

# Komunikacija s međunarodnom svemirskom stanicom

---

Ibrahimović, Suzana

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:553386>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I

INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Stručni studij

**KOMUNIKACIJA S MEĐUNARODNOM SVEMIRSKOM  
POSTAJOM**

Završni rad

Suzana Ibrahimović

Osijek, 2020.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	3
2. KOMUNIKACIJSKI MODEL MEĐUNARODNE SVEMIRSKJE POSTAJE .....	4
3. RADIOAMATERIZAM .....	8
4. PROCEDURA USPOSTAVE KOMUNIKACIJE .....	9
4.1. Jednosmjerna komunikacija .....	14
4.2. Dvosmjerna komunikacija .....	16
4.3. Paketski način komunikacije .....	19
4.4. SSTV komunikacija.....	22
5. ZAKLJUČAK .....	24
I. Literatura.....	24
II. Ilustracije.....	25
Popis slika .....	25
Popis tablica .....	25
III. Sažetak .....	26
IV. Summary .....	27
V. Životopis .....	28

# 1. UVOD

Međunarodna svemirska postaja (*eng. International Space Station, ISS*) je međunarodna istraživačka laboratorijska platforma s mikro gravitacijskim uvjetima koja se nalazi u Zemljinoj nižoj orbiti na visini od 278 km do 460 km, gibajući se brzinom oko 28 000 km/h. Posada Međunarodne svemirske postaje, svakodnevno obavlja znanstvene eksperimente iz područja biologije, fizike, meteorologije, astronomije čiji se rezultati objavljuju svaki mjesec. Komunikacijski sustav Međunarodne svemirske postaje je jedan od ključnih segmenata rada posade.

Međunarodna svemirska postaja opremljena je vanjskim i unutarnjim komunikacijskim sustavom. Između Međunarodne svemirske postaje i Zemlje se koristi radio komunikacija u svrhu telemetrije i znanstvenih podatkovnih veza. Nerijetko, koristi se za spajanje i susret s drugim satelitima, video i audio komunikaciju posade međusobno i članova obitelji.

Sustav komunikacije Međunarodne svemirske postaje pruža: dvosmjernu video i audio komunikaciju između posade postaje, dvosmjernu video, audio i podatkovnu komunikaciju između postaje i Zemlje s bazom Misijskog kontrolnog centra sa središtem u Houstonu, telemetriju i prijenos sustava od postaje prema Misijskom kontrolnom centru i Operacijskom centru, kontrolu postaje od strane kontrolora leta kroz naredbe poslane putem Misijskog kontrolnog centra.[6] Katkad, posada međunarodne svemirske stanice u dogovorenom vremenskom okviru komunicira s entuzijastima amaterima na Zemlji.

U prvom dijelu rada opisano je funkcioniranje komunikacijskih modela Međunarodne svemirske postaje i njezini elementi.

U drugom dijelu rada opisani su radioamaterizam kao tehnička aktivnost i radioamaterski radio Međunarodne svemirske postaje.

U trećem poglavlju obrađene su vrste komunikacija koje se mogu ostvariti, uvjeti za njihovo ostvarivanje i prijedlog potrebne opreme.

## 2. KOMUNIKACIJSKI MODEL MEĐUNARODNE SVEMIRSKJE POSTAJE

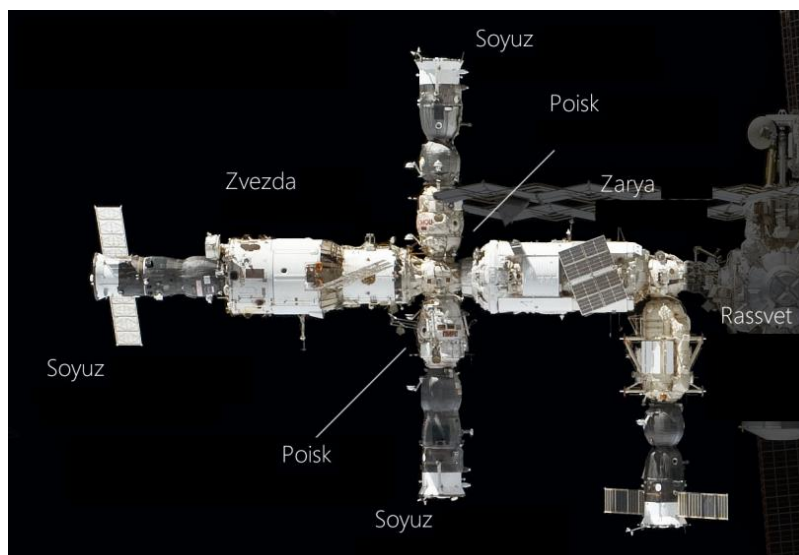
Međunarodna svemirska postaja koja je prikazana na Slici 1. sastoji se od 16 modula.[6]

- Ruski moduli: Pirs, Zvezda, Poisk, Rassvet
- Američki moduli: Zarya, BEAM, Leonardo, Harmony, Quest, Tranquility, Unity, Cupola i Destiny
- Japanski moduli: JEM-ELM-PS I JEM-PM
- Europski modul: Columbus



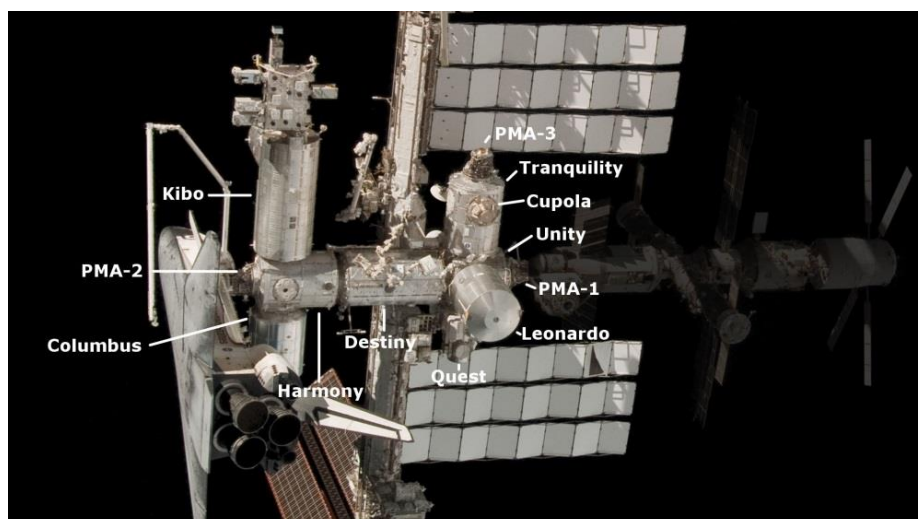
*Slika 1. Međunarodna svemirska postaja (Izvor: nasa.gov)*

Navigacijom, vođenjem i kontrolom cijele postaje upravlja ruski orbitalni segment koji je prikazan na Slici 2. Ruski orbitalni segment direktno komunicira sa zemaljskom kontrolom pomoću antene Lira koja je postavljena na modul Zvezdu. Drugi ruski komunikacijski sustav je Voškod-M koji omogućuje unutarnju telefonsku komunikaciju između Zvezde, Zarje, Pirs, Poiska te VHF (*eng. Very high frequency*) radio vezu sa zemaljskom kontrolom preko antene na Zvezdi.



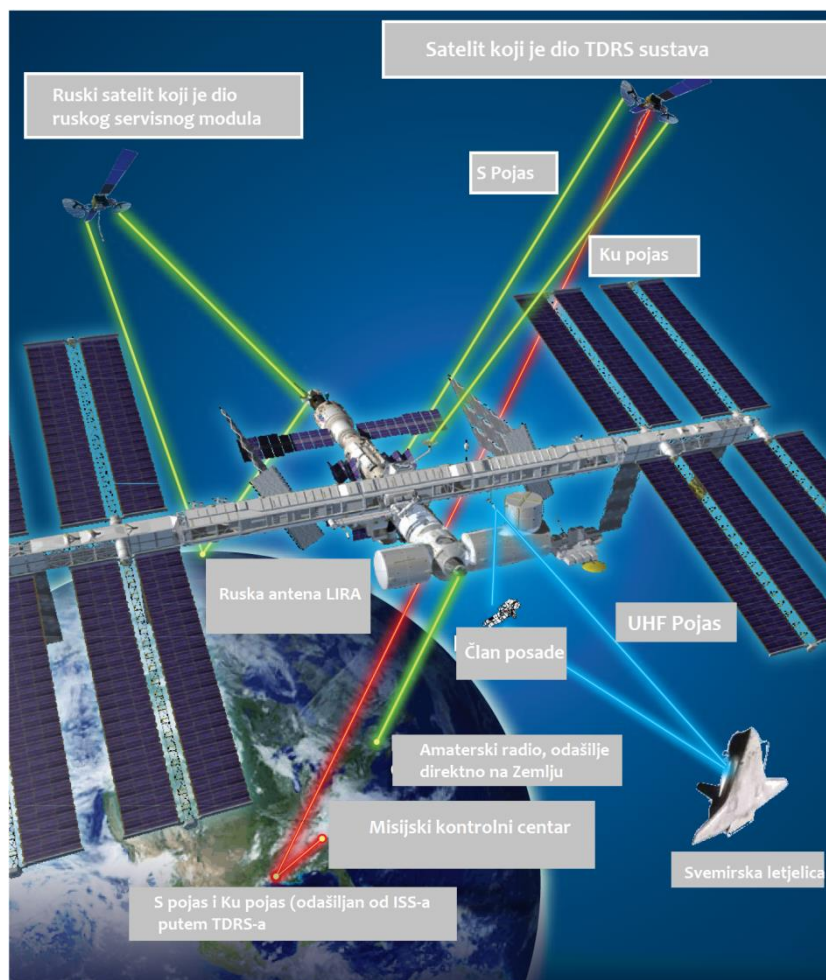
*Slika 2. Ruski orbitalni segment( Izvor:nasa.gov)*

Američki orbitalni segment koji je vidljiv na Slici 3. Koristi dvije odvojene radio veze koje su postavljene na vanjsku strukturu ISS-a. Za audio komunikaciju služi S pojas čija se frekvencija kreće od 2 do 4 GHz. Za audio, video i podatkovnu vezu služi Ku pojas čija se frekvencija kreće od 12-18 GHz.



*Slika 3. Američki orbitalni segment(Izvor:nasa.gov)*

Budući da svemirska stanica prelazi horizont velikom brzinom i često ju je nemoguće pratiti pomoću zemaljskih stanica. Za održavanje podatkovne veze, NASA (eng. *National Aeronautics and Space Administration*) ima malu konstelaciju satelita pod nazivom TDRS (eng. *Tracking and Data Relay Satellites*) koji služe za preusmjeravanje signala da bi se omogućila istovremena komunikacija s Misijskim kontrolnim centrom u Huostonu. Slika 4. prikazuje komunikacijski sustav ISS-a. Dva prethodno navedena pojasa ( S i Ku pojas) i satelit koji je dio TDRS sustava. Zelenom linijom prikazana je komunikacija između ruskog satelita s ISS-om pomoću antene Lira. Crvenom linijom prikazana je komunikacija uz pomoć TDRS-a koji prati i preusmjerava podatke u Misijski kontrolni centar na Zemlji.



Slika 4. Komunikacijski sustav ISS-a

Radio postaje i antene na ISS-u za amatersku radiokomunikaciju su Ericsson MP-X ručni radio, Kenwood TM D700 i Kenwood D710. Dva ručna Ericssonova primopredajnika nalaze se u europskom modulu Columbus. [6]

Jedan je VHF radio koji prima i prenosi FM (*eng. Frequency modulation*) glasovne ili paketske radio signale u 2-metarskom (144 do 146 MHz) amaterskom opsegu. Izraz 2 metra odnosi se na valnu duljinu i frekvencijski opseg koji je dodijeljen za radioamatersku komunikaciju. To znači da su radio valovi koji se emitiraju npr. 144 milijuna puta u sekundi (MHz) duljine 2 metra.

Drugi je UHF (*eng. Ultra high frequency*) radio koji prima i odašilje FM glasovne ili paketske radio signale u amaterskom opsegu od 70 centimetara (435-438 MHz). To znači da su radio valovi koji se emitiraju npr. 440 milijuna puta u sekundi (MHz) duljine 70 centimetra. Do 5 W izlazne snage dostupno je na bilo kojem od 64 moguća kanala.

Radio stanica Kenwood TM-D700. Smještena je u ISS FGB servisnom modulu (Zarya), podržava rad od 2 metra (144-146 MHz) i 70 cm (435-438 MHz). Ovaj radio osigurava veću izlaznu snagu (ograničen na maksimalnih 25 W) u radu ISS-a koji podržava FM i amaterske radio paketske operacije o kojima će kasnije biti riječ. Veća mogućnost napajanja omogućava primanje signala gotovo od horizonta do horizonta pomoću jednostavnih ručnih radio ili skenera. Kada posada prelazi s jedne na drugu frekvenciju, skeniranje se ne koristi. Primjerice, ako član posade započne vezu preko SAD-a, oni mogu pratiti američke stanice dok ne dosegnu Atlantik i tada će brzo izgubiti američke stanice. Tada se mogu prebaciti na drugu frekvenciju i preuzeti stanice u Europi ili Africi.

Skup od četiri antene raspoređen je u ISS servisnom modulu koji podržava trenutnu instalaciju radio stanica Kenwood D700 i D710. Svaka od četiri antene može podržati amaterske radio operacije na više frekvencija i omogućiti istodobne automatske operacije u kojima rade posade. Imajući četiri antene također osigurava da se rad radio stanice može nastaviti u slučaju da jedna ili više antena ne uspiju.

Tri od četiri antene identične su i svaka može podržavati i prijenos i primanje operacija na 2 metra, 70 cm, L opsegu i S opsegu. L opseg označava raspon frekvencija u radijskom spektru od 1 do 2 GHz a S opseg označava raspon frekvencija u radijskom spektru od 2 do 4 GHz.



### 3. RADIOAMATERIZAM

Radioamaterizam je tehnička aktivnost kojom se bavi oko 6 milijuna ljudi širom svijeta. Radioamater se služi suvremenom radijskom opremom za komunikaciju s ostalim radioamaterima za javne potrebe, rekreaciju ili vlastito unapređenje. Mnogi entuzijasti amateri imaju aspiraciju doživjeti jednosmjernu ili dvosmjernu komunikaciju s ISS-om.

Prije realizacije komunikacije s postajom, potrebno je imati radioamatersku dozvolu. U Republici Hrvatskoj postoje dvije razine amaterskog radiooperatera; P (početna razina) i A (napredna razina). Do njih se dođe polaganjem ispita koji je za P razinu besplatan a za razinu A određena je naknada prema rješenju Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti. Organizirana je edukacija koja uključuje propise i znanja koja moraju biti usvojena. Uspješnim polaganjem ispita za amaterskog radiooperatera postaje se ravnopravnim članom Hrvatskog radioamaterskog saveza i dobiva se vlastita osobna pozivna oznaka.[1] Daljnje aktivnosti i korištenje amaterskog radija nisu strogo određene i ovise o osobnim potrebama u skladu sa zakonom.

Od rujna 2000. godine ISS također ima svoj amaterski radio ARISS (*eng .Amateur Radio on the International Space Station*) s kojim komunikaciju provode astronauti koji imaju dozvolu amaterskog radija.[3] Svatko s prijammnikom može slušati komunikacije koje se odvijaju između Zemlje i svemira, a ako se koristi predajnik, moguće je sudjelovati u razgovorima. S obzirom na to da u sustavu ISS-a postoji amaterski radio često se koristi prilika za komuniciranjem s posadom.

Amaterski radio operatori širom svijeta mogu izravno razgovarati s astronautima putem svojih ručnih, mobilnih ili kućnih radio stanica. Radio stanice male snage i male antene mogu se koristiti za uspostavljanje komunikacije. Također je moguće poslati digitalne podatke u svemirsku stanicu putem prijenosnih računala spojenih na isti radio i antenu, slično kao i kod e-mail komunikacije, osim što umjesto telefonske ili kablovske veze koristi se radio frekvencija. Komunikacija je otvorenog tipa i ne postoje posebne zaštite i kodiranja u svrhu zaštite i ekskluzivnosti informacija. [4]

## 4. PROCEDURA USPOSTAVE KOMUNIKACIJE

Vrste amaterske komunikacije koju radio amateri mogu ostvariti su [7]:

- Jednosmjerna komunikacija (samo slušanje ISS-a)
- Dvosmjerna komunikacija ( govorna komunikacija s astronautima)
- Radio paket komunikacija (primanje i slanje poruka u obliku „paketa“ između amatera i ISS-a)
- SSTV (*eng.Slow Scan Television*) komunikacija (primanje slikovnih poruka od ISS-a)

Prije nego se ostvari bilo kakav oblik komunikacije, radioamater mora biti upoznat s:

- Dnevnim rasporedom posade ISS-a
- Frekvencijama u upotrebi ISS-a
- Lokacijom ISS-a i orbitalnim razdobljima
- Dopplerovim pomakom
- Pozivnim znakovima

### Dnevni raspored posade

Uobičajeno razdoblje budnosti posade je 07:30 – 19:30 po univerzalnom vremenu. Najčešća vremena za pronalaženje člana posade koji obavlja povremene razgovore su oko jedan sat nakon buđenja i prije spavanja, kada imaju osobno vrijeme. Trenutni raspored rada posade dostupan je na web stranici NASA.

### Frekvencije u upotrebi ISS-a:

- Silazna frekvencija za glasovnu i SSTV komunikaciju: 145.80 MHz (Širom svijeta)
- Uzlazna frekvencija za glasovnu komunikaciju: 144.49 MHz za Regiju 2 i 3 (Amerika, i Južna Azija)
- Uzlazna frekvencija za glasovnu komunikaciju: 145.20 MHz za Regiju 1 (Europa, Rusija i Afrika)
- Uzlazna i silazna frekvencija za VHF paketsku komunikaciju: 145.825 MHz (Širom svijeta)

- Uzlazna i silazna frekvencija za UHF paketsku komunikaciju uzlazne: 437.550 MHz. (Širom svijeta)

Većina operacija ARISS-a su podijeljene frekvencije (svaka stanica koristi odvojene frekvencije prijema i prijenosa). Silazna linija je prijamna frekvencija zemaljske stanice. Uzlazna linija je odašiljačka frekvencija zemaljske stanice. Zemaljske stanice mogu slušati frekvenciju silazne veze i emitirati frekvenciju uzlazne veze kada je ISS u dometu, a članovi posade u zraku.

### Lokacija ISS-a i orbitalna razdoblja

Na službenim stranicama NASA-e je moguće je pronaći predviđanje lokacije iznad koje će ISS biti vidljiv a time i gdje će biti povoljno ostvariti komunikaciju. Kako bi se stvorio uvid u to kako izgledaju predviđanja lokacije ISS-a , dobiven je podatak da je ISS u Hrvatskoj najvidljiviji iz : Zagreba, Pule, Splita, Požege i Vinkovaca.

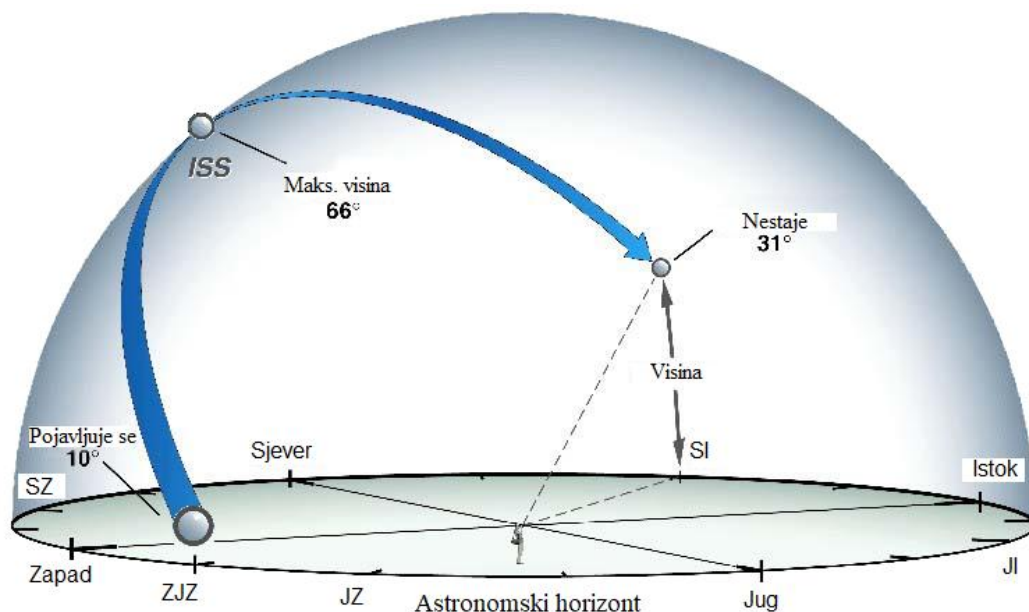
Za primjer je uzet grad Požega u Republici Hrvatskoj čiji su podaci pojavljivanja i trajanja vidljivosti prikazani u Tablici 1.

*Tablica 1. Podaci o pojavi ISS-a*

Datum i vrijeme	Vidljivost	Maksimalna visina	Pojava	Nestajanje
Ponedjeljak, 21.9.2020, 19:20 h	5 minuta	66°	10° iznad smjera zapad- jugozapad	31° iznad smjera istok- sjeveroistok

- **Datum i vrijeme** označavaju kada će vidljivost biti moguća u lokalnoj vremenskoj zoni. Svaka vidljivost se odvija nekoliko sati prije ili poslije, zalaska i izlaska sunca. To je najbolji period jer se sunce reflektira od ISS i stvara se kontrast s tamnim nebom.
- **Vidljivost** je maksimalno vrijeme koliko je ISS vidljiv od trenutka pojave dok ne pređe preko horizonta.
- **Maksimalna visina** mjeri se u stupnjevima i označava elevaciju. Predstavlja visinu svemirske stanice od horizonta na noćnom nebu. Horizont je na nula stupnjeva, a izravno iznad glave promatrača je devedeset stupnjeva.
- **Pojava** je mjesto na nebu gdje će postaja biti prva vidljiva. Ova vrijednost, poput maksimalne visine, također se mjeri u stupnjevima od horizonta. Slova predstavljaju smjer kompasa – S je sjever, SZ je sjeverozapad, itd.
- **Nestajanje** predstavlja mjesto na noćnom nebu gdje ISS napustiti vidno polje.

Svih pet bitnih navedenih parametara prikazuje Slika 5.

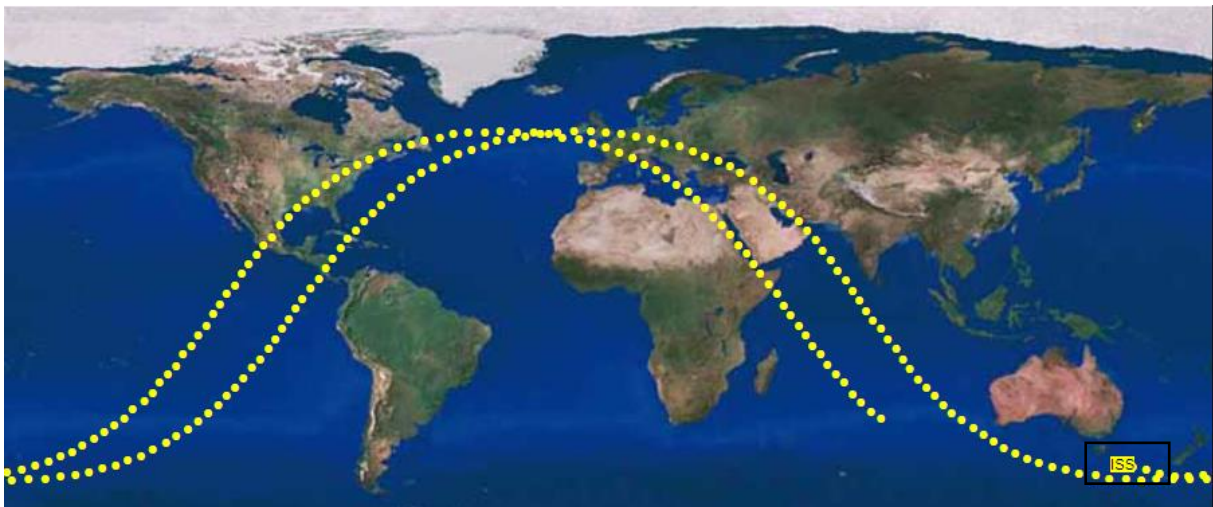


Slika 5. Geografski prikaz podataka iz Tablice 1.

Maksimalna visina od najmanje  $40^\circ$  pruža najbolju priliku za viđenje jer je ISS vidljiv iznad većine zgrada i krajolika.

Nebitno je prelazi li ISS tijekom dnevnog vremena jer se letjelica za odvijanje komunikacije ne mora vidjeti, dok je u večernjim satima vidljiva golim okom. Bitno je obratiti pozornost na vrijeme jer je letjelica ISS-a samo 10 minuta na nekom području na Zemlji. ISS kruži oko Zemlje jednom svakih 90 minuta, to vrijeme se naziva orbitalno razdoblje.

Softver za predviđanje orbita dostupan je za komercijalne i javne domene kako bi se utvrdilo kada će se ISS nalaziti u dometi stanice i gdje uputiti antenu. Različiti mrežni programi omogućuju praćenje putanje satelita, uključujući ISS. Jedan takav alat za predviđanje prolaza nalazi se na web stranici AMSAT. Pomoću padajućeg izbornika odabere se "ISS" kao satelit koji se želi pratiti i unesu se podaci o zemljopisnoj širini i zemljopisnoj dužini. Slika 6 prikazuje AMSAT sučelje s trenutnim položajem ISS-a na datum 21.9.2020. godine u 23:00 sata. [8]



*Slika 6. Prikaz orbitalne putanje ISS-a pomoću stranice AMSAT*

Kada se ISS oko 90 minuta vrati na prvobitno mjesto, zemlja se rotirala u dužini od približno  $22,5$  stupnjeva. Ovaj redoviti, uzastopni pokret svakom orbitom poznat je pod nazivom procesija. Zbog procesije, ISS stvara oko 16 orbita tijekom svakih 24 sata. U danom danu postoje dva prozora za kontakt s ISS-om, razmaknutim oko dvanaest sati, a svaki prozor može biti jedna, dvije ili tri uzastopne orbite. Orbita ISS-a je pod kutom oko  $51$  stupanj u odnosu na ekvator. Taj se kut naziva nagib.

To znači da se ISS kreće u dva opća smjera:

- od jugozapada prema sjeveroistoku (koji se naziva uzlazni prijelaz)
- od sjeverozapada prema jugoistoku (koji se naziva silazni prolaz)

Pojam uzlazno ili silazno odnosi se na kretanje ISS-a u odnosu na ekvator. Uzlazno znači da satelit ide prema sjeveru u odnosu na ekvator. Spuštanje znači da se satelit kreće prema jugu u odnosu na ekvator. Dakle, ako je to prolaz s niskom visinom, u silaznom smjeru, istočno od vas, trebali biste biti spremni usmjeriti antenu na sjever i istok. Ako je to prolaz s niskom visinom u zapadnom smjeru, zapadno od vas, trebali biste biti spremni usmjeriti antenu na zapad i jug. Ako je to nisko uzvišenje, u usponu, istočno od vas, trebali biste biti spremni usmjeriti antenu na jug i istok. Ako je to prolaz niske nadmorske visine, uzlazno, zapadno od vas, trebali biste biti spremni usmjeriti antenu na zapad i sjever.

### **Dopplerov pomak**

Međunarodna svemirska stanica putuje oko Zemlje brzinom preko 28 000 km / h. Zbog velike brzine, čini se da se radijski signali mijenjaju u frekvenciji, što je fenomen nazvan Dopplerov pomak.

Dopplerov pomak uzrokovat će da ISS frekvencija prijenosa od 145.800 MHz izgleda kao da je frekvencija veća od 3.5 kHz, 145.8035, kada se ISS približavaj lokaciji. Tijekom 10-minutnog prolaza frekvencija će se pomicati niže izmjenjujući ukupno 7 kHz do 145.7965 dok ISS nestane izvan raspona. Da bi se postigao maksimalan signal, potreban je radio koji podešava 1 kHz ili manje korake za praćenje pomaka.

### **Pozivni znakovi**

Svaka radiostanica koja pripada radioamateru ima svoj pozivni znak. Pozivni znak se sastoji od prefixa, osnove, a nekada i sufiksa.

Pozivni znakovi ISS-a su:

- Ruski: RS0ISS
- Američki: NA1SS
- Europski: DP0ISS, OR4ISS, IR0IS

#### 4.1. Jednosmjerna komunikacija

Za odvijanje jednosmjerne komunikacije gdje je jedina mogućnost čuti ISS, može se koristiti VHF skener/prijamnik opće pokrivenosti s vanjskom antenom. Primopredajnik na ISS-u je namješten da odašilje radio signale na frekvenciji od 145.8 MHz. Bilo tko s prijamnikom može se priključiti toj frekvenciji i slušati što se događa na postaji. Često se može čuti komunikacija između astronauta i nekog drugog.[9]

- Preporuka opreme: Baofeng UV-3R



*Slika 7. Baofeng UV-3R*

Baofeng model UV-3R koji je prikazan na Slici 7. ima mogućnost odašiljanja i primanja signala na različitim frekvencijama unutar jednog od VHF ili UHF područja (npr. odašiljanje i primanje na osnovnoj frekvenciji i primanje na drugoj frekvenciji). Pri tome se koristi zaseban gumb za promjenu frekvencije. Snaga na kojoj uređaj odašilje je 2W. U frekvenzijskom načinu rada uređaja izabere se frekvencija od 145.8 MHz te uska širina pojasa. Ako prilikom slušanja dođe do šuma, potrebno je uzeti vanjsku antenu koja dolazi zajedno s uređajem pomoću koje bi se trebala ostvariti uspješna jednosmjerna komunikacija. [5]

- Slušanje putem interneta

Ako u posjedu nije dostupan amaterski radio prijamnik i dalje je moguće slušanje putem internet radija. Preporučuje se korištenje internet radija WebSDR. Izabere se frekvencija od 145.8 MHz, te FM mod.



## 4.2. Dvosmjerna komunikacija

Omiljeni način je izravan razgovor s astronautima na brodu. Tipična zemaljska stanica za kontakt na ISS stanici uključuje 2-metarski FM primopredajnik i 25-100 W izlazne snage. Poželjna je kružno polarizirana ukrižena antena Yagi koja može biti usmjerena prema azimutu (sjever-jugoistok-zapad) i prema nadmorskoj visini.

- Način rada FM primopredajnika

FM primopredajnik kombinira FM predajnik i FM prijemnik u jednoj jedinici.

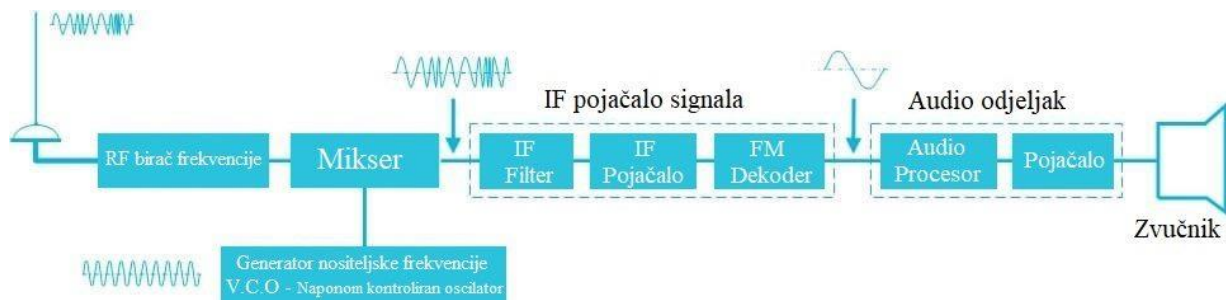
Princip rada FM predajnika prikazuje Slika 8.



Slika 8. Princip rada FM predajnika

- 1) Mikrofon prima glas
- 2) Glasovni signal prelazi u audio procesor kako bi stvorio ulazni signal
- 3) Ulazni signal se kombinira s nositeljskom frekvencijom koju generira naponom kontroliran oscilator
- 4) Rezultat je signal koji nosi informaciju, ali nije dovoljno jak da se prenosi kroz antenu. Signal je pojačan kroz dvije različite faze:
  - Stupanj uzbude pojačava snagu signala za jednu razinu izlaza
  - Pojačalo snage ga podiže na drugu razinu izlazne snage, sada dovoljno za antenu predajnika.

Princip rada FM prijmnika prikazuje Slika 9.



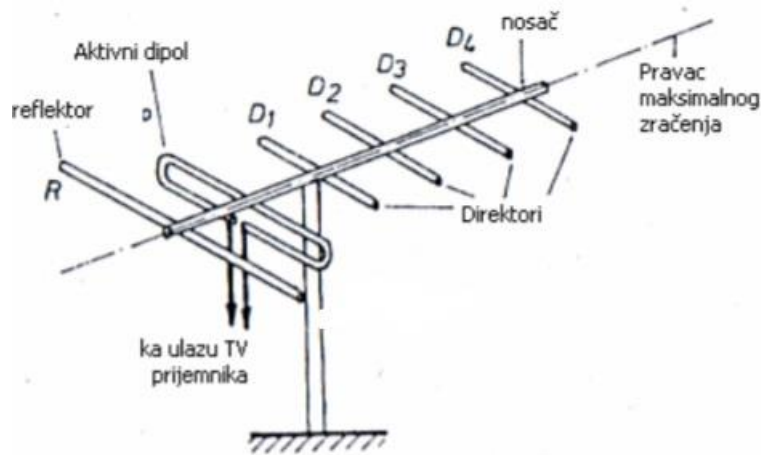
Slika 9. Princip rada FM prijmnika

- 1) Antena prijmnika je uhvatila prijenos i dovodi se u birač radio frekvencije(RF)
- 2) Prijenos ide u mikser gdje se kombinira s nositeljem generiranog od strane lokalnog oscilatora kontroliranog naponom.
- 3) Rezultat se onda dovodi u pojačalo signala srednje frekvencije (IF). Pojačalo smanjuje frekvenciju kroz postupak filtriranja koje je potrebno da bi se uklonio nositelj.
- 4) Signal je demoduliran
- 5) Rezultat se dovodi u audio odjeljak koji pojačava taj rezultat tako da ga može dovesti u zvučnik gdje ga korisnik može čuti

- Kružno polarizirana antena Yagi

Kružna polarizacija ima primjenu pri ostvarivanju veze između dva pokretna objekta, koji imaju proizvoljan položaj u prostoru, npr. kod radio veza između zemlje i satelita. Yagi se vrlo često koristi kao antena visokog pojačanja u HF, VHF i UHF pojasima. Ima umjereno do veliko pojačanje koje ovisi o broju korištenih elemenata, obično ograničeno na oko 20 dBi (kratica dBi označuje dobitak antene u decibelima u odnosu na izotropnu antenu.)

Bitni dijelovi Yagi antene su dipol, reflektor, direktor, nosač. Prikaz Yagi antene je na Slici 10.



Slika 10. Yagi antena

Dipoli su učvršćeni na metalnom nosaču. Savijeni dipol s čijih se priključaka odvodi VF na ulaz prijemnika, naziva se aktivni dipol. Ovakav naziv dipol je dobio zato što se jedini napaja s VF u slučaju korištenja Yagi antene kao predajne. Aktivni dipol je u rezonanciji što znači da je njegova dužina jednaka polovici valne duljine. Ostali dipoli koji se ne napajaju predstavljaju pasivne dipole. Dužina i raspored pasivnih dipola koji se nalaze na nosaču su takvi da doprinose povećanju usmjerenosti antene. Pasivni dipol, čija je dužina veća od aktivnog poluvalnog dipola, naziva se reflektor. Dužina ostalih dipola koja je manja od polovice valne duljine nazivaju se direktori.[2]

Da bi se usmjerena antena koristila kao predajna ona se postavlja tako da smjer maksimuma zračenja bude što točnije usmjeren prema točki prijama.

### **4.3. Paketski način komunikacije**

Paket radio predstavlja jedan od digitalnih načina komunikacije putem radio veze, koji je najčešće korišten među radioamaterima. Karakter same komunikacije je takav da se poruke prenose putem malih „paketa“. Za odvijanje komunikacije potreban je AX.25 protokol. Transparentnost, automatska kontrola i korekcija grešaka su prednosti paket radija. Transparentnost se očituje u tome što korisnik ne mora znati način na koji se spaja drugi korisnik niti mu mora biti poznat algoritam kojim protokol nadzire je li prijenos podataka ispravan. Protokol će sam provjeriti je li došlo do greške u prijenosu podataka te će istu ako se dogodi ispraviti. Automatska kontrola je način rada gdje stanica sama automatski prima poruke i na njih odgovara. Potrebna oprema za paketski način komunikacije je: paket radio, radioamaterska dozvola, računalo, model i pozivni znak kao jedinstvena adresa komunikacije. Brzine koje se koriste u prijenosu su 300 bauda kod rada na kratkom valu i 1200 bauda na UHF/VHF kanalima.

Trenutno na ISS-u postoje dvije hardverske platforme za paketsku komunikaciju. Prvo na službenim stranicama ARISS-a ili AMSAT-a treba provjeriti koja je hardverska platforma aktivna i na kojoj frekvenciji.

- **Ericsson sustav**

Ericson sustav je 2-metarski radio primopredajnik i AX.25 paketski modem čija je brzina 1200 bauda koji se u praksi još naziva radio modem. Brzina mjerena u baudima označava broj pulseva u sekundi. Radio modem je trenutno spojen na vanjsku antenu Zarye i namješten na frekvenciju od 147 MHz, izlazne snage 4-5 W. [9]

- **Kenwood D700 sustav**

Kenwood sustav koristi noviji primopredajnik koji već ima ugrađeni paketski modem. Sustav je građen u servisni modul ISS-a. Kenwood D700 sustav podržava dva radioamaterska pojasa: 2-metarski FM pojas frekvencija od 144-146 MHz. i 70-centimetarski FM pojas frekvencija od 435-438 MHz. Sustav je spojen na jednu od 4 nove radioamaterske antene koje su spojene na vanjsku stranu servisnog modula ISS-a. Izlazna snaga je 5-25 W.[9]

Preporuka opreme za paketsku radio komunikaciju:

- 2-metarski FM radio izlazne snage od 25-50 W.
- Yagi antena koja može obuhvatiti više smjerova (prema azimutu i elevaciji)
- Oko 30 metara dug kolosijalni kabel
- Standardni AX.25 paketski modem
- Računalo

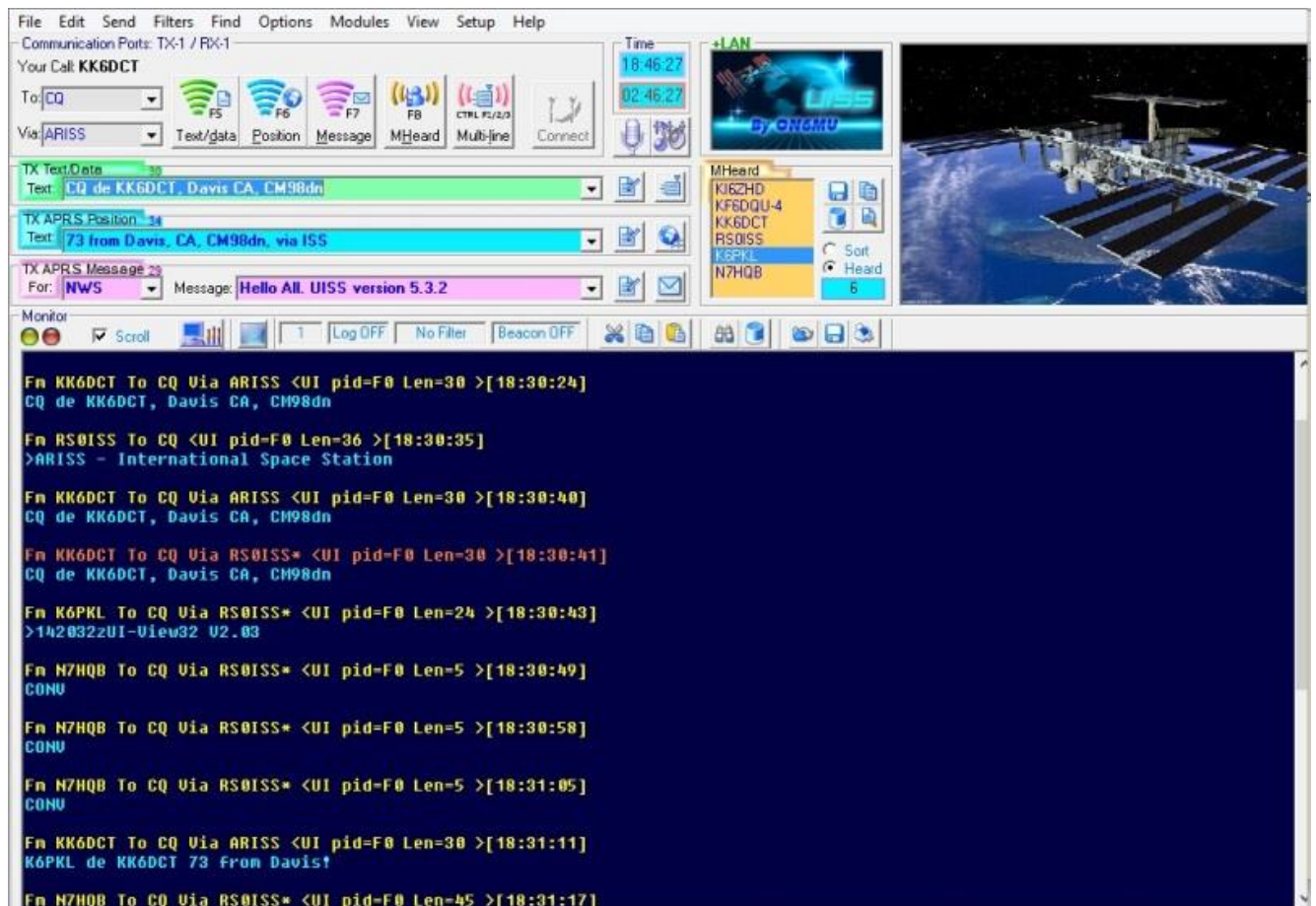
Kanali i svojstvene frekvencije na kojima je moguće dohvatiti ISS:

Kanal 4- frekvencija primanja 145.802 MHz, frekvencija odašiljanja 145.987 MHz

Kanal 5- frekvencija primanja 145.800 MHz, frekvencija odašiljanja 145.990 MHz

Kanal 5- frekvencija primanja 145.797 MHz, frekvencija odašiljanja 145.992 MHz

Pretpostavimo da smo uspjeli „uhvatiti“ ISS iznad naše lokacije i da je paketski sustav aktivan. U početku prelaženja ISS-a treba se spojiti na frekvenciju kanala 4, Kad je ISS točno iznad lokacije zemaljske stanice treba se prebaciti na kanal 5, i kada ISS prijeđe preko stanice na drugu stranu odakle je došao na kanal 6. I u ovom obliku amaterske radio komunikacije bitno je obratiti pozornost na Dopplerov pomak. Dopplerov pomak prvo djeluje na + 3.5 kHz nekoliko sekundi, polako će se smanjiti na nulu i postupno smanjiti na -3.5 kHz. Rezultat ovakve amaterske radio komunikacije su „paketi“, koji su zapravo tekstualne poruke unaprijed definirane i napisane od ISS-a. Primjer sučelja tijekom paketske radio komunikacije prikazan je na Slici 11 . Crvenom bojom je označena poruka koju je subjekt dobio od ISS-a.



Slika 11. Sučelje radioamaterske paketske komunikacije(izvor:amsat-uk.org)

#### 4.4. SSTV komunikacija

Televizija sporog skeniranja (SSTV) je metoda slanja slika korištena najviše od strane radioamatera za slanje ili primanje statičkih slika u monokromu ili boji. Doslovan naziv SSTV-a bi bio uskopojasna televizija jer mu je maksimalna širina pojasa do 3 kHz. Spada u sporije metode slanja slike, gdje slanje obično traje od 8 sekundi do nekoliko minuta. S obzirom na to da SSTV sustav radi na frekvencijama zvuka, radioamateri ga koriste na HF, VHF i UHF radiju. SSTV je analogni signal, koristi frekvencijsku modulaciju, gdje svaka drugačija vrijednost oštine slike dobije drugačiju audio frekvenciju.

Na ISS-u SSTV je odašiljan sa Ruskog servisnog modula čiji je pozivi znak RS0ISS. Oprema koja je korištena na servisnom modulu je Kenwood D710 primopredajnik s 25 W izlazne snage, što omogućuje snažan signal s jednostavnom opremom. Trenutno slikama koje odašilje ISS treba dvije minute da se pošalju, što omogućuje radioamateru da dobije nekoliko slika tijekom orbitalnog prolaza. [8]

##### Dobivanje SSTV slike

Za dobivanje SSTV slike potrebno je spojiti audio izlaz s radioamaterskog primopredajnika na zvučnu karticu osobnog računala i postaviti frekvenciju na 145.800 MHz. Da bi se dekodirao signal služi besplatna aplikacija MMSSTV. 2-metarska antena sa  $\frac{1}{4}$  valne duljine je dovoljna da primi signal. Slike se još mogu dobiti pomoću internet radija (WebSDR) i MMSSTV softvera koji je dostupan i besplatan preko interneta. Slika 12. prikazuje primjer slike dobivene putem SSTV komunikacije.



Slika 12. Primjer slike dobivene SSTV komunikacijom (izvor:amsat-uk.org.)

## 5. ZAKLJUČAK

Međunarodna svemirska postaja obavlja mnoštvo korisnih djelatnosti iz područja znanosti u cilju unapređenja i boljitka čovječanstva. Međunarodna svemirska postaja opremljena je radioamaterskom opremom za više načina komunikacije. Mogućnosti su jednosmjerna komunikacija gdje uz praćenje i razumijevanje orbita ISS-a se mogu slušati razgovori između astronauta koji se nalaze na postaji, dvosmjerna komunikacija gdje je moguće ostvariti govorni kontakt pripremom zemaljske stanice, antene i primopredajnika te pomoću računala, softvera i modema, radio paketska komunikacija i SSTV komunikacija.

Dvosmjerna komunikacija sa ISS-om je dosegla granice zasićenja. Stoga, u suradnji sa službenom organizacijom ARISS organiziraju se unaprijed dogovoreni radio sastanci sa javnim ustanovama.



## I. Literatura

- [1] Jakobović, Z; Uvod u radioamaterizam, Narodna tehnika SR Hrvatske, Zagreb, 1978.
- [2] Zentner, E; Radiokomunikacije: (antene, radiomreže i radarski sustavi), Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [3] International Telecommunication Union, Radio-relay systems, 1994.
- [4] International Telecommunication Union, Fixed-satellite service, 1994.
- [5] Silver, H. Ward; Ham Radio For Dummies
- [6] NASA, Reference Guide to the International Space Station
- [7] <https://www.work-sat.com/iss-062814.html>
- [8] <https://amsat-uk.org/beginners/iss-sstv/>
- [9] <https://www.ariss.org/>

## II. Ilustracije

### Popis slika

Slika 1. Međunarodna svemirska postaja (Izvor: nasa.gov).....	4
Slika 2. Ruski orbitalni segment( Izvor:nasa.gov) .....	5
Slika 3. Američki orbitalni segment(Izvor:nasa.gov) .....	5
Slika 4. Komunikacijski sustav ISS-a .....	6
Slika 5. Geografski prikaz podataka iz Tablice 1.....	11
Slika 6. Prikaz orbitalne putanje ISS-a pomoću stranice AMSAT .....	12
Slika 7. Baofeng UV-3R .....	14
Slika 8. Princip rada FM predajnika.....	16
Slika 9. Princip rada FM prijarnika .....	17
Slika 10. Yagi antena .....	18
Slika 11. Sučelje radioamaterske paketne komunikacije(izvor:amsat-uk.org) .....	21
Slika 12. Primjer slike dobivene SSTV komunikacijom(izvor:amsat-uk.org.).....	22

### Popis tablica

Tablica 1. Podaci o pojavi ISS-a .....	10
--	----

### **III. Sažetak**

Radioamaterizam je tehnička zanimacija u čije se djelovanje često ubraja radio komunikacija sa satelitima. Najpoznatiji satelit kojeg radio amateri žele kontaktirati je Međunarodna svemirska postaja. Postoje različiti oblici amaterske radiokomunikacije koji se mogu ostvariti: jednosmjerna, dvosmjerna, radio paketska i SSTV komunikacija.

Završnim radom opisani su: komunikacijski sustav Međunarodne svemirske postaje, upute javljanja postaji, vrste amaterske radio komunikacije koju je moguće postići te primjeri potrebne opreme.

Ključne riječi: Međunarodna svemirska postaja, radioamaterizam, komunikacija, radio, opseg, frekvencija, antena

## **IV. Summary**

Amateur radio is a technical occupation that often includes radio communication with satellites. The most famous satellite that radio amateurs want to contact is the International Space Station. There are different forms of amateur radio communications that can be achieved: one-way, two-way, radio packet and SSTV communication.

This final thesis describes: the communication system of the International Space Station, instructions for reporting stations, types of radio communications and examples of necessary equipment.

Keywords: International Space Mail, amateur radio, communication, radio, band, frequency, antenna

## **V. Životopis**

Suzana Ibrahimović rođena je u Vinkovcima 23. veljače 1994. godine. U razdoblju od 2001.-2008. godine pohađa OŠ „Mate Lovraka“ u Županji gdje je stekla osnovnoškolsko obrazovanje. Srednjoškolsko obrazovanje je stekla u Općoj gimnaziji u Županji u razdoblju od 2008-2012. godine. Od 2016. godine pohađa Fakultet elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija, smjer Informatika.