# Cospas-Sarsat MEOSAR

**Pavić, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:704690

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**

*Repository / Repozitorij:*

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**MARIN PAVIĆ**

# COSPAS-SARSAT MEOSAR

**ZAVRŠNI RAD**

**Split, 2017.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

# COSPAS-SARSAT MEOSAR

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**Dean Sumić**

**STUDENT:**

**Marin Pavić, 0171266703**

**Split, 2017.**

# SAŽETAK

Cospas-Sarsat sustav je u procesu nadogradnje satelita postavljajući SAR prijamnike na nove GPS američke satelite, navigacijske ruske satelite ( eng. *Global Navigation Satellite System* – GLONASS ), te europske Galileo navigacijske satelite. Jednom kada bude kvalificiran kao operativan, sustav će drastično povećati brzinu i preciznost lokacije radiofarova. Navedeni sateliti kruže po zemljinoj orbiti na visini između 19,000 i 24,000 km, što je visina koja se smatra srednjom visinom zemljine orbite. Ova komponenta Cospas-Sarsat sustava zove se MEOSAR, te će nadopunjavati postojeći LEOSAR i GEOSAR sustav.



**Ključne riječi:** *Cospas-Sarsat, traganje i spašavanje, sateliti, zemljina orbita*



# ABSTRACT

Cospas-Sarsat is in the process of upgrading its satellite system by placing SAR receivers on new GPS satellites operated by United States, Russian navigation satellites GLONASS and European GALILEO navigation satellites. Once qualified as operational, this system will dramatically improve both the speed and location-accuracy for detecting beacons. Those satellites orbit the Earth at an altitude between 19,000 and 24,000 km, a range considered as medium-altitude Earth orbit. This component of Cospas-Sarsat is known as MEOSAR and it will complement the existing LEOSAR and GEOSAR systems.



**Key words:** *Cospas-Sarsat, search and rescue, satellites, earth orbit*

# SADRŽAJ


**1. UVOD ..... 6**

**2. KOMUNIKACIJE U POGIBELJI ..... 7**

2.1. Općenito o GMDSS ..... 7

2.2. TRAGANJE I SPAŠAVANJE ..... 8

2.2.1. Traganje i spašavanje na moru ..... 9

2.3. SART PLUTAČA ..... 10

**3. ORGANIZACIJA COSPAS-SARSAT ..... 11**

3.1. VIJEĆE ..... 11

3.2. TAJNIŠTVO SUSTAVA ..... 11

3.3. JEZIK SUSTAVA ..... 12

3.4. ČLANOVI COSPAS-SARSAT SUSTAVA ..... 12

**4. COSPAS-SARSAT SUSTAV ..... 14**

4.1. EPIRB ..... 14

4.2. LEOSAR PODSUSTAV ..... 16

4.2.1. Dopplerov efekt ..... 17

4.3. GEOSAR PODSUSTAV ..... 19

4.4. LOKALNI KORISNIČKI TERMINAL - LUT ..... 19

4.5. KONTROLNI CENTAR ..... 21

**5. NOVI KONCEPT SATELITSKOG PODSUSTAVA – MEOSAR ..... 22**

5.1. GNSS ..... 22

5.1.1. GPS ..... 22

5.1.2. GLONASS ..... 23

5.1.3. Galileo ..... 24

5.2. MEOSAR ..... 24

5.2.1. Dopplerov efekt ..... 27

5.3. PLUTAČE U RADU SA MEOSAR SUSTAVOM ..... 28

**6. ZAKLJUČAK ..... 29**

**LITERATURA ..... 31**

**POPIS SLIKA ..... 32**

**POPIS TABLICA ..... 33**

# 1. UVOD

Cospas-Sarsat (rus. *Cosmicheskaya Systyema Poiska Avariynyich Sudov* i eng. *Search And Rescue Satellite Aided Tracking – Cospas-Sarsat*) je međunarodni sustav sa 43 države/ agencije članice, čiji je cilj detekcija i lokacija radiofarova aktiviranih u slučaju pogibelji, te proslijeđivanje informacija o pogibelji vlastima koje organiziraju akciju traganja i spašavanja (eng. *Search And Rescue – SAR*). Sustav su osmislili i započeli SAD, Kanada i Francuska u dogovoru sa tadašnjim SSSR-om 1979. godine, te je od tada sastavni dio Svjetskog pomorskog sustava za pogibelj i sigurnost (eng. *Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS*). Prva SAR akcija gdje se upotrijebila Cospas-Sarsat tehnologija dogodila se 1982. godine, a do prosinca 2015. godine sustav je pružio pomoć u spašavanju više od 41,750 osoba u 11,788 akcija spašavanja.[2] Sustav se sastoji od mreže satelita koji pružaju pokriće cijele Zemlje. Aktivacijom radiofara za obilježavanje pozicije u pogibelji (eng. *Emergency Position-Indicating Radio Beacon – EPIRB*) Cospas-Sarsat sustav dekodira poslanu digitalnu poruku koja sadrži identifikaciju plovila te izračunava lokaciju pogibelji. Uzbune pogibelji Cospas-Sarsat radiofara besplatno se detektiraju i lociraju na globalnoj razini. Dobiveni podaci sa satelita proslijeđuju se u preko 200 država i teritorija.

Neki od nedostataka postojećeg sustava su:

- spora detekcija plutače zbog male zone pokrivanja trenutačnog Sustava satelita u nižoj zemljinoj orbiti (eng. *Low-altitude Earth Orbit– LEO*),
- dugo čekanje detekcije radiofara, slaba preciznost određivanja lokacije koja ponekad bude i više od 5 km udaljena od stvarne lokacije i
- sam vijek trajanja satelita.

Dionici Cospas-Sarsat sustava prepoznali su navedene nedostatke i donesena je odluka da se konstelacije globalnih navigacijskih satelitskih sustava (eng. *Global Navigation Satellite System – GNSS*) u Srednjoj zemljinoj orbiti (eng. *Medium-altitude Earth Orbit – MEO*), zbog poboljšanog rada u odnosu na LEO konstelacije satelita, uvode u kombinaciji sa Geostacionarnim satelitima (eng. *Geostationary Earth Orbit – GEO*) kao službeni Cospas-Sarsat sustav.[2]

# 2. KOMUNIKACIJE U POGIBELJI

Prvom polovicom 20. stoljeća komunikacije u pogibelji temeljile su se na telegrafiji. Telegrafija je tehnika za brzi prijenos pisanih poruka na velike udaljenosti. Telegrafski uređaji su pretvarali tekst poruke u niz kodiranih signala kojima se poruka dalje prenosila do primatelja. Glavni nedostatci uređaja su sporo prenošenje poruka te njihova ovisnost o vremenskim uvjetima.

Od druge polovice 20. stoljeća pokušava se uvesti jedinstveni svjetski sustav za uzbunjivanje, traganje i spašavanje i pojednostavljenje komunikacije između brodova, brodova i obalnih stanica i komunikacija općenito. Razvojem tehnologije i satelitskih komunikacija početkom 80-ih godina IMO počinje s konkretnim osmišljavanjem i izvođenjem prvog globalnog sustava za komuniciranje u pogibelji – GMDSS-a.

## 2.1. Općenito o GMDSS

Sustav GMDSS temelji se na međunarodno dogovorenim postupcima sigurnosti, vrstama komunikacijskih uređaja i protokolima komunikacije koji se upotrebljavaju za lakše i brže spašavanje ljudi. Osnovna zamisao sustava je da se SAR organizacije s kopna, kao i brodovi u neposrednoj blizini broda u pogibelji, brzo uzbune i upoznaju s događajem pogibelji, tako da mogu što prije organizirati akciju traganja i spašavanja. Sustav je utvrđen u rezoluciji A.420 Međunarodne pomorske organizacije (eng. *International maritime organization* – IMO), 1979. godine. Četvrto poglavlje Konvencije o sigurnosti života na moru (eng. *Safety Of Life At Sea* – SOLAS) izmijenjeno je 1988. godine, a njegova implementacija na svim SOLAS brodovima je započela 1. veljače 1992. godine. Puno stupanje na snagu za sve konvencijske brodove je bilo 1. veljače 1999. U četvrtom poglavlju SOLAS konvencije - Radiokomunikacije područje plovidbe je podijeljeno u 4 zone:

- Zona A1 – nalazi se unutar dosega obalne postaje koja radi na ultrakratkom valu (eng. *Very High Frequency – VHF*) s kojom je moguće stalno uzbunjivanje preko Digitalnog selektivnog poziva (eng. *Digital Selective Call – DSC*) cca 20 – 30 NM od obale,
- Zona A2 – nalazi se izvan područja A1, ali u dosegu obalne postaje koja radi na srednjem valu (eng. *Medium Frequency – MF*) cca 100 – 200 NM od obale,

- Zona A3 – nalazi se izvan područja A1 i A2, ali unutar područja koje pokrivaju geostacionarni komunikacijski sateliti i preko kojih je moguće stalno uzbunjivanje. Pokriva područje između $70^0$ N i $70^0$ S i
- Zona A4 – obuhvaća ostala područja izvan prethodno navedenih A1, A2 i A3.

Temeljni princip sustava je da svaki brod, sa svake točke brodskog putovanja, mora biti u stanju koristiti dostupne načine komuniciranja. Sve zemlje potpisnice SOLAS konvencije obvezne su pružiti prikladne obalne instalacije kao svoj doprinos sustavu. Prednosti GMDSS sustava u odnosu na prijašnje sustave su:

- veća vjerojatnost da će uzbuna biti odaslana kada je plovilo u pogibelji,
- veća vjerojatnost da će uzbuna biti primljena,
- veća vjerojatnost da će preživjeli biti pronađeni i
- pružanje ključnih sigurnosnih informacija pomorcima.

## 2.2. TRAGANJE I SPAŠAVANJE

Zemlje članice IMO-a i Međunarodne civilne avijacijske organizacije (eng. *International Civil Aviation Organization* – ICAO) su potpisale konvenciju Traganja i spašavanja (eng. *Search And Rescue – SAR*) 1979. godine u Hamburgu, a na snagu je stupila 22. lipnja 1985. godine. Prema konvenciji svaka je država članica obvezna osnovati svoj Centar za koordinaciju i spašavanje (eng. *Rescue Coordination Center* – RCC) čiji je zadatak organizacija i provođenje SAR akcija u pripadajućoj regiji. Sve komunikacije tijekom SAR akcija u potpunosti se zasnivaju na mogućnostima koje pruža GMDSS sustav. Da bi se SAR akcija uspješno odvijala, potrebno je da svaki operater dobro poznaje pravilno radiokomuniciranje. Bez pouzdane veze nema ni uspješnog spašavanja.

### 2.2.1. Traganje i spašavanje na moru

Brod u pogibelji mora odaslati odgovarajući signal za uzbunu iza kojeg slijedi poziv i poruka o pogibelji na jednoj od dviju međunarodnih frekvencija pogibelji: 500kHz (radiotelegrafija) i 2.182 kHz (radiotelefonija). Poruka o pogibelji mora sadržavati: identifikaciju i poziciju broda, prirodu opasnosti i bilo koju drugu obavijest koja može olakšati traganje, npr. kurs i brzinu broda ako plovi, podatke o broju osoba koje napuštaju brod ili o vrsti tereta ako je u pitanju opasni teret. U situaciji da posada nije u mogućnosti slati signal za uzbunu zato što moraju što prije napustiti brod, aktivira se EPIRB koji odašilje signal i pomaže pri lokaciji unesrećenih. Nakon prijema uzbune pogibelji, RCC na čijem se području nalazi plovilo započinje traganje. Traganje može započeti i ako nije primljena uzbuna pogibelji, a postoje okolnosti u kojima je velika mogućnost da su ljudi u opasnosti, primjerice kašnjenje linijskih brodova koje je zateklo nevrijeme. U takvim okolnostima centar za koordinaciju određuje stupanj opasnosti, imamo ih 3: stupanj nesigurnosti, pripravnosti i pogibelji.

- Stupanj nesigurnosti utvrđuje se kada postoji sumnja u sigurnost plovila i ljudi zbog kašnjenja broda na odredište. RCC će u takvim situacijama pokušati prikupiti podatke o putovanju plovila kako bi se procijenila pozicija broda.
- Stupanj pripravnosti proglasit će se ako postoji sumnja o sigurnosti broda zato što se nije mogla više uspostaviti veza sa brodom nakon utvrđivanja stupnja nesigurnosti.
- Stupanj pogibelji će se proglasiti ako je primljena sigurna uzbuna da su brod ili ljudi u neposrednoj opasnosti.

## 2.3. SART PLUTAČA

Radarski odgovarač (eng. *Search And Rescue Transponder – SART*) je uređaj koji se koristi za pomoć pri traganju za unesrećenima. Na čamcu ili splavi za spašavanje SART se montira na za to predviđenom mjestu, koje je obično najviša točka kako je prikazano na Slici 1. Aktivira se prijemom radioimpulsa odaslanih na 9 GHz ( x-band, 3 cm ) sa drugih radara. Radar u dometu SART plutače će na ekranu pokazati niz usmjerenih svijetlih točkica. Točkice se protežu 8 NM od pozicije SART-a prema rubu ekrana. Ako se stavi linija kroz središta tih točkica dobije se azimut prema SART-u tj. prema čamcu ili splavi unesrećenih. Ako je radar bliže od 0.5 NM točke se pretvaraju u kružnice. SART se nalazi na komandnom mostu i prilikom napuštanja broda se nosi sa sobom. Imena osoba koje su zadužene za uzimanje SART plutače nalaze se na listi za uzbunu. Prema pravilima propisanim IMO organizacijom svaki SART uređaj mora izdržati rad od 96 sati. Svojom funkcijom tako nadopunjuje LEOSAR i GEOSAR satelitske podsustave koji ne mogu precizno locirati plutaču.

**Slika 1. SART uređaj postavljen na najvišu poziciju na splavi [6]**

# 3. ORGANIZACIJA COSPAS-SARSAT

Organizacija Cospas-Sarsat temelji se na pravnom aktu Međunarodni Cospas-Sarsat sporazum (eng. *International Cospas-Sarsat Programme Agreement - ICSPA*) koji određuje glavne dužnosti zemalja članica sustava i sastoji se od dva tijela: vijeća i tajništva.

## 3.1. VIJEĆE

Vijeće Cospas-Sarsat sustava se sastoji od jednog predstavnika iz svake od četiri glavne zemlje u programu (Kanada, Francuska, Rusija i SAD). Sastaje se najmanje jednom u godini kako bi koordiniralo radnje svih zemalja članica. Vijeće se sastaje na privatnim sastancima, primarno kako bi imenovalo upravu tajništva i administraciju programa, uključujući odnose sa zemljama članicama, korisnicima sustava, proizvođačima te međunarodnim organizacijama. Vijeće se također sastaje barem jednom godišnje u otvorenom sastanku tijekom kojeg sve ostale zemlje članice mogu iznijeti neki problem u administraciji i upravi sustava. To uključuje pitanja vezana za zajednički trošak sustava, rad sustava i njegov razvoj te odnose sa međunarodnim organizacijama.

## 3.2. TAJNIŠTVO SUSTAVA

Tajništvo Cospas-Sarsat sustava je administrativno tijelo međunarodnog Cospas-Sarsat sustava. Na Slici 2. prikazan je glavni ured tajništva Cospas-Sarsat sustava koji se nalazi u gradu Montrealu, u pokrajini Quebec u Kanadi. Njegova misija je pomagati vijeću u primjenu svih funkcija sustava u podršci uprave programa. Tajništvo nudi tehničku i operativnu podršku te iskustvo svim zemljama, organizacijama i ostalim članovima sustava po pitanjima statusa sustava, njegovim karakteristikama, potrebama za njegovo izvođenje, odobravanje i registraciju plutača za pogibelj, radnje u segmentima u svemiru i na tlu.

**Slika 2. Glavni ured tajništva Cospas-Sarsat, Montreal [2]**

## 3.3. JEZIK SUSTAVA

ICSPA propisuje trojezičnu komunikaciju glavnog vijeća Cospas-Sarsat sustava engleski, francuski i ruski. Istovremeni prijevod na i sa jednog od ta tri jezika je omogućen na sastancima vijeća. Sastanci radnih tijela održavaju se samo na engleskom jeziku.

## 3.4. ČLANOVI COSPAS-SARSAT SUSTAVA

Slika 3. prikazuje 43 države i organizacije sudionika Cospas-Sarsat sustava. Članovi uključuju 4 glavne države članice, 27 država poslužitelja na tlu, 10 država korisnika i 2 organizacije.

**Slika 3. Zemlje članice Cospas-Sarsat sustava [2]**

Cospas-Sarsat sustav surađuje sa brojnim međunarodnim organizacijama: Međunarodna Civilna Avijacijska Organizacija (eng. *International Civil Aviation Organization – ICAO*), Međunarodna Pomorska Organizacija (eng. *International Maritime Organization – IMO*) i Međunarodna Telekomunikacijska Udruga (eng. *International Telecommunication Union – ITU*) te je sastavni element Globalnog Pomorskog Sustava za Pogibelj i Sigurnost (eng. *Global Maritime Distress Safety System – GMDSS* ).

# 4. COSPAS-SARSAT SUSTAV

Cospas-Sarsat sustav se trenutno sastoji od LEOSAR i GEOSAR satelita. Zbog brojnih nedostataka LEOSAR-a krajem 2018. godine biti će zamijenjen MEOSAR-om.
Cospas-Sarsat sustav se sastoji od 4 podsustava:

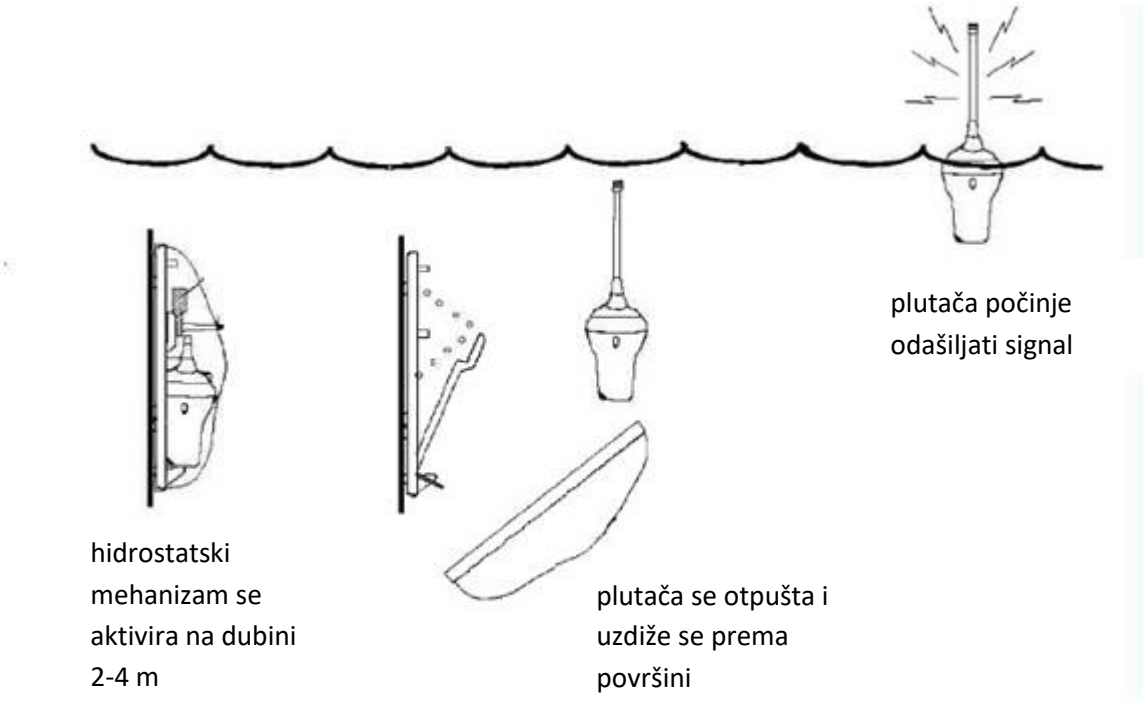
- radiofar za obilježavanje pozicije u pogibelji,
- uređaja na satelitima koji detektiraju signal odaslan radiofarovima,
- lokalnih korisničkih terminala ( eng. *Local User Terminal – LUT* ) i
- kontrolnih centara ( eng. *Mission Control Center – MCC* ).

## 4.1. EPIRB

Radiofarovi za obilježavanje pozicije u pogibelji prema namjeni se mogu koristiti u avijaciji (eng. Emergency Locator Transmitter – ELT), osobne svrhe (eng. *Personal Locator Beacon – PLB*) i nama najvažniji EPIRB u pomorstvu. Frekvencije u pojasu 406.0 do 406.1MHz su isključivo rezervirane za radiofarove za obilježavanje pozicije u pogibelji u radu sa satelitskim sustavima. Svako plovilo registrirano pod SOLAS konvencijom mora imati minimalno 2 EPIRB-a koji se moraju redovito kontrolirati prema uputama proizvođača. Plutača se sastoji od digitalne ploče, predajnika, antene, baterije i senzora za aktivaciju kao što je prikazano na Slici 4.

**Slika 4. EPIRB plutača [3]**

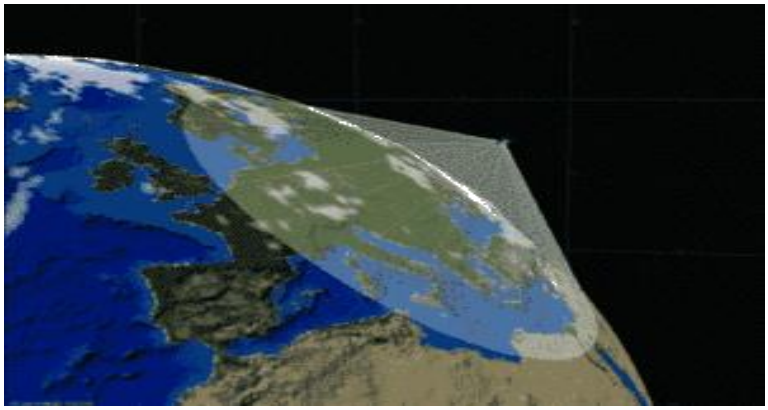
EPIRB plutača se može aktivirati ručno ili automatski, u slučaju da brod tone, kada plutača dosegne 2-4 m dubine, plutača se otpušta automatski uz pomoć hidrostatskog mehanizma (eng. *Hydrostatic Release Unit - HRU*). Dolaskom na površinu počinje se odašiljati radio signal koji sadrži identifikacijski broj plovila kako je prikazano na Slici 5. Sateliti Cospas-Sarsat sustava detektiraju i procesiraju radio signale EPIRB-a te ih prenose najbližem MCC. Kontrolni centar dekodira poruku i proslijeđuje ju odgovarajućim SAR vlastima za organizaciju akcije spašavanja. [2]




**Slika 5. Automatska aktivacija EPIRB plutače [4]**

## 4.2. LEOSAR PODSUSTAV

LEOSAR podsustav se sastoji od pet Sarsat satelita (u vlasništvu SAD, Kanada i Francuska) na visini od 1000 km sa nagibom od $99^0$ u odnosu na ravninu ekvatora i dva Cospas satelita (u vlasništvu Rusije) na visini od 850 km također sa nagibom od $99^0$ u odnosu na ravninu ekvatora. Svaki LEOSAR satelit antenskim snopom pokriva područje na Zemlji širine oko 6000 km što je prikazano na Slici 6. Sarsat satelitima je potrebno 120 minuta, a Cospas satelitima 105 minuta da završe jedan krug po orbiti što je uzrok vremenskog zastoja u prijenosu signala pogibelji koji je veći na ekvatoru a manji na polovima (prosječno 45 minuta). Svaki LEOSAR satelit pruža globalno pokrivanje signala pogibelji minimalno dva puta dnevno. [2]



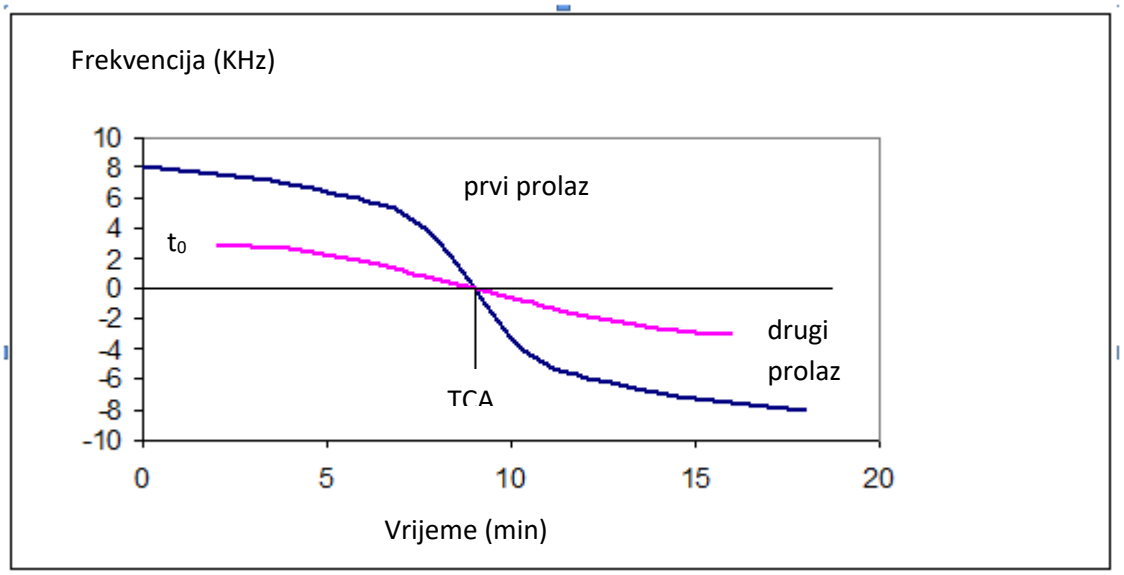
**Slika 6. Područje pokrivanja snopa jednog LEOSAR satelita [2]**

Postoje dva principa rada LEOSAR satelita: lokalni i globalni. Sateliti LEOSAR-a koji rade na lokalnom principu nemaju u sebi ugrađenu memoriju koja može zapamtiti signal pogibelji i u mogućnosti su prenijeti signal pogibelji do stanice na Zemlji samo ako u isto vrijeme vide plutaču i Lokalni korisnički terminal. Sateliti koji rade na globalnom principu imaju u sebi ugrađenu memoriju i mogu zapamtiti signal pogibelji i prenijeti ga stanici kada joj se nađu u dometu. Detekcijom signala pogibelji, LEOSAR računa poziciju pogibelji koristeći Dopplerov efekt. LEOSAR je u mogućnosti izračunati lokaciju EPIRB-a uz moguću grešku do 10km.

### 4.2.1. Dopplerov efekt

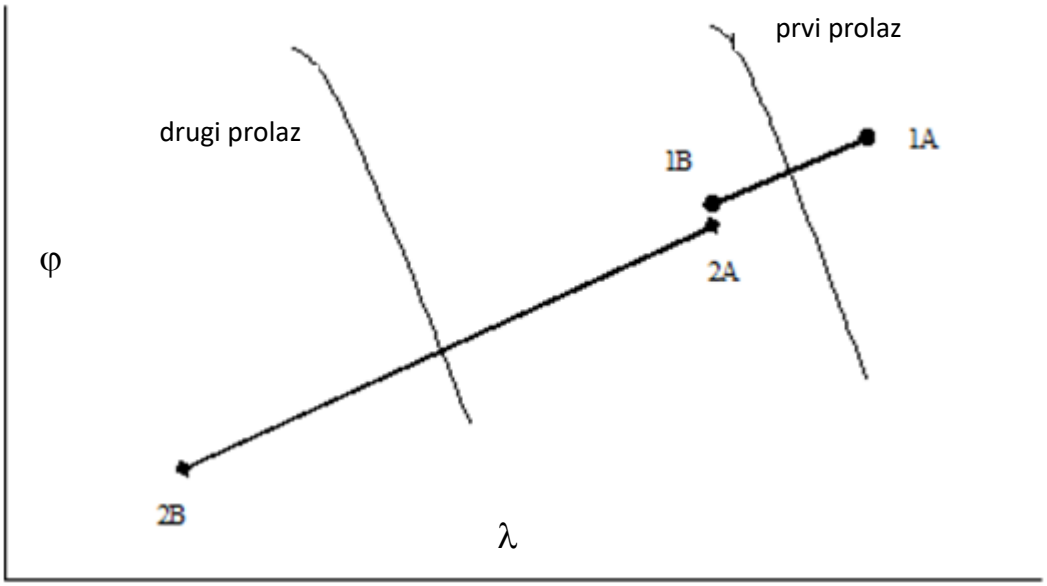
LEO sateliti određuju poziciju koristeći Dopplerov pomak frekvencije koji nastaje zbog gibanja LEO satelita u odnosu na radiofar (EPIRB) i temelji se na dva zakona geometrije prikazana na Slikama 7. i 8.

Slika 7. prikazuje frekvenciju koju prima satelit u odnosu na vrijeme dva prolaza (eng. Pass) satelita. Pri prvom prolazu satelita kut elevacije satelita u odnosu na radiofar ima maksimalnu vrijednost od $60^0$ iznad lokalnog horizonta. U vremenu $t_0$ udaljenost između radiofara i satelita je najveća kao i brzina satelita prema radiofaru, što rezultira prividnim povećanjem frekvenciju koju prima satelit. Porastom kuta elevacije satelita, smanjuje se njegova relativno brzina u odnosu na radiofar što rezultira smanjenjem frekvencije koju prima satelit. Ovaj proces se nastavlja do vremena $t_{tca}$ (eng. *Time of closest approach – TCA*) kada je kut elevacije satelita maksimalan i satelit i radiofar su najbliže. U ovom trenutku vremena vektor brzine satelita prema radiofaru prelazi nulu i postaje negativna te se satelit počinje udaljavati od plutače, što rezultira promjenom Dopplerove krivulje. Kako satelit nastavlja svoju putanju, vektor brzine udaljavanja raste i postaje najveći u trenutku kada satelit nestane sa lokalnog horizonta. Drugi prolaz je prolaz sa kutom elevacije od $20^0$ iznad lokalnog horizonta.[14]




**Slika 7. Dopplerova krivulja [14]**

Slika 8. prikazuje putanje dva uzastopna prolaza jednog satelita prenesene na površinu Zemlje (eng. *Ground track pass*) u razmaku od 100 minuta. S obzirom da je putanja satelita poznata, točka u vremenu $t_{tca}$ se može lako odrediti na putanji. Nagib Dopplerove krivulje u vremenu $t_{tca}$ nam omogućuje da odredimo udaljenost satelita od radiofara i λ (E ili W) radiofara. Ovaj način nam daje dva moguća rješenja za lokaciju: $1_A$ i $1_B$. Drugi prolaz satelita nam nudi drugi skup rješenja za lokaciju: $2_A$ i $2_B$, što nam rješava problem dvosmislenosti rješenja jednog prolaza satelita, u ovom primjeru lokacije označene sa $1_B$ i $2_A$.




**Slika 8. Putanje dva uzastopna prolaza istog LEO satelita [14]**

Još jedna komponenta u određivanju Dopplerovog pomaka frekvencije je Zemljina rotacija, koja je uzrok povećanju frekvencije ako je radiofar zapadno od trase satelita prenesene na površinu Zemlje i smanjenju frekvencije ako je radiofar istočno od trase satelita. Utjecaj Zemljine rotacije na pomak frekvencije je najveći ako se radiofar nalazi na ekvatoru, a najmanji tj. nula ako se nalazi na polovima. LUT-ovi pri izračunu lokacije također uračunavaju i ovaj pomak frekvencije.[14]

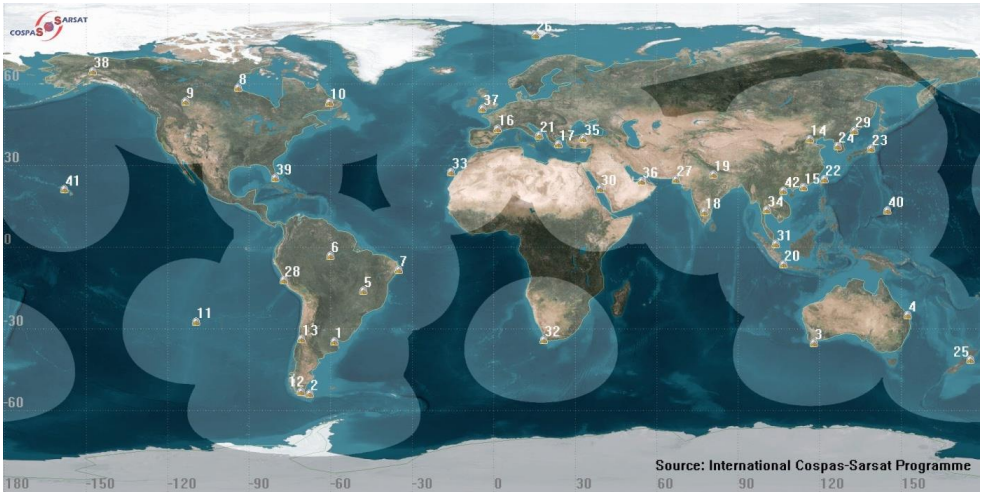
## 4.3. GEOSAR PODSUSTAV

GEOSAR podsustav se sastoji od 4 radna i 5 rezervnih geostacionarnih satelita na visini od 35890km iznad ekvatora na različitim geografskim dužinama, pružajući neprekidno pokrivanje Zemljine površine između $70^0$ N i $70^0$ S. U usporedbi s LEOSAR satelitima, kojima treba neko vrijeme za detekciju, GEO sateliti imaju trenutnu mogućnost detekcije EPIRB-a (u realnom vremenu), ali se ne mogu koristiti za određivanje lokacije pogibelji zato što su u odnosu na Zemlju nepomični i zbog nedostatka relativnog gibanja ne postoji Dopplerov pomak frekvencije. S obzirom na navedeno, lokacija pogibelji mora bi biti odaslana u poruci pogibelji ili dobivena uz pomoć LEOSAR-a. Na slici 9. prikazan je položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju. [2]

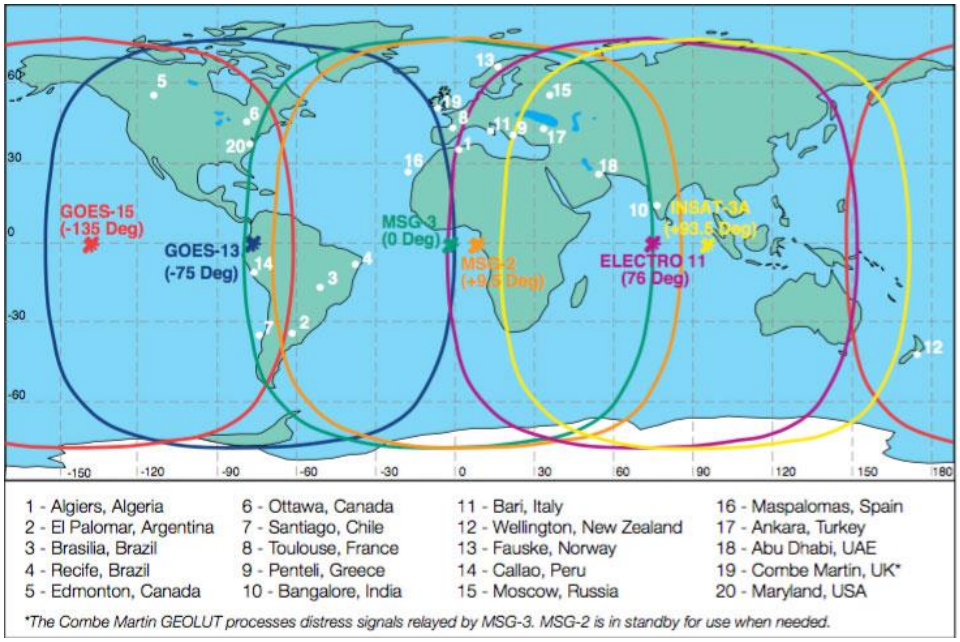
**Slika 9. Položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju [2]**

## 4.4. LOKALNI KORISNIČKI TERMINAL - LUT

Cospas-Sarsat jedinice na Zemljinoj površini zovu se Lokalni Korisnički Terminali (eng. *Local User Terminal – LUT*) i služe za primanje i proslijeđivanje signala pogibelji primljenog od satelita. Postoje dvije vrste LUT-a prema namjeni: za rad sa GEOSAR-om (eng. *Geostationary Local User Terminal – GEOLUT*) i za rad sa LEOSAR-om (eng. *Low-altitude Earth Orbit Local User Terminal – LEOLUT*). Od GEOLUT i LEOLUT operatera se očekuje opskrba SAR centra pouzdanim uzbunama i podatcima o lokaciji. Postoje 42 LEOLUT i 20 GEOLUT operatera na Zemlji kako je prikazano na Slici 10. i 11.




**Slika 10. Područje pokrivanja LEOSAR satelita i LEOLUT-a [2]**




**Slika 11. Područje pokrivanja GEOSAR satelita i GEOLUT-a [2]**

## 4.5. MCC

MCC je centralno mjesto za sakupljanje svih informacija Cospas-Sarsat sustava. Izgled MCC-a prikazan je na Slici 12. Glavni zadatak Kontrolnog centra je prikupljanje, čuvanje i sortiranje uzbuna primljenih od drugih MCC-a i LUT-a. MCC geografski sortira i zatim šalje uzbune odgovarajućim koordinacijskim centrima (eng. *Rescue Coordination Center* – RCC) koji u suradnji sa SAR vlastima organiziraju akciju spašavanja. Svi Kontrolni centri su povezani preko regionalnog Kontrolnog centra koji rukovodi raspodjelom podataka u tom području. Trenutno ih ima 6 koji su raspoređeni u: SAD-u, Francuskoj, Rusiji, Australiji, Japanu i Španjolskoj.

**Slika 12. MCC [15]**

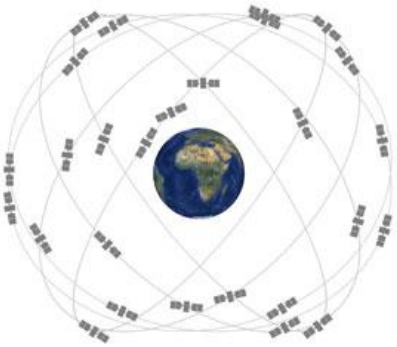
# 5. NOVI KONCEPT SATELITSKOG PODSUSTAVA – MEOSAR

Problem Cospas-Sarsat sustava je održavanje LEO satelita tj. njihova zamjena zato što lansiranje novih LEO satelita predstavlja veliki trošak. Zbog financijskih razloga pronađeno je jednostavnije rješenje te je 2009. godine donesen plan za postavljanje SAR prijamnika na GNSS satelite, time stvarajući novi podsustav MEOSAR. Proces nadogradnje GNSS satelita SAR prijamnicima započeo je 2013. godine, a potpuna funkcionalnost MEOSAR-a očeuje se 2018. godine.

## 5.1. GNSS

Pojam Globalni navigacijski satelitski sustav (eng. *Global Navigation Satellite System – GNSS*) je naziv za konstelaciju satelita na visini od 19,100 do 23,222 km iznad Zemljine površine. GNSS prijamnici računaju lokaciju plovila koristeći vrijeme odašiljanja signala. S obzirom da se u svakom datom trenutku zna gdje je koji satelit, ovisno o vremenu kada je primljen signal, prijamnik na GNSS satelitima je u mogućnosti precizno izračunati lokaciju. GNSS pojam obuhvaća 3 satelitske tehnologije: sustav za globalno pozicioniranje (eng. *Global Positioning System – GPS*), ruski globalni navigacijski satelitskog sustav (rus. *Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema – GLONASS*) i europski satelitski sustav Galileo.

### 5.1.1. GPS

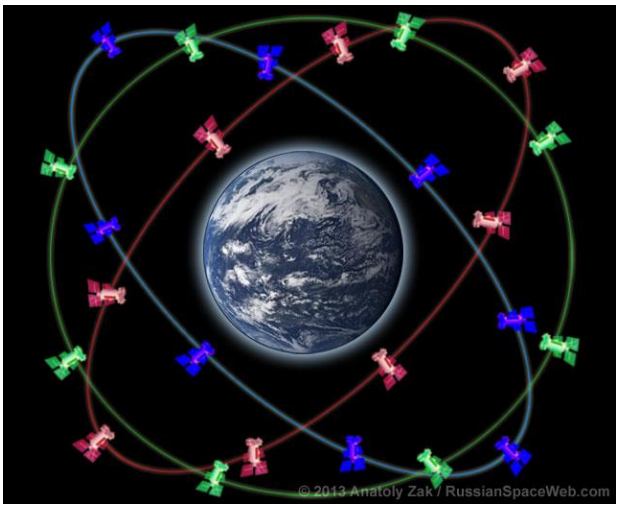


**Slika 13. Orbite GPS satelita [10]**

GPS je globalni sustav za pozicioniranje u vlasništvu ministarstva obrane SAD-a. U situacijama u kojima ministarstvo obrane smatra da postoji prijetnja sigurnosti stanovnika SAD-a, u mogućnosti je ometati signal GPS satelita zbog čega sustav nije dovoljno pouzdan. Sastoji se od 27 satelita koji oblijeću Zemlju na visini od 20,200 km sa periodom kruženja oko Zemlje od 12 sati. Sateliti su raspoređeni u 6 orbita sa nagibom u odnosu na ravninu ekvatora od $55^0$. Na Slici 13. prikazan je raspored orbita GPS satelita u odnosu na Zemlju. U svakom trenutku bilo gdje na Zemlji GPS sustav je u mogućnosti pružati uslugu sa minimalno 5 satelita.[10]

### 5.1.2. GLONASS

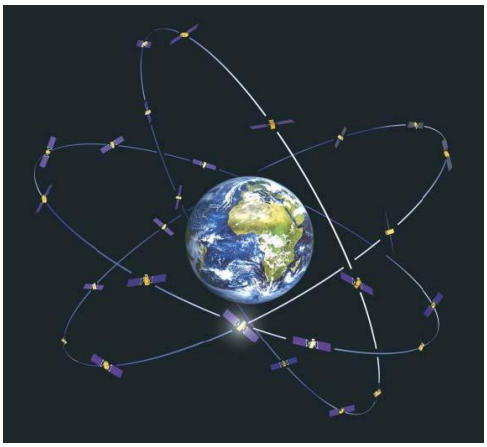
GLONASS je globalni sustav za pozicioniranje u vlasništvu Rusije. Sastoji se od 24 satelita koji oblijeću Zemlju na visini od 19100 km sa periodom kruženja oko Zemlje od 11 sati i 15 minuta. Sateliti su ravnomjerno raspoređeni u 3 orbite sa nagibom u odnosu na ravninu ekvatora od $64.8^0$. Na Slici 14. prikazan je raspored orbita GLONASS satelita. U svakom trenutku bilo gdje na Zemlji GLONASS sustav je u mogućnosti pružati uslugu sa minimalno 5 satelita.[11]




**Slika 14. Orbite GLONASS satelita [11]**

### 5.1.3. Galileo

Galileo je globalni sustav za pozicioniranje u vlasništvu Europske unije. Sastoji se od 30 satelita koji oblijeću Zemlju na visini od 23222 km sa periodom kruženja oko Zemlje od 14 sati. Sateliti su ravnomjerno raspoređeni u 3 orbite sa nagibom u odnosu na ravninu ekvatora od $56^0$. Na Slici 15. prikazan je raspored orbita Galileo satelita. U svakom trenutku bilo gdje na Zemlji Galileo sustav je u mogućnosti pružati uslugu sa minimalno 6 satelita.[12]



**Slika 15. Orbite Galileo satelita [12]**

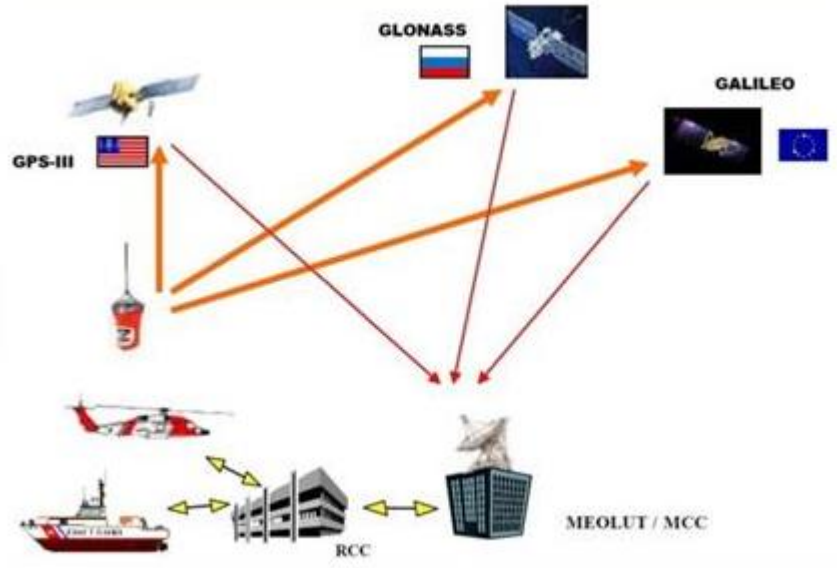
## 5.2. MEOSAR

Cospas-Sarsat organizacija je u procesu razvoja novog podsustava – MEOSAR. Plan za MEOSAR je iznesen 2009. godine na sastanku tajništva Cospas-Sarsat sustava zato što su LEO sateliti postali preskupi za održavanje (zamjenu), a proces realizacije plana je počeo 2013. MEOSAR se temelji na SAR prijamnicima postavljenima na GNSS satelite. U Tablici 1 prikazana je usporedba MEOSAR-a sa LEOSAR-om i GEOSAR-om.

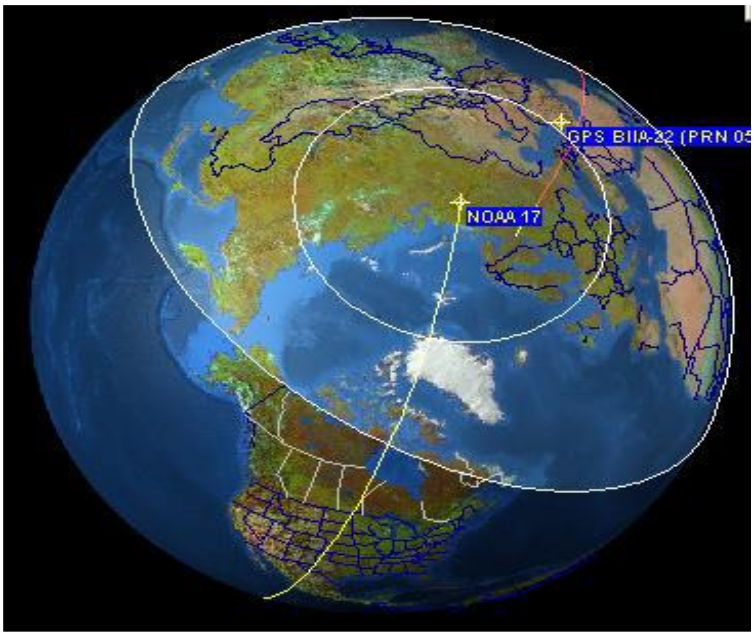
Aktivacijom EPIRB-a odašilje se signal kojeg MEOSAR sateliti u roku od nekoliko sekundi primaju i prenose MEOLUT stanicama na Zemlji. MEOLUT postaje prosljeđuju podatke o pogibelji MCC-u koji obavještava SAR vlasti blizu lokacije pogibelji. SAR vlasti organiziraju i izvode akciju traganja i spašavanja. Princip funkcioniranja MEOSAR-a prikazan je na Slici 16. Aktivacijom radiofara počinje se odašiljati signal pogibelji koji primaju sateliti GPS, GLONASS i Galileo te ga proslijeđuju LUT stanicama na Zemlji. LUT stanice na Zemlji

signal pogibelji prenose MCC-u koji obavijest o pogibelji prenosi odgovarajućim SAR vlastima na tom području. SAR vlasti organiziraju i obavljaju akciju spašavanja unesrećenih.

MEOSAR se pri određivanju pozicije koristi Dopplerovim efektom, a istovremeno pokriva cijelu površinu Zemlje zbog velikog broja satelita i velike udaljenosti satelita od Zemlje, što mu omogućuje iznimno preciznu lokaciju. Na Slici 17. Prikazano je područje pokrivanja LEOSAR-a u usporedbi sa MEOSAR-om,a u Tablici 1. Prikazana je usporedba MEOSAR-a sa LEOSAR-om i GEOSAR-om. S obzirom na navedene podatke za GNSS satelite, svako odašiljanje signala pogibelji, bilo gdje na Zemlji će biti pokriveno sa minimalno 16 satelita. Primarni cilj Cospas-Sarsat sustava je spašavanje ljudskih života, čemu će MEOSAR sustav pridonijeti u svakom pogledu. Velika zalihost i dostupnost GNSS satelita će pružati precizniju lokaciju koja će biti moguća kroz samo 5 minuta nakon aktivacije odašiljanja signala pogibelji na temelju samo jednog odašiljanja. S obzirom na potencijal MEOSAR-a, na vijeću Cospas-Sarsat sustava je odlučeno da će se LEOSAR podsustav zamijeniti MEOSAR podsustavom. Potpuna funkcionalnost MEOSAR-a očekuje se do kraja 2018. godine. [2]




**Slika 16. Princip rada MEOSAR sustava [2]**




**Slika 17. Odnos pokrivanja Zemlje jednog LEOSAR i jednog MEOSAR satelita [13]**

**Tablica 1. Usporedba MEOSAR-a sa GEOSAR-om i LEOSAR-om [2]**

| LEOSAR | GEOSAR | MEOSAR |
|---|---|---|
| Malo područje pokrivanja jednog satelita | Veliko područje pokrivanja jednog satelita | Veliko područje pokrivanja jednog satelita |
| Mali broj satelita-duže čekanje do detekcije plutače | Ne može odrediti poziciju, nego služi samo detekciji | Velik broj satelita-vrlo kratko čekanje do detekcije plutače |
| Pokrivaa cijelu Zemlju | Ne pokriva polove | Pokriva cijelu Zemlju |
| Koristi Dopplerov efekt pri računanju pozicije | Ne koristi Dopplerov efekt | Koristi Dopplerov efekt pri računanju pozicije |
| Neprecizna lokacija - do 10km greške | Velika udaljenost od Zemlje - češće smetnje u protoku signala | Potrebno je minimalno 3 satelita za precizno određivanje pozicije - greška do 100m |

### 5.2.1. Dopplerov efekt

Suprotno od računanja Dopplerovog pomaka frekvencije LEO satelita, koji zahtijevaju ponavljanje signala s EPIRB-a i jedan satelit za računanje pozicije, MEO sateliti mogu izračunati poziciju na temelju samo jednog emitiranja signala, ali je potrebno minimalno tri satelita za izračun. Dvije tehnike kojima se MEO sateliti koriste pri izračunu su razlika frekvencije prijema signala (eng. *Frequency difference of arrival – FDOA*) i razlika vremena prijema signala (eng. *Time difference of arrival – TDOA*).

FDOA je tehnika za procjenu pozicije radiofara koja se temelji na promatranju sa više različitih mjesta. Razlikuje se od TDOA tehnike u tome što se mijesta promatranja kreću u odnosu na plutaču i ostala mjesta promatranja. Ova gibanja rezultiraju različitim pomakom frekvencija za svako mjesto promatranja. Pozicija radiofara se može procijeniti na temelju podataka o poziciji satelita u svakom danom trenutku. Glavni nedostatak ove tehnike je što velika količina podataka mora biti prenesena od satelita do satelita, a za to je zadužen samo jedan MEOLUT.

Multilateracja (hiperbolično pozicioniranje) je proces koji MEOSAR koristi za lokaciju radiofara precizno računajući TDOA signala koji odašilje radiofar do tri ili više satelita. Signal koji radiofar odašilje će doći do dva različita satelita u malom razmaku vremena, zbog razlike u udaljenosti tih satelita od radiofara. Sa dva satelita na različitim lokacijama, pozicija odašiljača se može staviti na zamišljeni hiperboloid. Satelitima za izračun pozicije nije potrebno točno vrijeme kada je odaslan signal već vremenska razlika prijema signala tih satelita. Treći satelit (prijamnik) na trećoj lokaciji pruža drugi TDOA i stavlja poziciju odašiljača na drugi zamišljeni hiperboloid. Presjek ova dva hiperboloida predstavlja krivlju na kojoj je smješten radiofar te možemo dobiti dvodimenzionalnu poziciju. Sa četvrtim satelitom možemo staviti poziciju prijamnika na treći zamišljeni hiperboloid te tako dobiti poziciju sa tri dimenzije.

## 5.3. PLUTAČE U RADU SA MEOSAR SUSTAVOM

Pozicija 406-MHz EPIRB plutače se određuje koristeći se Dopplerovim efektom u gibanju satelita. Preciznost izračuna lokacije ovisi o broju „*naleta*“ signala koje satelit prima. Preciznost se povećava ako satelit prođe direktno iznad plutače, jer tada satelit prima najviše naleta signala. Najveći problem tih plutača je što je potrebno više vremena da bi se dobile precizne koordinate plutače. Za razliku od običnih EPIRB plutača, razvijena je nova generacija plutača za globalno obilježavanje pozicije (eng. *Global Position Indicating Radio Beacon – GPIRB*) koja u sebi ima ugrađen GPS, te može poziciju odrediti i odašiljati. GPIRB je prikazan na Slici 18. Nakon odašiljanja se gasi na 20 minuta zbog uštede energije, te nakon 20 minuta ponavlja proces određivanja i odašiljanja svoje lokacije. Aktivira se automatski zaranjanjem na dubinu između 2 i 4m hidrostatskim mehanizmom i ima vijek trajanja baterije 48 radnih sati. Prednost GPIRB-a u odnosu na starije plutače je da može gotovo odmah dobiti preciznu lokaciju sa iznimno malom greškom:

- 30 sekundi nakon aktivacije plutače možemo dobiti lokaciju sa greškom do 5 km,
- 5 minuta nakon aktivacije plutače možemo dobiti lokaciju sa greškom do 1 km i
- 30 minuta nakon aktivacije plutače možemo dobiti lokaciju sa greškom do 100m maksimalno [9].

**Slika 18. GPIRB [16]**

# 6. ZAKLJUČAK

Prvom polovicom 20. stoljeća komunikacije u pogibelji temeljile su se na telegrafiji. Zbog sporog prenošenja poruka telegrafskog uređaja i ovisnosti o vremenskim uvjetima drugom polovicom 20. stoljeća uvodi se jedinstveni globalni sustav za uzbunjivanje, traganje i spašavanje i pojednostavljenje komunikacija, GMDSS.

Sve komunikacije tijekom SAR akcija u potpunosti se zasnivaju na mogućnostima koje pruža GMDSS sustav. Da bi se SAR akcija uspješno odvijala, potrebno je da svaki operater dobro poznaje pravilno radiokomuniciranje. Ugovorna organizacija, u sklopu GMDSS-a, je Cospas-Sarsat koji je sustav za detektiranje i lociranje radiofarova u pogibelji, .

Cospas-Sarsat sustav se sastoji od 4 podsustava: radiofarova za odašiljanje signala u pogibelji, satelita, LUT-a i MCC-a.

Radiofarovi za odašiljanje signala u pogibelji aktiviraju se ručno ili automatski uz pomoć hidrostatskog mehanizma kada zarone na dubinu između dva do četiri metra. Rade na frekvencijama između 406.0 MHz i 406.1 MHz.

MCC je centralno mjesto za sakupljanje svih informacija Cospas-Sarsat sustava. MCC sakuplja, analizira i raspodjeljuje obavijesti o pogibelji dobivene od LUT-ova i uzbunjuje nacionalne RCC koji sprovode SAR operacije..

Tri su sustava satelitske podrške: LEOSAR, GEOSAR i MEOSAR.
Cospas-Sarsat zemaljske postaje LUT služe za primanje i signala pogibelji primljenog od satelita i određivanje pozicije temeljem Doppler pomaka frekvencije koji nastaje zbog relativnog gibanja satelita u odnosu na aktiviranu plutaču EPIRB. Postoje dvije vrste LUT-a prema namjeni: za rad sa GEOSAR-om i za rad sa LEOSAR-om.

LEOSAR podsustav se sastoji od pet Sarsat satelita u vlasništvu SAD-a, Kanade i Francuske na visini od 1000 km i dva Cospas satelita u vlasništvu Rusije na visini od 850 km. Za izračun pozicije se služi Dopplerovom promjenom frekvencije signala između radiofara i satelita. Glavni nedostatci podsustava su malo područje pokrivanja snopa jednog satelita, mal broj satelita i neprecizna lokacija koja može imati grešku do 10 km. Zastarjelost LEOSAR satelita zahtjeva ulaganja, što je rezultiralo odlukom da se do konca 2018. godine LEOSAR zamjeni MEOSAR-om.

GEOSAR podsustav se sastoji od 4 radna i 5 rezervnih geostacionarnih satelita na visini od 35890km iznad ekvatora na različitim geografskim dužinama, pružajući neprekidno pokrivanje Zemljine površine između 700 N i 700 S. U usporedbi s LEOSAR satelitima, kojima treba neko vrijeme za detekciju, GEOLUT ima trenutnu mogućnost detekcije EPIRB-, ali se ne mogu koristiti za određivanje lokacije pogibelji zato što su u odnosu na Zemlju nepomični i zbog nedostatka relativnog gibanja ne postoji Dopplerov pomak frekvencije. S obzirom na navedeno, lokacija pogibelji mora bi biti odaslana u poruci pogibelji ili dobivena uz pomoć LEOSAR-a.

Plan implementacije MEOSAR sustava započet je 2009. godine na sastanku tajništva Cospas-Sarsat sustava, a proces realizacije je započeo 2013. godine. MEOSAR se temelji na SAR prijamnicima postavljenima na GNSS satelite.

MEOSAR se pri određivanju pozicije također koristi Dopplerovim efektom, a ostvaruje globalnu pokrivenost Zemlje zbog velikog broja satelita. Veća udaljenost MEO satelita od Zemlje u odnosu na LEO, omogućuje iznimno preciznu lokaciju unutar samo pet minuta nakon odašiljanja signala pogibelji.

LEOLUT računa Dopplerov pomak frekvencije LEO satelita i EPIRB plutače, na način koji zahtijeva ponavljanje signala s EPIRB-a te jedan satelit za računanje pozicije.

MEOLUT računa poziciju na temelju samo jednog emitiranja signala, ali su potrebna minimalno tri satelita za izračun.

MEOSAR sustav je skratio vrijeme detekcije plutače i na taj način ubrzao alarmiranje o pogibelji SAR službama i skratio vrijeme potrebno za lociranje unesrećenih. Brzina detekcije ima izravan utjecaj na vjerojatnost preživljavanja ljudi u pogibeljnoj situaciji. Vlasnička distribuiranost MEOSAR sustava je iskorak u dosadašnjoj praksi jer sustav ne ovisi o samo jednom GNSS sustavu.

Potpuna funkcionalnost MEOSAR-a očekuje se krajem 2018. godine.

# LITERATURA


1. Levesque, Daniel: *The History and Experience of the International Cospas-Sarsat Programme for Search and Rescue*, *International Astronautical Federation-IAF*, Pariz, 2016.
2. https://www.cospas-sarsat.int (pristupljeno 1. svibnja 2017.)
3. https://www.acrelectronics.it/en/epirbs-category-2/44-globalfix-pro.html (pristupljeno 25. svibnja 2017.
4. https://fccid.io/document.php?id=1476165 (pristupljeno 25. svibnja 2017.)
5. http://www.psgincs.com/scheduling-services/ (pristupljeno 25. svibnja 2017.)
6. http://estamars.com/index.php?main_page=index&cPath=73_75 (pristupljeno 28.05.2017.)
7. IMO Model course 1.25, *General operator's certificate for the Global maritime distress and safety system*, IMO, London, 2015
8. http://www.insidegnss.com/auto/novdec14-WP_0.pdf (pristupljeno 9. lipnja 2017.)
9. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo, International Civil Aviation Organization (ICAO), https://www.icao.int/APAC/Meetings/2014%20APSAR%20TF2/System%20Overview.pdf (pristupljeno 10. lipnja 2017.)
10. http://www.gps.gov/systems/gps/space/ (pristupljeno 20. lipnja 2017.)
11. http://www.russianspaceweb.com/glonass.html (pristupljeno 20. lipnja 2017.)
12. https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/giove (pristupljeno 20. lipnja 2017.)
13. https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cospas-sarsat (pristupljeno 20. lipnja 2017.)
14. Doppler and MEOSAR locating techniques.doc
15. https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2015/september/10/mcmurdo-experience-center (pristupljeno 27. lipnja 2017.)
16. http://www.boatus.com/cruising/ithaka/200704-15.asp (pristupljeno 27. lipnja 2017.)

# POPIS SLIKA

Slika 1. SART uređaj postavljen na najvišu poziciju na splavi [6] ..... 10
Slika 2. Glavni ured tajništva Cospas-Sarsat, Montreal [2] ..... 12
Slika 3. Zemlje članice Cospas-Sarsat sustava [2] ..... 13
Slika 4. EPIRB plutača [3] ..... 14
Slika 5. Automatska aktivacija EPIRB plutače[4] ..... 15
Slika 6. Područje pokrivanja snopa jednog LEOSAR satelita [2] ..... 16
Slika 7. Dopplerova krivulja [14] ..... 17
Slika 8. Putanje dva uzastopna prolaza istog LEO satelita [14] ..... 18
Slika 9. Položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju [2] ..... 19
Slika 10. Područje pokrivanja LEOSAR satelita i LEOLUT-a [2] ..... 20
Slika 11. Područje pokrivanja GEOSAR satelita i GEOLUT-a [2] ..... 20
Slika 13. Orbite GPS satelita [10] ..... 22
Slika 14. Orbite GLONASS satelita [11] ..... 23
Slika 15. Orbite Galileo satelita [12] ..... 24
Slika 16. Princip rada MEOSAR sustava [2] ..... 25
Slika 17. Odnos pokrivanja Zemlje jednog LEOSAR i jednog MEOSAR satelita [13] ..... 26

# POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba MEOSAR-a sa GEOSAR-om i LEOSAR-om…….. 18