

Prijam ELF-VLF elektromagnetskih pojava na području srednje i zapadne Istre

Receiving ELF-VLF Electromagnetic Phenomenons in the Middle- and West-Region of Istria

Najprije ću ukratko opisati područje veoma niskih frekvencija radiofrekvencijskoga spektra (RF spektra).

Izvan svih uobičajenih komunikacijskih opsega, područje veoma niskih frekvencija obuhvaća pojaseve navedene u tablici 1.

Makar nam u početku izgleda kao relativno prazan i nezanimljivi dio elektromagnetskog spektra, čim malo "poslušamo" (uz odgovarajuću antenu i uređaje), vidimo da je situacija sasvim drugačija od očekivanoga. Možemo zabilježiti brojne prirodne pojave elektromagnetskih zračenja.

S napretkom tehnologije postalo je jednostavno detektirati i analizirati ovaj dio RF spektra. U isto vrijeme, razvoj elektroenergetske mreže donio nam je i nova zagađenja u ta područja, tako da je u gradovima i u blizini visokonaponskih vodova postalo nemoguće primati prirodne radiovalove, jer ih jako brujanje struja frekvencije 50 Hz iz vodova napajanja potpuno pokriva i priguši. To će biti pokazano i u slijedećim spektrogramima. Iz tih podataka možemo dobiti uvid u ponašanje našega prirodnog okruženja iz još jednog zanimljivog kuta promatranja.

Uz prirodne radioizvore na 76 Hz i 82 Hz "primamo" komunikaciju s američkim i ruskim podmornicama, koja se sastoji od kratkih kodiranih poruka specijalnom vrstom spore telegrafije, zatim tzv. *Alpha-signale* za navigaciju u području 11...14 kHz, te frekvenciju horizontalnoga otklona TV sustava 15 625 Hz (osobito ako vam u blizini radi neki televizijski prijamnik). Ali, ovdje se nećemo baviti s umjetno proizvedenim RF-signalima (iako nam se nameću sa svih strana svijeta).

Najčešće prirodne radiopojave u području veoma niskih frekvencija

U nastavku slijede objašnjenja najčešćih prirodnih radiopojava u području veoma niskih frekvencija. Nazivi koje upotrebljavamo oslanjaju se na one u stranoj literaturi, jer kod nas, koliko sam upoznat, još nisu definirani nazivi za ove prirodne fenomene.

Sferici (engl. *sferic*); naziv nastao skraćivanjem naziva *atmosfera*, atmosferske pojave radiovala koji zvuče kao

Tablica 1. - Pojasevi niskih vrlo frekvencija

Frekvencija/Hz	Oznaka	Naziv engleski/hrvatski
3 ... 30	ELF	Extremely Low Frequency/ekstremno niske frekvencije
30 ... 300	SLF	Super Low Frequency/super niske frekvencije
300 ... 3 000	ULF	Ultra low frequency/ultra niske
3 000 ... 30 000	VLF	Very low frequency/ vrlo niske frekvencije

jedan jači udarni signal, tzv. *klik*, a očituje se pri bliskom udaru groma, do udaljenosti 4 000...5 000 km. Što je grom udaljeniji, to se glavni *klik* razbija na više *klikova*. Na AM-radiju ih često imate priliku čuti, zvuče kao da netko gricka čips, a protežu se u širokom spektru frekvencija.

Trzaji (engl. *tweaks*); udari gromova, vrlo udaljeni, do otprilike 20 000 km, tako da val stiže do nas s više ionosferskih odbijanja. Pri dužim putovima, radijsignal se raspršuje, tako da više frekvencije stižu do nas ranije nego niže, ali s međusobnom razlikom od nekoliko milisekunda. To je dovoljno da primijetimo veoma kratki zvižduk pri kraju signala.

Zvižduci (engl. *whistlers*); trzaji koji su prošli kroz Zemljinu ionosferu, proputovali s jedne strane Zemljske kugle do druge putujući uzduž Zemljinih magnetskih silnica, te kroz vodljive kanale plazme koji nastaju pri sudaru čestica ili fotona tzv. *Sunčeva vjeta* sa Zemljinom magnetosferom. Magnetsko polje Zemlje s položajem suprotnim od Sunca može biti izduženo čak do dvostruke udaljenosti između Zemlje i Mjeseca, tako da *whistler* u nekim slučajevima može prijeći i više od milion kilometara do ponovnog povratka na Zemlju. Pri tome se ponaša slično kao i radioval u valovodu. Pošto prelazi veliki put, pri prijemu se javlja velika vremenska razlika između viših i nižih frekvencija signala, tj. velika disperzija signala, tako da oni zvuče kao zvižduk padanja; najprije stižu više frekvencije, a za njima sve niže. Što je signal dužeg trajanja, to znači da je i



Slika 1. – Octoloop antena (prilikom uporabe izbjegavati blizinu stabala, jer su dobri uzemljivači za EM signale)

zvižduk prešao veći put od svog nastanka.

Zbor, zborni pjev (engl. *chorus*); kod nas rijetka pojava, najčešća u doba jake Sunčeve aktivnosti. Javlja se prilikom izlaska i zalaska Sunca i zvuči kao da se nalazimo u bari ili jezeru u kojem se čuje mnogo žaba koje kreću uz pratnju zbora pjeva ptica. U stvari, radi se o strujama čestica koje putuju po Zemljinim magnetskim silnicama (protoni i elektroni), inače u sjevernim krajevima. *Zbor* se može čuti i tijekom cijeloga dana, a nazivaju ga *zborom u zoru* (engl. *Auroral chorus*).

Uz te najčešće nabrojane pojave, stalno je prisutna i **Šumanova rezonancija** na 7,8 Hz, koja nastaje kao posljedica stalnih udara gromova i elektronskih pražnjenja u Zemljinoj atmosferi. To je rezonantna frekvencija šuplje kugle veličine Zemlje, kojoj su granične plohe ionosfera i Zemljina površina. Uz osnovnu, postoje i njene harmoničke frekvencije na 14 Hz i 28 Hz. Sve te

frekvencije nisu stalne vrijednosti, već se mijenjaju ovisno o aktivnosti Sunca i stanju ionosfere.

Stalnim ispitivanjima utvrđeni su i radioizvori geološkog porijekla s frekvencijama 0,5 do 100 Hz, koji nastaju prilikom geoloških pomicanja tla. Također, postoje i neke teorije o mogućnosti predviđanja potresa, tako da se izvode mjerenja ponašanja i osobine VLF signala na nekom geološki nestabilnom području.

Uređaji upotrijebljeni za snimanje VLF-a

Za prijam signala upotrijebio sam magnetsku petlju, takozvanu *Octoloop antenu*, promjera 1 m, s namotanih 200 m izolirane bakrene žice, presjeka 0,75 mm². Kao uređaj za snimanje koristio sam mikrofonski ulaz u prijenosno računalo, te često i prijenosni kazetofon, tako da sam signale snimao na običnu audio kazetu te ih kasnije preslušao i pregledao s programom *Spectrum lab*.

Za snimanje jakih signala, za vrijeme bliskih udara gromova ili približavanja oluje do udaljenosti približno 200 km, dovoljan vam je i komad bakrenog vodiča duljine nekoliko metara. Ako biste u tom slučaju upotrebljavali osjetljivu antenu, dovodite se u situaciju da preopterete ulaz pojačala i izazovete njegovo pregrijavanje. Ne preporučam izlaganje praznim prostorima ili čistinama te usamljenim stablima za vrijeme grmljavinske oluje. Time ne dovodite u opasnost samo uređaj, nego i svoj život.

Signale sam snimao na trima položajima: blizu Vrsara (QTH lokacija JN65UD), u gradu Pazinu (JN65XF), te oko 5 km od Pazina (JN65XE) u svojevrsnoj "elektromagnetskoj zavjetrini", pokušavajući se što više udaljiti od elektroenergetskih vodova, kako bi se izbjeglo zagušenje frekvencijom 50 Hz i njezinim harmonicima.

Spektrogrami VLF elektromagnetskih pojava

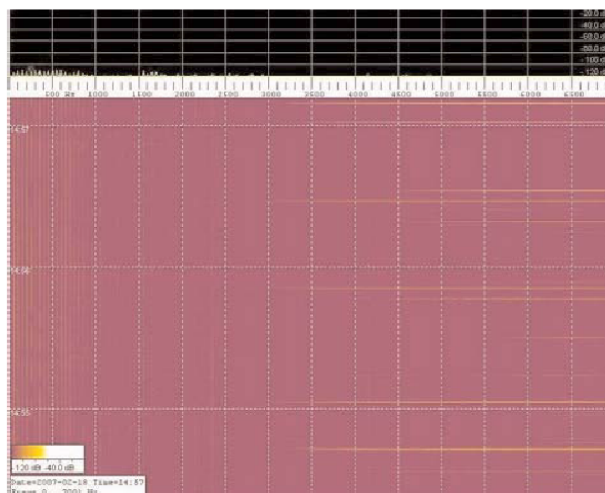
Slijedi slika spektrograma snimljenog u Pazinu, na otvorenom prostoru. Najbliži vodič pod naponom je udaljen 15-tak metara od antene. Prikazan je na sl. 2.

Kao što vidimo, cijeli spektar frekvencija 0 do 7 000 Hz, potpuno je prekriven harmonicima frekvencije mreže (svjetlina boje označava jakost signala). Horizontalno je predstavljen raspon frekvencija, a vertikalno protok vremena. Možemo zamijetiti samo pojedinačne signale uključivanja i isključivanja električnih trošila. Tu nema mjesta za slabe prirodne signale, tako da snimanje prirodnih EM valova u gradu možemo odmah odbaciti. Spektrogram na slici 3. snimljen je u gradu s većim frekvencijskim razlučivanjem.

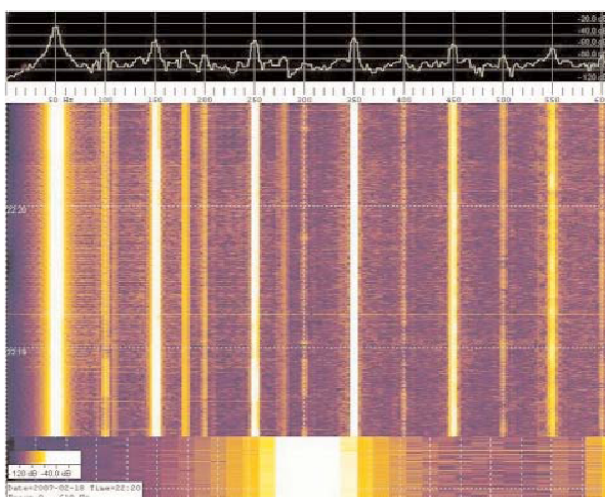
Tu vidimo bolje razlučene frekvencije. 50 Hz vidimo kao najjaču, zatim slabiji 2. harmonik na 100 Hz, te jaki 3. harmonik. Dalje se redaju harmonici poput rešetke i tako se nastavlja do frekvencije od gotovo 10 kHz.

Budući da u Pazinu zbog elektromagnetskog zagađenja, nema govora o mogućnosti detekcije prirodnih radioemisija, isprobao sam prijam u blizini Vrsara. Najbliži vodovi pod naponom bili su udaljeni oko 250 m. Spektrogram snimljen na poziciji JN65UD prikazan je na slici 4.

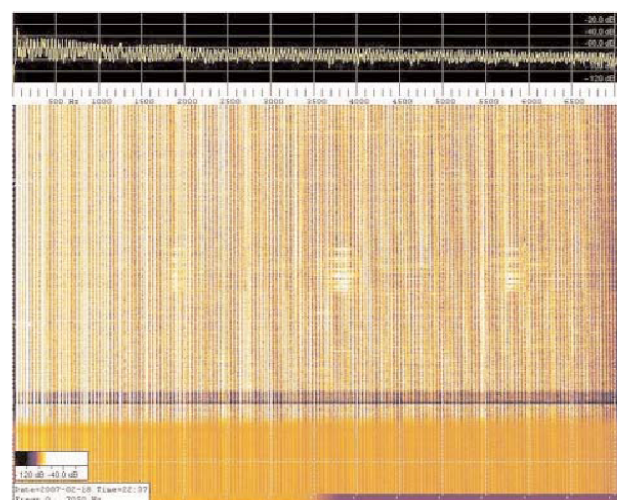
Odmah možemo primijetiti da je stanje puno bolje nego u Pazinu, jer se harmonici 50 Hz primjećuju do oko 1 000 Hz. Na frekvencijama od 3 000 Hz na više vidimo linije smetnji automobilske motora koji su prolazili cestom na udaljenosti oko 200 m. Primjećujem da bi se od frekvencije smetnji nastalih radom motora dalo procijeniti i broj okretaja motora u vozilu. No, to još uvijek



Slika 3. – Frekvencija mreže i njene harmoničke frekvencije u većoj razlučivosti



Slika 4. – Spektrogram snimljen izvan naselja, ali u blizini prometne ceste



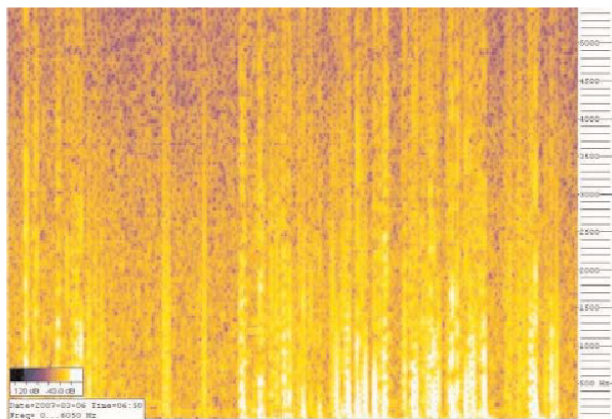
Slika 2. – Elektromagnetski spektar u gradu ispunjen je harmonicima od 50 Hz od struja elektroenergetske mreže

ne spada u prirodnu radioemisiju.

Da bih uspio detektirati *sferike* i *trzaje*, primijenio sam predefinirano namještanje programa *Spectrum lab*, na opcijama *natural radio – sferic and tweeks*. Unutar programa namještanja su unaprijed takva, da nam omogućavaju najbolji pregled ovih radiopojava, bez potrebe za dubokim upoznavanjem sustava rada programa, koji s vremenom postaje sve složeniji jer mu autori stalno dodaju nove mogućnosti.

Nakon ispitivanja svojstava i ponašanja antene, pojačala i uređaja za snimanje, trebalo je samo pričekati da se nakupe oblaci. Tada se početi sa snimanjem elektromagnetskih valova koji dopiru iz njihove unutrašnjosti, kao i električnih pražnjenja između oblaka i tla. Na slici 5. je prikazan spektrogram *sferika* uhvaćenih iz oluje koja se nalazila na optičkom horizontu.

Da se električna pražnjenja događaju relativno blizu, možemo zaključiti po ravnim crtama signala koje se ravnomjerno rasprostiru kroz spektar frekvencija. Zbog kratkoga prijednog puta, jednostavno, do primjetnoga raspršiva-



Slika 5. – Spektrogram EM zračenja iz bliskih atmosferskih pražnjenja

nja signala još nije došlo. Očito se radi o direktnom prijemu bez ionosferskih odbijanja.

Kako bismo uhvatili drugi oblik signala, tzv. *trzaje*, najprije moramo pogledati gdje sve ima grmljavinskih oluja na Zemaljskoj kugli. Ako ih ima u centralnom ili južnom djelu Afrike, velika je vjerojatnost da će i do nas stići za jednim ili dva odskoka od ionosfere. Na slici 6. prikazan je spektrogram s *trzajima*.

Možemo uočiti kako im frekvencija počinje varirati. Više ne izgledaju kao ravne crte, već su zakrivljeni na krajevima zbog raspršenja, tako da viša frekvencija stigne do antene ranije od nižih. Zbog male disperzije možemo zaključiti da se ovdje radi o jednom do dva odbijanja od ionosfere.

Te dvije radio pojave vrlo su česte, dok su *zvižduci* mnogo rjeđi. Njihova pojava ovisi o jedanaestogodišnjem Sunčevom ciklusu, te o trenutnom stanju Sunčeve aktivnosti, kako bi se dovoljno pobudilo magnetosferu i plazmene pojaseve oko Zemlje (koji su vrlo važni u provođenju signala u Zemljinoj okolini). Učestalost im se mijenja od jedne do dvije pojave dnevno, do više desetaka u minuti. Često se događa da poneki od njih ne-očekivano doputuje kroz ionosferu, pa se nakon više sati snimanja signala bez *zvižduka*, uspije uhvatiti i koji pojedinačni. Najbolje je ostaviti opremu da snima, pa kasnije na brzinu analizirati, jer uvijek postoji mogućnost da se naide na nešto zanimljivo. Na slici 7. vidimo spektrogram neočekivano uhvaćenoga *zvižduka*.

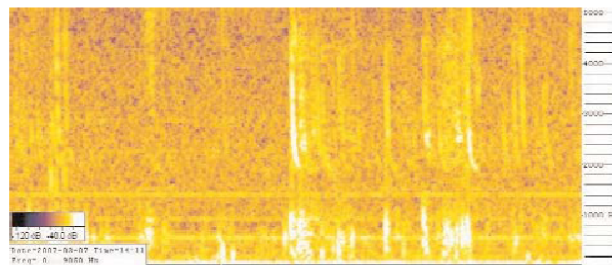
Snimljeni *zvižduci* traju oko 1 sekundu (uz ostalo vidimo i dosta *sferika*). Moguće ga je zamijeniti i sa smetnjom od nekoga zemaljskog uređaja, ali s obzirom da je u doba snimanja bila aktivna *aurora*, velika je vjerojatnost da je to pravi *zvižduk*. Po velikome raspršenju vidimo da je prijeđen dugi put, vjerojatno više od 100 000 km.

Budući da smo zadnjih godina u ciklusu opadanju Sunčeve aktivnosti, automa-

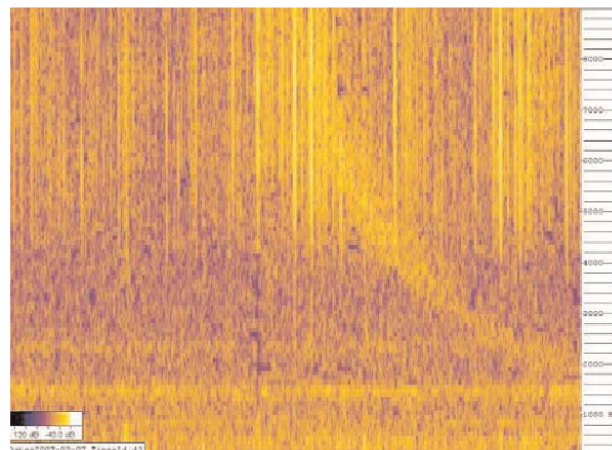
tski se smanjuje i brojnost prirodnih EM pojava. No, vjerujem da će u slijedećim godinama rasti broj prirodnih pojava u elektromagnetskom spektru, s obzirom na to da u sljedećim godinama ponovno ulazimo u ciklus rasta Sunčeve aktivnosti. Time će se povećati mogućnost češćeg prijama raznih pojava u Zemljinoj magnetosferi, plazmenim pojasevima i ionosferi.

Na kraju donosim neke zanimljive hiperveze vezane za opisanu temu:

<http://www.vlf.it/>,
<http://www.astro.hr/ucionica/>,
<http://www.altair.org/>,
<http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/inspire/>,
<http://www.qsl.net/dl4yh/spectra1.html>.



Slika 6. – Spektrogram udaljenih oluja na kojem raspršenje signala postaje primjetno



Slika 7. – Spektrogram zvižduka. Uočljivo je veliko raspršivanje, što nam ukazuje i na veliki prijeđeni put signala.

