			19 : 11	
žark_kont3				
žark_šir1	11 : 18	11 : 18		
žark_šir2				
žark_šir3				
žark_hom1	19 : 9		21 : 9	

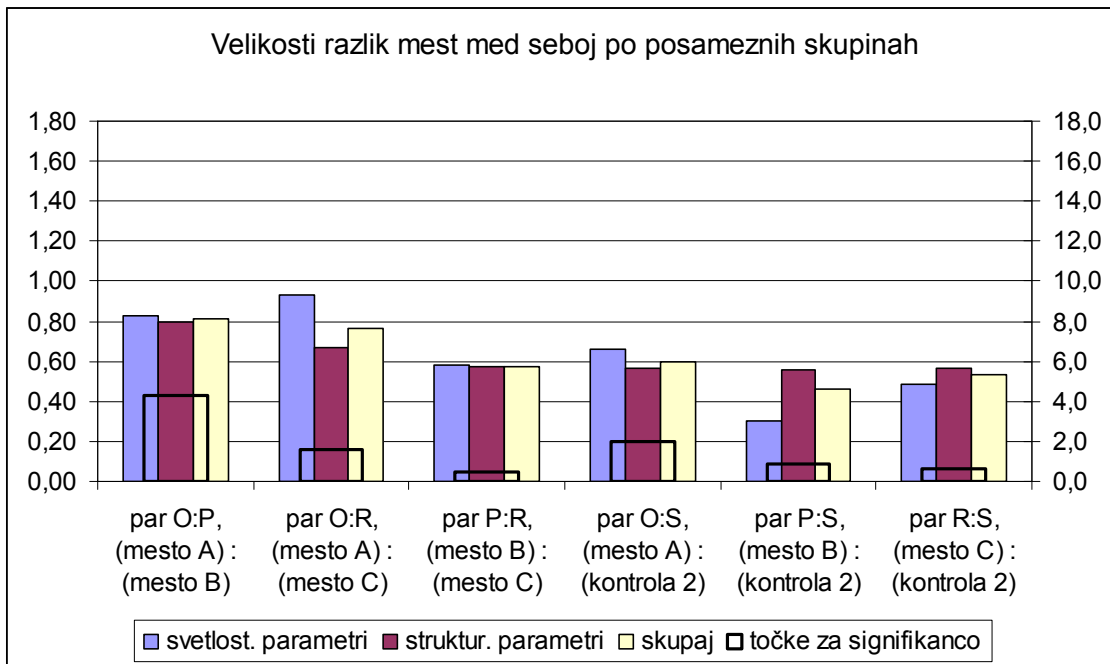
žark_hom2		9 : 21		
žark_hom3				
žark_razcep1			7 : 18	9 : 16
žark_razcep2				
žark_razcep3		10 : 17		8 : 19
Cžark_kont1			19 : 11	
Cžark_kont2	19 : 11		18 : 10	
Cžark_kont3				
Cžark_šir1				11 : 18
Cžark_šir2				
Cžark_šir3			11 : 18	
šir_snop1			11 : 19	10 : 19
šir_snop2	9 : 20		11 : 19	
šir_snop3	8 : 22	11 : 19	11 : 19	
št_žarkov1				
št_žarkov2				
št_žarkov3				
radij	7 : 17	9 : 18	6 : 17	7 : 16
eksc_kaplje				

Graf 4a spodaj prikazuje splošno velikosti razlik, ki so jih dosegli posamezni vzorci proti kontrolnemu. Iz tega grafa vidimo, da je pri svetlostnih parametrih največjo razliko proti ostalim izkazalo mesto C, največja je tudi signifikantnost razlik. Sledi mesto B z zelo podobno razliko pri svetlostnih parametrih, toda manjšo signifikanco. Podobno velja tudi za kontrolo 2. Glede strukturnih parametrov izstopa mesto A, a manj izrazito kot C in B pri svetlostnih. Bistveno manjše so razlike posameznih mest med seboj, kar prikazuje Graf 4b. Glede na individualne značilnosti posameznega vzorca (Graf 5) najbolj izstopata mesti A in B, nekoliko manj mesto B, najmanj pa kontrola 2.

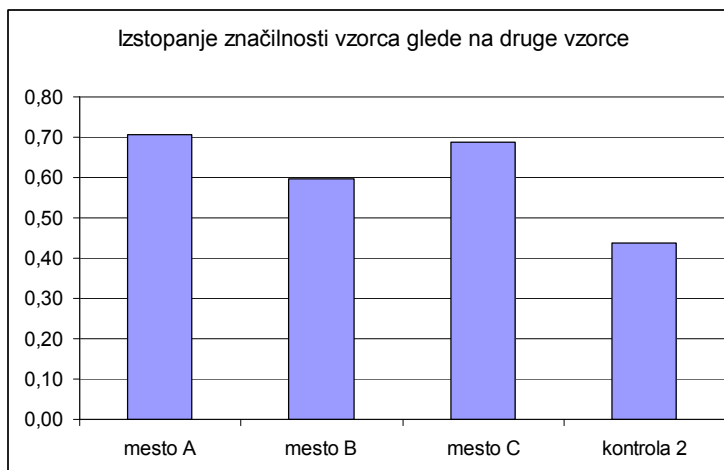
Graf 4a



Graf 4b



Graf 5



Elektrofotografski rezultati kažejo, da ima polje, ki je bilo prisotno na različnih merilnih mestih, zaznaven vpliv na vzorce vode, ki so bili izpostavljeni temu polju. Ta vpliv se je pokazal v primerjavi s kontrolno vodo, ki je bila postavljena na mestu, kjer je jakost polja okoliških baznih postaj bistveno manjša. Vpliv polja je sicer od mesta do mesta nekoliko drugačen, kar lahko pripišemo različnim lokalnim značilnostim, zlasti raznim interferencam, ki jih povzročajo predvsem kovinski materiali in predmeti, vendar se določene skupne značilnosti ohranjajo. Poleg samega polja baznih postaj na lokalne značilnosti posameznega mesta vplivajo tudi druga polja. Poskus je bil načrtovan tako, da je zajel predvsem vpliv polja baznih postaj, a določen vpliv drugih polj ni možno povsem izključiti.

Primerjava s kontrolo 2, ki je bila na mestu s primerljivim poljem, a zaščitena z Alu folijo (ta štiti le pred električno, ne pa pred magnetno komponento), ni pokazala velikih razlik. Jakost polja na taki oddaljenosti od baznih postaj je že tako majhna, da direktnih učinkov ni pričakovati, so pa možni bolj subtilni učinki. Polje je

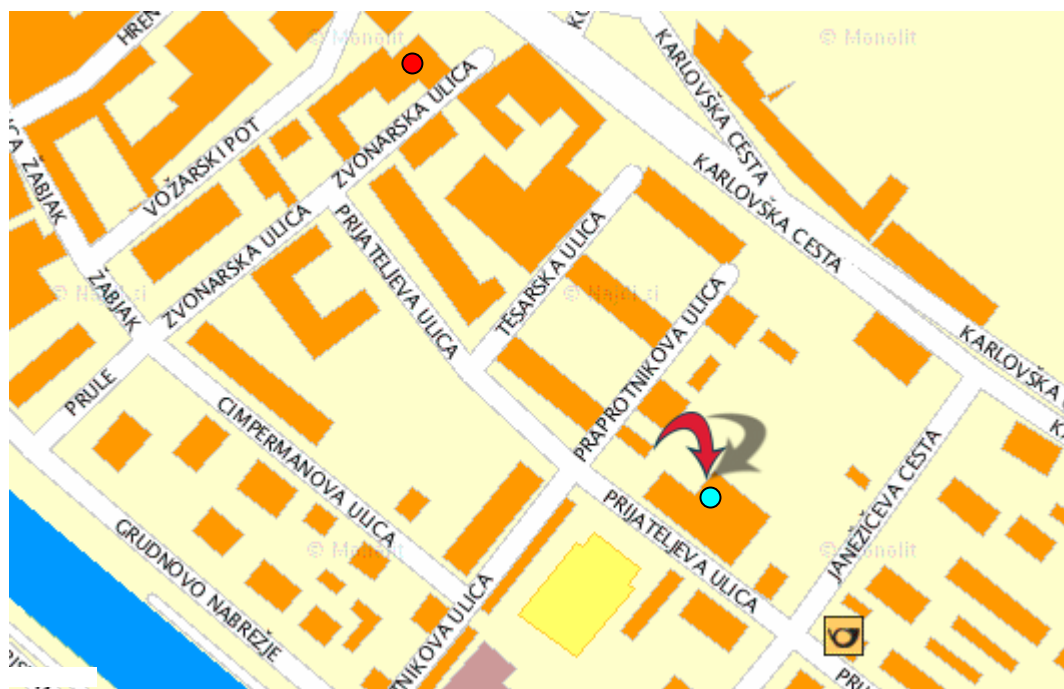
preko svoje magnetne komponente ali celo na kak bolj subtilen način delovalo tudi skozi folijo in povzročilo podobne učinke kot pri neposredno izpostavljenih vodah. Da pa je kontrola 2 vendarle različna od ostalih mest pa dokazuje Graf 5, saj ima kontrola 2 bistveno manjšo lastno značilnost vzorca, kar pomeni, da se je vanjo vtisnilo manj individualnih značilnosti okoliških polj.

## ZAKLJUČEK

Položaj Vrtca Pod Gradom, enota Prule je tak, da pričakujemo sevalno povprečno obremenjenost, značilno za kraje z relativno gosto razporeditvijo baznih postaj. Rezultati so pokazali, da tudi taka jakost polja, ki je sicer že daleč pod uradno dovoljeno, ima opazne učinke na naše merilne sisteme. Ta, rečemo ji lahko sevalno bolj subtilna obremenitev, je podobna kot na sevalno primerljivih mestih (kontrolno mesto 2) in se znatno razlikuje od sevalno bistveno manj obremenjenega mesta (kontrolno mesto 1). Rezultati kažejo, da so učinki na različnih mestih v vrtcu deloma različni. Na to lahko vplivajo različne lokalne značilnosti, kot npr. razporeditev kovinskih predmetov in armatur, ki povzročajo lokalne modifikacije elektromagnetnih polj, lahko pa tudi drugi izvori elektromagnetnih polj (poskus je bil sicer izveden tako, da so imela glavni vpliv EM valovanja GSM omrežja, a ostalih vplivov ni možno popolnoma izključiti). Po sami jakosti vtisa valovanja kaže določene posebnosti mesto A (tajništvo), kjer je bil ta vtis manjši (na to lahko vpliva bližina tal), vendar pa je to mesto izstopalo po drugih, bolj subtilnih oziroma informacijskih značilnostih, in skupno doseglo najbolj signifikantno razliko od kontrole. To je tudi edino mesto, ki je pokazalo značilne razlike pri biološkem testu s kalicami (rezultat kaže, da to mesto na kalice ni delovalo v smislu dobre priprave na kasnejši stres, a za podrobnejšo biološko interpretacijo bi bilo potrebne dodatne raziskave), pri drugih mestih pa biološki test ni pokazal razlik (biološki test je sicer dokaj grob pokazatelj in pokaže le že močno izražene vplive). Bolj subtilni vplivi te sevalne obremenitve, ki se še zlasti pokažejo pri strukturnih elektrofotografskih parametrih, pa so najmanjši na mestu B (igralnica), ki je po teh parametrih različen od mesta A in mesta C (hodnik). Po teh parametrih sta si mesto A in mesto C precej podobna in podobna tudi drugemu kontrolnemu mestu s podobno sevalno obremenitvijo, s tem, kot že rečeno, so ti vplivi na mestu A bolj izraženi.

Poljudno lahko zaključimo, da obremenjenost z mikrovalovnimi sevanji ni večja kot v podobnih stavbah v Ljubljani. Vsekakor stanje ni idealno, vendar obremenjenost s sevanji ni tolikšna, da bi bilo potrebno dodatno ukrepanje, razen splošnega ozaveščanja o dodatni obremenjenosti okolja ob uporabi mobilnih telefonov.

Priloga 1. Zemljevid okolice bazne postaje z vrisanimi točkami meritev



**Legenda**

- Bazna postaja
- Točke A-C