

ISTRAŽIVANJE POVRŠINSKIH STRUKTURA TELA SUNČEVOG SISTEMA

JUPITER

AUTOR

Sandra Ranković

Učenica III razreda Matematičke gimnazije
Regionalni centar Beograd II

MENTOR

Goran Pavičić

Beogradska opservatorija

REZIME

U radu je istraživana površinska struktura Jupitera, konkretno Velika Crvena Pega, radi otkrivanja njenog sastava, postojanja manjih oluja u okviru nje, njihovog broja i međusobne interakcije, promene intenziteta Pege i postojanja eventualne periodičnosti njegove promene. Međutim glavni zadatak istraživanja bio je da se predstavi primenljiva i validna, ponovo relativno jednostavna metoda pomoću koje se mogu istraživati površinske strukture ne samo Jupitera već i ostalih tela Sunčevog sistema i proširiti buduća istraživanja. Istraživanje je rađeno obradom fotografija Velike Crvene Pege snimanih teleskopom Hubble, u programu Avis FITS Viewer, crtanjem odgovarajućih grafika u Exel-u pomoću podataka dobijenih prethodnom obradom, i izvođenjem određenih zaključaka. Dobijeni rezultati pokazuju da se Crvena Pega sastoji od više, najverovatnije pet manjih oluja. Takođe zaključujemo da su promene intenziteta Crvene Pege periodične kao i da postoji određena sličnost u interakciji oluja koje čine Pegu pri njenim većim ili manjim intenzitetima. Najvažniji zaključak je da je ova metoda dovoljno precizna i da daje jako dobre rezultate, pa je samim tim u velikim opsezima primenljiva u budućim istraživanjima.

Ključne reči: Velika Crvena Pega, Jupiter, površinska struktura, relativni intenzitet, oluje, atmosfera

SUMMARY

In this paper we have investigated surface structure of Jupiter, mainly Great Red Spot (GRS), to find out its composition, existence of smaller storms that configure it, their number and interaction, changes of GRS intensity and a period of that changes if it exist. However, the main goal of this investigation was to represent valid and useful,

but again pretty simple, methode for invastigating surface structures of not only Jupiter, but other bodies of our Solar system, too. The work was done with Avis FITS Viewer program, analysing and gathering informations about the pictures of the GRS taken by the Hubble telescope, and than drawing graphs of the Spot intensity in Exel and lately making conclusions, wich have supported or not supported our hypothesis. Gathered conclusions show that the GRS consists of several, probably five, smaller storms. We conclude that the changes of the GRS intensity are periodical and that there is some similarity in interactions between smaller storms when this intensities are smaller or greater. The most important is that this method is useful and enough precise, giving good results, for wide range of uses in future work on this field.

Key words: Great Red Spot, Jupiter, surface structure, relative intensity, storms, atmosphere

UVOD

Od postanka čoveka, pogled je bio usmeren u nebo. Prvi objekti koji nam se nameću kada počnemo sa zagledanjem u nebeska prostranstva, su naši prvi i „najsličniji“ susedi, planete. Ima toliko stvari koje ne znamo o njima i uopšte o našem Sunčevom sistemu, a ako bar veći deo njih razumemo, otvoriće nam se i neke tajne samog univerzuma. I tako krenemo li sa izučavanjem naših planetarnih rođaka, za oko nam prvo upada najveći i najveličanstveniji od njih – Jupiter.

Najveće nedoumice i pitanja zadavala je i još uvek zadaje atmosfera Jupitera. Naime, Jupiter ni nema čvrstu površinu, tako da procesi posmatrani na njemu u stvari su dešavanja u njegovoj atmosferi. Sigurno najzanimljivija, a svakako najduže posmatrana i najviše istraživana je Velika Crvena Pega na Jupiterovoj Južnoj hemisferi. Posmatran već 300 godina (Hook 1665, Cassini 1666), taj na Zemlji ne viđen uragan, 2 i po puta veći od nje, je prava zagonetka, a prvo pitanje koje postavljamo o njoj je šta je ona u stvari. Jer ona nije jednostavna kao veliki uragan na Zemlji, ili vetar nezapamćeno velikih razmera, Crvena Pega je pojava svojstvena Jupiteru, a kasnije se pokazalo i sasvim očekivana na ostalim gasovitim gigantima, i čovek ne može zamisliti ništa slično u svom okruženju.

Cilj ovog rada je da se pronikne u tajne Velike Pege, uz pomoć verodostojnih snimaka letelica i satelita, da pokuša da se odredi od koliko većih oluja se ona sastoji, koliko su one međusobno slične po veličini, jačini, intenzitetu. Da li oluje nađene na Saturnu i Neptunu imaju slične osobine? Najveći cilj je da se da osnova za dalja istraživanja, metod rada koji se koristi pri ispitivanju ovakvih i sličnih pojava planeta i ostalih tela Sunčevog sistema, radi što boljeg razumevanja naše okoline i otkrivanja tajni prirode koje su svuda oko nas. Nadam se da će ovaj rad zainteresovati i koristiti onima koji se odluče na slična istraživanja, i da ćemo uskoro moći da proniknemo u tajne bar tako velikih i upečatljivih pojava kao što je velika oluja kralja naših planeta.

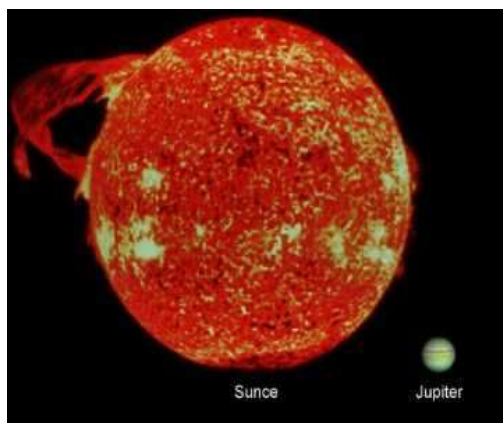
JUPITER

Jupiter je najveća planeta Sunčevog sistema, peti po redu od Sunca. Posle Venere to je najsjajnija planeta koja se vidi sa Zemlje, tako da je veoma pogodan za posmatranje malim teleskopom. Popreko diska može se primetiti veliki broj svetlih i tamnih paralelnih pojaseva (zona) oblaka. Do sada je otkriveno oko 65 Jupiterovih satelita, i sigurno je da to nije konačan broj, jer se novi otkrivaju iz godine u godinu. Četiri najveća Jupiterova satelita - Io, Evropa, Kalisto i Ganimed - Galilejevi meseci, su jedna od najzanimljivijih tela Sunčevog sistema. Jupiterov prečnik je 11 puta veći od Zemljinog, i u njegovu zapreminu bi se moglo smestiti 1.300 Zemljinih kugli.

Jupiter ne samo da je najveća, već svojom masom skoro dva i po puta nadmašuje masu svih ostalih planeta zajedno. Mnogi ga nazivaju "promašenom zvezdom" jer su zastupljeni isti elementi i u istom odnosu kao u zvezdama – oko 90% vodonika i 10% helijuma.



Slika 1. Jupiter



Slika 2. Poređenje veličine Sunca i Jupitera

Jupiter je nastao iz rane Planetarne magline, hlađenjem i kondenzacijom čestica prašine i leda. Povećavanjem broja čestica, povećavala se i masa tela, samim tim i gravitaciona sila koja je privlačila još više prašine i gasa (vodonika i helijuma). Jezgro se zagrevalo od nadolazećih čestica. Sa masom od $1.9 \cdot 10^{27}$ kg, vekom oko 317 puta od Zemljine, Jupiter kruži oko Sunca na prosečnoj udaljenosti od 5.2 AJ (778,34 miliona kilometara) i potrebno mu je oko 11.86 godina da se jednom obrne oko njega.

Jupiteru nedostaje čvrsta podloga kao referentni nivo za merenje nadmorskih visina. Za sada je po dogovoru naučnika uzeto da gornja granica troposfere leži na 0 km nadmorske visine, pošto je pritisak tog sloja jednak nuli. Tu na nultoj vrednosti nadmorske visine nalazi se sloj magle i temperatura na ovom nivou iznosi oko 110 K. Znači da oblaci Jupitera, koji su u vezi sa planetarnim vremenskim sistemom, leže na negativnim vrednostima nadmorske visine. Iznad troposfere, kao što je i slučaj na Zemlji, temperatura raste zbog apsorbovanja Sunčevog ultravioletnog zračenja. Ispod sloja magle, na dubini od oko 40 km (što bi bilo -40 km kod standardnih planeta), leži snop belih oblaka sačinjenih od leda amonijaka. Na ovoj visini, temperatura je približno između 125-150 K, dok krećući se ka dubljim slojevima ona postepeno raste.

Razdaljina od Sunca	srednja 778,34 miliona km. = 5.203 A.J
Siderički period	11,86 godina = 4332,59 dana
Sinodički period	398,9 dana
Srednja orbitalna brzina	13,06 km/s
Prečnik	ekvatorski 142,200 km
	polarni 134,700 km
Masa	$1.9 \cdot 10^{27}$ kg
Gustina (Zemlja = 1)	1,33
Masa (Zemlja = 1)	317,89
Zapremina (Zemlja = 1)	1318,7
Srednja površinska temperatura	-150° C

Tabela 1. Osnovne karakteristike Jupitera

Analizom i praćenjem radio i infracrvenog zračenja planete, astronomi su otkrili da Plankov spektar odgovara temperaturi od 125 K, dok bi usled zračenja Sunca i energije koju Jupiter dobija od njega temperatura trebala iznositi oko 105 K. Kasnija merenja, uključujući i ona od Vojadžera, se takođe poklapaju sa već pomenutim. Mada se razlika od 20 K čini malom, energija emitovana sa planete naglo raste kao četvrti stepen energije emitovane sa već definisane površine. Planeta sa 125 K izrača $(125/105)^4$, oko dva puta više energije nego planeta sa 105 K. Preciznim merenjem, primećujemo da Jupiter u stvari emituje čak dva i po puta više energije nego što primi od Sunca. Uzrok ove pojave još nije otkriven, mada postoje teorije da se to dešava usled velike gravitacione sile Jupitera ili njegove veoma ubrzanе rotacije.

Dve Vojadžerove letelice su otkrile Jupiterove blede prstenove na udaljenosti do 53.000 km iznad atmosfere. Jupiterov prsten ima debljinu manju od jednog kilometra širok je 6000 km i nalazi se na 128 000 km od centra planete unutar orbite satelita Amaltee. Prsten oko planete je donedavno smatran za izuzetnu pojavu, a danas, kod planeta Jupiterovog tipa, on postaje pravilo.

Atmosfera Jupitera

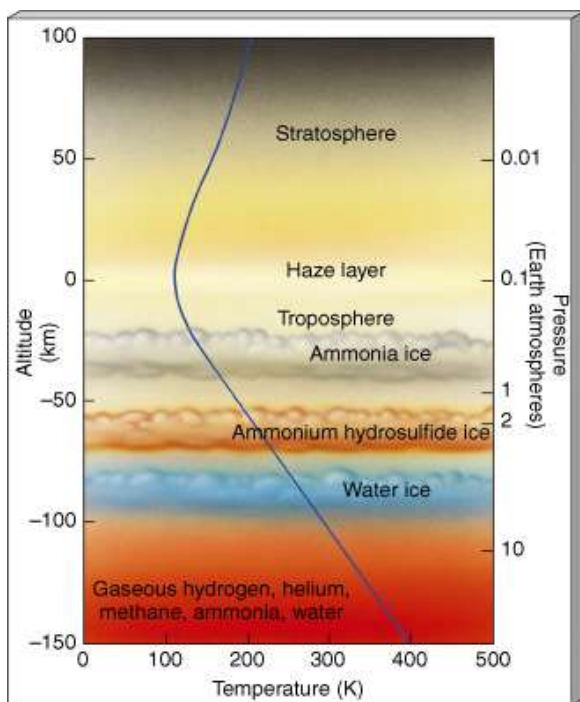
Najzastupljeniji gas atmosfere je molekularni vodonik (oko 86,1 %), dok je iza njega helijum (13,8%). Zajedno oni čine oko 99 procenata Jupiterove atmosfere. Naučnici obično prihvataju da su ova dva gasa takođe najvećim delom zastupljeni u unutrašnjosti planete. Ova verovanja nisu zasnovana na direktnim dokazima, već na teorijskim činjenicama o unutrašnjoj strukturi planete. U atmosferi su takođe nađene male količine metana, amonijaka i vodene pare.



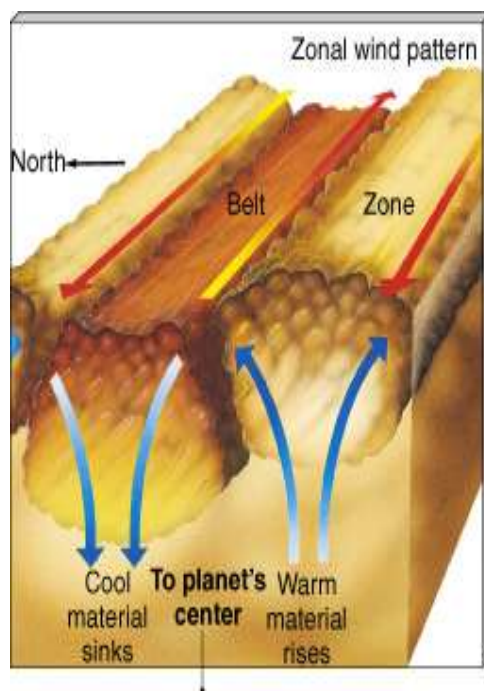
Slika 3. Atmosfera Jupitera



Slika 4. Erupcija vulkana snimljena sa Galileja



Slika 5. Struktura i boja atmosfere



Slika6. Pojasevi i zone atmosfere

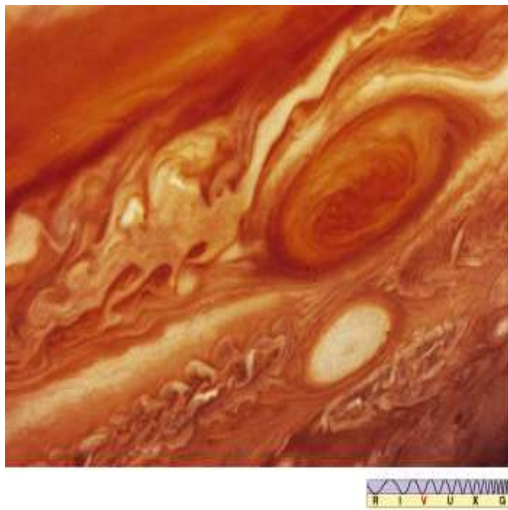
Boju Jupiterove atmosfere ne možemo pripisati ni jednom od prethodno pomenutih gasova. Na primer, zamrznuti amonijak i vodena para bi jednostavno stvorile oblake bele boje, što je suprotno od onoga kada posmatramo Jupiter. Pouzdano se zna da su oblaci grupisani u više slojeva i postavlja se pitanje da li je produkt kompleksnih i trajnih hemijskih reakcija posledica vrtložne i burne atmosfere planete. Složeni vidljivi oblaci leže na različitim nivoima. Specifični su beli amonijačni oblaci koji leže iznad svetlijih obojenih slojeva. Iznad samih oblaka nalazi se tanak sloj magle, koja je nastala hemijskim reakcijama sličnim onima na Zemlji gde dobijamo smog. Kada posmatramo mnoštvo boja Jupitera, mi ustvari gledamo kroz više različitih slojeva i dubina atmosfere. (Slika 5)

Svetle zone i tamni pojasevi deo su nestalne atmosfere Jupitera (**Slika 6**). Zone i pojasevi menjaju se u oba pravca geografske širine, kao i njihov intezitet u toku godine, dok osnovna slika atmosfere ostaje. Usled nagnutosti Jupiterove ose u odnosu na vertikalnu pojavljuju se slabije izražene sezonske promene, koje prati i promena intenziteta zona i pojaseva atmosfere Jupitera. Svetlije obojene zone leže iznad najviših struja u Jupiterovoj atmosferi i predstavljaju oblasti gde se vazduh kreće naviše. Tamni pojasevi nastaju kao posledica drugog dela strujnih kruženja, predstavljajući regione gde materijal obično ponire ka većim dubinama.

Zone su regioni većeg pritiska dok pojasevi, suprotno, čine regione sa nižim pritiskom. U Zemljinoj atmosferi slično, imamo sisteme visokog i niskog pritiska koje su uzrok promena vremena na njoj. Osnovna razlika je u tome da brza rotacija Jupitera od ovih sistema stvara omote i zavoje duž cele planete, umesto da formira lokalne kružne struje, kao što je to slučaj kod nas. Zbog razlike u pritisku, zone leže neznatno više u atmosferi nego pojasevi, što se primećuje i na Slici 6. Temperaturna razlika u odnosu na nadmorsku visinu, i promene u hemijskim reakcijama, su glavni razlozi za njihovu raznobojnost.

Pojasevi i zone su naizgled veoma stabilne šare za vreme istočnih i zapadnih vetrova; često ovo pripisujemo Jupiterovom zonalnom protoku (zonalna bujica). Ovaj zonalni protok pomaže nam da odredimo brzine vetrova na različitim položajima geografske širine. Ekvatorijalni region atmosfere rotira brže od same planete, sa srednjom brzinom od oko 85 m/s, ili oko 300 km/h, u pravcu istoka. Na višim geografskim širinama, nalaze se naizmenični regioni istočnih i zapadnih bujica, neravnomerna simetrija oko ekvatora, i brzina strujanja prema polovima se smanjuje.

Velika Crvena Pega



Ogromni uragan, postojan već bar 3 veka, koliko je posmatran sa Zemlje, skoro tri puta veći od cele Zemlje, dobio je naziv Velika Crvena Pega zbog svojih živopisnih boja. Sama atmosfera Jupitera, kao što smo rekli u poglavlju o njoj, sastavljena je od raznih boja koje su proizvod njenog raznolikog hemijskog sastava. I pored veličine, Crvena Pega nije uvek dobro vidljiva golim okom. Najčešće se pojavljuje kao braon ili narandžasta, uprkos nazivu. Najbolje je vidljiva kroz plavi ili zeleni filter teleskopa.

Slika 7. Velika Crvena Pega

Dimenzije Velike Pege su 25000km sa 15000km. Rotirajući u smeru suprotnom od kazaljke na satu, brzinom kao i unutrašnji delovi planete, daje nagoveštaj da njen koren leži daleko ispod atmosfere gde je uočavamo. Ova velika oluja je velika nepoznanica za nas, međutim iz posmatranja Kasinija 1665. i kasnije Vojadžera ono što znamo je da je ona široka atmosferska oluja, veliki vrtložni region, kao i da zbog prisustva fosfina, Pega ima miris belog luka. [7]

Većina naučnika smatra da je Pega nastala usled turbulencija u Jupiterovoj atmosferi i klimi. Njen vek trajanja može biti i hiljade godina (Golitsyn, 1970; Peek, 1958), zbog nepostojanja čvrstog kopna koje bi sprečilo njeno širenje, kao što se dešava sa olujama na Zemlji. Druga grupa naučnika tvrdi da je Pega nastala usled udara asteroida o Jupiter, nakon čega je ostala vrtložna oluja kao posledica. Međutim, Hubble teleskop pokazuje da Pega menja boju usled temperaturnih promena i atmosferskog pritiska, što negira uticaj udara asteroida. Ostaje da se otkrije da li je neko od njih upravo i ako nije šta je pravi uzrok ove veličanstvene oluje na Jupiteru. [3]



Slika 8. Bliži prikaz Crvene Pege

Velika Crvena Pega nalazi se na polarnoj granici između Južnog Ekvatorijalnog Pojasa i Južne Tropske Zone (STZ). GRS rotira sa periodom od 6 do 11 dana, u delovima gde atmosfera interaguje sa ekvatorijalnim pojasom - obrće se po ivici Pege kao vir u vodi. Sem stalnog promenljivog kretanja, Pega je menjala i svoju boju tokom godina. Posmatranjima je zabeležena tamno crvena, pink, žuta, pa čak i bela, zelenkasta i siva boja. Krajem 19-og veka, kad je bila tamno crvena, bila je vidljiva sa 7.5 cm teleskopom, dok se sad zapaža tek sa 15 cm. [5].

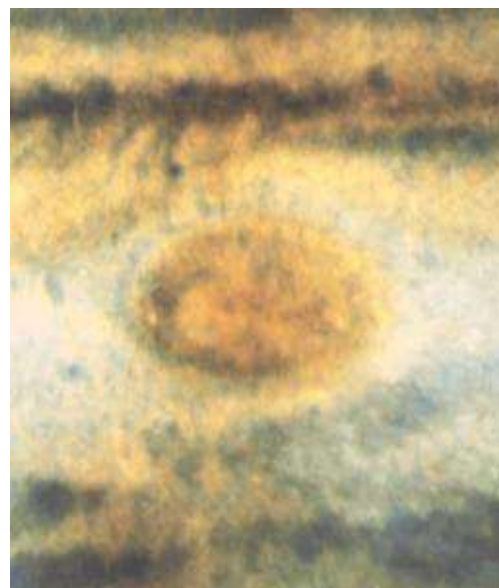
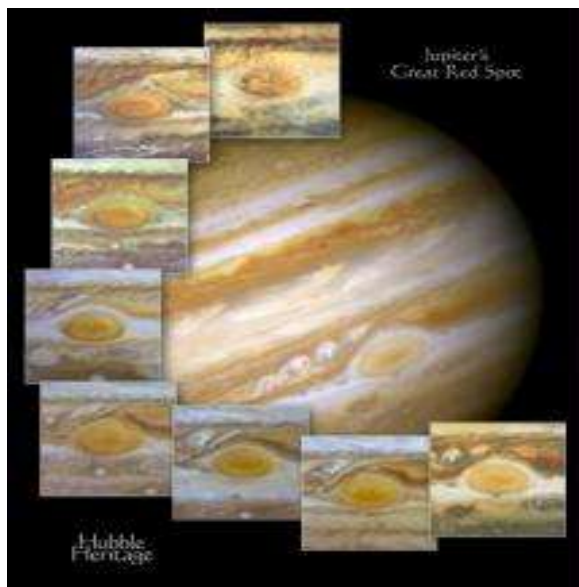
Veličina i boja Pege menja se tokom vremena, i otkrivene su oscilacije u zonalnom pomeranju sa periodom od $89,85 \pm 0.10$ dana (Solberg, 1968,1969; Reese,1969,1976). Jaka vertikalna pomeranja su primećena oko nje (Mitchell, 1981), dok su Reese i Smith 1968. pri prvom posmatranju primetili nekoliko manjih tamnijih pega na spoljašnjoj ivici Pege, sa periodom od oko 12 dana. Relativna brzina Crvene Pege je određena pomoću snimaka sa Vojadžera, i u višim severnim slojevima iznosi čak od 110 do 120 m/s, dok je u centralnom delu manja. Ekstremumi brzina pojedinih oluja koje čine pegu su oko 100 m/s. [2]

Istraživanje NIMS-om

NIMS (Near-Infrared Mapping Spectrometer) je jedan od instrumenata na Galileo letelici, koji se koristi za ispitivanje kompozicije, vertikalnih slojeva i strukture Jupiterovih oblaka. Pomoći će da se otkrije šta utiče na boju Jupiterove atmosfere, šta je izazvalo i održava Crvenu Pegu toliko dugo, kao i prirodu kruženja delova atmosfere. Do skora se verovalo da je Pega velika količina oblaka. Međutim novim istraživanjima Galileo orbitera otkrivena je struktura spiralnih kraka oblaka Pege, sa prazninama između, što omogućava NIMS-u da proučava dublje, prilično jasne delove atmosfere ispod nje. Struktura oblaka viša je u centru za otprilike 10km i nagnuta je ka jednoj strani, kao izvijene spiralne stepenice. Pretpostavlja se da se suv vazduh iz dublje atmosfere diže brzo u regionu oko centra Pege, a onda raspršava naokolo iznad amonijačnih oblaka dok rotira, kao ogromna baštenska prskalica. Ovo je i njena najveća sličnost sa Zemljinim uraganima. [6]

Rezultati posmatranja 1897-1966 su proučeni i korišćeni da pokažu varijaciju zonalnih brzina po geografskoj dužini Jupitera. (Chapman 1969). Uzroci karakterističnih

osobina Velike Pege kao što su njena veličina, stalna ubrzana rotacija, i najvažnije zašto ne postoji analogna pojava na Zemlji, su brza rotacija Jupitera, postojanje atmosfere bez gotovo nikakvih granica među slojevima i jaki istočno-zapadni vetrovi. [3]



Slike 9. i 10. Promena izgleda Jupiterove Velike Pege tokom vremena i snimak Pege Hubble-ovim teleskopom

Izvor crvene boje Pege je nepoznat, kao i njen izvor energije, ali se pretpostavlja da Pegu potpomažu jača atmosferska kretanja. Stalnim posmatranjem primećuje se da se gas kreće oko Crvene Pege suprotno od kazaljke na satu, sa periodom od oko 6 dana. Formiraju se vrtložni kovitlaci i struje podalje od njene ivice. Centar Pege, međutim, ostaje veoma miran. Severno od Pege javljaju se zonalna kretanja u pravcu zapada, dok na jugu imamo istočna zonalna kretanja, što je dokaz da Crvenu Pegu potpomaže već pomenuta zonalna bujica (zonalni protok). Međutim, detalji o ovom zbivanju su čiste pretpostavke. Danas, kompjuterske simulacije o dinamici sastava fluida Jupiterove atmosfere nam pružaju samo nagoveštaj na mnoga postavljena pitanja.

MOJE ISTRAŽIVANJE

Pri istraživanju sam se vodila radovima [1] i [2] gde su date hipoteze o postojanju nekoliko oluja koje čine Veliku Pegu i metodima njihovog otkrivanja [1], kao i o postojanju perioda promene intenziteta Pege od 3, 4 i 6 meseci [2]. U oba rada korišćena je slična metoda onoj korišćenoj pri ovom ispitivanju. Pravljeni su **grafici** zavisnosti intenziteta ili brzine od longitude Crvene Pege, sa kojih su daljim analiziranjem izvođeni odgovarajući zaključci o aktivnostima Pege. U ovom radu je međutim korišćena jednostavnija oprema, radi dokazivanja i potvrđivanja velike primenljivosti i ovakve nešto elementarnije metode.

Ciljevi i zadaci

Pri pisanju rada, postavili smo sebi nekoliko ciljeva koje želimo da pomoću njega ostvarimo:

Cilj 1. Pokazati da se ovom metodom mogu uspješno istraživati površinske strukture planeta i drugih tela Sunčevog sistema

Cilj 2. Ispitati da li se Pega sastoji od više manjih oluja i koliko ih je (postavljena hipoteza u radu [1])

Cilj 3. Ispitati periodičnost promene intenziteta Velike Crvene Pege tokom vremena (proveriti hipotezu o periodičnosti iz rada [2])

Cilj 4. Dati ispravan, validan i relativno jednostavan model za istraživanje površinskih struktura i proširivanje istraživanja (na primer na određivanje uzroka koji dovode do promena intenziteta, nastanka oluja, uz korišćenje većeg broja uzoraka i proširivanje opsega ispitivanja)

Hipoteze

Prilikom istraživanja, postavili smo nekoliko hipoteza na osnovu ranije rađenih radova i zaključaka do kojih smo došli na osnovu dobijenih rezultata.

Hipoteza 1. Velika Crvena Pega sastoji se od 5 manjih oluja

Hipoteza 2. Postoji periodičnost promene intenziteta Crvene Pege

Hipoteza 3. Pri većim intenzitetima Pege izraženiji su maksimumi pojedinih oluja i jasno se uočavaju, dok pri ukupnom slabijem intenzitetu ti maksimumi su jedva primetni

Hipoteza 4. Metoda je primenljiva, dovoljno precizna i uspešna pri istraživanju površinskih struktura tela Sunčevog sistema (istraživanje se može nastaviti i proširiti i na druga tela Sunčevog sistema)

Hipoteza 5. Proširivanjem istraživanja mogu se naći uzroci periodične promene intenziteta Crvene Pege (već su vršena neka istraživanja o uticaju promene Sunčeve aktivnosti kao i rotacije Jupitera na promenu intenziteta Pege, otvoreno za nova proučavanja i hipoteze)

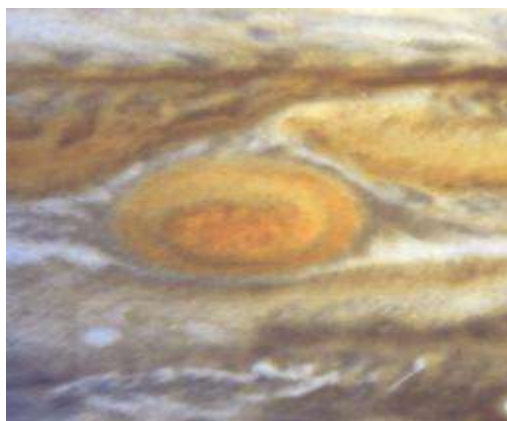
Materijal i metode rada

U radu je ispitivana struktura Crvene Pege pomoću merenja njenog intenziteta na 10 fotografija snimljenih teleskopom Hubble (Hubble) kamerom Wide Field and Planetary Camera 2, koje su prikazane ispod. Fotografije su snimane u rasponu od 1994 do 2000 godine i kriterijumi za njihovo biranje bili su:

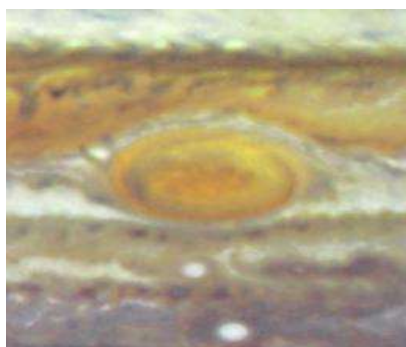
1. Jasni prikaz celokupne Pege
2. Izoštrenost detalja vidljivih na planeti
3. Jasna razlika između područja sličnog koloriteta

Promena relativnog intenziteta Pege računata je merenjem intenziteta osvetljenosti svakog piksela sa datih fotografija u programu Avis FITS Viewer, koje se čitaju sa dobijenog histograma svake slike u pomenutom programu. Da bi se utvrdio intenzitet osvetljenosti, sa pomenutih fotografija su zasebno izdvajane slike same Pege i prebacivane u Graytones format (boje fotografije su prebačene u nijanse sive kao što je prikazano na Fotografiji 1), pri čemu je dobijeno 10 novih fotografija Pege koje su korišćene pri datoj analizi. Dati pikseli uzimani su redom od levog ka desnom kraju velike poluose Pege i dobijene vrednosti njihovih intenziteta su obrađivane u Excel-u gde je pravljen grafik zavisnosti relativnog intenziteta od koordinate Crvene Pege (svi

grafikoni skalirani su tako da počinju od nule, radi bolje preglednosti). Tako dobijeni grafikoni, kasnije se pokazalo, predstavljaju prikaz oluje ustvari nastale superponiranjem osnovnih oluja koje čine datu pegu i sa njih se može pročitati intenzitet ukupne oluje, kao i vrednosti pojedinih pikova koji predstavljaju zasebne manje oluje. Odatle se može zaključiti, promatranjem više fotografija i broja većih pikova pravilno raspoređenih na njima, od koliko se lokalnih oluja najverovatnije sastoji pega. Ovaj metod je pokazao i Čelebonović (1), i njime sam se vodila pri potvrđivanju **Hipoteze 1** postavljene u ovom radu. Dobijeni rezultati prikazani su u odgovarajućem poglavlju. Pomenuti grafikoni su zatim upoređivani u zavisnosti od vremenskog intervala proteklog između snimanja da bi se utvrdilo da li se intenzitet menja periodično i u kojim periodima, i time potvrdila ili opovrgla **Hipoteza 2**. U zavisnosti od uspeha ove metode pri proverbi i potvrđivanju pretpostavki i ranije poznatih rezultata, proverena je **Hipoteza 4** o uspešnosti korišćenja ove metode pri istraživanju površinskih struktura i drugih tela Sunčevog sistema.



Fotografija 1 Primer fotografije Crvene Pege snimljene Hubble-ovim teleskopom Jula 1994 i njene Grayscale verzije korišćene pri daljoj obradi



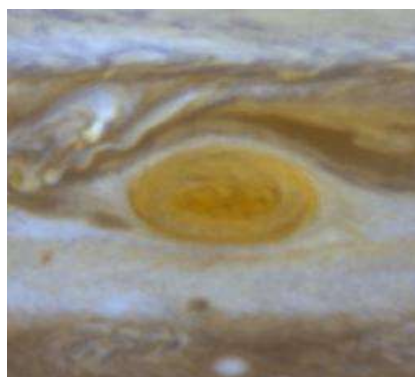
Fotografija 2 Avgust 1994



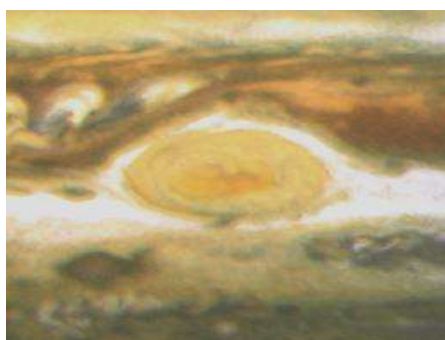
Fotografija 3 Februar 1995



Fotografija 4 Oktobar 1995



Fotografija 5 Oktobar 1996



Fotografija 6 Jun 1999



Fotografija 7 1. Decembar 2000



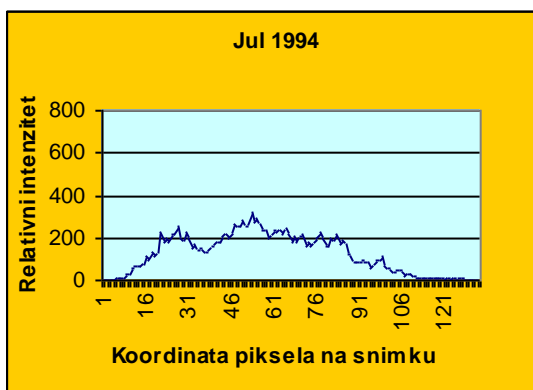
Fotografija 8 7. Decembar 2000



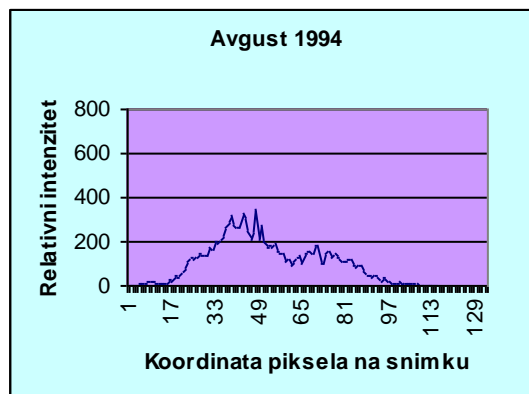
Fotografija 9 12. Decembar 2000

Rezultati istraživanja i diskusija

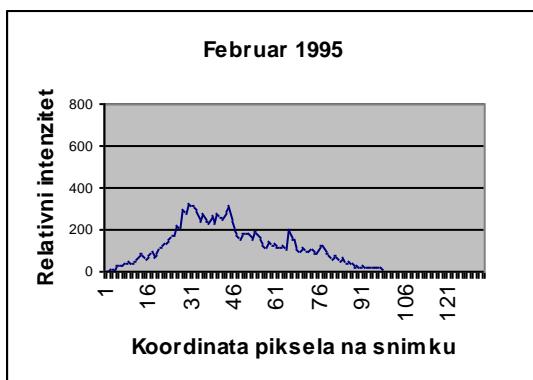
Analizom dobijenih podataka sa prerađenih fotografija dobijeni su sledeći grafikoni koji odgovaraju fotografijama datim iznad:



Grafikon 1.



Grafikon 2.



Grafikon 3.



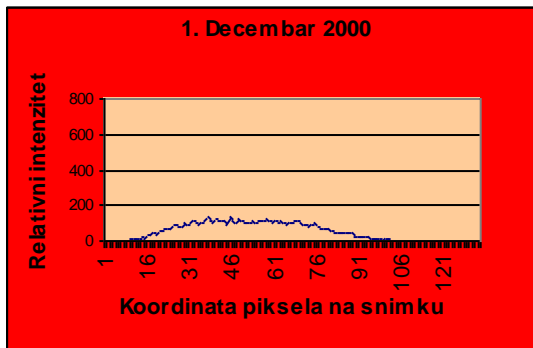
Grafikon 4.



Grafikon 5.



Grafikon 6.



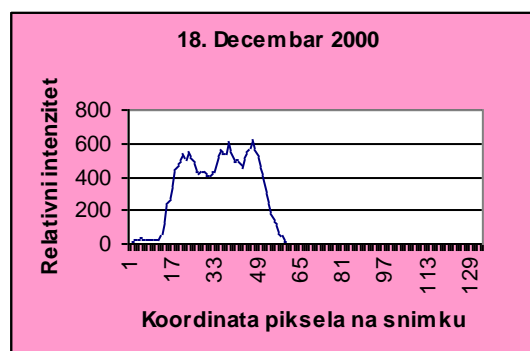
Grafikon 7.



Grafikon 8.



Grafikon 9.

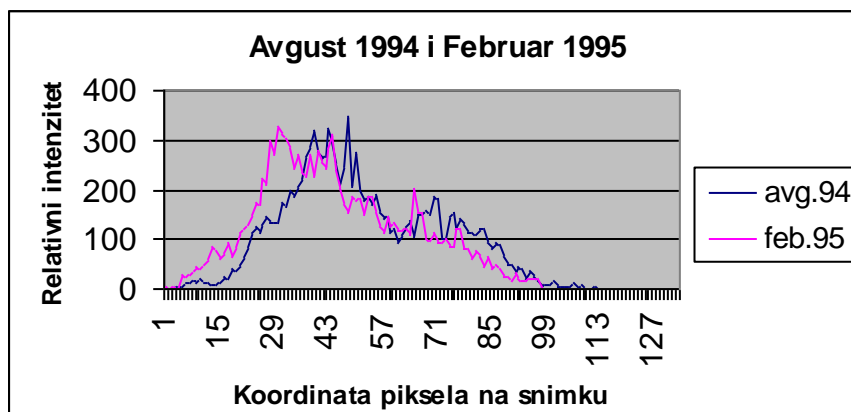


Grafikon 10.

Sa dobijenih grafika možemo da zaključimo da intenzitet Crvene Pege nije ravnomerno raspodeljen po njenoj velikoj poluosi, da međutim ima određene pikove (maksimume) koji su ipak na neki način previlno raspoređeni, i da je veoma promenljiva u vremenu mada se među pojedinim graphicima uočavaju prilične sličnosti.

Neravnomerna raspodela intenziteta može biti objašnjena činjenicom da Crvena Pega nije jedna, već kombinacija više oluja. One se mogu primetiti na svakom grafiku preko svojih pikova i posmatranjem priloženih 10 grafikona primećujemo da se određeni veći pikovi pojavljuju na svakom i da onih najvećih i najuočljivijih ima 5. Daljim istraživanjem ovi grafici mogli bi se razložiti na prostije Lorencove funkcije i tako utvrditi tačan broj oluja (pod pretpostavkom da neki određen, nepromenljiv broj postoji, odnosno da sve vreme aktivno i dovoljno intenzivno deluje samo utvrđen broj manjih oluja). Pošto je uzorak relativno mali i metoda je posmatranje grafika bez njegovog razlaganja na osnovne, zaključujemo da je **Hipoteza 1** o postojanju 5 malih oluja dokazana, međutim ne sa apsolutnom preciznošću (grešku ne možemo proceniti jer smo za određivanje pikova koristili odokativne metode). Dobijeni rezultat o postojanju više manjih oluja koje čine Crvenu Pegu potvrđuje pretpostavku postavljenu u radu Čelebonović [1] a takođe je potvrđena ranije drugim metodama, na primer merenjem promene temperature Pege. Ovim rezultatima i zaključcima je takođe ispunjen **Cilj 2** naveden u odgovarajućem poglavlju.

Upoređivali smo grafike 2 i 3 koji su dobijeni iz podataka sa fotografija snimanih Avgusta 1994 i Februara 1995 u rasponu od 6 meseci (što predstavlja jedan od perioda Crvene Pege dobijenih u radu [2]). Kada spojimo oba grafika na jedan dobijamo sledeću sliku:



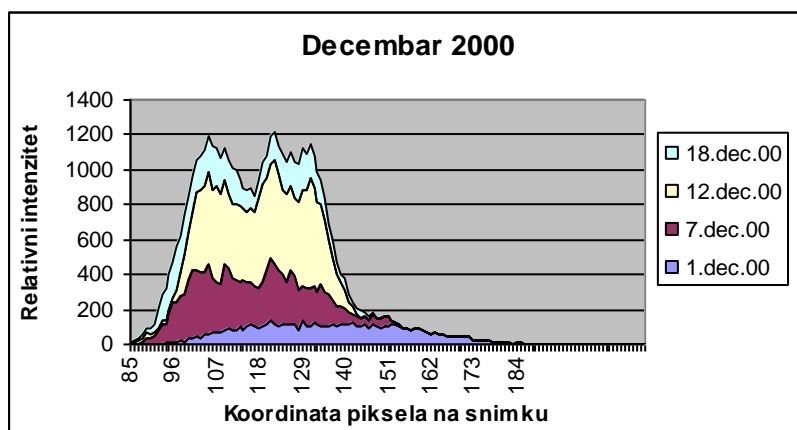
Grafikon 11

Na **Grafikonu 11** primećuje se velika sličnost između promene intenziteta Pege u Avgustu 1994 i Februaru 1995, što potvrđuje **Hipotezu 2** da je promena intenziteta Pege periodična. Pošto je uzorak koji je istraživani mali, ne može se sakupiti dovoljno relevantnih podataka za pravu potvrdu ove pretpostavke, međutim daljim istraživanjem mogu se izvući znatni zaključci. Ono što još možemo istaći je da je ovim potvrđena pretpostavka iz rada [2] o, između ostalih, i šestomesečnoj periodičnosti Pege. Ovim smo ispunili i **Cilj 3**.

Posmatrajući priložene grafike možemo zaključiti da pri većim maksimalnim vrednostima koje dostiže oluja (**Grafikoni 4, 5, 6, 10**) pikovi koji označavaju maksimum su znatno izraženi i vidljivi, dok pri manjim maksimalnim vrednostima

oluje (**Grafikoni 1, 2, 3, 7, 8**) pikovi (maksimumi) pojedinačnih oluja imaju približno iste ili slične vrednosti i mnogo su manje izraženi, čime je dokazana **Hipoteza 3**. Ovo pokazuje da su pri manjim uticajima koji dovode do promene intenziteta Pege, oluje koje je čine smirenije, malog intenziteta i samim tim sve približno bliske vrednosti, dok pri većim uticajima na Pegu, intenzitet oluja postaje jači i maksimumi znatno izraženiji.

Stavljanjem poslednja četiri grafika na jedan dobijamo **Grafikon 12** - raspodelu intenziteta Crevene Pege u toku jednog meseca i jasno se vidi brz porast intenziteta Pege tokom vremena (svaki sledeći grafik ima znatno veće maksimume i intenzitete nego prethodni), dok su oblici grafika približno isti. Zaključujemo da je usled određenog uticaja došlo do pojačavanja intenziteta osnovnih oluja, koje su međutim nastavile da interaguju na skoro isti način, tako da su dobijeni grafici veoma sličnih oblika ali drugačijih maksimuma koji su očigledno rasli sa vremenom (možemo pretpostaviti da je usled pojačane Sunčeve ili neke druge relevantne aktivnosti koja utiče direktno na oluje došlo do njihovog naglog pojačavanja). Naročita sličnost primećuje se između oblika grafikona 12. i 18. Decembra, što znači da su oluje koje čine Pegu u ova dva datuma interagovale na skoro jednak način.



Grafikon 12: Raspodela vrednosti intenziteta Pege u zavisnosti od koordinate

Hipoteze 4 i 5 možemo da potvrdimo tako što smo koristeći naš metod došli do istih rezultata kao i u radovima [1] i [2], koji su dobijeni znatno komplikovanijim tehnikama. Ovim je ispunjen i naš prvi i četvrti zadatak (**Cilj 1 i Cilj 4**), da prikazemo metod koji može biti primenjivan i u daljim istraživanjima raznih površinskih struktura, njihovog sastava i uzroka koji dovode do njihovog pojavljivanja.

ZAKLJUČAK

Kako tehnologija sve više napreduje, dolazi do sve većeg broja otkrića koja ne stižu biti detaljnije ispitana standardnim naučnim metodama, već ostaju kao nepoznanice koje bi međutim bile jako korisne ako bi ih ispitali. Ovaj rad je pokazao da korišćenjem svima dostupnog materijala (fotografije i programi sa Interneta ili drugog lako dostupnog izvora) i lako razumljive metodologije možemo doći do znatnih i veoma primenljivih rezultata u planetologiji, istraživanju našeg Sunčevog sistema. Metod prikazan u ovom istraživanju doveo je do zaključaka o strukturi Velike Crvene

Pege, začuđujuće i nedovoljno istražene oluje Jupitera i pravilnostima promene njenog intenziteta. Dobijeni rezultati pokazuju da je **Crvena Pega** prilično haotična i promenljiva pojava, sa stalnim promenama intenziteta, međutim da postoje izvesne pravilnosti i određene periodičnosti njegove promene. Pronađen je jedan period od 6 meseci, dok vodeći se radom [2] možemo zaključiti da postoje i periodi od 3 i 4 meseca. Takođe smo zaključili da se Pega sastoji od najverovatnije 5 manjih oluja koje stalno menjaju intenzitet i interaguju određenim šablonom. Metod korišćen u radu je sa istom uspešnošću primenljiv i u budućim istraživanjima površinskih struktura objekata planetarnog sistema i može dovesti do veoma primenljivih rezultata kao u ovom slučaju. Dalja istraživanja o samoj Crvenoj Pegi mogu ići u smeru otkrivanja osobina manjih oluja koje je čine, uzroka njenog postojanja, njene dugovečnosti i glavnih uticaja koji dovode do promene njene aktivnosti i njenog održavanja uopšte. Preporučujemo provere uticaja Sunčeve aktivnosti na Pegu, uticaja Jupiterovu magnetosfere, brzine rotacije Jupitera, zagrevanja njegove unutrašnjosti, Kosmičkog zračenja i ostalih spoljašnjih i unutrašnjih promena koje direktno i indirektno mogu uticati na Pegu.

ZAHVALNOST

Zahvaljujem se Goranu Pavičiću na smernicama i vođenju tokom izrade rada, Dr Borisu Lončaru sa Univerzita u Beogradu na ukazanoj pomoći, kao i Vladimiru Čelebonoviću na upućenim sugestijama.

LITERATURA

- (1) V. Čelebonović, "Some examples of Internet planetology", Balcan Meeting of Young Astronomers, Belogradchik 2000
- (2) "Statistical analysis of the Great Red Spot relative intensities for the time period 1963-1967", J.Xanthakis, B. Petropoulos, C. Banos, E.Sarris, Kluwer Academic Publishers, 1992
- (3) S. Marcus, "Jupiter's Great Res Spot and other vortices", Annual Reviews Inc, 1993
- (4) www.nasa.org
- (5) www.homepage.mac.com
- (6) www.resa.net/nasa
- (7) www.astronomija.co.yu

