



Ljubljana, 29. 11. 2006  
Št.:234/06

Vrtec Jarše  
Enota Rožle  
Rožičeva 10  
1000 Ljubljana

Datum naročila: 24.11.2006

## **Zadeva: POROČILO O TESTIRANJIH MOŽNIH UČINKOV SEVANJ ANTEN ZA MOBILNO TELEFONIJO NA IZBRANIH MESTIH V PROSTORIH VRTCA JARŠE**

### **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

## MATERIALI IN METODE

Osnovni predmet raziskave je bil biološki vpliv baznih postaj za mobilno telefonijo (GSM ali/in Si mobil) nameščene na stavbi Jata Emona, Kavčičeva 72, ki je vrtcu najbližji in oddaljen cca 150 m. Ker pa je stavba visoka, snopi sevanja teh stolpov segajo precej nad višino vrtca (glej slike 1 in 2 ter 3a in 3b). Te antene niso navedene v seznamu Agencije za pošto in elektronske komunikacije, navedene pa so ostale postaje, ki so bolj oddaljene: cca 400m: Repro, Šmartinska 106, po cca 500 m: BTC Hala A, BTC Šmartinska 152, Velana Šmartinska 52, Letališka 5, po cca 800 m: Kolinska Šmartinska 152 in cca 1000 m: ŽITO ter Intereuropa Šmartinska 154. Med najbližjo bazno postajo in vrtcem je precej hiš in stolpnic (glej zemljevid):

Točka A: Vzorec postavljen v pisarni ravnateljice na okenski polici.

Točka B: Vzorec postavljen v knjižnici na okenski polici.

Točka C: Vzorec postavljen v prvi igralnici na okenski polici malega stranskega okna.

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.





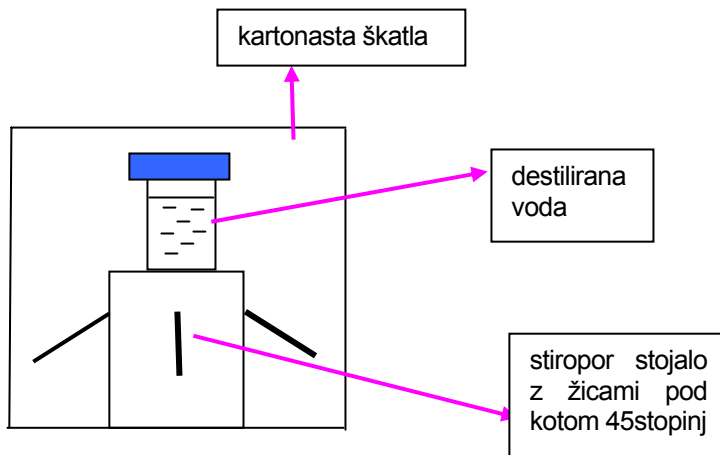
Sliki 3a in b. Stolpi bazne postaje za mobilno telefonijo na stavbi Jata Emona, Kavčičeva 72.

## 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.

Vzorce 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 4).

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 4. 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.

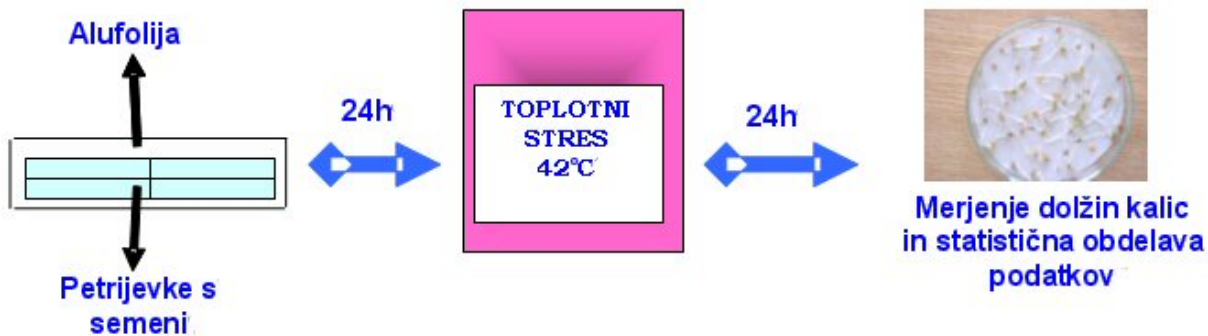
Biološki senzorni sistem je sestavljen iz kalečih semen kreše (*Lepidium sativum*) z visoko kaljivostjo.

Razmeščene so v 4 petrijevkah s po 50 semeni 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 5).



Slika 5: 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

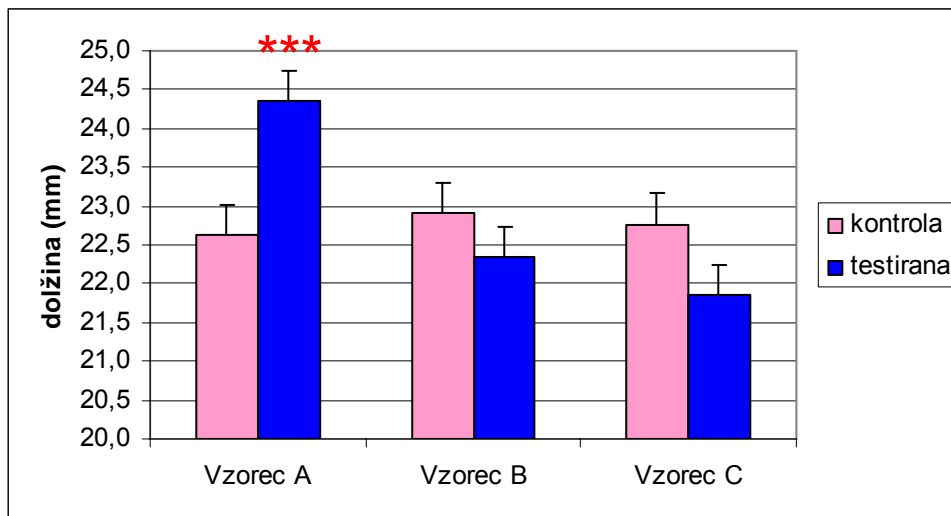
Rezultati bioloških meritev (rast kalic v dolžino pod dodatnim toplotnim stresom) so pokazali na biološki vpliv sevanja baznih postaj za mobilno telefonijo v enem od vzorcev. Statistično značilen učinek se je pokazal pri točki A (vzorec, ki je bil postavljen na okensko polico v sobi ravnateljice). Dolžine rastlin so bile za 8% daljše od kontrolne skupine ( $p < 0,0001$ ). Pri točki B in C pa je bil učinek rahlo negativen, a statistično neznačilen (rastline so za 2% oziroma 4% krajše od kontrole). 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. Na omenjene rezultate bi lahko poleg sevanja bazne postaje vplivala tudi prisotnost transformatorja.

Rezultati vzorcev iz vseh točk so prikazani v tabeli 1 in na sliki 6

Vzorec A: soba ravnateljica							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	24,4	4,6	0,3	<b>108</b>	<b>0,0002</b>	193	97
K	22,6	4,6	0,3			196	98
Vzorec B: knjižnica							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	22,3	5,4	0,4	<b>98</b>	0,3	188	94
K	22,9	5,1	0,4			190	95
Vzorec C: prva igralnica							
	AV	SD	SE	%	p	N	%N
S	21,9	4,6	0,3	<b>96</b>	<b>0,07</b>	188	94
K	22,8	5,0	0,4			181	91

Tabela 1. Analiza rezultatov rasti biološkega senzorna 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; %N: stopnja kaljivosti semena).



Slika 6. Prikaz dolžine kalic izpostavljenih sevanju bazne postaje (modro) v primerjavi z rastjo kontrolne skupine (rdečkasto).

Edino mesto, ki je pokazalo statistično značilne razlike pri biološkem testu s kalicami, je mesto A, vendar je zelo blizu statistične značilnosti (kot mejo se navadno vzame  $p < 0,05$ ) tudi mesto C ( $p < 0,07$ ). Rezultat kaže, da je to mesto (A) na kalice 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 dveh mestih pa obstoji trend negativnosti, kar bi pomenilo neugodne učinke elektromagnetnih sevanj na teh mestih (biološki test je sicer dokaj grob pokazatelj in pokaže le že močno izražene vplive, še zlasti kadar so ti negativni).

## DIGITALNA ELEKTROFOTOGRAFIJA

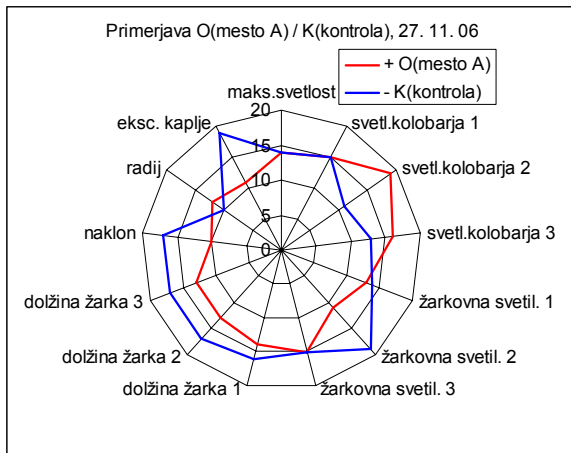
Vzorci za elektrofotografski test so bili označeni na naslednji način (iz imena je razvidno tudi, kje je bil vzorec postavljen):

IMENA VZORCEV	MESTO IZPOSTAVITVE VODE
K: kontrola	Bion, klet (v Alu foliji)
O: mesto A	vrtec, pisarna ravnateljice
P: mesto B	vrtec, knjižnica
R: mesto C	vrtec, prva igralnica
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.

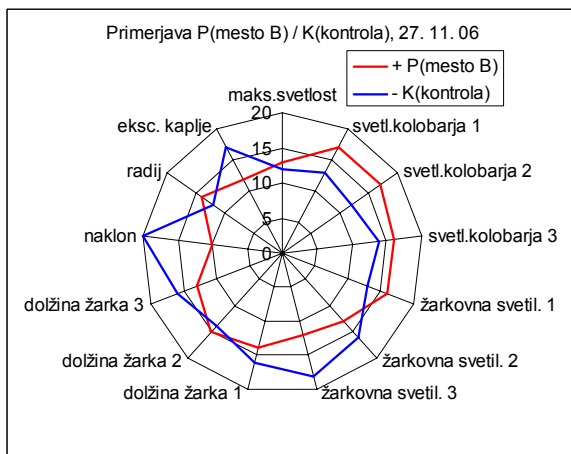
Graf 1a



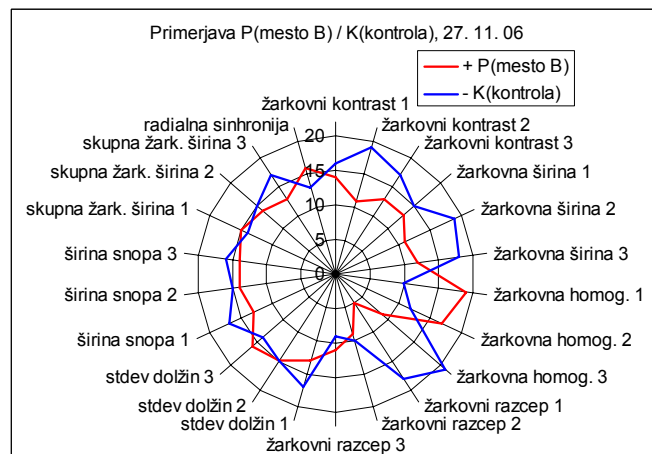
Graf 1b



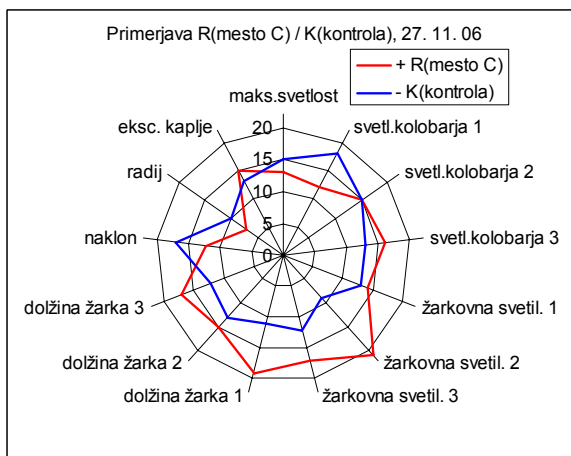
Graf 2a



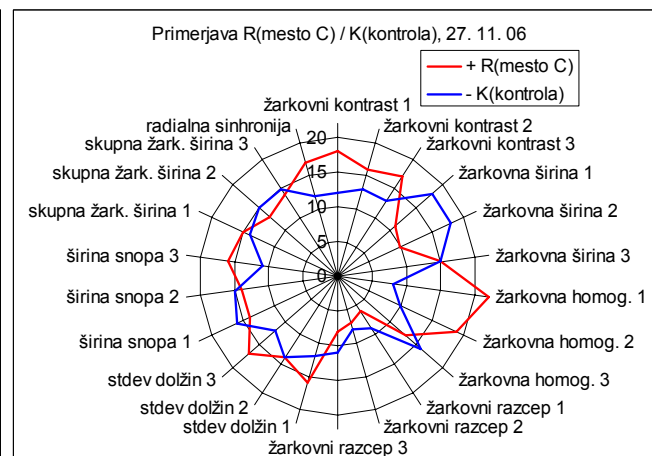
Graf 2b



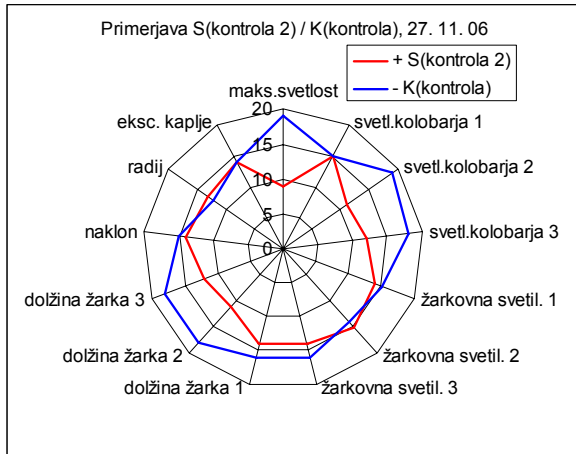
Graf 3a



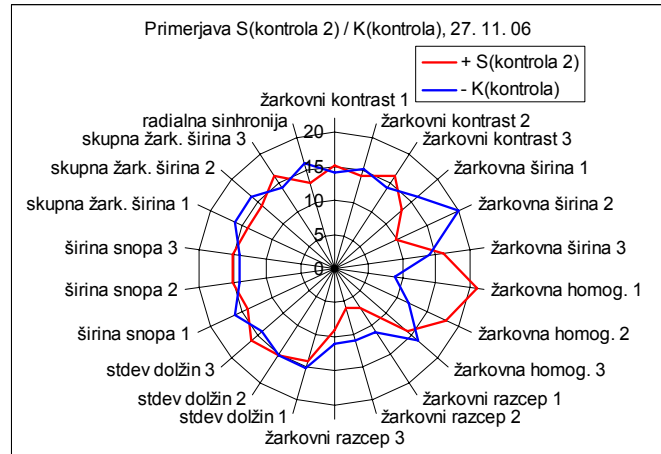
Graf 3b



Graf 4a



Graf 4b



Pri vseh vodah opazimo majhne razlike proti kontroli pri svetlostnih parametrih (grafi a), še največje so pri mestu C, kjer izstopajo žarkovna svetilnost v 2. in 3. kolobarju in dolžina žarkov 1. Pri mestih A in B opazimo manjši naklon razelektritvenega profila in manjšo ekscentričnost. Ta dva izida sta pri mestu C manj izrazita.

Pri strukturnih parametrih (grafi b) je vsem grafom značilna večja žarkovna homogenost 1 in 2. Vodi z mest A in B izkazujeta manjši žarkovni kontrast, voda mesta C pa večjega. Vodi z mest A in C izkazujeta tudi večjo radialno sinhronijo.

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 vrta 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,  $p < 20\%$ ).

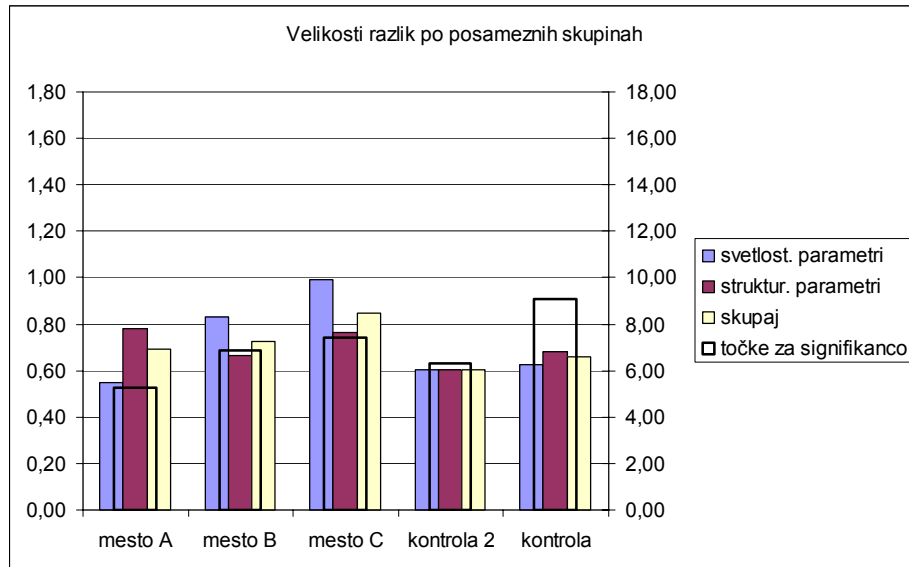
PARAMETER	O : K	P : K	R : K	S : K
	(mesto A) : (kontrola)	(mesto B) : (kontrola)	(mesto C) : (kontrola)	(kontrola 2) : (kontrola)
nad 75%				9 : 19
50-75%				
25-50%				
koť_svet				
žark_svet				
žark_kont				
žark_šir		11 : 19	10 : 18	
žark_hom	20 : 10	20 : 9	21 : 9	21 : 9
žark_razcep		8 : 16	6 : 12	
Cžark_kont		10 : 19		

Cžark_šir	18 : 10			
št_žarkov		18 : 8		21 : 5
dolž_vrha			19 : 11	
dolž_sredina				11 : 18
dolž_spodaj				
doseg_vrh				
doseg_sredina				
doseg_spodaj				
Stdev_vrha				
Stdev_sredina				
Stdev_spodaj				
UpadŽ_vrha		21 : 9		
UpadŽ_sredina				
UpadŽ_spodaj		0 : 2		
naklon	10 : 17	10 : 20		
Rad.sinh				
kot_svet1				
kot_svet2	19 : 11			11 : 19
kot_svet3				
žark_svet1				
žark_svet2	11 : 19		21 : 9	
žark_svet3				
žark_kont1	10 : 20			
žark_kont2	10 : 19	11 : 19		
žark_kont3				
žark_šir1			11 : 18	
žark_šir2		11 : 19	10 : 18	10 : 20
žark_šir3				
žark_hom1	18 : 11	19 : 10	22 : 8	21 : 9
žark_hom2	20 : 10		19 : 10	
žark_hom3		9 : 21		
žark_razcep1		5 : 18		
žark_razcep2				
žark_razcep3				
Cžark_kont1		11 : 19		
Cžark_kont2			19 : 11	
Cžark_kont3				
Cžark_šir1				
Cžark_šir2				
Cžark_šir3	18 : 10			
šir_snop1				
šir_snop2				
šir_snop3				
št_žarkov1	19 : 7	18 : 9	17 : 9	21 : 6
št_žarkov2		20 : 8	16 : 7	20 : 7
št_žarkov3				
radij				
eksc_kaplje	11 : 19			

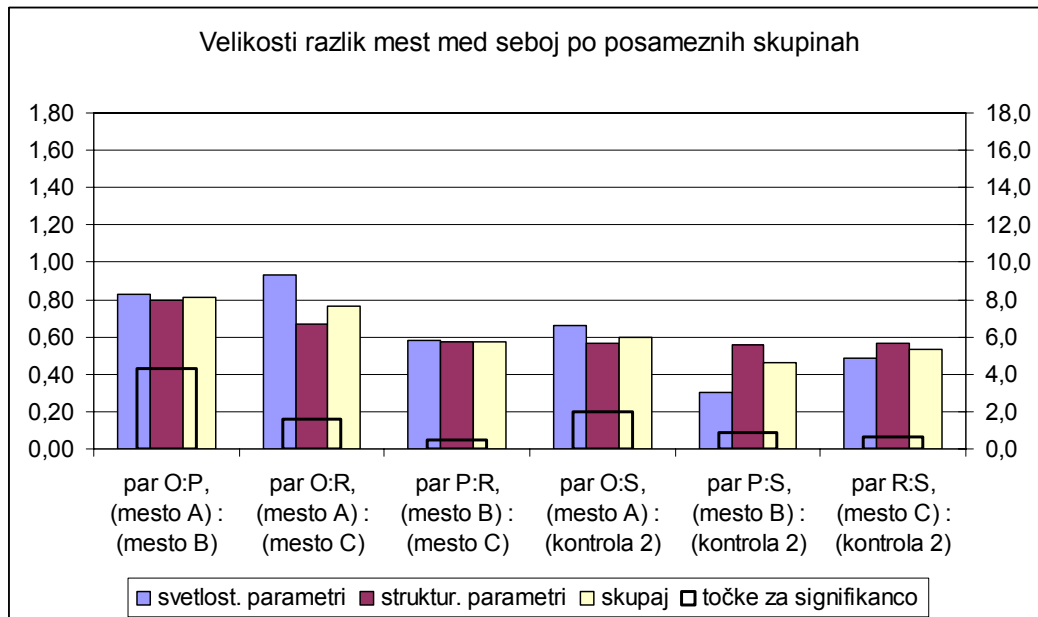
Graf 5a spodaj prikazuje splošno velikosti medsebojnih razlik, ki so jih dosegli posamezni vzorci. Iz tega grafa vidimo, da je pri svetlostnih parametrih največjo razliko proti ostalim izkazalo mesto C, največja je tudi signifikantnost razlik. Sledi mesto B, nato pa mesto A. Pri strukturnih parametrih so mesta bolj izenačena med seboj, izstopa mesto A, a manj izrazito kot C in B pri svetlostnih (Graf 5b). Glede na individualnih značilnosti

posameznega vzorca (Graf 6) najbolj izstopa mesto C, sledi mu mesto B in nato mesto A. in B, nekoliko manj mesto B, najmanj pa kontrola 2.

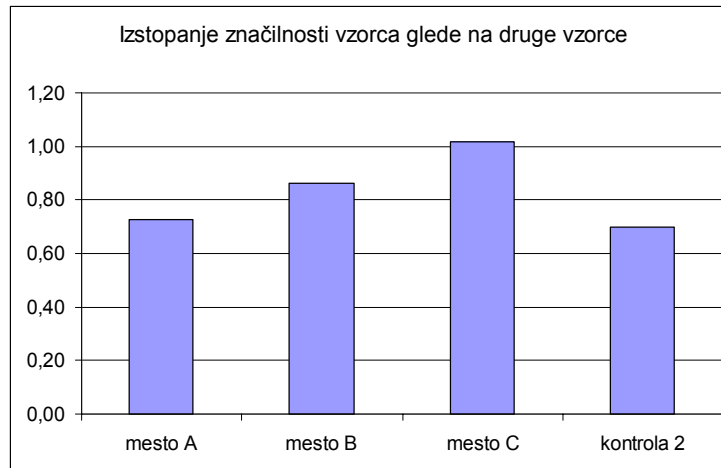
Graf 5a



Graf 5b



Graf 6



Ti rezultati kažejo, da je mesto C obremenjeno glede vpliva na njegovo subtilno polje (biopolje). Večji žarkovni kontrast, večja žarkovna homogenost in večja radialna sinhronija kažejo, da tu deluje neko dosti distinktno (to je določeno, jasno izraženo) polje. Po izpostavljenosti sta mesti A in B manj obremenjeni, še najmanj mesto B (pri obeh vodah je manjši žarkovni kontrast, pri B pa dodatno ni razlike pri radialni sinhroniji). Tu je vpliv na subtilno polje (biopolje) prostora bolj kaotičen, v prispodobi kot bolj frekvenčno razmazan (manjši žarkovni kontrast, manjša žarkovna sinhronija, ni takih razlik pri svetlostnih parametrih).

## ZAKLJUČEK

Položaj vrtca 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 določene učinke na naše merilne sisteme. Rezultati kažejo, da so učinki na različnih mestih v vrtcu različni. Na to lahko vplivajo različne lokalne značilnosti, kot npr. razporeditev kovinskih predmetov in armatur, prisotnost drugih sevanj (transformator), ki povzročajo lokalne modifikacije elektromagnetnih polj, pa tudi orientacija prostorov glede na glavne vire sevanj, saj se skozi stavbo, zlasti če ima dosti kovinskih elementov, to sevanja lahko že delno oslabijo.

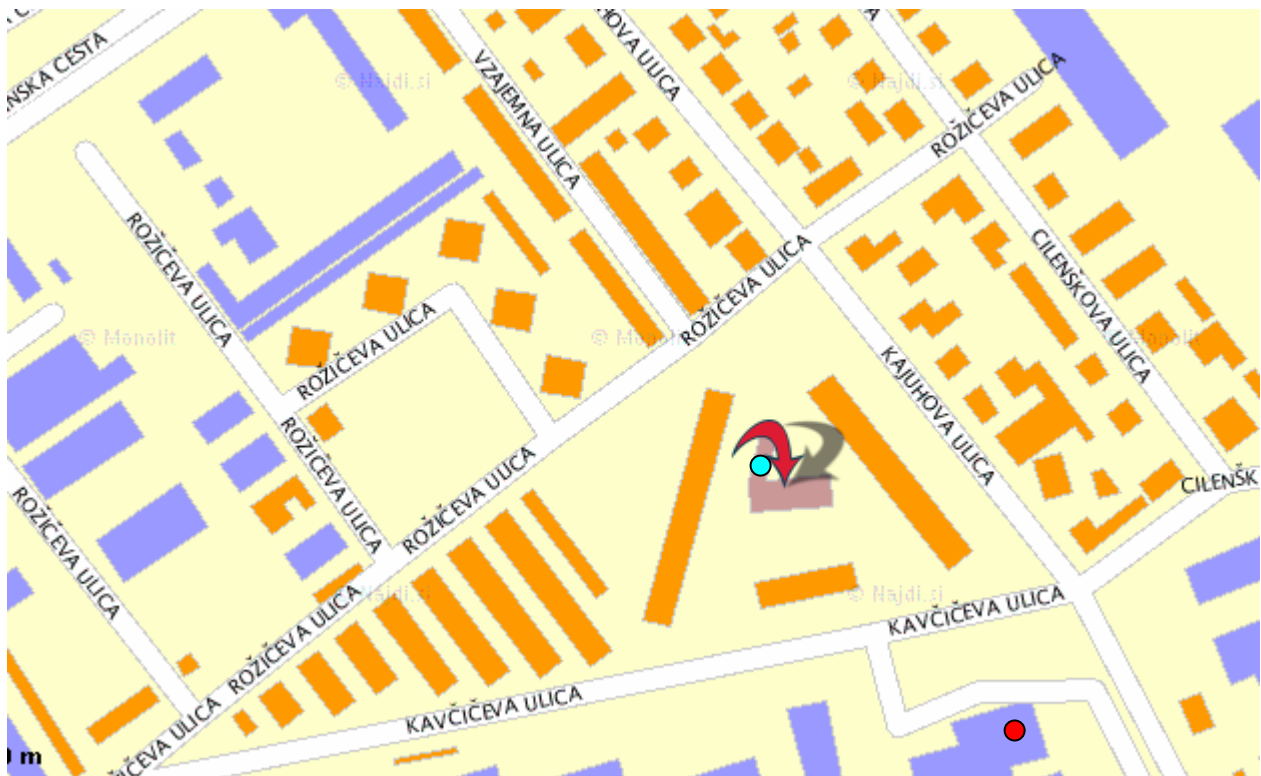
Glede na elektrofotografske rezultate po samem vplivu na subtilno polje prostora (biopolje) izstopa mesto C, kjer ta vpliv najbolj usmerjen in izražen, tudi v smislu določene koherentnosti (pri obremenjenem vplivu take lastnosti seveda niso zaželeni). Pri drugih dveh mestih je vpliv bolj razpršen oziroma manj usmerjen in jasn, tako da ti mesti štejemo za manj obremenjeni. Še najmanj obremenjeno je mesto B. Grobi biološki učinki so pokazali značilne razlike le na mestu A (soba direktorice), vendar so bili biološki učinki pozitivni, kar bi lahko kazalo celo na ugoden vpliv, seveda pa bi za to bile potrebne dodatne raziskave. Seveda ne smemo pozabiti, da gre tu za relativno preprost biološki sistem in direktnih zaključkov na ljudi ne smemo povleči. Stalen

stimulativen vpliv na organizem namreč lahko ravno tako pomeni stres, saj sili organizem v stalno aktivnost in mu onemogoča mirovanje in regeneracijo. Pri biološkem senzorju nas zanimajo predvsem negativni učinki, ki so se pokazali na mestu C, ki sicer strogo gledano niso bili statistično značilni, a so bili zelo blizu te meje.

V smislu vpliva elektromagnetnih sevanj GSM postaj je bilo po obeh testih v primerjavi s povsem neobremenjeno kontrolo najbolj obremenjeno mesto C (prva igralnica), sledi pa mu mesto A (soba direktorice), kjer pa je bil učinek na subtilno polje (biopolje) prostora drugačne narave (bolj razpršen in nasprotnega predznaka pri biološkem testu). Seveda pa moramo upoštevati, da tudi v teh dveh primerih ne gre za velike učinke. V nasprotju s pričakovanji je bilo mesto B (knjižnica) najmanj obremenjeno. Glede na to, da z mesta B poročajo o motnjah delovanja mobilnih telefonov (prekinitev zveze), pa je možno, da je tu EM valovanje GSM postaj oslabiljeno ali pa prihaja do kakih neugodnih interferenc. Možne so tudi obremenitve iz kakih drugih virov, kar pa bi morali dodatno raziskati.

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