

Modernizacija Cospas-Sarsat sustava

Marasović, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:556691>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**

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](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

ANTE MARASOVIĆ

MODERNIZACIJA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

ZAVRŠNI RAD

Split, 2024.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

MODERNIZACIJA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

doc. dr. sc. Dean Sumić

STUDENT:

Ante Marasović

(MB: 0171279082)

Split, 2024.

SAŽETAK

Sustav COSPAS-SARSAT predstavlja ključni svjetski sustav za uzbunjivanje, traganje i spašavanje u pogibelnim situacijama. Sustav je razvijen kako bi pružio brzu i preciznu detekciju te lokacije radiofarova u pogibelji, što omogućuje brže i učinkovitije spašavanje ljudi i plovila u pogibelji diljem svijeta. Sustav se temelji na satelitskoj i zemaljskoj infrastrukturi te se sastoji od radiofarova, satelita, zemaljskih postaja za prijem signala i koordinacijskih centara. Postoje tri glavna podsustava satelitske podrške: LEOSAR, GEOSAR i MEOSAR. Jedna od ključnih komponenti modernizacije COSPAS-SARSAT sustava je implementacija MEOSAR-a, što predstavlja značajan korak naprijed u usporedbi s prethodnim LEOSAR-om. MEOSAR sustav uključuje satelite u srednjoj Zemljinoj orbiti koji omogućuju brži, precizniji, jeftiniji i širi opseg pretrage i spašavanja. Ukupno gledajući, modernizacija COSPAS-SARSAT sustava putem uvođenja MEOSAR-a donosi brojne prednosti poput učinkovitosti, brzine i točnosti u spašavanju osoba u pogibelji diljem svijeta. Ova modernizacija osigurava da sustav ostane relevantan i pouzdan u suvremenim uvjetima, čime se spašavaju životi i osigurava sigurnost svih koji su suočeni s pogibelnim situacijama na moru, zraku ili kopnu.

Ključne riječi: lokacijski sustav, COSPAS-SARSAT sustav, traganje i spašavanje, modernizacija

ABSTRACT

The COSPAS-SARSAT system is an important global system for alerting, search and rescue in emergency situations. The system has been developed to enable fast and accurate detection and location of radio beacons in distress and thus faster and more efficient rescue of seafarers and ships in distress around the world. The system is based on a satellite and ground infrastructure and consists of radio beacons, satellites, ground stations for signal reception and coordination centers. There are three main satellite support subsystems: LEOSAR, GEOSAR and MEOSAR. One of the most important components of the modernization of the COSPAS-SARSAT system is the introduction of MEOSAR, which represents a significant advance over the previous LEOSAR. The MEOSAR system comprises satellites in medium Earth orbit that enable faster, more precise and more comprehensive search and rescue. Overall, the modernization of the COSPAS-SARSAT system through the introduction of MEOSAR brings numerous benefits in terms of efficiency, speed and accuracy in rescuing people in danger around the world. This modernization ensures that the system remains relevant and reliable in today's conditions to save lives and ensure the safety of all those in emergency situations at sea, in the air or on land.

Keywords: location system, COSPAS-SARSAT system, search and rescue, modernization

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POVIJESNI COSPAS-SARSAT KONCEPT	2
2.1. DVA INTEROPERABILNA SATELITSKA SUSTAVA – SAD I SOVJETSKI SAVEZ	2
2.2. MEĐUNARODNI SPORAZUM O PROGRAMU COSPAS-SARSAT.....	4
2.3. STRUKTURA COSPAS-SARSAT SUSTAVA.....	5
2.3.1. Vijeće.....	5
2.3.2. Tajništvo.....	6
2.3.3. Zemlje dionici	7
2.3.4. Službeni jezici COSPAS-SARSAT sustava.....	7
2.3.5. Financiranje COSPAR-SARSAT sustava.....	8
2.4. NAMJENA COSPAS-SARSAT SUSTAVA.....	9
2.4.1. EPIRB	10
2.4.2. ELT	11
2.4.3. PLB	12
2.4.4. Lokalni korisnički terminal.....	13
2.4.5. Kontrolni centar	15
2.5. UČINKOVITOST COSPAS-SARSAT TEHNOLOGIJE U SPAŠAVANJU ŽIVOTA.....	16
3. MODERNIZACIJA COSPAS-SARSAT SUSTAVA.....	18
3.1. MODERNIZACIJA SATELITSKOG SUSTAVA	18
3.1.1. LEOSAR sustav	18
3.1.2. GEOSAR satelitski sustav	21
3.1.3. MEOSAR SATELITSKI PODSUSTAVI.....	22
3.1.4. GNSS.....	26
3.1.5. GPS	26
3.1.6. GLONASS.....	28
3.1.7. GALILEO	29
3.1.8. BeiDou.....	30
3.2. MODERNIZACIJA RADIOFAROVA.....	30
3.2.1. GPIRB.....	31
3.2.2. RLS	32
4. BUDUĆI PRAVCI NAPRETKA COSPAS-SARSAT SUSTAVA.....	34
5. ZAKLJUČAK.....	35

LITERATURA:	38
POPIS SLIKA	42
POPIS TABLICA	43
POPIS KRATICA	44

1. UVOD

Kad su brza reakcija i učinkovitost ključni u spašavanju ljudskih života, sustavi potrage i spašavanja igraju nezamjenjivu ulogu. Jedan od važnijih i svjetski priznatih sustava ovog tipa je Međunarodni program satelitske potrage i spašavanja (*rus. Cosmicheskaya Sustava Poiska Avariynyh Sudov-COSPAS i engl. Search And Rescue Satellite-Aided Tracking-SARSAT*). Ovaj inovativni međunarodni program ima značajan utjecaj na spašavanje u pogibeljnim situacijama diljem svijeta. Njegova povijest i evolucija iz temeljnih koncepata do sofisticiranih tehnoloških dostignuća zaslužuju pažnju i analizu.

Uvođenje inovacija i naprednih tehnologija u svrhu unaprjeđenja pogibeljnih postupaka potrage i spašavanja predstavlja ključni aspekt suvremenog društva. Jedan od najvažnijih koraka prema povećanju učinkovitosti ovih operacija je modernizacija COSPAS-SARSAT sustava. Ovaj sustav, koji je odigrao ključnu ulogu u spašavanju života širom svijeta, neprestano se razvija kako bi iskoristio nove tehnologije i koncepte. U ovom radu istražuju se ključni aspekti ovog procesa, istražujući kako su inovacije poput poboljšanih satelitskih mreža, naprednih algoritama za lociranje i integracije sa sustavima navigacije igrale ulogu u transformaciji ovog svjetskog sustava spašavanja.

Predmet istraživanja u ovom radu je COSPAS-SARSAT sustav te modernizacija istog. Završni rad podijeljen je u 4 poglavlja. U uvodnom poglavlju razmatra se povijesni koncept COSPAS-SARSAT , te njegova struktura. U trećem i četvrtom poglavlju obrađena je sama modernizacija COSPAS-SARSAT sustava te su navedene inovacije u samom sustavu.

2. POVIJESNI COSPAS-SARSAT KONCEPT

Projekt satelitskog sustava COSPAS-SARSAT za potragu i spašavanje inicirali su 1979. članovi četiri agencije iz Kanade, Francuske, Sjedinjenih Američkih Država i SSSR-a. COSPAS-SARSAT sustav osigurava brze upozoravajuće signale s preciznim podacima o lokaciji u raznim situacijama pogibelji na kopnu i moru, oslobađajući SAR timove od dugotrajnih, skupih i neefikasnih potraga za nestalim zrakoplovima, plovilima ili osobama. Čak i u 21. stoljeću, ovaj projekt ostaje jedinstveni primjer međunarodne suradnje među 45 država i organizacija koje pružaju kontinuiranu satelitsku uslugu besplatno svim korisnicima u pogibelji diljem svijeta [.17.].

Mobilni komunikacijski satelitski sustav, koji je počeo s radom 1979. godine, bio je planiran da postane ključni element GMDSS-a, zajedno s tradicionalnim zemaljskim radijskim komunikacijskim sustavima. Također, GMDSS je obuhvaćao upotrebu satelitskih radiofarova za automatsko izvještavanje o opasnostima i prikazivanje položaja u slučaju pogibelji (*engl. Emergency Position-Indicating Radiobeacon - EPIRB*) [17].

2.1. DVA INTEROPERABILNA SATELITSKA SUSTAVA – SAD I SOVJETSKI SAVEZ

Analogna tehnologija temeljena na frekvenciji od 121,5 MHz, koja se koristila u postojećim zrakoplovnim uređajima za izdavanje signala u slučaju pogibelji, postavila je ozbiljna ograničenja za očekivane performanse satelitskog sustava koji su razmatrali Kanada i Sjedinjene Američke Države. Ovi izazovi su uključivali pitanja vezana za pokrivenost, kapacitet i preciznost lokacije. S obzirom na to, frekvencijski opseg od 406 MHz je bio rezerviran od strane Međunarodne telekomunikacijske agencije (*engl. International Maritime Union – ITU*) za satelitske odašiljače za uzbunu i digitalna tehnologija koju je razvila Francuska za prikupljanja podataka i pozicioniranja, smatran je optimalnim za napredak prema unaprijedom satelitskom sustavu za uzbunjivanje i lociranje. Međutim, već postavljenih 150.000 odašiljača za pogibeljne slučajeve

(*engl. Emergency Locator Transmitters - ELT*) koji rade na frekvenciji od 121,5 MHz u Sjedinjenim Američkim Državama i Kanadi nije bilo moguće zanemariti [17].

U sklopu projekta suradnje "SAR praćenja pomoću satelita", koji je uključivao Kanadsko ministarstvo komunikacija, Francuski Nacionalni centar za svemirska istraživanja i Američku Nacionalnu upravu za zrakoplovstvo i svemir (*engl. National Aeronautics and Space Administration - NASA*), razvijena su dva ključna cilja:

- osigurati potrebni nadzor i lociranje za postojeće ELT-ove koji koriste frekvenciju 121,5MHz i
- provoditi eksperimente s novom tehnologijom baziranom na frekvenciji 406 MHz radi unaprjeđenja karakteristika, uključujući globalnu pokrivenost, identifikaciju izvora signala za pomoć i precizno pozicioniranje temeljeno na Dopplerovom efektu [.17].

U Sovjetskom Savezu, ministarstvo trgovačke mornarice pokrenulo je sličan projekt za pomaganje brodovima u pogibelji - satelitski sustav COSPAS. Ovaj sustav se fokusirao na digitalnoj tehnologiji baziranoj na frekvenciji 406 MHz, koja je bila predviđena kao znatno učinkovitija u pomorskim uvjetima u usporedbi s postojećom tehnologijom na frekvenciji 121,5MHz [17].

Naglasak na međunarodnoj suradnji u svemiru omogućio je spajanje ovih projekata kako bi se postigli kompatibilnost i maksimizirala korist. Ovim spajanjem, signal za uzbunjivanje poslan putem bilo kojeg satelita u COSPAS-SARSAT sustavu do bilo koje zemaljske prijemne stanice smanjio bi vrijeme čekanja na prolazak satelita iznad mjesta pogibelji. Stoga su četiri partnera započela razvoj spojenog COSPAS-SARSAT satelitskog sustava za potragu i spašavanje. Službeni početak ovog pothvata dogodio se 1979. godine kroz potpisivanje Memoranduma o razumijevanju (*engl. Memorandum of Understanding- MOU*) između Kanade, Francuske, SAD-a i SSSR-a. Ovaj uspješni pothvat je nastavljen putem drugih MOU-ova potpisanih 1984. godine, koji su omogućili operativnu upotrebu satelitskog sustava [17].

2.2. MEĐUNARODNI SPORAZUM O PROGRAMU COSPAS-SARSAT

Međunarodni COSPAS-SARSAT Programski sporazum (*engl. International COSPAS-SARSAT Programme Agreement - ICSPA*) je potpisan u Parizu u srpnju 1988. godine kako je i prikazano na Slici 1., čime je osigurana budućnost COSPAS-SARSAT sustava i otvoren put za njegovo uključivanje kao dijela globalnog sustava pomorske sigurnosti putem Međunarodne pomorske organizacije (*engl. International Maritime Organization - IMO*) [17].

ICSPA je potaknuo druge zemlje koje nisu bile izvorno partneri u četverostranom sporazumu da se uključe kao "Pružatelji zemaljskih segmenata" ili "korisničke države", što je dodatno doprinijelo transformaciji eksperimentalnog sustava u istinski operativnu satelitsku uslugu. Ova usluga je bila dostupna svim zemljama i besplatna za sve korisnike u pogibeljnim situacijama [17].



Slika 1. Potpisivanje međunarodnog COSPAS-SARSAT sporazuma [22]

2.3. STRUKTURA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

Struktura organizacije COSPAS-SARSAT temelji se na pravnom dokumentu znanom kao Međunarodni sporazum o programu COSPAS-SARSAT. Ovaj sporazum igra ključnu ulogu u određivanju ključnih odgovornosti zemalja članica ovog sustava. Organizacija se sastoji od dva osnovna tijela, to su Vijeće i Tajništvo [19].

2.3.1. Vijeće

Vijeće COSPAS-SARSAT sustava sastoji se od pojedinca koji predstavlja svaku od četiri strane Međunarodnog sporazuma o programu COSPAS-SARSAT, a to su Kanada, Francuska, SSSR-a i SAD-a. Svrha Vijeća je provoditi relevantne politike i usklađivati aktivnosti ovih strana. Vijeće se redovito sastaje, minimalno jednom godišnje, ali po potrebi može održavati sastanke koliko god je nužno da obavlja svoje zadatke. Odluke Vijeća donose se jednoglasno putem glasova predstavnika svake strane [19].

Sastanci Vijeća održavaju se zatvoreno, prisustvujući samo predstavnici strana. Ovi sastanci su usmjereni na razgovore o upravljanju Tajništvom i administracijom Programa, uključujući odnose s budućim zemljama sudionicama, korisnicima sustava, proizvođačima i međunarodnim organizacijama [19].

Također, Vijeće organizira minimalno jednom godišnje otvoreni sastanak na kojem dionici COSPAS-SARSAT programa, uključene države i organizacije, mogu raspravljati o pitanjima administracije Programa i upravljanja Sustavom koja su od interesa za sve dionike COSPAS-SARSAT. To uključuje teme kao što su zajednički troškovi programa, operativni aspekti sustava, njegovo poboljšanje i napredak, izvješća i preporuke Zajedničkog odbora te suradnja s međunarodnim organizacijama [19].

2.3.2. Tajništvo

Tajništvo COSPAS-SARSAT predstavlja upravno tijelo Međunarodnog programa COSPAS-SARSAT. Svoj cilj ostvaruje pružanjem podrške Vijeću u izvršavanju svih njegovih zadaća usmjerenih na podršku upravljanja Programom. To obuhvaća organiziranje konferencija, administrativnu potporu, vođenje dokumentacije sustava i održavanje međunarodnih komunikacija. Glavni ured tajništva koji se prikazuje na Slici 3. nalazi se u Montréalu, Québec, Kanada [19].

Osoblje Tajništva pruža tehničku i operativnu potporu te stručnost zemljama i organizacijama dionicima te korisnicima u različitim pitanjima. To uključuje aspekte kao što su status sustava, tehničke specifikacije i performanse, odobrenje signalnih uređaja i njihova registracija, operativne aktivnosti svemirskih i zemaljskih segmenata te distribucija informacija o uzbunama [19].



Slika 2. Glavni ured tajništva COSPAS-SARSAT-a [19]

2.3.3. Zemlje dionici

Uključeno je 45 zemalja koje su prikazane na Slici 4. i organizacija koje zajedno surađuju u upravljanju i funkcionalnosti sustava. Također, prisutno je 30 pružatelja zemaljskih segmenata, 9 država korisnika te 2 posebne organizacije koje doprinose radu sustava [19].

Ovaj široki spektar dionika odražava globalni karakter i važnost ovog međunarodnog programa. Njihova suradnja omogućuje postizanje jedinstvene sinergije koja omogućava brzu i učinkovitu reakciju u slučaju pogibeljnih situacija, kao i kontinuiranu podršku korisnicima u pogibelji [19].



Slika 3. Zemlje članice COSPAS-SARSAT sustava [19]

2.3.4. Službeni jezici COSPAS-SARSAT sustava

Međunarodna komisija za spašavanje na moru zahtijeva komunikaciju na tri službena jezika glavnog vijeća COSPAS-SARSAT sustava: engleskom, francuskom i ruskom jeziku. Sastanci vijeća omogućavaju istovremeni prijevod na jedan od navedena tri jezika, dok se radna tijela sastaju isključivo na engleskom jeziku [19].

2.3.5. Financiranje COSPAR-SARSAT sustava

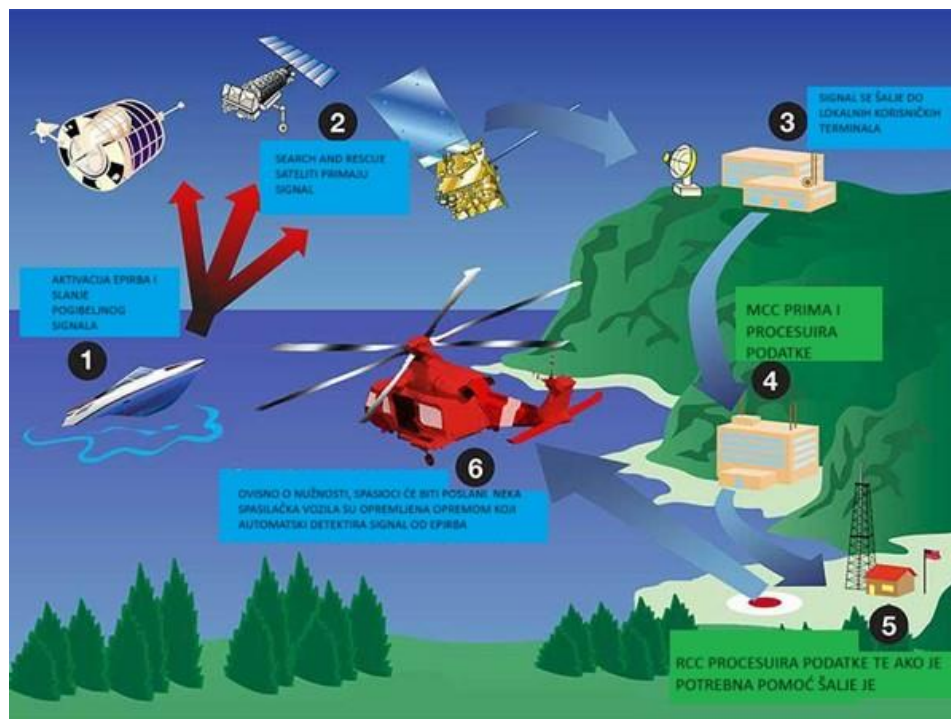
Troškovi funkcioniranja COSPAS-SARSAT sustava raspodijeljeni su među različitim vladama koje sudjeluju u programu. Ove vlade dijele troškove implementacije i operacije sustava. Korisnici signalnih sustava za uzbunu plaćaju te sustave, dok pristup samom sustavu se ne naplaćuje [2].

Zemlje osnivačice pružaju svemirski segment sustava, dok mnoge druge zemlje sudjeluju u postavljanju i održavanju kopnenih prijemnih stanica i centara za kontrolu misije. Administrativni troškovi tajništva raspodijeljeni su na sve članice. Ukupna financijska potpora sustava osigurava se iz proračuna tih zemalja i može se dopuniti dodatnim sredstvima ili donacijama iz drugih izvora kako vi se osiguralo učinkovito funkcioniranje i održavanje samog sustava [2].

2.4. NAMJENA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

Sustav obuhvaća kopneni i svemirski segment koji se prikazuje na Slici 5. te se sastoji od:

- odašiljača za pogibeljne slučajeve koji se aktiviraju u životno opasnim situacijama,
- satelita opremljenih repetitorima SAR signala (*engl. The Search And Rescue Repeater-SARR*) i procesorima SAR signala (*engl. Search and Rescue Processor -SARP*),
- lokalnih korisničkih terminala (*engl. Local User Terminals-LUT*), zemaljskih stanica za prijem i obradu satelitskih signala,
- centara za kontrolu misija (*engl. Mission Control Centre-MCC*) odgovornih za distribuciju podataka o uzbuni (posebno lokaciju odašiljača) generiranih LUT-ovima centrima za koordinaciju spašavanja i
- centara za koordinaciju spašavanja (*engl. Rescue Coordination Center-RCC*) koji olakšavaju koordinaciju između SAR agencija i osoblja za odgovor na situacije u pogibelji [3].



Slika 4. COSPAS-SARSAT sustav [18]

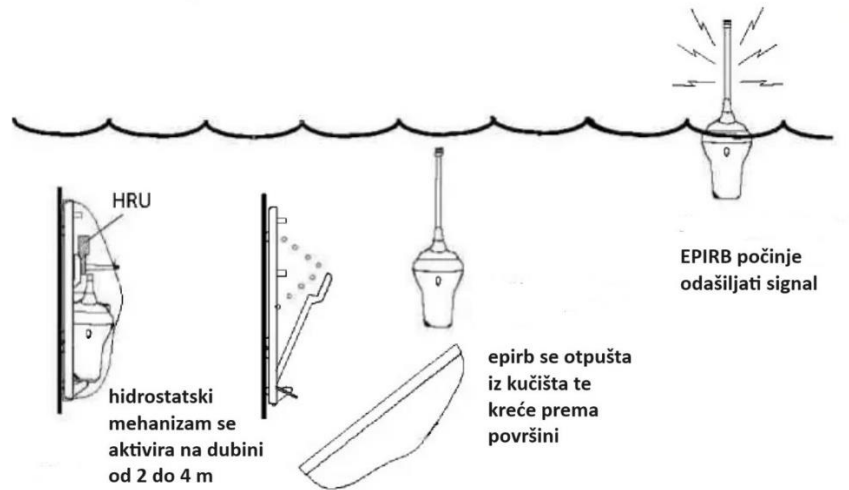
2.4.1. EPIRB

EPIRB koji je prikazan na Slici 6. je vrsta uređaja za lociranje namijenjenog komercijalnim i rekreativnim plovilima. To je prijenosni radio odašiljač s baterijama koji se aktivira u pogibelnim situacijama kako bi se pronašle osobe koje su u opasnosti i trebaju hitnu pomoć. Kada se dogodi slučaj pogibelji poput potonuća broda, uređaj se aktivira te kontinuirano šalje radio signal za pomoć na frekvenciji od 406 MHz. Ovaj signal je osmišljen za brzo lociranje pogibeljnih situacija i omogućuje timovima za spašavanje da pravodobno reagiraju.

Signale emitirane sa strane EPIRB uređaja detektiraju sateliti kojima upravljaju međunarodni tim spasilačkih službi. Ovaj tim ima sposobnost detekcije signala pogibelji na frekvenciji od 406 MHz bilo gdje na Zemlji. Kada se takav signal detektira, omogućuje se precizno određivanje položaja osoba u pogibelji te pružanje brže i učinkovitije pomoći [30].



Slika 5. EPIRB uređaj [26]



Slika 6. Aktivacija EPIRB plutače [12]

EPIRB plutača se može aktivirati na dva načina - ručno ili automatski. U slučaju potonuća broda, kada plutača dostigne dubinu od 2-4 metra, automatski se aktivira putem hidrostatskog mehanizma (*engl. Hydrostatic Release Unit - HRU*) kao što je prikazano na Slici 7. Nakon izrona na površinu, počinje odašiljati radio signal koji uključuje identifikacijski broj plovila. Sateliti sustava COSPAS-SARSAT detektiraju ove radio signale EPIRB-a, obrađuju ih, te ih prenose najbližem MCC. Kontrolni centar tada dekodira poruku i prosljeđuje je odgovarajućim SAR vlastima kako bi organizirao operaciju spašavanja [19].

Uz EPIRB također se koriste različite vrste uređaja koje imaju svoj jedinstveni dizajn prilagođen specifičnoj primjeni a to su: ELT koji se koriste u zrakoplovnoj industriji; te osobni odašiljač signala (*engl. Personal Locator Beacons – PLB*), koje koriste pojedinci u različitim aktivnostima na otvorenom prostoru.

2.4.2. ELT

ELT je pogibeljni odašiljač koji se koristi u zrakoplovstvu. Pogibeljni odašiljači na frekvenciji 121,5 MHz, poznati kao ELT 121,5, obavezni su na mnogim zrakoplovima, dok se manji broj koristi na brodovima. Frekvencijski pojas 121,5 MHz koristi stariji tip odašiljača koji ne prenose kodirane informacije. Također, ova frekvencija se koristi za navigacijske odašiljače,

koji su sastavni dio većine pogibeljnih uređaja. Noviji ELT uređaji na zrakoplovima imaju dvostruke frekvencijske sustave upozorenja, 121,5 MHz i 406,025 MHz [8].

Razvoj nove generacije odašiljača koji emitiraju na 406 MHz započeo je sredinom 1970-ih s projektom COSPAS-SARSAT. Iako je sustav COSPAS-SARSAT prvenstveno dizajniran za rad na poboljšanoj frekvenciji 406 MHz, morao se uzeti u obzir tisuće postojećih odašiljača na 121,5 MHz. Zbog toga su sateliti dizajnirani da primaju i 121,5 MHz [8].

Odašiljači na 406 MHz specifično su dizajnirani za satelitsko otkrivanje i Dopplerovo lociranje, imajući [8]:

- visoku izlaznu snagu i nizak radni ciklus,
- poboljšanu stabilnost radio frekvencije,
- jedinstveni identifikacijski kod u svakom odašiljaču i
- digitalne prijenose koji se mogu pohraniti u memoriji satelita.

Odašiljači na 406 MHz emitiraju snagom od 5 W u polu-sekundnim intervalima otprilike svakih 50 sekundi. Frekvencija vala nositelja je fazno modulirana digitalnom porukom. Nizak radni ciklus omogućava višestruki pristup za više od 90 odašiljača koji rade istovremeno unutar dometa polarne orbite LEO satelita, u usporedbi s oko 10 odašiljača na 121,5 MHz [8].

2.4.3. PLB

PLB je namijenjen za upotrebu na kopnu (slično kao ELT, ali za osobnu upotrebu izvan zrakoplovstva i pomorstva). Ovi uređaji, koji mogu biti ručni ili džepni, rade na dvostrukoj frekvenciji (121,5 MHz i 406 MHz) ili jednoj frekvenciji (121,5 MHz ili 406,025 MHz) te šalju signale za pomoć službama za potragu i spašavanje preko sustava COSPAS-SARSAT. Na dan 1. srpnja 2003., vlada SAD-a odobrila je uporabu PLB-ova (406 MHz digitalno kodiranih) diljem zemlje [8].

Početkom 21. stoljeća, više od 30 proizvođača u 12 zemalja proizvodi odašiljače na 406MHz, a broj distributera širom svijeta je velik, s više od 100 različitih modela koje je odobrio

COSPAS-SARSAT. Broj odašiljača na 406 MHz narastao je s nule u 1985. na 20.000 u 1990. i na oko 350.000 danas [8].

COSPAS-SARSAT odlučio je u listopadu 2000. godine, prema smjernicama Međunarodne pomorske organizacije prestati obrađivati analogne signale na 121,5 MHz putem satelita od 1. veljače 2009. Nakon tog datuma, samo će se odašiljači na 406 MHz otkrivati putem satelita. Ova odluka je donesena kako bi se smanjila visoka stopa lažnih alarma s analognih odašiljača, koja je iznosila 97 posto [8].

2.4.4. Lokalni korisnički terminal

Zemaljske postaje COSPAS-SARSAT sustava nazivaju se lokalnim korisničkim terminalima. Ovi LUT-ovi su specijalno osmišljene računalne stanice opremljene odgovarajućim antenama, namijenjene za prihvatanje signala iz satelitske komunikacije. LUT-ovi zatim analiziraju signale koje su uhvatili od satelita te izračunavaju točnu lokaciju signala za pomoć na frekvenciji od 406 MHz. Nakon prijema i obrade ovog signala, informacije se prosljeđuju u kontrolnom centru misije koji nadzire određeni LUT [21].

LUT-ovi su potpuno automatizirani i rade bez ljudske pomoći u svakom trenutku. Ovi sustavi omogućuju učinkovito lociranje pogibeljnih signala te koordinirano upravljanje spašavanjem, osiguravajući tako sigurnost osoba u pogibelji.

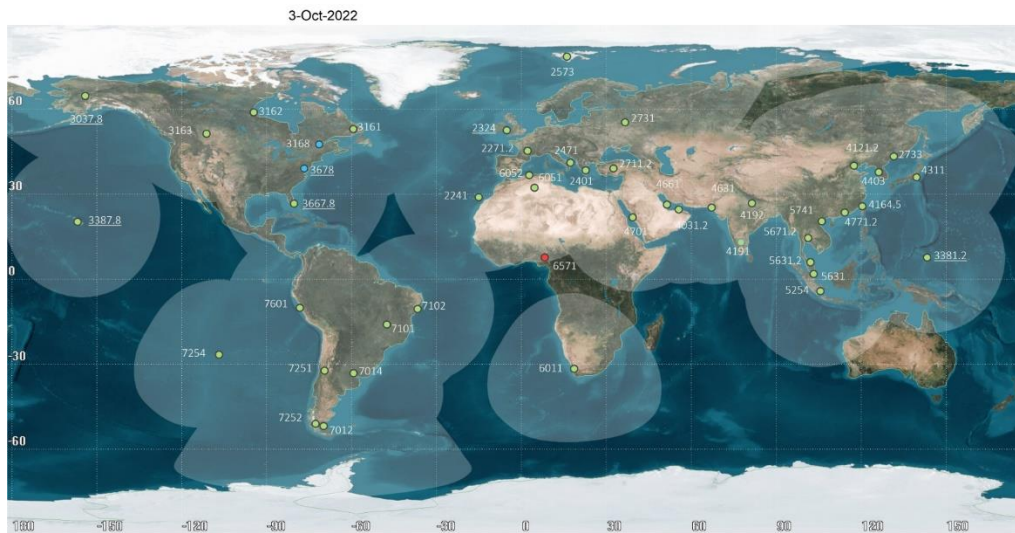
Postoje dvije različite varijante zemaljskih postaja LUT koje se koriste u vezi s COSPAS-SARSAT satelitima. Prvi dizajn uključuje paraboličnu antenu oblika zdjele koja hvata individualne signale s pojedinih satelita. Ovisno o vrsti satelita, ta antena se može pomicati kako bi pratila orbitu satelita u niskoj Zemljinoj orbiti i srednjoj Zemljinoj orbiti, ili može biti fiksirana u određenom smjeru kako bi snimila signale geostacionarnog satelita [21].

Drugi tip zemaljskih stanica ili LUT-a koristi konfiguraciju antene koja se zove fazni niz. Ova izvedba zemaljske postaje sastoji se od dvije antene. Svaka od ovih antena ima 64 digitalna segmenta dodana površini malog ravnog panela. Ovaj vrh antene je osmišljen za detekciju više satelita koji se nalaze u srednjoj Zemljinoj orbiti (*engl. Medium Earth Orbit Search and Rescue - MEOSAR*) u isto vrijeme.

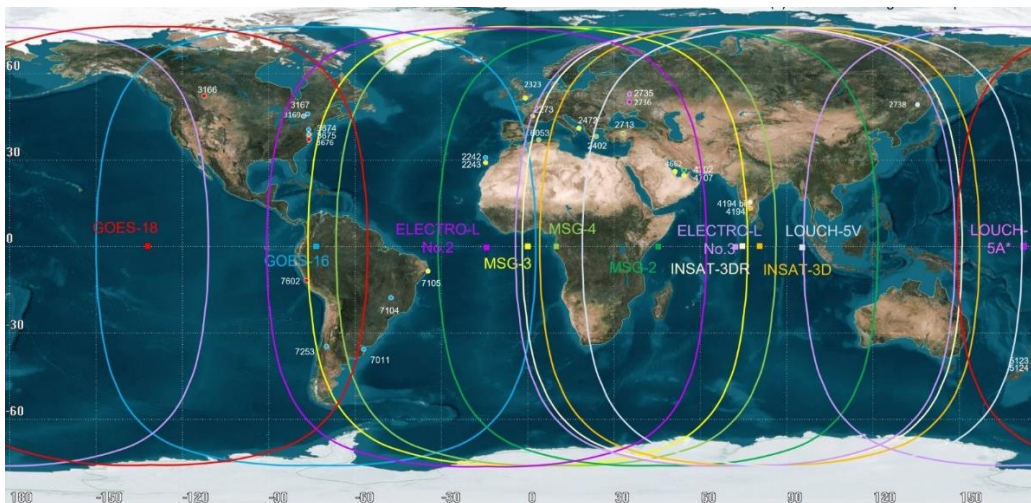
Vrste LUT-ova:

- u niskoj orbiti oko Zemlje (LEOLUT-ovi), čije je područje djelovanja prikazano na Slici 8.,
- u srednjoj orbiti oko Zemlje (MEOLUT-ovi) i
- u geostacionarnoj orbiti oko Zemlje (GEOLUT-ovi), čije je područje djelovanja prikazano na Slici 9.

Svi ovi LUT-ovi su konfigurirani za praćenje, primanje i obradu upozorenja od 406 MHz signalnih radiofarova za pomoć [21].



Slika 7. Područje pokrivanja LEOSAR satelita i LEOLUT-a [19]



Slika 8. Područje pokrivanja GEOSAR satelita i GEOLUT-a [19]

2.4.5. Kontrolni centar

MCC-ovi su odgovorni za prikupljanje, pohranu i sortiranje podataka iz LUT-ova i drugih MCC-ova. Također omogućuju razmjenu podataka unutar sustava COSPAS-SARSAT i distribuiraju podatke o upozorenju i lokaciji pridruženim RCC-ovima [16].

MCC-ovi su postavljeni u većini zemalja s barem jednim LUT-om kao što je prikazano na Slici 9. To osigurava da su podaci o upozorenju i lokaciji dostupni u bilo kojem trenutku, bilo gdje u svijetu. MCC-ovi su ključni za učinkovito funkcioniranje sustava COSPAS-SARSAT i imaju važnu ulogu u spašavanju života [16].

Karakteristike MCC-ova:

- MCC-ovi su opremljeni naprednim računalnim sustavima koji im omogućuju brzo i učinkovito prikupljanje, pohranu i sortiranje podataka,
- MCC-ovi su povezani s drugim MCC-ovima putem globalne mreže, to omogućuje razmjenu podataka u stvarnom vremenu i
- MCC-ovi su u kontaktu s RCC-ovima, to im omogućuje brzo i učinkovito distribuiranje podataka o upozorenju i lokaciji [16].



Slika 9. Popis i karta MCC-ova [19]

2.5. UČINKOVITOST COSPAS-SARSAT TEHNOLOGIJE U SPAŠAVANJU ŽIVOTA

Od osnivanja 1982. godine, COSPAS-SARSAT je pomogao u spašavanju više od 60.000 ljudi, uključujući preko 10.455 u SAD-u i okolnim morima. Prošle godine, u SAD-u je zabilježeno 350 spašavanja zahvaljujući ovom sustavu, od čega je 255 ljudi spašeno iz mora, 44 iz zrakoplovnih nesreća, a 51 osoba na kopnu uz pomoć PLB-a. Najveći broj spašavanja u SAD-u u jednoj godini zabilježen je 2019. godine i iznosi 421 [13].

Prvi put životi su spašeni zahvaljujući tehnologiji COSPAS-SARSAT 10. rujna 1982. godine, kada se u Kanadi srušio avion sa jednim motorom i tri osobe su spašene. Naime, u srpnju 1982. godine, avion se izgubio u planinama Britanske Kolumbije. Kanadska vlada organizirala je potragu za pilotom. Potraga nije dala rezultate, a troškovi su iznosili 2 milijuna dolara. Otac nestalog pilota odlučio je da nastavi potragu o svom trošku i unajmio privatni avion. 9. rujna, Centar za koordinaciju spašavanja primio je obavijest da se avion nije vratio u bazu. Nije bilo informacija o mogućem mjestu nesreće [13].

Treba napomenuti da je u srpnju 1982. godine prvi satelit sa COSPAS-SARSAT sustavom lansiran u orbitu - sovjetski COSPAS-1. Kanadski RCC je znao da je njihova vlada počela suradnju sa COSPAS-1, pa su zatražili podatke sa ovog satelita. Ujutro 10. rujna, satelit je trebalo da preleti to područje. Podaci su obrađeni i otkriven je signal radio farova na sjeveru Britanske Kolumbije. Avion za potragu je poslan u označeno područje. Otkrio je slab signal za hitne slučajeve i napokon je utvrđena lokacija aviona. Pozvan je spasilački helikopter, koji je evakuirao tri osobe iz srušenog aviona. Svi su bili ozbiljno povrijeđeni, ali su preživjeli. Podaci sa satelita omogućili su pravovremenu pomoć i spašavanje ljudi. Također je važno napomenuti da su troškovi spašavanja bili minimalni [13].

Još jedan značajan slučaj koji je uticao na razvoj tehnologija spašavanja na moru. 1984. godine, sedam članova posade ribarskog broda nestalo je kod obale Atlantika. Očigledno, na brodu nije bilo radiofarova. Američka mornarica i Obalna straža potrošili su više od 12 milijuna dolara na potragu koja nije bila uspješna. Ova nesreća bila je jedan od razloga zbog kojih je Obalna straža

1988. godine uvela da svi ribarski brodovi registrirani u SAD imaju radio farove za pogibeljne slučajeve. Međunarodna pomorska organizacija je zahtijevala da svi trgovački brodovi veći od 30 bruto tona (oko 60.000 brodova širom svijeta) moraju imati ovu vrstu opreme [13].

COSPAS-SARSAT ne samo da značajno povećava šanse za spašavanje ljudi u pogibelji, već i, zahvaljujući visokoj točnosti određivanja lokacije farova, povećava efikasnost korištenja državnih resursa. Također smanjuje rizike sa kojima se spasitelji suočavaju prilikom potrage u pogibeljnim situacijama [13].

3. MODERNIZACIJA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

3.1. MODERNIZACIJA SATELITSKOG SUSTAVA

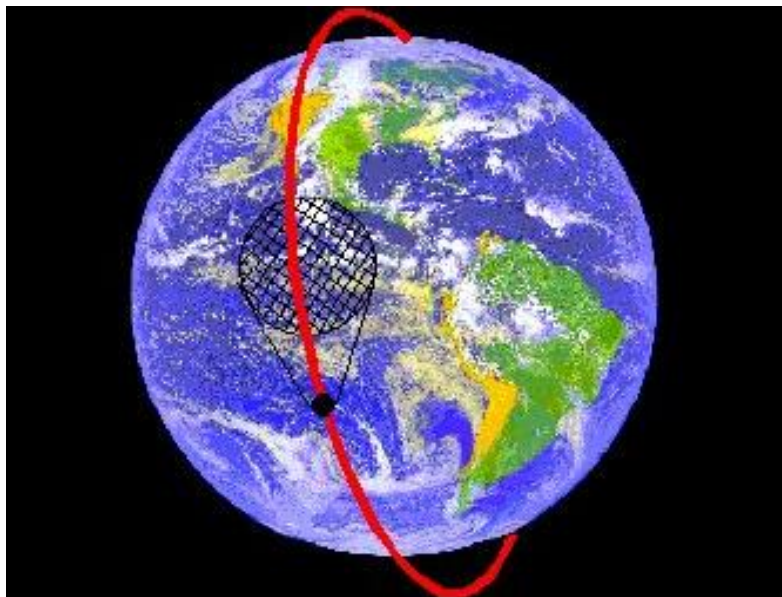
Sustav COSPAS-SARSAT sastoji se od tri kategorije satelita:

- sateliti koji se nalaze u niskoj Zemljinoj orbiti (LEO), čineći tako LEOSAR (*engl. Low Earth Orbit Search and Rescue*) sustav,
- sateliti koji se nalaze u geostacionarnoj Zemljinoj orbiti (GEO), stvarajući GEOSAR (*engl. Geostationary Search and Rescue*) sustav i
- sateliti smješteni u srednjoj Zemljinoj orbiti (MEO), koji konstituiraju sustav MEOSAR [9].

3.1.1. LEOSAR sustav

LEOSAR sustav uključuje 4 satelita, 2 COSPAS (Rusija) i 2 SARSAT (SAD, Kanada i Francuska), smještenih u blizini sjeverno-južnih polarnih orbita. Vrijeme orbite SAD satelita je 102 minute i lete na visinama od 850 km. Sovjetski sateliti lete na visinama od 1000 km i treba im 105 minuta za jednu orbitu. Raspored u orbiti ovih satelita organiziran je tako da prekrivaju cijelu površinu Zemlje. Sateliti pokrivaju područje Zemljine površine široko preko 6000 km, što im daje trenutno polje vidljivosti ili otisak (slično osvjetljenju svjetlosnog snopa) veličine kontinenta. Pokrivenost nije neprekinuta zbog vremena orbite satelita. Zbog prirode polarnih orbita, vrijeme čekanja za detekciju može biti dulje u ekvatorskim regijama nego na višim širinama, u prosjeku iznosi 45 minuta [9].

Kada LEOSAR sustav detektira signal za nuždu, koristi tehnike Doppler obrade za izračunavanje položaja pogibelji. Doppler obrada temelji se na principu da frekvencija signala radiofara za pogibelj, kako očitavaju instrumenti satelita, utječe na relativnu brzinu satelita u odnosu na radiofar. Praćenjem promjene frekvencije signala primljenog od radiofara, LEOSAR sustav je u stanju izračunati lokaciju radiofara s točnošću unutar 5-10 km [9].

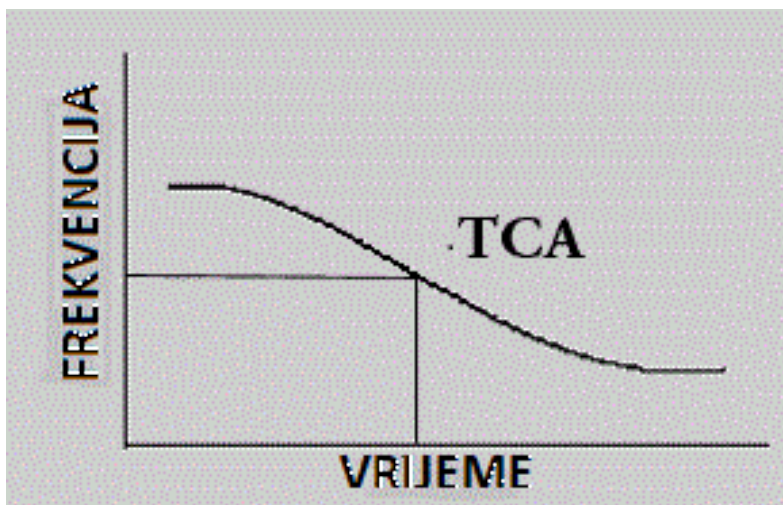


Slika 10. Orbita i pokrivenost LEOSAR satelita [9]

Dopplerov efekt

Sustav COSPAS-SARSAT koristi Doppler tehniku obrade kako bi odredio položaj radiofara. Dopplerov efekt je termin koji služi za objašnjenje pojave gdje relativna brzina između odašiljača i prijamnika utječe na frekvenciju signala onako kako je prijamni uređaj izmjeri. Kada se smanjuje udaljenost između odašiljača i prijamnika, Dopplerov efekt rezultira većom frekvencijom signala koji prijamnik registrira. Suprotno tome, kada se povećava udaljenost, Dopplerov efekt uzrokuje smanjenje frekvencije signala koju prijamnik bilježi. Kada nema relativne brzine između odašiljača i prijamnika, frekvencija signala koju prijamnik bilježi odgovara točnoj frekvenciji odašiljanja [15].

Na Slici 12. prikazana je krivulja koja predstavlja odnos između frekvencije i vremena. Ova krivulja prikazuje kako LEO satelit detektira signal dok prolazi iznad stacionarnog odašiljača na Zemlji. Točka na krivulji gdje se mijenja nagib predstavlja trenutak kada je satelit bio najbliži odašiljaču. Nagib krivulje u trenutku kad je najbliži odašiljaču (*engl. Time of Closest Approach-TCA*) daje informaciju o udaljenosti odašiljača od putanje satelita.



Slika 11. Dopplerova krivulja [19]

Na temelju ovih informacija i znajući položaj satelita tijekom svakog prolaska, moguće je konstruirati dvije linije koje reprezentiraju udaljenost od orbite satelita na kojoj bi odašiljač mogao biti pozicioniran, kako je prikazano na Slici 13. Nakon toga, koristeći vrijeme najbližeg prolaznog satelita, lako se povlači okomita linija od točke na orbitalnoj stazi satelita do linije koja označava udaljenost između odašiljača i satelitske staze. Mjesto gdje se te linije sijeku označava dvije potencijalne lokacije odašiljača - jedno mjesto je stvarna pozicija, dok drugo predstavlja odraznu sliku. Eventualno, sljedeći prolaz satelita duž druge orbite može riješiti ovu neodređenost. Procjena točne i odrazne pozicije također je moguće uključiti korekciju zbog Zemljine rotacije prilikom izračuna Dopplerovih rješenja [15].



Slika 12. Objašnjenje Dopplerove obrade [19]

3.1.2. GEOSAR satelitski sustav

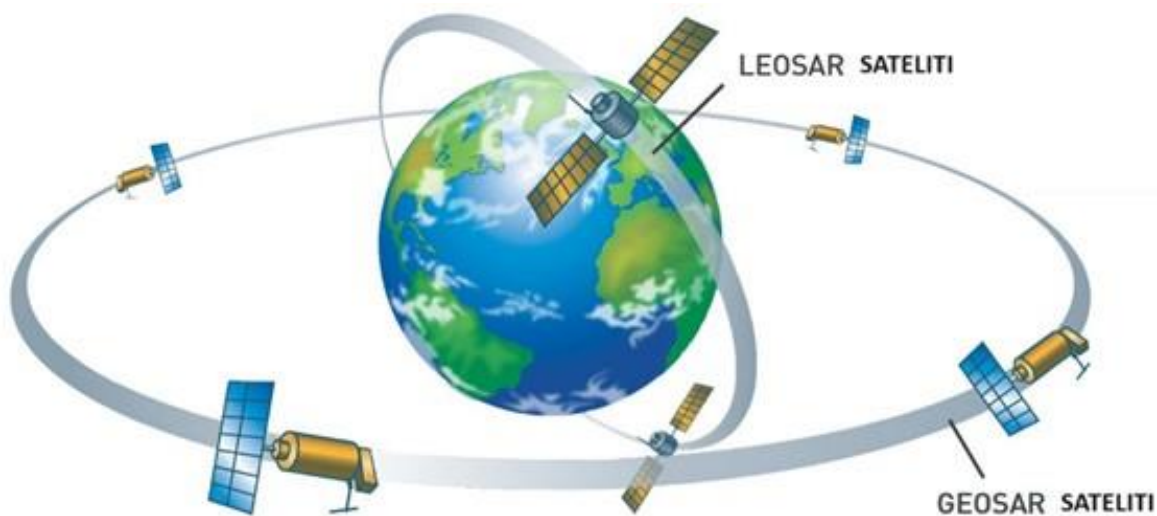
GEOSAR sustav uključuje odašiljače frekvencije od 406 MHz smještene na različitim geostacionarnim satelitima, zajedno s pripadajućim zemaljskim uređajima poznatim kao GEOLUT, koji obrađuju signale poslana sa satelita. Od 2008. godine, GEOSAR sustav se sastoji od sljedećih svemirskih letjelica: 2 GOES satelita NOAA, MSG (Meteosat-8) EUMETSAT-a i INSAT-3A ISRO-a [8].

Pokretanjem GOES-H (GOES-7), 26. veljače 1987., Nacionalna administracija za oceane i atmosferu (*engl. National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*) je započela s uvođenjem SARSAT korisnog tereta i na svojim geostacionarnim satelitima (406 MHz radiofar). Korištenje geostacionarnih satelita omogućuje gotovo trenutno prihvaćanje signala upozorenja. Za automatsko određivanje koordinata u pogibeljnim situacijama potrebno je pričekati LEO satelit iz sustava (budući da se položaj može precizno utvrditi samo iz sustava koji se kreće u odnosu na Zemlju) [8].

Geostacionarni satelit ostaje nepomičan s obzirom na promatrača na Zemlji, što znači da nema relativnog kretanja između satelita i radiofara za pomoć u sustavu GEOSAR. To dovodi do odsutnosti Dopplerovog pomaka koji bi omogućio automatsko lociranje radiofara. Stoga GEOSAR sustav konceptualno funkcionira u dvije faze. U prvoj fazi, preko geostacionarnog

satelita, primaju se samo pogibeljni signali. Pristigle upozoravajuće signale prenosi se službi traganja i spašavanja (*engl. Search and Rescue – SAR*) kako bi se pripremili za akciju. U drugoj fazi, mjesto signala se određuje pomoću SAR korisnog tereta na najbližem LEO satelitu.

Osim toga, postoji mogućnost korištenja 406 MHz radiofara za kodiranje informacija o lokaciji dobivenih od prijemnika satelitske navigacije, poput Globalnog položajnog sustava (*engl. Global Positioning System – GPS*), Globalnog navigacijskog satelitskog sustava (*engl. Global Navigation Satellite System – GLONASS*) ili Galileo sustava, kako bi se te lokacijske informacije prenijele zajedno s identifikacijskim kodom radiofara [8]. Na Slici 14. prikazan je položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju.



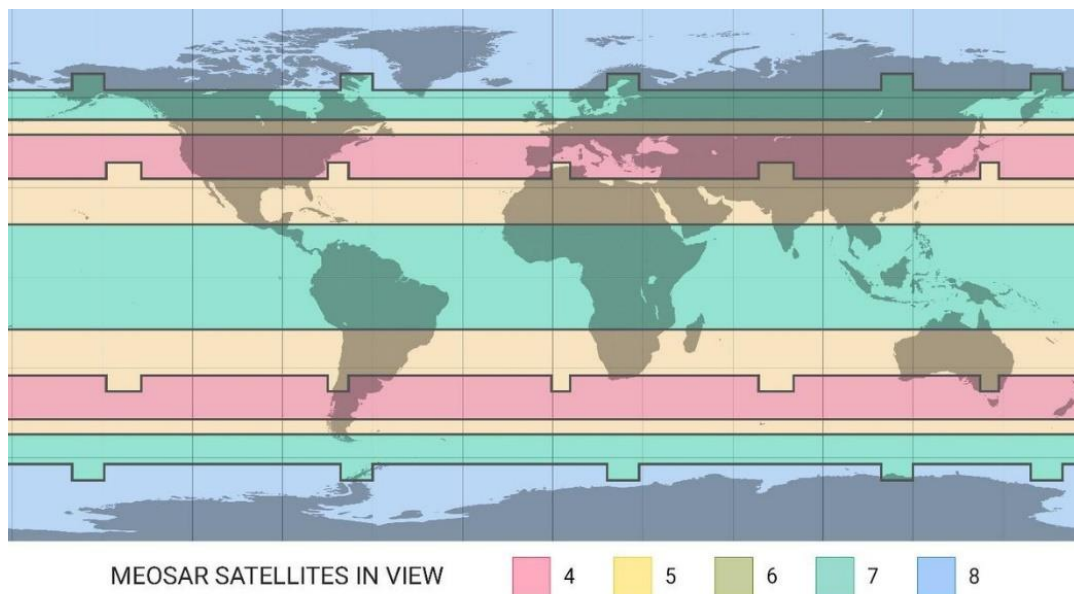
Slika 13. Položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju [24]

3.1.3. MEOSAR SATELITSKI PODSUSTAVI

Najnoviji korak u razvoju satelitskog potpomognutog traganja i spašavanja unutar COSPAS-SARSAT sustava uključuje uvođenje satelita globalnog navigacijskog satelitskog sustava (*engl. Global navigation satellite system – GNSS*) smještenih u srednjoj Zemljinoj orbiti. Njihova primarna uloga je osiguranje svemirskih signala koji prenose informacije o položaju i vremenu GNSS prijammnicima. Inače, ovi prijammnici koriste te informacije kako bi odredili točnu lokaciju.

Sa dometom koji prekriva otprilike trećinu površine Zemlje, MEO struktura omogućuju opsežno obuhvaćanje svjetskog područja te mogućnost trenutnog izdavanja upozorenja diljem svijeta, eliminirajući potrebu za pohranom podataka i njihovim kasnijim prijenosom. Svaka struktura obuhvaća prosječno oko 24 satelita smještena u orbitama koje omogućuju da najmanje četiri satelita opremljena SAR-om budu vidljiva sa svakog dijela Zemlje u bilo kojem trenutku [22].

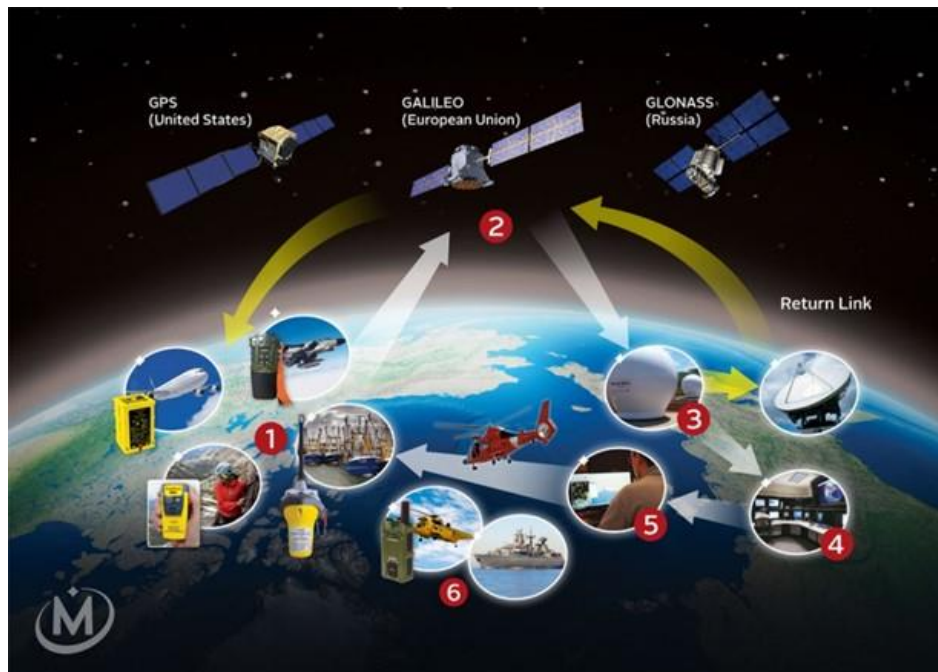
MEOSAR sustav unosi naprednu sposobnost alarma u okviru COSPAS-SARSAT, što se odražava u gotovo trenutnom globalnom otkrivanju pogibeljnih radiofarova, poboljšanoj preciznosti određivanja lokacija, visokoj razini pouzdanosti i dostupnosti, izdržljivim komunikacijskim vezama radiofarova te povećanoj fleksibilnosti u suočavanju s preprekama i interferencijama. Za izračunavanje položaja 406 MHz radiofara nakon primanja jednog signala, koristi se 3D triangulacijski algoritam koji se oslanja na razliku u dolasku frekvencije i vremena. Uz smanjenje vremena otkrivanja i povećanje preciznosti te otvorene arhitekture koja omogućuje integraciju budućih inovacija u sustav, MEOSAR neće samo rezultirati nižim troškovima operacija potrage i spašavanja, već, što je najvažnije, povećanim brojem spašenih života [22]. Na Slici 15. prikazani su otisci operative MEOSAR lokalne pokrivenosti.



Slika 14. Otisci operative MEOSAR lokalne pokrivenosti [19]

MEOSAR sustav je koncipiran kako bi riješio različite nedostatke LEO/GEOSAR sustava. Primjerice, GEOSAR sateliti nisu sposobni izračunati točnu lokaciju 406 radiofarova, oni

jednostavno detektiraju njegovu aktivaciju, osim ako radiofar nije kodiran. Sateliti LEOSAR-a su ograničenog broja i kruga Zemlje svakih stotinjak minuta, što znači da ne mogu pružiti potpunu svjetsku pokrivenost. Drugim riječima, LEOSAR sateliti prihvaćaju signale 406 MHz radiofarova samo kada prolaze iznad područja opasnosti. Osim toga, ne mogu prenositi poruke dok ne budu unutar vidokruga zemaljske postaje, što može uzrokovati odgodu u primanju hitnih poruka od strane SAR organizacije. MEOSAR sustav nema ovih poteškoća zbog svoje opsežne pokrivenosti i višestrukih satelita koji pokrivaju određeno područje Zemlje u svakom trenutku [22]. Na Slici 16. prikazan je rad MEOSAR sustava.



Slika 15. Rad MEOSAR sustava [25]

Tablica 1. Usporedba LEOSAR, GEOSAR I MEOSAR sustava

LEOSAR sustav	GEOSAR sustav	MEOSAR sustav
<p>sustav za traženje i spašavanje (SAR) koji koristi satelite u niskoj orbiti oko Zemlje</p> <p>malu stopu pokrivenosti, što znači da može proći neko vrijeme prije nego što satelit detektira signal pogibelji radiofara</p> <p>ograničen broj satelita, što također može dovesti do dugih čekanja na detekciju</p> <p>mogućnost neovisne lokacije, što znači da može izračunati lokaciju pogibelji radiofara bez pomoći drugih satelita</p>	<p>SAR sustav koji koristi satelite u geostacionarnoj orbiti oko Zemlje</p> <p>velika stopa pokrivenosti, što znači da može detektirati signal pogibelji radiofara gotovo odmah</p> <p>11 satelita u funkciji što omogućuje skoro trenutno otkrivanje hitnih signala</p> <p>nema mogućnost neovisne lokacije, što znači da mora koristiti pomoć drugih satelita kako bi izračunao lokaciju pogibelji radiofara</p>	<p>SAR sustav koji koristi satelite u srednjoj orbiti oko Zemlje</p> <p>veliko područje pokrivenosti jednog satelita</p> <p>velik broj satelita te vrlo kratko čekanje do detekcije plutače</p> <p>MEOSAR zahtijeva međusobnu vidljivost s 3 ili više satelita za neovisnu lokaciju</p>

Različite agencije sudjeluju u razvoju komponenata MEOSAR sustava:

- svemirski segment (GPS, Glonass i Galileo),
- zemaljski segment (SAD, Kanada, Europa, Rusija, Kina, Indija itd.). MEOLUT-ovi imaju zadatak primanja poruka i lociranja signala u pogibeljnim situacijama i

- radiofarovi: Trenutačno postojeći 406 MHz radiofarovi funkcioniraju s MEOSAR-om, ali istraživanja su u tijeku kako bi se još unaprijedili budući radiofarovi [22].

3.1.4. GNSS

Globalni navigacijski satelitski sustav odnosi se na skup satelita koji emitiraju signale iz svemira, prenoseći informacije o položaju i vremenu do prijamnika GNSS-a. Ovi prijamnici koriste dobivene podatke kako bi odredili svoju lokaciju.

Po definiciji, GNSS osigurava opsežnu svjetsku pokrivenost. Primjeri GNSS-a uključuju europski Galileo, američki NAVSTAR GPS, ruski GLONASS i kineski BeiDou satelitski navigacijski sustav [11].

Učinkovitost GNSS-a se procjenjuje uz pomoć četiri kriterija:

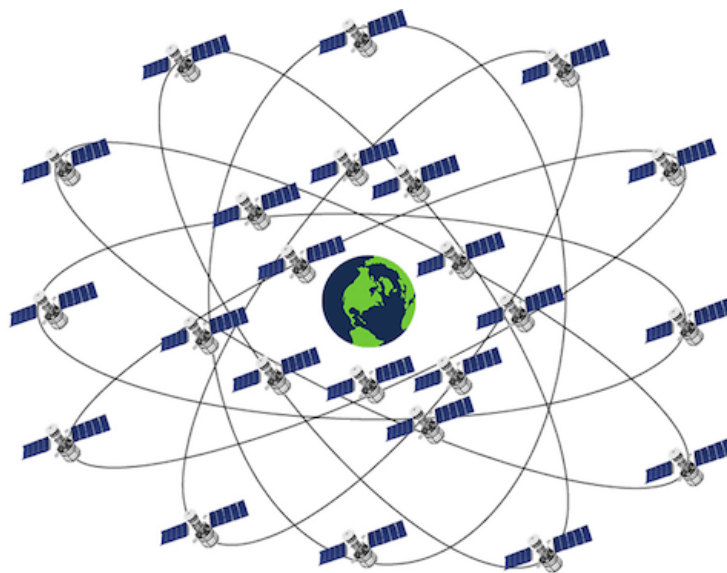
- **preciznost** – razlika između stvarne pozicije, brzine ili vremena prijamnika i onih izmjerenih pomoću sustava,
- **cjelovitost** – sposobnost sustava da pruži pouzdane podatke i alarme u slučaju abnormalnosti u podacima o položaju,
- **kontinuitet** – sposobnost sustava da kontinuirano funkcionira bez prekida i
- **dostupnost** – postotak vremena u kojem signal ispunjava zadane kriterije za preciznost, cjelovitost i kontinuitet [11].

3.1.5. GPS

GPS predstavlja uslugu u vlasništvu Sjedinjenih Američkih Država koja korisnicima pruža mogućnost pozicioniranja, navigacije i mjerenja vremena. Ovaj sustav je sastavljen od tri komponente: svemirskog segmenta, kontrolnog segmenta i korisničkog segmenta. Američke vojne snage odgovorne su za razvoj, održavanje i upravljanje svemirskim i kontrolnim segmentima [14].

Svemirski segment

Segment u svemiru GPS sustava obuhvaća skup satelita koji emitiraju radijske signale korisnika. Za izvršavanje ovog zadatka, američke vojne snage održavaju flotu od 31 operativnog GPS satelita, kao što je prikazano na Slici 17., već više od desetljeća. GPS sateliti putuju na srednjoj orbiti Zemlje (MEO) na nadmorskoj visini od otprilike 20.200 km (12.550 NM). Svaki od ovih satelita obiđe Zemlju dvaput dnevno. Konstelacija GPS satelita organizirana je u šest jednako udaljenih orbitalnih ravnina koje okružuju našu planetu. U svakoj od tih ravnina nalaze se četiri "prostora" koje zauzimaju glavni sateliti. Ovakva organizacija od 24 prostora osigurava da korisnici mogu detektirati najmanje četiri satelita s gotovo svakom točkom na planeti [14].



Slika 16. Svemirska konstelacija GPS satelita [20]

Kontrolni segment

GPS kontrolni segment obuhvaća široku mrežu zemaljskih postaja koje prate kretanje GPS satelita, analiziraju njihove signale i upravljaju komunikacijom i informacijama unutar konstelacije.

Trenutni operativni kontrolni segment sadrži središnju kontrolnu stanicu, rezervnu središnju kontrolnu stanicu, 11 upravljačkih antena i 16 nadzornih stanica [14].

3.1.6. GLONASS

GLONASS je projektiran od strane Sovjetskog Saveza kao eksperimentalni vojni komunikacijski sustav tijekom 1970-ih. Prvi GLONASS satelit je lansiran 1982., a sustav je postao potpuno operativan 1993. Svemirski dio GLONASS konstelacije sastoji se od 24 satelita raspoređenih u tri orbitalne ravnine, svaka s osam satelita [23].

Oblik konstelacije GLONASS-a ponavlja se približno svakih osam dana. Period orbite svakog pojedinog satelita iznosi oko $8/17$ sideričnog dana, što znači da nakon osam sideričnih dana GLONASS sateliti završe točno 17 orbitalnih okretaja. U svakoj orbitalnoj ravnini nalazi se osam satelita jednako udaljenih jedan od drugoga. Jedan od tih satelita bit će na istoj točki na nebu u isto zvjezdano vrijeme svaki dan. Sateliti su postavljeni u nominalne kružne orbite s ciljanim nagibom od $64,8^\circ$ i orbitalnim radijusom od 19.140 km (11.893 NM), što je otprilike 1.060 km (659 NM) niže od GPS satelita, kao što je prikazano na Slici 18. [23].

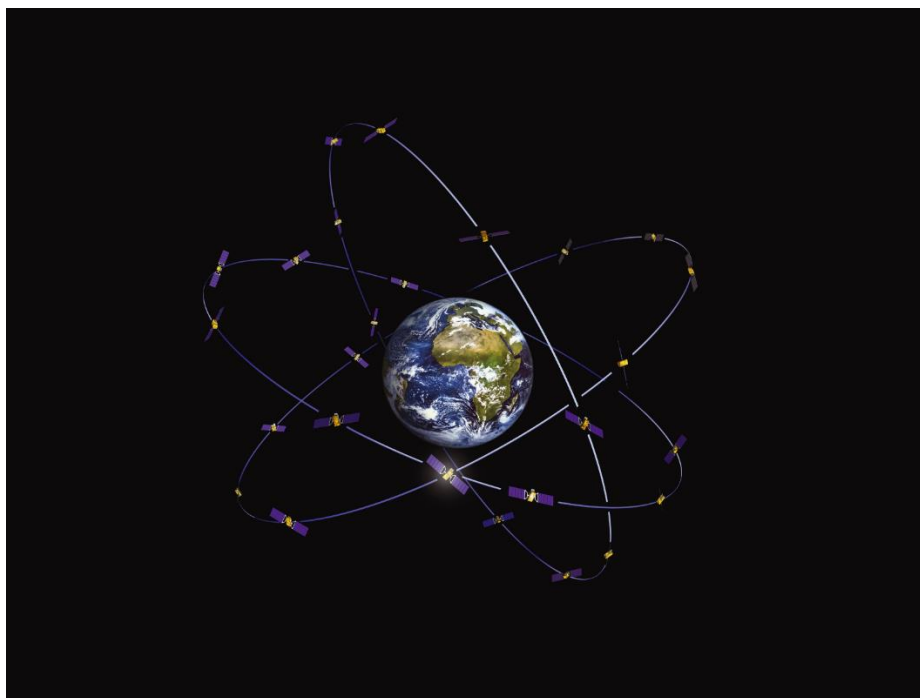


Slika 17. Konstelacija GLONASS satelitskog navigacijskog sustava [29]

3.1.7. GALILEO

Galileo je samostalan europski globalni satelitski navigacijski sustav koji pruža izuzetno preciznu uslugu svjetskog pozicioniranja pod nadzorom civilnih tijela. Trenutni Galileo sustav obuhvaća ukupno 28 satelita. Skoro svi su smješteni u tri kružne ravnine srednje Zemljine orbite (MEO) na visini od 23.222 km iznad površine Zemlje, s orbitalnim ravninama pod nagibom od 56° prema ekvatoru kao što je prikazano na Slici 19. Dva preostala satelita, uslijed nesretnog lansiranja Soyuz rakete, nalaze se u pogrešnim orbitama. Iako su trenutno uključeni u operacije potrage i spašavanja, nisu operativni članovi Galileo konstelacije [10].

Galileo navigacijski signali pružaju dobru pokrivenost čak i na širokim geografskim širinama, dosežući širine do 75°N , što uključuje područje poput norveškog Nordkappa - najsjevernijeg dijela Europe. Zahvaljujući brojnim satelitima te pažljivo optimiziranom konstelacijskom dizajnu, uz planiranu dostupnost tri aktivna rezervna satelita po orbitalnoj ravnini, očekuje se minimalan utjecaj na korisnike u slučaju gubitka jednog satelita [10].



Slika 18. Konstelacija Galileo satelitskog navigacijskog sustava [5]

3.1.8. BeiDou

Kineski Beidou navigacijski satelitski sustav (*engl. BeiDou Navigation Satellite System - BDS*), koji je neovisno izgradila i upravlja Kina, osmišljen je s ciljem zadovoljenja nacionalne sigurnosti i ekonomskog razvoja. BDS nudi globalne usluge preciznog pozicioniranja, navigacije i vremenskog određivanja u svim vremenskim uvjetima. Ovaj sustav se naširoko primjenjuje u transportu, poljoprivredi, šumarstvu, ribarstvu, hidrološkom nadzoru, meteorološkom prognoziranju, komunikacijama, raspodjeli energije, pomoći u katastrofama, javnoj sigurnosti te u e-trgovini, proizvodnji pametnih mobilnih uređaja i uslugama temeljenim na lokaciji, mijenjajući svakodnevni život i rad ljudi [7].

Kina je krajem 20. stoljeća započela razvoj BDS-a kroz trofaznu strategiju: do 2000. godine izgradila je BDS-1 za domaće potrebe, do 2012. BDS-2 za azijsko-pacifičku regiju, a do 2020. BDS-3 za globalne usluge. Ciljevi razvoja obuhvaćaju izgradnju svjetskog navigacijskog sustava za nacionalnu sigurnost, ekonomski i društveni razvoj, pružanje kontinuiranih i pouzdanih usluga globalnim korisnicima, razvoj BDS industrije i unapređenje međunarodne suradnje. BDS se sastoji od tri segmenta: svemirskog (sateliti u GEO i MEO orbitama), zemaljskog (kontrolne stanice, stanice za sinkronizaciju vremena, stanice za nadzor) i korisničkog (proizvodi, sustavi i usluge) [7].

3.2. MODERNIZACIJA RADIOFAROVA

Za potpuno iskorištavanje prednosti nove mrežne arhitekture, SAR ured je pokrenuo razvoj radiofarova druge generacije. Ovi radiofarovi su koncipirani kako bi dodatno poboljšali preciznost lokalizacije i brzinu detekcije sustava, pružajući korisnicima širok spektar novih funkcija [27].

Radi poboljšanja učinkovitosti u odnosu na tehnologiju prve generacije, radiofarovi druge generacije prilagođavaju svoje prijenose dinamički, povećavajući njihovu gustoću u ključnim početnim minutama nakon aktivacije, a potom postupno smanjujući broj prijenosa tijekom vremena. Nadalje, radiofarovi druge generacije strukturiraju informacije koje emitiraju u primarno polje, sadržavajući sve bitne identifikacijske podatke radiofarova, dok ostale informacije grupiraju

u dodatna polja prilagođena potrebama korisnika. Ove inovacije ne samo da produžuju vijek trajanja baterija radiofarova već i osiguravaju pouzdanije podatke korisnicima u pogibeljnim situacijama [27].

Sjedinjene Američke Države će biti prva zemlja koja će u potpunosti iskoristiti sve prednosti druge generacije radiofarova, s obzirom da su nadogradnje njihovih zemaljskih stanica već dovršene. [27].

3.2.1. GPIRB

Radiofar koji pokazuje položaj u pogibelji s ugrađenim GPS-om (*engl. Global Position Indicating Radio Beacon-GPIRB*) koji je prikazan na Slici 20. predstavlja inovativnu klasu pogibeljne opreme za spašavanje života, razvijenu kako bi ubrzala postupke potrage i spašavanja ljudi i plovila u pogibelji. Uspostavljajući sinergiju naprednih tehnologija GPS i 406 MHz EPIRB, GPIRB pruža iznimnu preciznost pogibeljnom signalu, značajno pojačavajući izgleda za oporavak i preživljavanje ljudi. Zahvaljujući sposobnosti integracije COSPAS-SARSAT i GEOSAR satelitskih mreža, vrijeme potrebno za prvo upozorenje na svjetskoj razini znatno je smanjeno, mjereno u samo nekoliko minuta [28].

Prije GPIRB-a, svi 406 MHz EPIRB uređaji oslanjali su se na Dopplerov pomak frekvencije signala pogibelji od 406 MHz radiofara koji je generiran kada su COSPAS-SARSAT sateliti prolazili iznad. Točnost tih računa ovisila je o broju signala koje su ti sateliti hvatali u polarnoj orbiti.

Izuzetno pametan aspekt GPIRB-a je njegov ugrađeni GPS modul. Kada se GPIRB aktivira, GPS uređaj sam sebe locira i nakon potvrde da su zadovoljeni uvjeti za točnost položaja, digitalno unosi svoje trenutne koordinate u prijenosnu "rečenicu" koja će se emitirati satelitima. Nakon toga, GPS se isključuje kako bi se sačuvala energija. U intervalima od 20 minuta ponovno se aktivira, ažurira svoje koordinate i potom se isključuje. Dok se GEOSAR oslanja na ovu ulaznu informaciju za lociranje pogibeljnih signala, COSPAS-SARSAT sateliti također mogu primiti i prenositi GPS koordinate, uz standardni prijenos na 406 MHz. SATFIND-406 GPIRB je prvi EPIRB uređaj koji je odobren za slanje ovih podataka [28].

Unutar okvira GPS C/A koda, preciznost lokacije se povećava unutar granica od 100 metara, u usporedbi s preko kilometra bez upotrebe GPS-a. Veći stupanj preciznosti značajno poboljšava efikasnost spašavanja helikopterom, smanjujući troškove i vrijeme angažirana u tim operacijama. GPIRB također pruža mogućnost poboljšanja aspekata spašavanja na nekoliko dodatnih načina. RCC može izračunati odstupanje, što može značajno skratiti vrijeme traženja slanjem spasilaca prema točki koja je izračunata za oporavak. GPS podaci također značajno smanjuju nesigurnost uzrokovanu lažnim alarmima. Na tržištu trenutno nema alternativa koja bi mogla konkurirati izvanrednim sposobnostima SATFIND-406 GPIRB. Otklanjajući potrebu za dugotrajnim traženjem u spašavanju, ovaj jedinstveni proizvod predstavlja pravu inovaciju u području pomorske opreme za pogibeljne situacije i sigurnost [28].



Slika 19. GPIRB plutača [6]

3.2.2. RLS

Usluga povratne veze (*engl. Return Link Service – RLS*) omogućuje novim EPIRB-ovima, PLB-ovima i ELT-ovima da šalju signal potvrde, poput bljeskanja plavog svjetla, prikazanim na Slici 21. ili poruke, ako radiofar ima digitalni zaslon, koji potvrđuje da je COSPAS-SARSAT

sustav primio signal pogibelji s radiofara i lokalizirao ga, te ga prosljedio odgovarajućim vladinim tijelima na postupanje. To ne znači da je spašavanje već organizirano ili pokrenuto, već samo da je primljena uzbuna u pogibelji i prosljeđena nadležnim vladinim agencijama. Obično se očekuje da će signal ili poruka potvrde RLS-a biti primljeni natrag na RLS signalizaciju između 10-20 minuta dok SAR rade na olakšavanju spašavanja [4].

Prava prednost RLS poruke leži u tome što pruža vlasnicima radiofarova u slučaju pogibelji dodatni osjećaj sigurnosti znajući da je njihova pogibeljna uzbuna primljena i da SAR znaju njihovu lokaciju i potrebu za pomoći. Saznanje da je njihova poruka u pogibelji potvrđena daje korisnicima u pogibelji povjerenje u njihov radiofar, sigurnost da pomoć dolazi i mentalnu snagu da izdrže i donesu ispravne odluke dok čekaju pomoć [4].

Usluga povratne veze predstavlja zajednički napor COSPAS-SARSAT-a i programa Galileo, s obzirom da je podržana postojećim sustavom COSPAS-SARSAT [4].



Slika 20. PLB s ugrađenim RLS-om [4]

4. BUDUĆI PRAVCI NAPRETKA COSPAS-SARSAT SUSTAVA

Očekuje se da će svjetsko tržište kopnenog segmenta SAR-a COSPAS-SARSAT-a značajno rasti tijekom razdoblja predviđenog u razdoblju od 2022. do 2031. godine. U 2021. godini, tržište je raslo stabilnom brzinom, a s porastom usvajanja strategija od strane ključnih članica, očekuje se rast tržišta tijekom predviđenog razdoblja [1].

Sjedinjene Američke Države, i dalje će imati važnu ulogu koja se ne može zanemariti. Bilo kakve promjene iz Sjedinjenih Američkih Država mogle bi utjecati na razvojni trend infrastrukture kopnenog segmenta SAR-a COSPAS-SARSAT-a. Očekuje se značajan rast tržišta u Sjevernoj Americi tijekom predviđenog razdoblja. Visoka usvajanja napredne tehnologije vjerojatno će stvoriti značajne prilike za rast tržišta [1].

Europa također igra važnu ulogu na svjetskom tržištu, s velikim rastom u prosječnoj godišnjoj stopi rasta tijekom razdoblja od 2022. do 2029. godine. Očekuje se da će veličina tržišta infrastrukture kopnenog segmenta SAR-a COSPAS-SARSAT-a doseći višemilijunsku stopu do 2029. godine u usporedbi s 2022. godinom, uz neočekivanu godišnju stopu rasta od 2022. do 2029. godine [1].

Unatoč prisutnosti velike konkurencije, zbog jasnog svjetskog trenda oporavka, investitori su i dalje optimistični u vezi s ovim područjem, i očekuje se da će u budućnosti ući još novih ulaganja u ovu industriju. Ovaj rast fokusira se na tržište infrastrukture kopnenog segmenta SAR-a COSPAS-SARSAT-a na svjetskom tržištu, posebno u Sjevernoj Americi, Europi i Aziji i Tihom oceanu, Južnoj Americi, Bliskom Istoku i Africi [1].

5. ZAKLJUČAK

COSPAS-SARSAT sustav, lansiran 1982., postao je operativan nakon uspješnih testiranja i potpisanog ICSPA sporazuma 1988. u Parizu. Sustav se temelji na organizacijskom sporazumu ICSPA, uključujući Vijeće i Tajništvo. Uključuje 45 zemalja i organizacija, s Kanadom, Francuskom, Rusijom i SAD-om kao ključnim potpisnicima. Postoje različiti segmenti kao ELT-ovi, sateliti s repeticijama i procesorima signala, lokalni korisnički terminali, centri za kontrolu i koordinaciju spašavanja.

Troškovi funkcioniranja COSPAS-SARSAT sustava dijele među vladama sudionicama programa. Osnivačke zemlje pružaju svemirski segment sustava, dok ostale zemlje sudjeluju u postavljanju i održavanju kopnenih prijemnih stanica. Administrativni troškovi se raspodjeljuju na sve članice. Financijska potpora dolazi iz proračuna ovih zemalja, s mogućnošću dopune dodatnim sredstvima ili donacijama iz drugih izvora kako bi se osiguralo učinkovito funkcioniranje i održavanje sustava.

S ovim sustavima, COSPAS-SARSAT pruža vitalnu podršku spašavanju na moru:

EPIRB je prijenosni odašiljač koji se aktivira u pogibelnim situacijama na moru. LUT-ovi prihvaćaju i analiziraju signale satelita za precizno određivanje lokacija signala na 406 MHz. LEOLUT, MEOLUT i GEOLUT čine dio sustava za praćenje i lociranje pogibelnih signala. MCC-ovi prikupljaju, pohranjuju i šalju podatke iz LUT-ova i drugih MCC-ova, omogućujući razmjenu podataka i distribuciju upozorenja i lokacija RCC-ovima. LEOSAR i GEOSAR sustavi pružaju svjetsko otkrivanje signala i precizno lociranje pogibelnih radiofara. MEOSAR sustav donosi napredne mogućnosti za globalno izdavanje upozorenja i precizno lociranje, koristeći MEO konstelaciju satelita.

Za potpuno iskorištavanje prednosti nove mrežne arhitekture, SAR ured je pokrenuo razvoj druge generacije radiofarova. Ovi napredni radiofarovi su dizajnirani s ciljem dodatnog poboljšanja preciznosti lokalizacije i brzine detekcije sustava, pružajući korisnicima širok spektar novih funkcija. Radi postizanja veće učinkovitosti u odnosu na tehnologiju prve generacije, radiofarovi druge generacije dinamički prilagođavaju svoje prijenose, pojačavajući njihovu gustoću u ključnim početnim minutama nakon aktivacije, te postupno smanjujući broj prijenosa

tijekom vremena.. Ove inovacije ne samo da produljuju vijek trajanja baterija radiofarova, već i osiguravaju pouzdanije podatke korisnicima u pogibeljnim situacijama.

Radiofar s ugrađenim GPS-om predstavlja revolucionarnu pogibeljnu opremu za spašavanje, stvorenu s ciljem ubrzanja postupaka potrage i spašavanja ljudi i plovila u pogibelji. Integriranjem tehnologija GPS-a i 406 MHz EPIRB-a, GPIRB omogućuje iznimnu preciznost pogibeljnog signala, značajno povećavajući šanse za preživljavanje. Zahvaljujući sinergiji COSPAS-SARSAT i GEOSAR satelitskih mreža, vrijeme potrebno za prvo upozorenje na svjetskoj razini znatno je smanjeno.

Inovacija GPIRB-a leži u ugrađenom GPS modulu koji omogućuje detekciju uređaja te digitalno emitiranje koordinata satelitima nakon potvrde njihove točnosti. Ovaj pametni sustav omogućuje efikasno spašavanje smanjujući troškove i vrijeme angažiranja u tim operacijama. Također, GPS podaci smanjuju nesigurnost uzrokovanu lažnim alarmima, dok je GPIRB jedinstveni proizvod koji nudi izvanredne sposobnosti bez konkurencije na tržištu. Otklanjajući potrebu za dugotrajnim traženjem u spašavanju,

Usluga povratne veze pruža novim EPIRB-ovima, PLB-ovima i ELT-ovima mogućnost slanja signala potvrde ili poruke kada COSPAS-SARSAT sustav primi signal za pomoć s radiofara. Iako ova usluga ne implicira trenutno organizirano spašavanje, pruža osjećaj sigurnosti vlasnicima radiofarova znajući da je njihova uzbuna primljena i proslijeđena nadležnim vladinim agencijama. Ovo potvrđivanje pomaže korisnicima da ostanu smireni i donesu ispravne odluke dok čekaju pomoć. RLS je rezultat suradnje između COSPAS-SARSAT-a i programa Galileo, što dodatno potvrđuje njegovu važnost i podršku unutar ovih sustava.

U razdoblju od rujna 1982. do danas., COSPAS-SARSAT sustav bio je od pomoći u spašavanju najmanje 60.000 osoba u ukupno 18.807 slučajeva spašavanja. U 2023. godini ovaj sustav je svakodnevno prosječno pružao pomoć u spašavanju gotovo deset osoba.

Također, očekuje se značajan rast globalnog tržišta kopnenog segmenta SAR-a COSPAS-SARSAT-a u razdoblju od 2022. do 2031. godine. SAD će i dalje imati ključnu ulogu u tom rastu, dok će Europa također imati značajan doprinos. Unatoč konkurenciji, investitori su optimistični zbog globalnog trenda oporavka, što će vjerojatno dovesti do novih ulaganja u ovu industriju,

posebno u regijama poput Sjeverne Amerike, Europe, Azije, Tihog oceana, Južne Amerike, Bliskog Istoka i Afrike.

Modernizacija COSPAS-SARSAT sustava kontinuirano se provodi kako bi se osigurala bolja učinkovitost i pokrivenost u spašavanju na kopnu i moru. Modernizacija sustava ključna je za sigurnost na moru i spašavanja u pogibeljnim situacijama te omogućuje bolju zaštitu života.

LITERATURA:

- [1] 2022-2029 Global SAR Ground Segment Infrastructure of COSPAS-SARSAT Professional Market Research Report, Analysis from Perspective of Segmentation (Competitor Landscape, Type, Application, and Geography), 2022.
- [2] King, J. V. (2021) "SatCom Today in Canada: Significant Research: Overview of the COSPAS-SARSAT Satellite System for Search and Rescue," *Online Journal of Space Communication*: Vol. 2: Iss. 4, Article 15.
- [3] Levesque, Daniel: *The History and Experience of the International COSPAS-SARSAT Programme for Search and Rescue*, International Astronautical Federation-IAF, Pariz, 2016.
- [4] Službena web stranica ACR Electronics, Inc., Fort Lauderdale, Sjedinjene Američke države, Opis RLS-a, <https://www.acrartex.com/news/galileo-return-link-service-rls-meosar/> (pristupljeno 11. siječnja 2024)
- [5] Službena stranica Deutsche Welle, Bonn, Njemačka, Slika konstelacije GALILEO satelitskog navigacijskog sustava, <https://www.dw.com/en/european-parliament-approves-military-use-of-galileo-satellite/a-3474226> (pristupljeno 16. kolovoza 2023.)
- [6] Službena stranica Ebay-a, California, Sjedinjene Američke države, Slika GPIRB plutače, <https://www.ebay.com/itm/133929453842> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [7] Službena web stranica BeiDou navigacijskog satelitskog sustava, Haidian, Beijing, Kina, Opis BeiDou satelitskog sustava, <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/> (pristupljeno 30. lipnja 2024.)
- [8] Službena web stranica EoPortal, Essex, Ujedinjeno Kraljevstvo, Opis kopnenog segmenta, PLB-a i ELT-a, <https://www.eoportal.org/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [9] Službena web stranica za e-učenje GMDSS-a, Opis satelitskih podsustava i LEOSAR sustava, <https://www.egmdss.com/> (pristupljeno 8. kolovoza 2023.)
- [10] Službena web stranica Europske svemirske agencije (ESA), Pariz, Francuska, Opis GALILEO satelitskog navigacijskog sustava https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo (pristupljeno 24. kolovoza 2023.)

- [11] Službena web stranica *European Union Agency for the Space Programme* (EUSPA), Prag, Češka Republika, Opis GNSS-a <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss> (pristupljeno 23. kolovoza 2023.)
- [12] Službena stranica FCC ID (FCC certifikata), Slika Aktivacije EPIRB plutače, <https://fccid.io/document.php?id=1476165> (pristupljeno 10. kolovoza 2023.)
- [13] Službena web stranica Aeromarine SRT , Beograd, Srbija , Opis spašenih života <https://gmdsstesters.com/radio-survey/epirb/a-system-that-saves-lives-statistics-facts-about-the-cospas-sarsat-and-406-MHz-distress-beacons.html> (pristupljeno 13. veljače 2023.)
- [14] Službena web stranica *Global Positioning system* (GPS.GOV - NOAA), Washington, DC, Opis GPS satelitskog sustava, <https://www.gps.gov/systems/gps/> (pristupljeno 23. kolovoza 2023.)
- [15] Službena web stranica *International COSPAS-SARSAT Programme*, Montreal, Quebec, Canada, Opis Dopplerovog efekta, <https://COSPAS-SARSAT.int/en/21-embedded-articles/230-doppler-processing> (pristupljeno 16. kolovoza 2023.)
- [16] Službena web stranica *International COSPAS-SARSAT Programme*, Montreal, Quebec, Canada, Opis kontrolnog centra (MCC), <http://www.COSPAS-SARSAT.int/en/system/detailed-leosar-geosar-system-description/mcc-details> (pristupljeno 16. kolovoza 2023.)
- [17] Službena web stranica *International COSPAS-SARSAT Programme*, Montreal, Quebec, Canada, Opis povijesti i razvoja COSPAS-SARSAT programa, <https://COSPAS-SARSAT.int/en/system-overview/COSPAS-SARSAT-system> (pristupljeno 10. kolovoza 2023.)
- [18] Službena web stranica, *International COSPAS-SARSAT Programme*, Montreal, Quebec, Canada, Slika COSPAS-SARSAT sustava, <https://COSPAS-SARSAT.int/> (pristupljeno 10. kolovoza 2023.)
- [19] Službena web stranica *International COSPAS-SARSAT Programme*, Montreal, Quebec, Canada, Opis strukture COSPAS-SARSAT sustava i EPIRB-a, <http://www.COSPAS-SARSAT.int> (pristupljeno 8. kolovoza 2023.)

- [20] Službena stranica Monitor, Ljubljana, Slovenija, Slika svemirske konstelacije GPS satelita, <https://www.monitor.si/clanek/sateliti-brez-katerih-ne-moremo/162238/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [21] Službena web stranica *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), Washington, DC, Opis lokalnih korisničkih terminala <https://www.sarsat.noaa.gov/ground-stations/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [22] Službena web stranica *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), Washington, DC, Opis MEOSAR satelitskih podsustava i Slika potpisivanja međunarodnog sporazuma <https://www.sarsat.noaa.gov/search-and-rescue-satellites/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [23] Službena web stranica NovAtel in. Calagary, Alberta, Kanada, Opis Glonass-a <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/gnss-constellations/glonass> (pristupljeno 24. kolovoza 2023.)
- [24] Službena web stranica Ocean Signal, Ujedinjeno Kraljevstvo, Slika položaja LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju, <https://oceansignal.com/how-do-epirbs-and-plbs-operate/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [25] Službena web stranica Sail Magazine, Slika rada MEOSAR sustava, <https://www.sailmagazine.com/gear/medium-altitude-earth-orbit-search-rescue-system-comes-stream> (pristupljeno 16. kolovoza 2023.)
- [26] Službena web stranica Seven Seas Marine, Singapore, Slika EPIRB uređaja, <http://sevenseas-marine.com/shop/safety-security/epirb/jotron-tron-40s-mkii/> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)
- [27] Službena web stranica *The National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Washington, DC, Sjedinjene Američke države, Opis druge generacije radiofarova <https://www.nasa.gov/missions/artemis/nasa-develops-second-generation-search-and-rescue-beacon-technology/> (pristupljeno 11. siječnja 2024)
- [28] Službena web stranica Tripod Lycos, Opis GPIRB-a, https://infoshipping.tripod.com/gmdss_e_g.html (pristupljeno 10. kolovoza 2023.)
- [29] Službena stranica Trusted Reviews, Ujedinjeno Kraljevstvo, Slika konstelacije GLONASS satelitskog navigacijskog sustava,

<https://www.trustedreviews.com/explainer/what-is-glonass-4231849> (pristupljeno 20. kolovoza 2023.)

[30] Službena web stranica Wikipedia, Opis EPIRB-a https://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_position-indicating_radiobeacon (pristupljeno 16. kolovoza 2023.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Potpisivanje međunarodnog COSPAS-SARSAT sporazuma [22].....	4
Slika 2. Glavni ured tajništva COSPAS-SARSAT-a [19].....	6
Slika 3. Zemlje članice COSPAS-SARSAT sustava [19].....	7
Slika 4. COSPAS-SARSAT sustav [18]	9
Slika 5. EPIRB uređaj [26].....	10
Slika 6. Aktivacija EPIRB plutače [12]	11
Slika 7. Područje pokrivanja LEOSAR satelita i LEOLUT-a [19]	14
Slika 8. Područje pokrivanja GEOSAR satelita i GEOLUT-a [19]	14
Slika 9. Popis i karta MCC-ova [19]	15
Slika 10. Orbita i pokrivenost LEOSAR satelita [9].....	19
Slika 11. Dopplerova krivulja [19]	20
Slika 12. Objašnjenje Dopplerove obrade [19]	21
Slika 13. Položaj LEOSAR i GEOSAR satelita u odnosu na Zemlju [24]	22
Slika 14. Otisci operative MEOSAR lokalne pokrivenosti [19].....	23
Slika 15. Rad MEOSAR sustava [25].....	24
Slika 16. Svemirska konstelacija GPS satelita [20].....	27
Slika 17. Konstelacija GLONASS satelitskog navigacijskog sustava [29]	28
Slika 18. Konstelacija Galileo satelitskog navigacijskog sustava [5].....	29
Slika 19. GPIRB plutača [6]	32
Slika 20. PLB s ugrađenim RLS-om [4]	33

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Usporedba LEOSAR, GEOSAR I MEOSAR sustava</i>	25
---	----

POPIS KRATICA

BDS (*engl. BeiDou Navigation Satellite System – BDS*) - Beidou navigacijski satelitski sustav

COSPAS- SARSAT (*russ. Cosmicheskaya Sustava Poiska Avariynih Sudov, engl. Search And Rescue Satellite-Aided Tracking*) – Međunarodni program satelitske potrage i spašavanja

ELT (*engl. Emergency Locator Transmitters*) – Odašiljač za hitne slučajeve

EPIRB (*engl. Emergency Position-Indicating Radiobeacon*) – Radiofar za označavanje položaja u pogibelji

GEOSAR (*engl. Geostationary Search and Rescue*) – Sateliti koji se nalaze u geostacionarnoj Zemljinoj orbiti

GLONASS (*engl. Global Navigation Satellite System*) – Globalni navigacijski satelitski sustav

GMDSS (*engl. Global Maritime Distress and Safety System*) – Globalni pomorski sustav za pomoć i sigurnost

GNSS (*engl. Global navigation satellite system*) – Globalni navigacijski satelitski sustav

GPIRB (*engl. Global Position Indicating Radio Beacon*) – Radiofar za označavanje položaja u pogibelji s ugrađenim GPS-om

GPS (*engl. Global Positioning System*) – Globalni položajni sustav

HRU (*engl. Hydrostatic Release Unit*) – Hidrostatski mehanizam za otpuštanje

ICSPA (*engl. International COSPAS-SARSAT Programme Agreement*) – Međunarodni COSPAS-SARSAT Programski sporazum

IMO (*engl. International Maritime Organization*) – Međunarodna pomorska organizacija

ITU (*engl. International Telecommunication Union*) – Međunarodne telekomunikacijske agencije

LEOSAR (*engl. Low Earth Orbit Search and Rescue*) – Sateliti koji se nalaze u niskoj Zemljinoj orbiti

LUT (*engl. Local User Terminals*) – Lokalni korisnički terminali

MCC (*engl. Mission Control Centre*) – Centri za kontrolu misija

MEOSAR (*engl. Medium Earth Orbit Search and Rescue*) – Sateliti koji se nalaze u srednjoj Zemljinoj orbiti

MOU (*engl. Memorandum of Understanding*) – Memorandum o razumijevanju

NASA (*engl. National Aeronautics and Space Administration*) – Nacionalnu upravu za zrakoplovstvo i svemir

NM (*engl. Nautical Mile*) – Nautička milja

NOAA (*engl. National Oceanic and Atmospheric Administration*) – Nacionalna administracija za oceane i atmosferu

PLB (*engl. Personal Locator Beacons*) – Osobni odašiljač signala

RCC (*engl. Rescue Coordination Center*) – Centar za koordinaciju spašavanja

RLS (*engl. Return Link Service*) – Usluga povratne veze

SAR (*engl. International Convention on Maritime Search and Rescue*) – Međunarodna konvencija o pomorskom traganju i spašavanju

SARP (*engl. The Search And Rescue Repeater*) – sateliti opremljeni procesorima SAR signala

SARR (*engl. The Search And Rescue Repeater*) – sateliti opremljeni repetitorima SAR signala

TCA (*engl. Time of Closest Approach*) – Vrijeme najbližeg približavanja

