

UDK 528.8:523.9:537.5

Pregledni rad

MONITORING JONOSFERE I SVEMIRSKOG VREMENA U BOSNI I HERCEGOVINI

MONITORING OF IONOSPHERE AND SPACE WEATHER IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Džana Horozović, Dževad Krdžalić, Medžida Mulić

SAŽETAK

Zbog svoje disperzivne prirode, jonosfera uzrokuje kašnjenje koda, odnosno ubrzanje faze signala Globalnih navigacijskih satelitskih sistema - GNSS. Usprkos napretku metoda GNSS pozicioniranja, jonosferska refrakcija je još uvijek jedan od najvećih izvora pogrešaka geodetskog pozicioniranja i navigacije.

Različiti fenomeni svemirskog vremena, kao: solarni vjetar, geomagnetna oluja, solarna radijacija, može oštetiti GNSS satelite, dalekovode i elektrodistributivnu mrežu, itd. Zato je važno ustanoviti metode istraživanja i monitoringa svemirskog vremena.

Istraživanje jonosfere i svemirskog vremena je predmet ovog rada. Opisan je postupak konstruiranja SID (engl. sudden ionospheric disturbances – iznenadne jonosferske smetnje) monitora. Analiza je pokazala da je jonosferska monitoring stanica u Sarajevu SRJV_ION 0436 sposobna otkriti pojačano zračenje.

Ključne riječi: *jonosfera, svemirsko vrijeme, geomagnetno polje, GNSS, iznenadne jonosferske smetnje, SID*

ABSTRACT

Due to its dispersive nature, ionosphere causes a group delay or phase acceleration of the signals from Global navigation satellite systems - GNSS. Despite the progress of GNSS positioning methods, the ionospheric refraction is still one of the greatest source of the errors in the geodetic positioning and navigation.

Different phenomena of the space weather: solar wind, geomagnetic storm, solar radiation, can damage GNSS, and electric power distribution networks but That is why it's important to establish research and monitoring methods of the space weather.

The subject of this paper is the investigation of ionosphere and space weather. Procedure of constructing a SID (engl. Sudden ionospheric disturbances) monitor station are described. The analysis showed that ionosphere monitoring station in Sarajevo, SRJV_ION 0436, was able to detect increased solar radiation.

Keywords: *ionosphere, space weather, geomagnetic field, GNSS, sudden ionospheric disturbance, SID*

1. UVOD

Jonosfera ima značajan utjecaj na širenje radio valova, zbog čega je postala predmetom mnogih naučnih istraživanja. Postojanje jonosfere¹ je neophodno ako se želi uspostaviti radio veza na velikim razdaljinama, jer upravo jonosfera reflektira radio valove. Međutim, jonosfera u GNSS pozicioniranju može biti izvor raznih ometanja. U pojedinim slučajevima može se desiti da varijacije koje se u ovom području atmosfere javljaju, utječu na širenje signala do te mjere, da sam prijem signala postaje nemoguć, odnosno, jonosfera može uzrokovati i prekid veze prilikom širenja radiovalova.

Na taj način, može doći do znatnog smanjenja učinka i pouzdanosti modernih satelitski podržanih komunikacijskih i navigacijskih sistema. Pojava prelamanja radiovalova na njihovom putu kroz slojevitou jonosferu (pri čemu prolaze kroz slojeve različite debljine, gustoće, te količine naelektrisanih čestica) narušava i samu tačnost satelitski podržane navigacije.

Iako je čovječanstvo tokom posljednjeg stoljeća naučilo da primjenjuje svojstva jonosfere na mnoge korisne načine, potrebno je još mnogo truda da bi se razumjeli fizički i hemijski procesi koji upravljaju njenim ponašanjem, naročito kada se radi o dinamičnim reakcijama jonosfere na Sunčevo djelovanje. Jonosfera ima utjecaj na modernu tehnologiju, poput civilnih i vojnih sistema za telekomunikaciju, navigacijskih satelitskih sistema, nadzornih sistema, sigurnosti prenosa električne energije na velike udaljenosti, neometan rad trafostanica, itd.

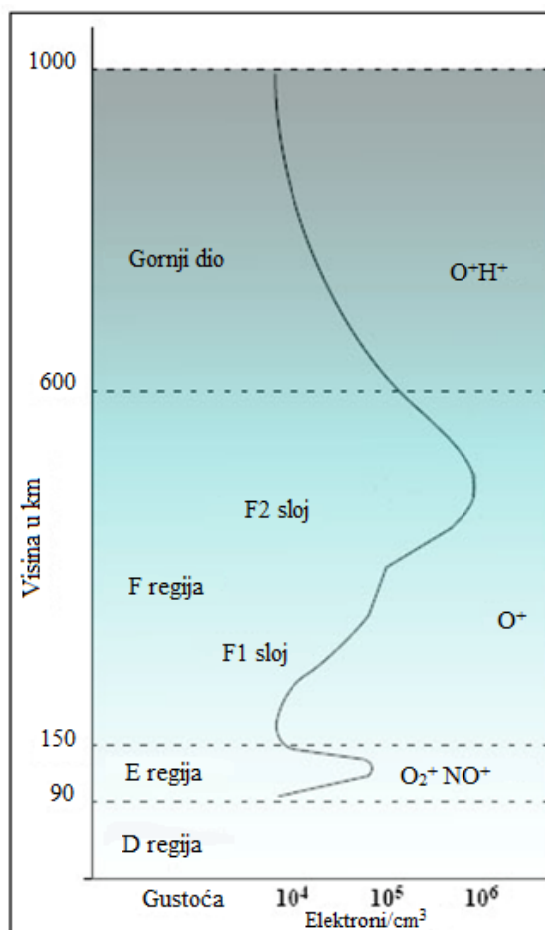
1.1. Jonosfera i njene karakteristike

Jonosferom (starogrčki $\acute{\iota}\acute{o}\nu$, odnosno $\acute{\iota}\acute{o}\nu$, $\acute{\iota}\acute{o}\nu$ što znači „krećuća, pomjerajuća“ i grčki $\sigma\phi\alpha\acute{\iota}\rho\alpha$, odnosno 'sfära' što znači „kugla“) nazivamo jonizirani dio Zemljine atmosfere.

1.1.1. Priroda jonosfere

Jonizirani dio atmosfere, odnosno jonosfera sadrži značajan broj slobodnih elektrona i pozitivnih jona, iako je postojan i određen broj negativnih jona u nižim regijama jonosfere. Ovaj medij kao cjelina je neutralan, obzirom da sadrži jednaku količinu pozitivnog i negativnog naelektrisanja unutar svog volumena. Uobičajenu vertikalnu strukturu jonosfere prikazuje slika 1 (Hargreaves, 1992, str. 208).

¹ Jonosfera je podijeljen u slojeve nazvane D, E i F. Različiti slojevi imaju različite fizičke i hemijske osobine.



Slika 1: Struktura jonosfere (URL 1)

U tabeli 1 mogu se vidjeti karakteristike navedenih slojeva.

Tabela 1: Izgradnja jonosferskih slojeva

Sloj	Visina (km)	Karakteristike
D	70 – 90	prisutan tokom dana pri čemu se proces jonizacije odvija shodno položaju Sunca
E	110 – 130	prisutan tokom dana pri čemu se proces jonizacije odvija shodno položaju Sunca
F ₁	200	prisutan tokom dana, a po noći se spaja sa F ₂ slojem
F ₂	250 – 400	prisutan tokom dana i tokom noći

1.1.2. Jonosferska varijabilnost

Anomalije jonosfere predstavljaju odstupanja od očekivanog ponašanja jonosfere. Ove nepravilnosti su uočljive i stvaraju granicu između pomenutih anomalija i spontano nastupajućih kratkoročnih jonosferskih smetnji.

Neke od poznatih anomalija su sljedeće (URL 2):

- dnevna anomalija,
- noćna anomalija,
- polarna anomalija i
- godišnja anomalija.



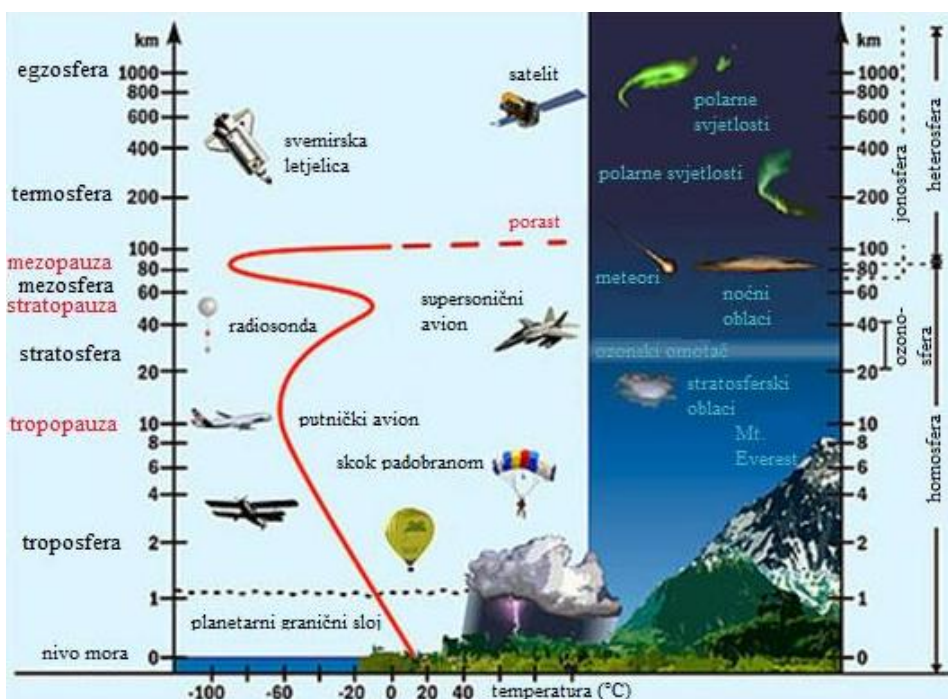
Slika 2: Polarna svjetlost (aurora) (URL 3)

Pod jonosferskim smetnjama se podrazumijevaju sve nepravilnosti u sastavu i ponašanju jonosfere koje se manifestiraju spontano. Uzrok jonosferskim smetnjama se najčešće može direktno ili indirektno pronaći u Sunčevim aktivnostima i zračenjima, iako i meteori mogu imati utjecaj na jonizaciju. Jonosferske smetnje su kratkoročne prirode i mogu trajati od nekoliko minuta do više dana. Najpoznatija pojava jonosferskih smetnji jeste tzv. *aurora*, polarna svjetlost (slika 2) koja nastaje posredstvom energetski bogatih čestica Sunčevih oluja.

Jonosferske smetnje se ne smiju poistovijetiti sa jonosferskim anomalijama. Anomalije ne nastaju spontano, nego podliježu jednoj redovitosti i predstavljaju odstupanja od očekivanog općeg ponašanja jonosfere. Postoje različite vrste jonosferskih smetnji zavisno od toga koji je uzrok njihovog dešavanja, a najpoznatije su:

- putujuće jonosferske smetnje (engl. *Traveling Ionospheric Disturbances - TID*),
- jonosferske oluje,

- iznenadne jonosferske smetnje (engl. *Sudden Ionospheric Disturbances - SID*) i
- jonosferska scintilacija.

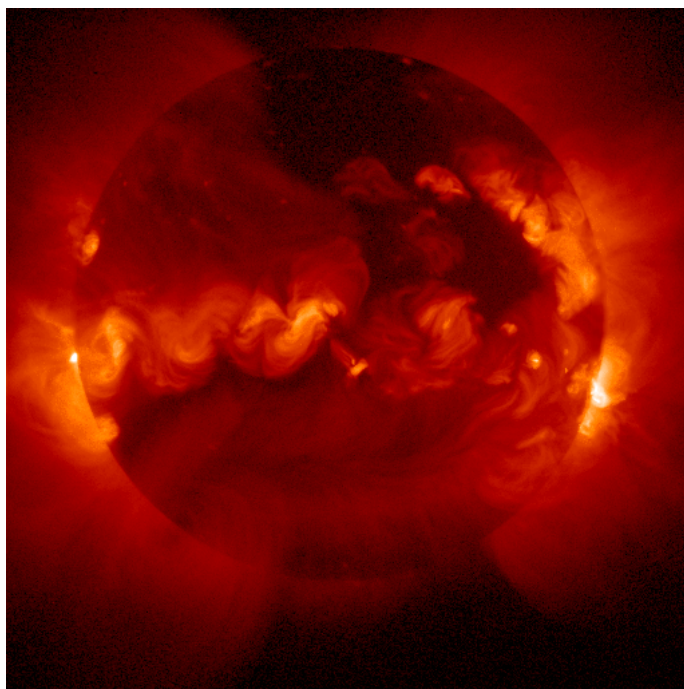


Slika 3: Vertikalna temperaturna skala Zemljine atmosfere. Crvena linija predstavlja temperaturu kao funkciju visine. Svaka regija atmosfere definisana je načinom promjene temperature sa visinom (URL 4)

1.2. Svemirsko vrijeme

Termin „svemirsko vrijeme“ se odnosi na stanja na Suncu i u solarnom vjetru, magnetosferi, jonosferi, i termosferi. Svemirsko vrijeme može utjecati na performanse i pouzdanost svemirskih i zemaljskih tehnoloških sistema i mogu znatno ugroziti ljudsko zdravlje i život u područjima zahvaćenim svemirskim olujama. Nepovoljna stanja u svemirskom okruženju Zemlje mogu uzrokovati prekid satelitskih operacija, komunikacija, satelitske navigacije, te distributivne mreže električne energije, što vodi do raznih socioekonomskih gubitaka. (Moldwin, 2008, str. 1)

Područje istraživanja svemirskog vremena je svemirsko okruženje Zemlje sve do Sunca. Svemir počinje u regiji Zemljine atmosfere koja se naziva *termosfera* i počinje na visini od oko 100 km. Svemirske letjelice kreću se na visinama iznad 350 km. Na slici 3 je prikazana Zemljina atmosfera u odnosu na svemirsku letjelicu. Jasni kontrast između plave Zemljine atmosfere i „tamnog“ svemira nalazi se na visini od približno 100 km.



Slika 4: Sunčeva baklja na Suncu snimljena Yohkoh² teleskopom pomoću slabih x zraka. Bijela (najsvidlija) regija na desnoj strani pokazuje „post-flare“ petlje, odnosno, vruće petlje koje preostaju nakon pojave Sunčeve baklje (URL 8)

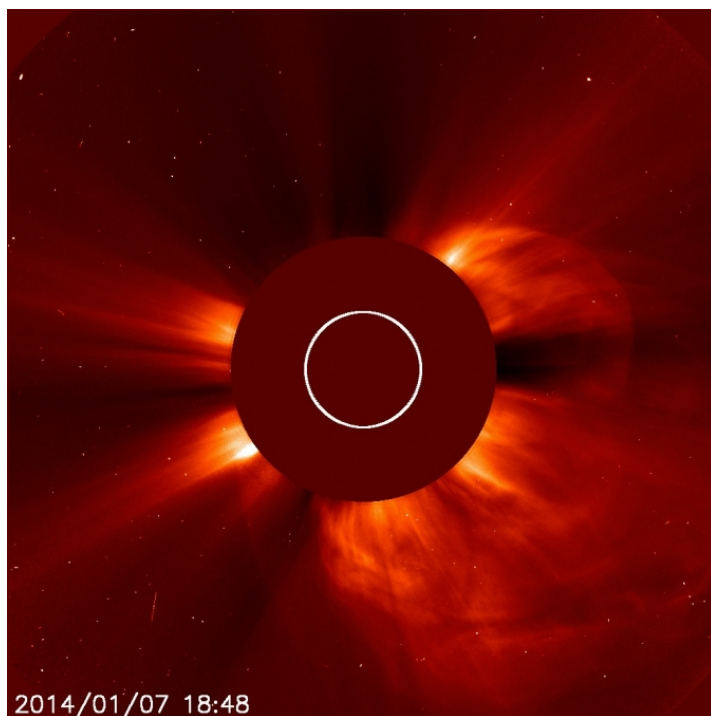
1.2.1. Sunčeva aktivnost

Sunčeva baklja se definira kao iznenadno i eksplozivno oslobađanje energije³ (i zračenja koje je veoma štetno za žive organizme) iz Sunčeve unutrašnjosti u Sunčevu atmosferu. Ova energija se oslobađa u vidu čestičnog ubrzanja, zagrijavanja plazme i dramatično pojačane radijacije. One mogu potrajati od jedne minute do nekoliko sati. (URL 5)

² 31. augusta 1991. godine je svemirski centar u Kagoshimi (engl. *Kagoshima Space Center - KSC*) lansirao u satelit u svemir. Ovaj satelit, poznat pod nazivom „Yohkoh“ („Sunčev zrak“), bio je projekat Instituta za svemirske i astronautičke nauke u Japanu (engl. *Institute of Space and Astronautical Science - ISAS*). Naučni cilj ovog projekta je bio opažanje energetskih fenomena koji se dešavaju na Suncu, posebno Sunčevih baklji mjerenjem jačine emitovanih rendgenskih i gamma zračenja pomoću 4 različita mjerna instrumenta na satelitu koji su razvijeni u saradnji japanskih, američkih i britanskih istraživača. Misija je završena 14. decembra 2001. godine. (URL 9) Istraživanja solarnih baklji su nastavljena satelitskom misijom RHESSI (*Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager*), više informacija na: URL 10.

³ Ove eksplozije su gigantskih razmjera. Energija koja se oslobodi samo jednom solarnom bakljom može se uporediti sa bilion megatona TNT eksploziva. Međutim, ovo je malo ako se uporedi sa količinom energije koju oslobađa cijelo Sunce. Energija koja se oslobađa sa Sunčevim bakljama je u drugačijim oblicima: radi se o elektromagnetnoj energiji, a baklje također oslobađaju gamma i rendgensko zračenje, kao i energetske čestice, protoni i elektroni. Solarne baklje su približno 90% protoni. Teški joni, iako sadržani u malom postotku, mogu prouzročiti ozbiljne smetnje na svemirskim letjelicama, satelitima (posebno su ugroženi geostacionarni sateliti zbog velike visine na kojoj se kreću, 35 800 km) i avionima. (URL 6)

Sunčeve baklje se šire u sunčevu okolinu nazvanu *korona*⁴. Unutar Sunčeve baklje uobičajeno se dostiže temperatura 10-20 miliona stepeni Kelvina, no ona može iznositi i do 100 miliona stepeni Kelvina. *Korona* je vidljiva pomoću slabih rendgenskih zraka, kao što se može vidjeti na slici 4.



Slika 5: Ogroman oblak Sunčevih čestica, odnosno koronalni izbačaj masa, koji je eksplodirao na Suncu 7. januara 2014. godine. Snimljeno od strane ESA/NASA Sunčeve i heliosferske opservatorije. Sunce je pomračeno kako bi atmosfera oko njega bila bolje vidljiva (URL 1)

Koronalni izbačaji masa su ogromne magnetne strukture koje mogu sadržavati više od bilion (10^{12}) kg vrućeg koronalnog materijala. CME-ovi imaju često prepoznatljive strukture magnetnog polja u obliku petlji, koje se nazivaju „*flux ropes*“ (slika 5). Ove strukture se nazivaju magnetni oblaci.

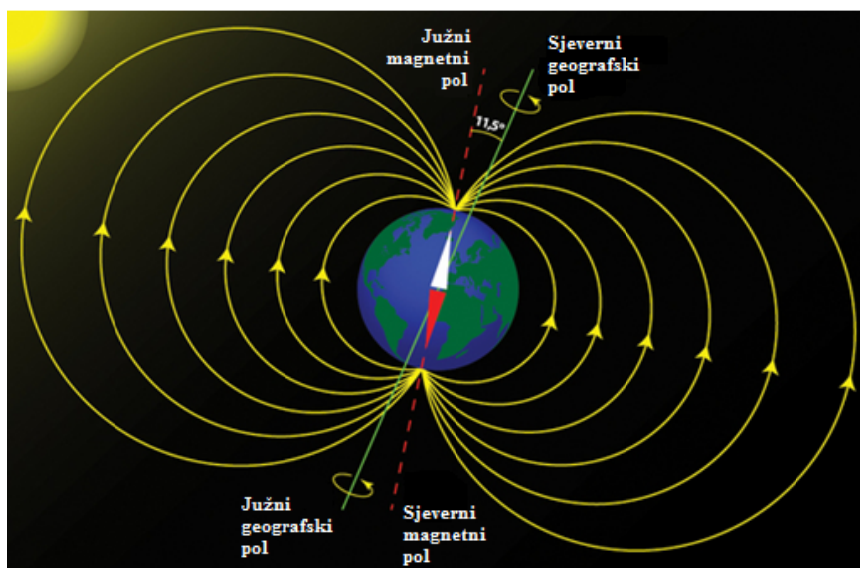
Često im je potrebno više od jednog dana da bi prošli pored Zemlje. Brzi CME-ovi su glavni uzročnici pojava geomagnetnih oluja na Zemlji i, stoga, su jedan od najvažnijih Sunčevih fenomena kada je riječ o svemirskom vremenu (Moldwin, 2008, str. 41-42).

⁴ Korona je vanjski sloj Sunčeve atmosfere. Sastoji se od visoko razrijeđenog plina niske gustoće i temperature više od 1×10^6 stepeni Kelvina. Korona je vidljiva golim okom tokom pomračenja Sunca. (URL 7)

1.3. Zemlja i njeno magnetno polje

Magnetna polja su polja sile koja se stvaraju oko trajnih magneta, električne struje ili naelektrisanih čestica koje vrše silu na druge magnete, električne struje ili naelektrisane čestice u pokretu. Relativno snažno magnetno polje okružuje Zemlju, što je posljedica kretanja rastopljenog željeza u njenoj unutrašnjosti.

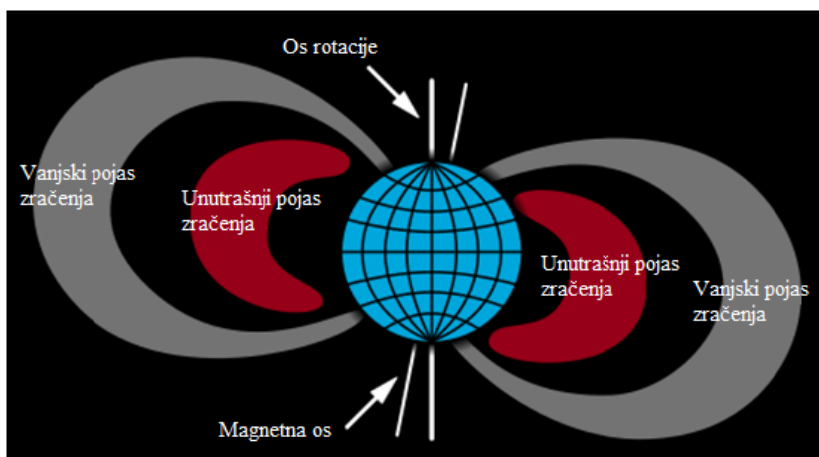
Poput magnetnog polja u parovima Sunčevih pjega ili magneta, Zemljino magnetno polje pojavljuje se u jednoj hemisferi pod određenim pravcem i usmjerava se ka nasuprotnoj hemisferi. Općenito govoreći, za magnetna polja koja proizlaze iz objekata poput magneta, sjeverni pol je definisan kao pol u kojem je magnetno polje usmjereno ka vani, dok je kod južnog pola magnetno polje usmjereno ka unutrašnjosti. Pretpostavi li se postojanje magneta u Zemljinoj unutrašnjosti sa sjevernim magnetnim polom usmjerenim ka jugu i južnim magnetnim polom usmjerenim ka sjeveru, može se dobiti predodžba o konfiguraciji magnetnog polja Zemlje.



Slika 6: Zemlja ima dipolno magnetno polje koje ima isti oblik kao obični magnet. Južni pol se nalazi u blizini Zemljinog sjevernog pola (u blizini Kanade). Silnice magnetnog polja izlaze u blizini Antarktika, a ulaze u Zemlju u blizini Kanade (URL 12).

Tačka u kojoj magnetno polje nastaje ravno iz Zemlje naziva se južni magnetni pol, dok se tačka u kojoj magnetno polje direktno ulazi u Zemlju naziva sjeverni magnetni pol. Ovakvo magnetno polje označava se kao dipolno (lat. „di“ što znači dva). Zemljini magnetni polovi nisu locirani na istom mjestu kao geografski sjeverni i južni pol, čije položaje definiše Zemljina os rotacije. Položaj magnetnih polova se mijenja kroz vrijeme. U historiji postojanja Zemlje više puta su sjeverni i južni pol međusobno mijenjali položaj. Magnetna dipolna os je sada nagnuta za oko 11° u odnosu na os rotacije. Na slici 6 označen je smjer silnica magnetnog polja. Razmak između silnica predstavlja jačinu magnetnog polja. Jačina dipolnog magnetnog polja je dva puta veća na magnetnom polu nego na ekvatoru i velikom brzinom opada sa povećanjem udaljenosti.

Dipolna regija Zemljine magnetosfere naziva se unutrašnja magnetosfera. Regije koje se ne odlikuju dipolarnim svojstvima nazivaju se vanjskom magnetosferom. Regija koja direktno okružuje Zemlju sastoji se od hladne (otprilike 1 elektronvolt, eV^5), guste (desetine hiljada čestica po cm^3) plazme koja rotira zajedno sa Zemljom. Ova regija naziva se *plazmasfera*⁶. Sa plazmasferom se često preklapaju Van Allen-ovi⁷ pojasevi radijacije (slika 7) i prstenaste struje. Ove dvije regije se odlikuju visokoenergetskim česticama koje su „zarobljene“ u Zemljinoj magnetosferi. Čestice Van Allen-ovih pojaseva kreću se brzinom koja ima skoro isti iznos kao brzina svjetlosti, a prenosioci su ogromne količine kinetičke energije.



Slika 7: Van Allen-ovi pojasevi zračenja (URL 14)

Prstenasta struja nosi takav naziv zbog toga što njene naelektrisanе čestice stvaraju strujanje električne energije koje okružuje Zemlju. Zbog oblika i jačine regije Zemljinog dipolnog magnetnog polja, naelektrisani joni teku od strane Zemlje gdje je ponoć do strane Zemlje gdje je sumrak. Naelektrisani elektroni, s druge strane, teku u suprotnom smjeru. Iz ove razlike u smjeru protoka pozitivno naelektrisanih jona i negativno naelektrisanih elektrona proizlazi strujanje električne energije, odnosno, prsten strujanja koji okružuje Zemlju.

Kao što je prethodno rečeno, pod svemirskim vremenom se podrazumijevaju stanja na Suncu i u Sunčevom okruženju, koja mogu imati značajan utjecaj na rad brojnih tehnoloških sistema (gdje se svakako ubrajaju satelitski navigacijski sistemi), te na infrastrukturu i život

⁵ eV je mjera kinetičke energije

⁶ Plazmasfera je unutrašnji sloj Zemljine magnetosfere. Ovo je regija guste i hladne plazme koja okružuje Zemlju. Iako se plazma može naći širom magnetosfere, plazmasfera se obično sastoji od najhladnije plazme. (URL 13)

⁷ James Alfred Van Allen (1914 - 2006), američki naučnik i pionir u razvoju svemirskog programa čiji je instrument *Explorer 1* (prvi satelit SAD-a) otkrio da je Zemlja okružena pojasevima od uhvaćenih joniziranih visokoenergetskih čestica. Ove regije su dobile naziv po njemu, Van Allenovi pojasevi radijacije (Moldwin, 2008). Pomenute visokoenergetske čestice, zahvaljujući privlačnoj sili Zemljinog magnetnog polja, održavaju se na mjestu okružujući planetu Zemlju. Pojasevi se pružaju na visini od 1 000 do 60 000 km iznad Zemljine površine, pri čemu stepen radijacije zavisi od regije iznad koje se pojas nalazi. Smatra se da veliki broj čestica, koje učestvuju u formiranju datih pojaseva, dopijeva iz Sunčevog vjetro, dok se za nekolicinu preostalih čestica pretpostavlja da su dospjele u Zemljino okruženje posredstvom kosmičkih zračenja. Pojasevi su smješteni u unutrašnjoj regiji Zemljine magnetosfere. Oni sadrže elektrone koji formiraju vanjski pojas zračenja, te kombinaciju protona i elektrona koji formiraju unutrašnji pojas zračenja. (URL 15)

stanovništva na Zemlji općenito. Utjecaj Sunčeve radijacije na planetu Zemlju je neizbježna svakodnevica, te zavisno od stadija u Sunčevom ciklusu, taj utjecaj može biti manje ili više izražen. Za stanovništvo na Zemlji to znači posljedice u vidu geomagnetnih oluja koje rezultuju, s jedne strane, pojavom polarne svjetlosti na nebu (aurore), dok s druge strane mogu uzrokovati prekide nekih oblika radio komunikacije, materijalne štete, pa i gubitak ljudskih života.

Stoga je od velikog interesa napredak istraživanja o svemirskom vremenu, što bi omogućilo razumijevanje uzroka dešavanja svemirskih oluja, Sunčevih baklji, koronalnih izbačaja masa, te brojnih drugih pojava u svemiru, čime bi se moglo ići korak naprijed ka predviđanju „ponašanja“ svemirskog vremena, a samim tim i ka ublažavanju njegovih štetnih posljedica na planetu Zemlju i njene stanovnike.

2. USPOSTAVA MONITORING STANICE ZA PRAĆENJE ANOMALIJA SUNČEVE AKTIVNOSTI U SARAJEVU

Svemirske geomagnetne oluje i drugi fenomeni koji su posljedica solarne aktivnosti mogu oštetiti satelitske sisteme za telekomunikacije, navigaciju, satelite u niskim orbitama-LEO (engl. *Low Earth Orbiting*), utjecati negativno na zdravlje astronauta, pilota i putnika, ukoliko su često izloženi zračenju iz svemira, uvesti pometnju u navigaciji ptica selica, itd. U historiji je već zabilježeno da su jake svemirske oluje nanijele velike štete visokonaponskim dalekovodima, elektrodistributivnoj mreži, kao i drugoj terestričkoj infrastrukturi, čime je život modernog čovjeka ugrožen ili otežan. Zato je monitoring jonosfere i predviđanje svemirskog vremena, tj. geomagnetnih oluja i drugih fenomena, potreba modernog čovjeka.

Jedna vrsta monitoringa jonosfere započeta je na Odsjeku za geodeziju Građevinskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, u junu 2014. godine. Naime, uspostavljena je monitoring stanica svemirskog vremena, koja predstavlja prvu takvu monitoring stanicu u Bosni i Hercegovini. Postupak konstrukcije stanice, te proces praćena promjena u jonosferi, kao i rezultati istraživanja opisani su u potpoglavlju koje slijedi.

2.1. Program praćenja svemirskog vremena

Program opažanja svemirskog vremena je edukacijski projekat za izgradnju i distribuciju jonosferskih monitora za istraživače širom svijeta. Monitori otkrivaju Sunčeve baklje i druge jonosferske smetnje. Postoje dvije verzije monitora kao što je patentiran na Stanford Solarnom centru: jednostavnija verzija je pod nazivom SID (engl. *Sudden Ionospheric Disturbances*) i druga pod nazivom AWESOME (engl. *Atmosferic Electromagnetic System Observation Modeling Education*).

Zemljina jonosfera reaguje snažno na intenzivna rendgenska i ultraljubičasta zračenja koja se oslobađaju na Suncu tokom solarnih događaja. Upotrebom prijemnika za registriranje i praćenje jačine signala, koje emituju udaljeni odašiljači niskofrekventnih (engl. *Very Low Frequency - VLF*) radio valova, te bilježenjem neuobičajenih promjena prilikom odbijanja valova od jonosferu, istraživači mogu direktno promatrati i pratiti ove iznenadne jonosferske smetnje. Prikupljanje podataka i analiza vrši se pomoću računara na lokalnoj stanici.

Obzirom da su VLF odašiljači razmješteni širom svijeta, monitori mogu biti postavljeni na bilo kojem mjestu gdje postoji pristup struji i internetu. Stanford Univerzitet je također osigurao centraliziranu bazu podataka⁸ kao i blog stranicu⁹ gdje se pohranjuju podaci i diskutiraju registrirane pojave.

Postoje dvije verzije SID monitora – originalni SID monitor, kojeg čine uređaji distribuirani širom svijeta za Međunarodnu heliosfersku godinu (engl. *International Heliospheric Year - IHY*), te SuperSID, jeftiniji, snažniji i nadograđen instrument. Ovaj moderniji uređaj distribuira Međunarodna inicijativa za svemirsko vrijeme (engl. *International Space Weather Initiative - ISWI*). (URL 18)

Mnoge države koriste niskofrekventne valove u svrhu komunikacije sa svojim podmornicama, obzirom da valne dužine ovih valova imaju sposobnost prodiranja kroz vodu. Odašiljači niskofrekventnih valova su raspoređeni širom svijeta. Navedeni signali se odbijaju o jonosferu sa velikih udaljenosti i mogu se registrovati sa gotovo svake lokacije. (URL 19)

Kada energija iz Sunčeve baklje (ili drugi oblici smetnji radio signala uzrokovani svemirskim vremenom) stigne do Zemlje, dolazi do snažnije jonizirane jonosfere, usljed čega se stvaraju promjene u gustoći i položaju pojedinih slojeva. Zbog pojačane jonizacije, niskofrekventni signali se odbijaju od nižeg *D sloja*. Odatle proizlazi izraz „iznenadna jonosferska smetnja“ (engl. *Sudden Ionospheric Disturbance - SID*). Skraćenica SID se koristi, kako za opis promjena u jonosferi koje se prate putem monitora svemirskog vremena, tako i kao nadimak za ovaj instrument, dakle SID monitor. (Scherrer i dr., 2010, str. 9)

Dakle, za praćenje ponašanja VLF signala, potreban je prijemnik radio valova koji je prilagođen niskofrekventnim stanicama, udružen s antenom kojom se mogu detektovati niskofrekventni signali, te računar za praćenje i registriranje podataka. Ova kombinacija uređaja, odnosno prijemnika i antene, dobila je naziv uređaj za praćenje iznenadnih jonosferskih smetnji (*Sudden Ionospheric Disturbance Monitor–SID Monitor*). (URL 19)

U Sarajevu je ustanovljena je monitor stanica, s ciljem obavljanja gore opisanog postavljenog zadatka. Napravljena je antena (oblika pravilnog petougona, dimenzija strane 1 m, kao na slici 8) čija je svrha bila prikupljanje niskofrekventnih radio valova koje odašilju VLF stanice koje su raspoređene na različitim lokacijama širom svijeta. Za konstrukciju SuperSID monitora bilo je neophodno obezbijediti:

- pristup električnoj energiji,
- SID monitor,
- računar sa sljedećim minimalnim specifikacijama:
 - hardver (Serijski ulaz ili ulaz za USB + adapter USB-to-Serial, internet priključak, standardna tastatura, miš, ekran itd., i centralna procesorska jedinica (CPU) za pokretanje Windows operativnog sistema),
 - softver (Microsoft Windows (Windows 98 ili novije), excel ili drugi ekvivalentan alat za grafički prikaz podataka i internet preglednik (Internet Explorer, Google Chrome, i sl.),

⁸ Više informacija o pomenutoj bazi podataka na: URL 16.

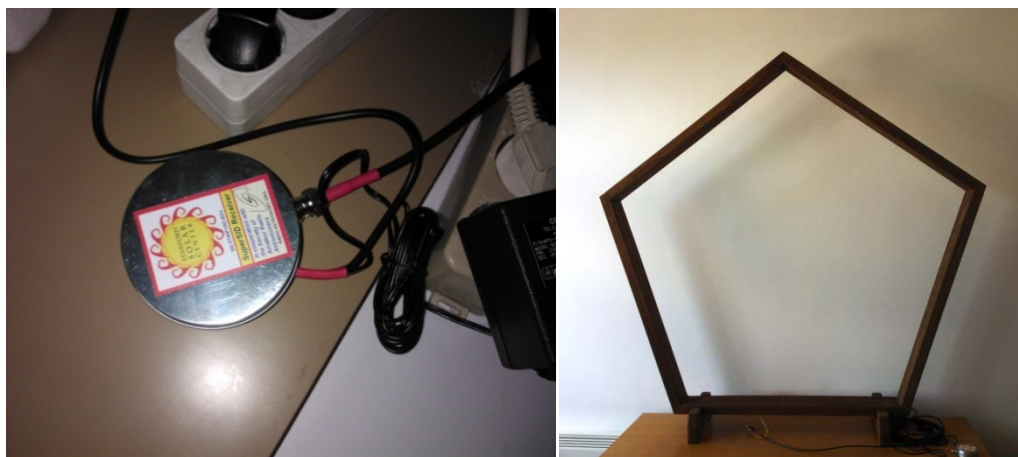
⁹ Više informacija o blog stranici na: URL 17.

- antena¹⁰, odnosno okvir, te
- lokacija na kojoj postoji minimalna mogućnost pojave električne interferencije (URL 20).

Od Univerziteta u Stanfordu dobiven je SuperSID programski paket za instalaciju koji je uključivao:

- hardversku podršku (Prijemnik VLF signala (slika 8 lijevo), koaksijalni kabal I žica dužine 120 m) i
- softversku podršku u vidu CD-a (Instalacija SuperSID softvera, uputstvo, nastavni plan i program za nastavnike i profesore, te vodič za istraživanje).

Za potrebe podešavanja monitora za praćenje niskofrekventnih signala, konstruisan je pravilni petougaoni okvir, koji je preuzeo funkciju antene za detekciju radio valova (slika 8 desno).



Slika 8: SuperSID Prijemnik VLF signala (lijevo), drvena konstrukcija antene (desno)

Nakon provedenih koraka konstrukcije antene, uslijedila je instalacija odgovarajućeg softverskog paketa, kao i uspostava konekcije sa bazom podataka Univerziteta u Stanfordu.

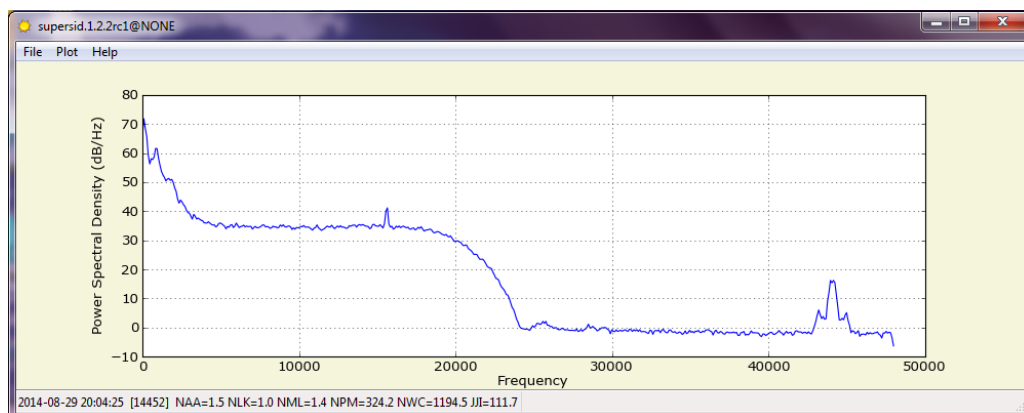
Tabela 2 pokazuje spisak upotrijebljenih stanica, njihove osnovne informacije kao i vremenski period u kojem su bile aktivne. Kada su svi potrebni ulazni podaci bili uneseni u konfiguracijski fajl, monitor je počeo sa radom. Od tog trenutka, tačnije 02.07.2014. godine u 09:35:05 h CEST (07:35:05 h UTC) počeo je proces prikupljanja podataka.

¹⁰ Uputstvo kako konstruisati vlastitu antenu je moguće pronaći na linku: URL 21.

Tabela 2: Spisak odašiljača/emitera niskofrekventnih radio valova upotrijebljenih za prikupljanje SID podataka na SRJV_ION 0436 stanici

Stanica	Mjesto	Država	Frekvencija (Hz)	Početak opažanja	Kraj opažanja
DHO	Rhauderfehn	Njemačka	23 400	02.07.2014	31.08.2014
GBZ	Anthorn	V. Britanija	19 580	02.07.2014	31.08.2014
HWU	Rosnay	Francuska	20 900	02.07.2014	31.08.2014
ICV	Isola di	Italija	20 270	02.07.2014	13.07.2014
NAA	Cutler	Maine, SAD	24 000	02.07.2014	13.07.2014
UGE	Arkhangelsk	Rusija	19 700	02.07.2014	13.07.2014
NSC	Sicilija	Italija	45 900	14.07.2014	31.08.2014
TBB	Bafa	Turska	26 700	14.07.2014	16.07.2014
UGKZ	Kaliningrad	Rusija	30 300	14.07.2014	16.07.2014
Negev B1	Negev	Izrael	44 700	17.07.2014	21.07.2014
SRC	Ruda	Švedska	38 000	17.07.2014	21.07.2014
Krasnodar	Krasnodar	Rusija	14 881	22.07.2014	31.08.2014
JXN	Kolsas	Norveška	16 400	22.07.2014	31.08.2014

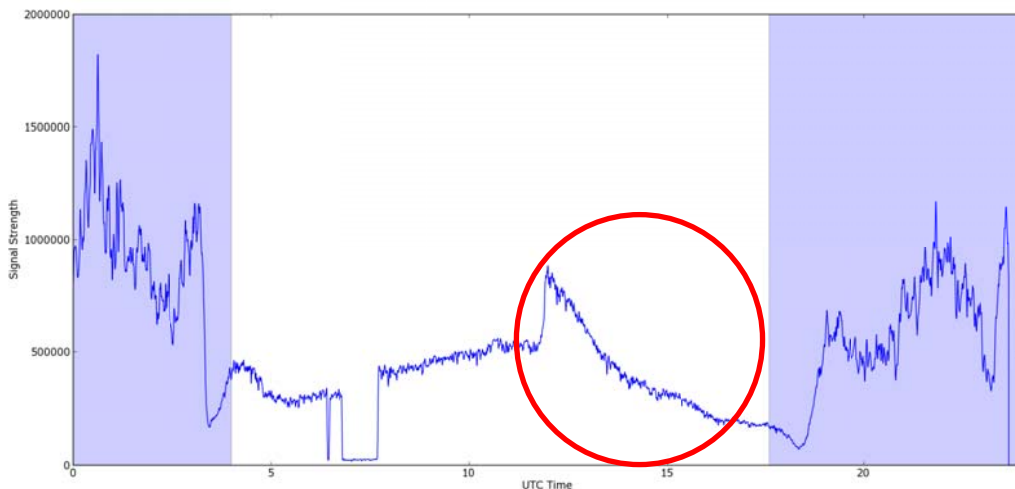
Izgled prozora SuperSID softvera na samom početku opažanja vidjeti na slici 9.



Slika 9: Pokrenut SuperSID program za vrijeme prikupljanja podataka

Monitor je bilježio primljeni VLF signal svakih 5 sekundi (kako je bilo podešeno konfiguracijskom datotekom). Svaki novi dan su se (00:00 h po UTC vremenu, što je 02:00 h po lokalnom vremenu u Sarajevu, odnosno CEST vremenu) na računaru u SuperSID folderu (u podfolderu „Data“) automatski pohranjivale Excel datoteke za svaku stanicu posebno (u slučaju ovog zadatka radilo se o šest stanica). Na osnovu pohranjenih podataka, bilo je moguće izvršiti vizuelni prikaz istih u obliku grafikona. Analiza rezultata se sastojala u posmatranju navedenih grafikona, koji, kao što se može vidjeti na slici 10, prikazuju varijacije u promjeni jačine signala (uzrokovanih različitim smetnjama u jonosferi) kroz vrijeme. Zadatak je bio pratiti isertani

„potpis signala“ i, ukoliko je primijećen nagli „skok“ ili „pad“ u jačini signala (ako se nagla promjena grafikona nije odnosila na trenutak izlaska/zalaska Sunca, kada je uobičajena nagla varijacija u jačini signala), provjeriti da li je zabilježena promjena bila posljedica neželjenih šumova i interferencije, ili se radilo o otkrivenom solarnom događaju.



Slika 10: Grafikon koji prikazuje varijacije u jačini primljenog signala sa stanice DHO, Rhauderfehn (Njemačka) za datum 24.08.2014.god

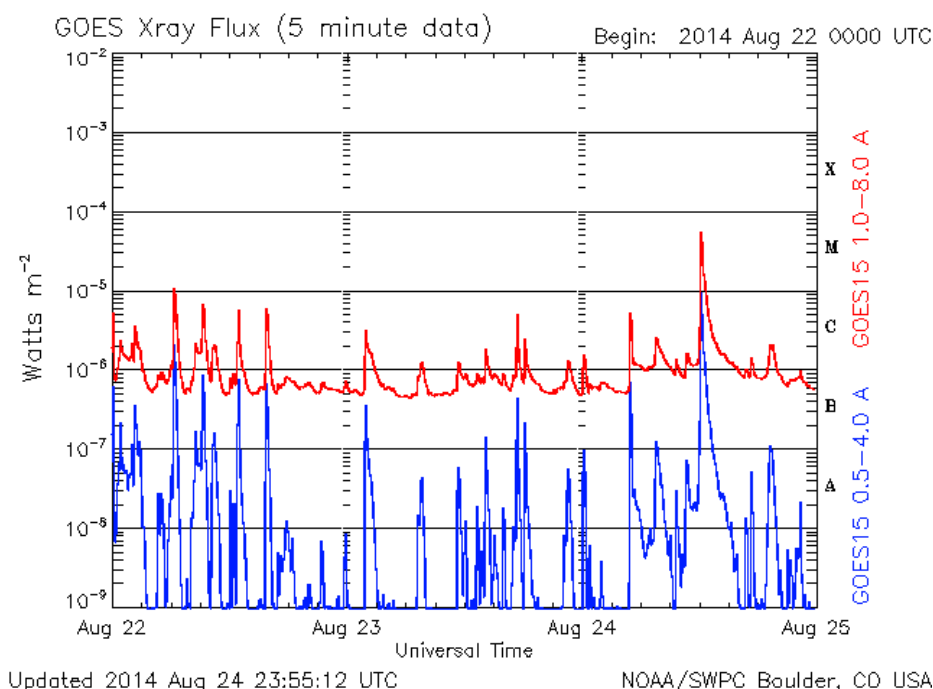
Na grafikonu stanice DHO može se primijetiti nagli skok u potpisu signala. Drugi skokovi koji su vidljivi na grafikonu nisu uzeti u razmatranje jer su se odnosili na noćni period u kojem Sunčeva aktivnost manje utječe na događanja u jonosferi (u tom periodu Zemlju ne pogađaju kosmičke zrake). Dakle, postojala je pretpostavka da se oko 12:00 h (UTC) desio solarni događaj. Provjera ove pretpostavke se vrši usporedbom sa rezultatima koji su dobiveni analizom podataka prikupljenih pomoću GOES satelita (engl. *Geostationary Operational Environmental Satellites*) koji se nalaze u geosinhronoj orbiti iznad ekvatora.

Dosad je lansirano 15 GEOS satelita, a operabilna su samo tri. Glavni zadatak ovih satelita je vremenska prognoza, meteorološka istraživanja i praćenje jakih svemirskih geomagnetnih oluja, koje su nastale zbog pojave jakih svemirskih baklji ili drugih vrsta solarnih aktivnosti.

3. PRONALAZAK I IDENTIFIKACIJA SUNČEVIH BAKLJI U SID PODACIMA SRJV_ION 0436 MONITORA

Ovdje se diskutiraju preliminarni rezultati monitoring stanice SRJV_ION 0436. Sarajevska jonosferska monitor stanica zabilježila je prvo anomalno ponašanje u jonosferi za dan 24.08.2014.god oko 12:00 h (UTC), te je urađena identifikacija i analiza solarnog događaja. Dva su podatka, datum i vrijeme u određenoj vremenskoj zoni, neophodna da bi se pristupilo daljoj analizi. Postupak se obavio usporedbom grafikona SID monitora sa grafikonom koji je dobiven pomoću GOES satelita. Na slici 11 prikazan je pomenuti grafikon za vremensko razdoblje 22.08.2014. do 25.08.2014. On pokazuje podatke koji imaju sličan prikaz onom koji imaju podaci sarajevskog SID monitora. Grafikon se ažurira svakih 5 minuta.

Dakle, ukoliko postoji pretpostavka da se trenutno dešava Sunčeva baklja, to je moguće provjeriti posjetom na link: URL 22. Različite boje linija na grafikonu upućuju na podatke sa različitih kanala i satelita. Međutim, obično je dovoljno obratiti pažnju na liniju koja se nalazi najviše. S desne strane vidi se osa koja se odnosi na jačinu Sunčeve baklje. Na osnovu gore prikazanog grafikona, može se zaključiti da se radi o baklji M kategorije.



Slika 11: Prikaz podataka GOES satelita (URL 23)

Jačina signala (koja predstavlja lijevu vertikalnu osu) je, kao što se se može vidjeti na slici 11 izražena u wattima, dok je vrijeme (na koje se odnosi horizontalna os grafikona) izraženo u UTC vremenskoj skali i obuhvata razdoblje od tri uzastopna dana. Po varijacijama u jačini signala ističe se upravo dan koji je bio predmet istraživanja. Iz priloženog može se zaključiti da je GOES satelit zabilježio istu varijaciju u jačini signala kao i monitor SRJV_ION 0436.

Osnovne podatke o Sunčevim bakljama je moguće pronaći na spisku solarnih događaja kojeg održava Centar za svemirsko okruženje (engl. *Space Environment Center-SEC*), a koji se nalazi u sklopu američke Državne agencije za okeane i atmosferu (engl. *National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*). Ovi događaji su zabilježeni iz podataka GOES satelita koji su sažeti u katalozima i mogu se pronaći na URL 24. Na ovoj stranici moguće je također vidjeti spisak raspoloživih kataloga solarnih događaja poredanih po datumima.

Sljedeći korak je bio da se u navedenom spisku pronađe datum za onaj dan za koji postoji sumnja da je bio pogođen Sunčevom bakljom, odnosno, otvoren je katalog koji se odnosio na datum 24.08.2014. god. Kada je pronađen odgovarajući datum, otvori se stranica u vidu tekstualnog dokumenta koja izgleda kao na slici 12.

```

:Product: 20140824events.txt
:Created: 2014 Aug 27 0357 UT
:Date: 2014 08 24
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
# Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 5 minutes.
#
# Edited Events for 2014 Aug 24
#
#Event      Begin      Max      End Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
280          0008      0016      0027 G15  5  XRA  1-8A      C1.6      1.4E-03      2146
280 +        0008      ////      0013 CUL  C  RSP  018-200  III/1      2146
280 +        0010      0010      0011 LEA  G  RBR  245      140      2146
280 +        0011      0013      0028 HOL  3  FLA  N08W20  SF      ERU      2146
280 +        0012      ////      0013 CUL  C  RSP  018-050  V/3      2146
280 +        0015      ////      0023 LEA  U  RSP  063-180  II/1      471      2146

310          0049      0052      0058 G15  5  XRA  1-8A      B7.4      2.9E-04      2150
310          0050      0050      0105 LEA  3  FLA  S16E60  SF      2150
310          0050      0050      0050 LEA  G  RBR  245      140      2150

```

Slika 12: Kataloški prikaz GOES podataka za datum 24.08.2014.god. (istaknuti dijelovi teksta označavaju Sunčeve baklje) (URL 25)

U zaglavlju kataloga na slici 12 mogu se pronaći informacije kao što su naziv tekstualne datoteke („20140824events.txt“), datum kada je kreiran dokument („2014 Aug 27 0357 UT“), datum na koji se odnosi spisak događaja („Date: 2014 08 24“), naziv ustanove koja je kreirala spisak („U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center“), itd. Kada je riječ o samom spisku događaja, može se vidjeti da su oni tabelarno poredani sa naznakom njihovih osnovnih karakteristika.

Što se gore navedenih karakteristika tiče, za pronalazak i identifikaciju solarne baklje, neophodno je uzeti u obzir kolone Type, Particulars i Reg#. Slijedi opis najbitnijih kolona, a detaljne informacije, koje će poslužiti boljem razumijevanju svih pojedinosti u izvještaju, moguće je pronaći na URL 26.

Type: U ovoj koloni nalaze se tipovi solarnih događaja koji su izlistani u katalogu. Sunčeve baklje su navedene pod oznakom XRA, stoga je uredu ignorisati sve ostale oznake ukoliko se radi na analizi Sunčevih baklji.

Particulars: Ova kolona pruža informacije o jačini baklje koja je zabilježena pomoću GOES satelita. Radi boljeg razumijevanja ovih podataka, potrebno je poznavati na koji način se vrši klasifikacija Sunčevih baklji. Naime, Sunčeve baklje se mogu podijeliti u četiri skupine, kao što je pokazano u tabeli 3.

Tabela 3: Klasifikacija Sunčevih baklji prema intenzitetu zračenja

Klasa Sunčevih baklji	Intenzitet: Watt/m ²
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$
X	$I > 10^{-4}$

Svaka klasa Sunčevih baklji, može se dalje podijeliti na 9 podklasa (1-9), pri čemu su rangirane npr. od C1 do C2, M1 do M9, te X1 do X9. Cifra koja se nalazi nakon oznake klase baklje predstavlja mjeru jačine kojom se ona manifestovala, npr. B1.6 ili C8.3.

Reg#: Ova kolona daje informaciju o tome na kojoj aktivnoj regiji Sunca je došlo do pojave određene baklje.

Na slici 13 može se vidjeti podatak o traženoj Sunčevoj baklji u katalogu za datum 24.08.2014.god.

460	1123	1135	1141	SVI	3	FLA	N12E44	SF	ERU	2149
490	1200	1201	1205	SVI	3	FLA	S06E71	SF		2151
470	1200	1217	1225	G15	5	XRA	1-8A	M5.9	3.9E-02	2151
500	1202	1208	1229	SVI	3	FLA	N12E43	SF		2149
670	1202	1206	1231	SVI	3	FLA	N07W26	SN		2146

Slika 13: Tražena Sunčeva baklja za dan 24.08.2014. god (URL 25)

Tabela 4: Karakteristike pronađene Sunčeve baklje M5.9 za dan 24.08.2014.god

Naziv	470
Početak	12:00 UT
Maksimum	12:17 UT
Kraj	12:25 UT
Opservatorija	G15
Kvalitet	5
Tip događaja	XRA
Lokacija/Frekvencija	1-8A
Specifičnosti	M5.9 3.9E-02
Šifra aktivne Sunčeve regije	2151

Na osnovu slike 13, mogu se izvući sljedeći zaključci za analiziranu Sunčevu baklju:

Uočeni skok u jačini primljenog signala na grafikonu sarajevskog SID monitora pod oficijelnim imenom SRJV_ION 0436, radilo o solarnom događaju, što je potvrđeno usporedbom s grafikonom GOES satelita. Grafikoni su u identično vrijeme (UTC) pokazali snažnu varijaciju u jačini primljenog radio vala. U katalogu/izvještaju solarnih događaja pronađen je traženi događaj, čije se vrijeme događanja poklapa sa trenutkom u kojem je na grafikonu izražen skok u potpisu signala.

Jačina Sunčeve baklje klasificirana je kao klasa M jačine 5.9, čime se ona ubraja u skupinu Sunčevih baklji srednje jačine. Navedene činjenice dokazuju da je SID monitor, postavljen na Odsjeku za geodeziju na Građevinskom fakultetu u Sarajevu, pod nazivom SRJV_ION 0436 u stanju prepoznati smetnje koje nastaju u jonosferi, a posljedica su različitih dešavanja na Suncu. Prethodno opisanom analizom podataka u periodu opservacije, koji je trajao od 02.07.2014. godine do 31.08.2014. godine, otkrivene su četiri Sunčeve baklje klase M (uključujući baklju M5.9), te sedam snažnijih Sunčevih baklji kategorije C.

Treba napomenuti da je broj pojavljivanja baklji kategorije C u pomenutom periodu bio znatno viši od gore navedenog. Međutim, SID monitor je prepoznavao baklje klase C ako su bile dovoljno snažne, drugim riječima, kada su emitirale zračenje dovoljno jakog intenziteta. U tabeli 5 može se vidjeti spisak značajnijih Sunčevih baklji koje su se dogodile u periodu opservacije.

Tabela 5: Spisak Sunčevih baklji sa njihovim osnovnim karakteristikama (vrijeme je izraženo u UTC vremenskoj skali)

Datum	Događaj	Početak	Max	Kraj	Obs	Kvalitet	Tip	Položaj Frekvencija	Veličina baklje	Reg#
8.7.2014	450	16:06	16:20	16:30	G15	5	XRA	1-8A	M6.5 5.9E-02	2113
9.7.2014	1140	18:35	18:39	18:44	G15	5	XRA	1-8A	C5.0 1.6E-03	2104
13.7.2014	2130 +	08:43	09:03	09:18	G15	5	XRA	1-8A	C6.4 9.9E-03	2109
30.7.2014	3760	16:00	16:17	16:35	G15	5	XRA	1-8A	C9.0 1.3E-02	2127
21.8.2014	9490	13:19	13:31	13:42	G15	5	XRA	1-8A	M3.4 2.6E-02	2148
21.8.2014	9590	18:56	19:04	19:20	G15	5	XRA	1-8A	C7.3 7.4E-03	-
22.8.2014	9790	06:18	06:28	06:34	G15	5	XRA	1-8A	M1.2 7.3E-03	2149
22.8.2014	9830	09:10	09:23	09:28	G15	5	XRA	1-8A	C8.5 5.5E-03	2149
22.8.2014	9890	12:44	12:57	13:01	G15	5	XRA	1-8A	C6.4 3.1E-03	2149
22.8.2014	9920	15:40	15:52	16:02	G15	5	XRA	1-8A	C6.2 5.3E-03	2146
24.8.2014	470	12:00	12:17	12:25	G15	5	XRA	1-8A	M5.9 3.9E-02	2151

Treba imati na umu da GOES sateliti detektuju pojavu Sunčevih baklji prilikom njihovog emitovanja sa Sunca, dok SID monitori, s druge strane, bilježe promjene u Zemljinj jonosferi

koje su uzrokovane pomenutim bakljama. Dakle, iako ovi uređaji prate različite utjecaje, njihov rad se ipak zasniva na praćenju istog fenomena, otkrivanju solarnih događaja. (URL 18)

4. ZAKLJUČAK

Jonosfera i svemirsko vrijeme ometaju satelitski signal s GNSS sistema, ali mogu izazvati i oštećenja satelitske i terestričke infrastrukture. U cilju preveniranja velikih materijalnih šteta i eventualnih gubitaka ljudskih života, potrebno je uspostaviti sisteme za monitoring jonosfere i svemirskog vremena.

U radu je opisana uspostava jonosferskog monitora SRJV_ION 0436, na Odsjeku za geodeziju Građevinskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu. Ova stanica je od juna 2014. godine član međunarodne mreže monitora svemirskog vremena. Također, opisana je metodologija monitoringa svemirskog vremena i diskutirani su preliminarni rezultati prikupljeni na SRJV_ION 0436 monitoru.

Detaljnou analizom registrovanih niskofrekventnih radio signala zaključuje se da stanica može poslužiti za registraciju Sunčevih baklji. Pomoću monitora SRJV_ION 0436 detektovano je u julu i augustu 2014. godine, ukupno 11 baklji, od kojih je sedam bilo klase C, a četiri klase M. Istraživanje je potrebno nastaviti s obzirom da su od uspostave stanice u ljeto 2014. godine do danas registrovane mnoge anomalije u jonosferi, zbog čega je neophodna detaljna analiza njihove primjene.

LITERATURA

Behić, E. (2014): Istraživanje jonosfere i svemirskog vremena te primjena u pozicioniranju i navigaciji. Institut za geodeziju i geoinformatiku, Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Hargreaves, J.K. (1992): The solar-terrestrial environment - An introduction to geospace - the science of the terrestrial upper atmosphere, ionosphere and magnetosphere. Cambridge University Press New York and Melbourne.

Horozović, Dž. (2014): Istraživanje jonosfere i svemirskog vremena te primjena u pozicioniranju i navigaciji. Institut za geodeziju i geoinformatiku. Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Moldwin, M. (2008): An Introduction to Space Weather. Cambridge University Press, Department of Earth and Space Sciences, Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles.

Scherrer, D., Mitchel, R., Huynh, T., Lord, W., Lord, M. (2010): SuperSID Users Manual. Stanford University, Stanford, California.

[URL 1] GsRSI programi opažanja
http://grupposole.astrofili.org/program_eng.html (21.06.2014.)

[URL 2] Jonosfera
<http://de.wikipedia.org/wiki/Ionosph%C3%A4re> (04.04.2014.)

[URL 3] Polarna svjetlost

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Polarlicht_2.jpg (21.06.2014.)

[URL 4] Uvod u atmosferu

<http://www.richhoffmanclass.com/chapter1.html> (09.07.2014.)

[URL 5] O Sunčevim bakljama

http://www.esa-spaceweather.net/spweather/BACKGROUND/PHYS_PROC/SOLAR/solar_flares.html
(25.06.2014)

[URL 6] Utjecaj Sunčevih baklji na svemirske letjelice

<http://holbert.faculty.asu.edu/eee460/ttm/trevormerrell.html> (11.08.2014.)

[URL 7] Rječnik pojmova

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/glossary.htm> (06.07.2014.)

[URL 8] Slika Sunčeve baklje

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/fulldisk.htm> (09.07.2014.)

[URL 9] Yohkoh satelit

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/yohkoh.htm> (09.07.2014.)

[URL 10] RHESSI

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/sftheory/imager.htm> (11.08.2014.)

[URL 11] Pojava aurore kao posljedica koronalnog izbačaja masa

<http://www.nasa.gov/content/goddard/sun-unleashes-first-x-class-flare-of-2014/#.U72AxJSSyBs> (10.07.2014.)

[URL 12] Magnetno polje Zemlje

<http://www.livescience.com/41758-earth-magnetic-field-magma-ocean.html> (10.07.2014.)

[URL 13] Plazmasfera Zemlje

<http://plasmaphere.nasa.gov/> (07.07.2014.)

[URL 14] Slika Van Allen-ovih pojaseva radijacije

http://en.wikipedia.org/wiki/Van_Allen_radiation_belt#mediaviewer/File:Van_Allen_radiation_belt.svg (12.08.2014.)

[URL 15] Van Allen-ovi pojasevi radijacije

http://en.wikipedia.org/wiki/Van_Allen_radiation_belt (12.08.2014.)

[URL 16] Baza podataka Univerziteta u Stanfordu

<http://sid.stanford.edu/database-browser/> (29.08.2014.)

[URL 17] Blog Univerziteta u Stanfordu

<http://sidmonitors.blogspot.com/> (30.08.2014.)

- [URL 18] Istraživanje upotrebom podataka Space weather monitor-a
<http://solar-center.stanford.edu/SID/educators/ForTeachers.pdf> (04.08.2014.)
- [URL 19] Naučni aspekt koji stoji iza monitora
<http://solar-center.stanford.edu/SID/science/> (04.08.2014.)
- [URL 20] Instalacija SID monitora
<http://solar-center.stanford.edu/SID/installation/> (28.08.2014.)
- [URL 21] Uputstvo za konstrukciju antene
http://solar-center.stanford.edu/SID/docs/SID_Antenna.pdf (30.08.2014.)
- [URL 22] Trenutni prikaz grafikona GOES podataka
http://www.swpc.noaa.gov/rt_plots/xray_5m.html (29.08.2014.)
- [URL 23] Grafički prikaz podataka dobivenih pomoću GOES satelita za datum 24.08.2014. godine
http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/plots/xray/20140824_xray.gif (29.08.2014.)
- [URL 24] Spisak kataloga Sunčevih događaja poredanih po datumu
<http://www.sec.noaa.gov/ftpmenu/indices/events.html> (29.08.2014.)
- [URL 25] Kataloški prikaz GOES podataka za datum 24.08.2014.godine
<http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/indices/events/20140824events.txt> (29.08.2014.)
- [URL 26] Lista solarnih događaja
<http://www.sec.noaa.gov/ftpdir/indices/events/README> (29.08.2014.)

Autori:***Džana Horozović, MA geod. - dipl.inž.geod.***

Angermeier d.o.o. Sarajevo
Muhameda Efendije Pandže 4a, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
E-mail: dzana.horozovic@gmail.com

Dževad Krdžalić, MA geod. - dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
E-mail: dzevadkrdzalic@gmail.com

Doc. dr. sc. Medžida Mulić, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
E-mail: medzida_mulic@gf.unsa.ba