

# Analiza starog i moderniziranog sustava lociranja

---

**Miše, Roko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:164:585873>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-25**

*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**

**ROKO MIŠE**

**ANALIZA STAROG I MODERNIZIRANOG  
SUSTAVA LOCIRANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**ANALIZA STAROG I MODERNIZIRANOG  
SUSTAVA LOCIRANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**dr. sc. Dean Sumić**

**STUDENT:**

**Roko Miše**

**(MB:0171273939)**

**SPLIT, 2021.**

## **SAŽETAK**

Ovaj rad obuhvaća problematiku lociranja brodova na moru u slučaju pogibelji kroz preglednu analizu starog sustava i moderniziranog sustava lociranja. Stari sustavi lociranja COSPAS-SARSAT vezuju se uz pravilo korištenja namjenskih LEO satelita. Danas svi brodovi, raspolažu obvezno instaliranim EPIRB COSPAS-SARSAT sa podrškom LEO, GEO i MEO satelita. Sateliti MEOSAR unaprjeđuju COSPAS-SARSAT sustav jer više ne treba lansirati ekskluzivno satelite za ovu namjenu već se na postojeće GNSS satelite postavljaju samo dodatni instrumenti za podršku COSPAS-SARSAT lokacijskom sustavu.

Ključne riječi: COSPAS-SARSAT, LEOSAR, GEOSAR, pogibelj, traganje i spašavanje

## **ABSTRACT**

This paper covers the issue of locating ships at sea in case of distress through a comprehensive analysis of the old system and the modernized location system. The old COSPAS-SARSAT location systems worked with dedicated LEO satellites. Today, all ships have compulsorily installed EPIRB COSPAS-SARSAT with the support of LEO, GEO and MEO satellites. MEOSAR satellites are improving the COSPAS-SARSAT system because it is no longer necessary to launch exclusively dedicated satellites for this purpose, but only additional instruments to support the COSPAS-SARSAT location system are placed on existing GNSS satellites.

Keywords: COSPAS-SARSAT, LEOSAR, GEOSAR, distress, search and rescue

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. SIGURNOST NA MORU</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. MEĐUNARODNI SUSTAVI SIGURNOSTI PLOVIDBE</b> .....	<b>5</b>
2.1.1. Organizacije i udruženja.....	5
2.1.2. Konvencije o sigurnosti na moru.....	7
2.1.3. Sustav izvješćivanja i sigurnost plovidbe.....	8
<b>2.2. NESREĆE NA MORU, TRAGANJE I SPAŠAVANJE</b> .....	<b>9</b>
2.2.1. Pomorski sustav za pogibelj i sigurnost (GMDSS) .....	11
2.2.2. Lociranje na moru .....	14
<b>3. STARI SUSTAVI LOCIRANJA</b> .....	<b>17</b>
3.1. ORIJENTACIJA NA MORU .....	20
3.2. POMORSKI KOMUNIKACIJSKI UREĐAJI.....	22
3.3. SATELITI U NISKOJ ZEMLJINOJ ORBITI .....	26
3.4. SATELITI U GEOSTACIONARNOJ ORBITI .....	27
3.5. LOKALNI KORISNIČKI TERMINAL.....	28
<b>4. MODERNIZIRANI SUSTAVI LOCIRANJA</b> .....	<b>30</b>
4.1. SREDNJA ZEMLJINA ORBITA .....	31
4.2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SUSTAVI.....	32
4.2.1. GPS.....	33
4.2.2. BEIDOU.....	34
4.2.3. GALILEO .....	35
4.2.4. GLONASS .....	37
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>39</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>41</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>43</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>44</b>
<b>POPIS KRATICA</b> .....	<b>45</b>

## 1. UVOD

Zemljinu površinu čine kopneni dijelovi i mora. Od ukupno 510 milijuna km<sup>2</sup> površine Zemlje, 149 milijuna ili 29% je kopno, a 71% ili 361 milijuna km<sup>2</sup> je more. Od ukupnog kopna, 93% su veliki dijelovi (blokovi) – kontinenti, a 7% su otoci (obalni i pučinski). Usporedbom odnosa kopna i mora, na sjevernoj je polutki 61% more i 39% kopno, na južnoj 81% more i 19% kopno [18]. More povezuje i ujedinjuje kopna. Mnogobrojne djelatnosti su u neposrednoj ili posrednoj vezi s morem: eksploatacija prirodnih bogatstava (ribarstvo, nafta, plin, minerali), turizam, a najvažniji je promet, odnosno lokalni i međunarodni transport i prijevoz morem. Oko tri četvrtine svjetske međunarodne trgovine odvija se preko mora. Do današnjih dana, pomorski promet razvio se u tehničkom i tehnološkom smislu, a organizacijski je prerastao u globalnu mrežu.

U ovom radu problem istraživanja je sigurnost na moru. U općem smislu, sigurnost na moru uređena je pozitivnim propisima i pravilima ponašanja sudionika u pomorskom prometu. Pomorski promet je skup elemenata tehničke, tehnološke, ekonomske, organizacijske i pravne naravi radi prijevoza tereta i ljudi morem te njihova ukrcaja i iskrcaja, prekrcaja i pružanja ostalih usluga u luci. Redovne aktivnosti (u specifičnim uvjetima) na moru izložene su potencijalno prisutnim rizicima za posadu i brod. Rizicima se upravlja preventivnim provjerama opreme i procesa. Prilikom nastanka rizičnog događaja i/ili izvanrednih okolnosti u kojima se zatekao brod i/ili posada, potrebno je zatražiti i/ili pružiti pomoć i/ili spašavanje na moru. Brzina i efikasnost pružanja adekvatne pomoći ovisi o pravovremenom poznavanju lokacije i bitnih činjenica o ugrozi. Određivanje i javljanje položaja broda tijekom plovidbe je preventivna aktivnost za slučaj nastanka rizika ugroze. Ukoliko je zbog okolnosti položaj broda i/ili ljudi u moru nepoznat, ili je u odnosu na protek vremena i uvjeta na moru položaj promijenjen, nastupa traganje s ciljem lociranja na moru i pružanja pomoći i/ili spašavanja.

Predmet istraživanja u ovome radu jesu sustavi lociranja na moru u slučaju pogibelji. Njihova svrha nije samo precizno određivanje položaja broda ili osobe u prostoru (na moru) već i prosljeđivanje te informacije službama zaduženim za traganje i spašavanje. Stupanj sofisticiranosti sustava lociranja na moru kronološki prati otkrića i novitete u komunikacijskoj te informatičkoj i svemirskoj tehnologiji.

U ovom radu će biti opisani stari i modernizirani sustavi lociranja, njihova obilježja i karakteristike te prednosti i nedostaci u primjeni. Sukladno navedenom, ciljevi istraživanja su:

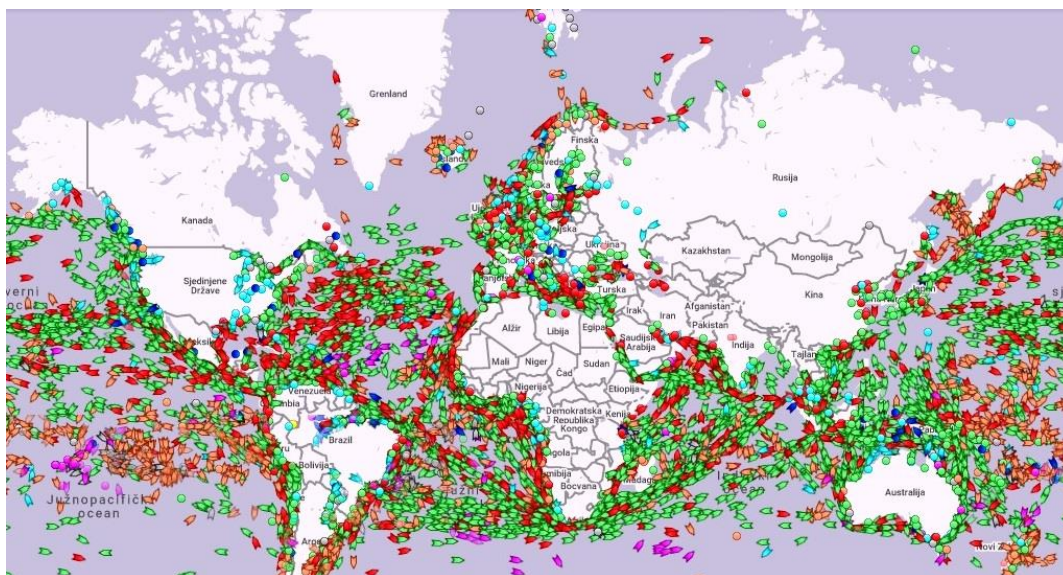
- objasniti značenje sigurne plovidbe u lokalnom, međunarodnom i globalnom okruženju,
- ukazati na statistiku pomorskih nesreća,
- objasniti proces lociranja na moru,
- analizirati stare sustave lociranja na moru i
- analizirati modernizirane sustave lociranja na moru.

Rad je podijeljen u pet dijelova. U prvom dijelu rada obrazloženo je polazište, problem i predmet rada te svrha i ciljevi istraživanja. U drugom dijelu rada obuhvaćene su preporuke i pozitivne zakonske regulative o sigurnosti na moru. U ovom dijelu rada dat je prikaz statistike nezgoda na moru u razdoblju od 2011. do 2019. godine. U trećem dijelu rada analizirani su stari sustavi lociranja, odnosno sustavi lociranja niže razine sofisticiranosti i niže razine efikasnosti. Opisan je njihov nastanak te prednosti i nedostaci u primjeni. Četvrti dio rada obuhvaća analizu moderniziranih sustava lociranja na moru. U petom dijelu rada, zaključku, istaknuti su najvažniji nalazi i uvidi proizašli iz istraživanja izabrane teme.

## 2. SIGURNOST NA MORU

Dva su glavna razloga zbog kojih je more pogodno za promet. Prvi razlog je promet bez smetnji i prepreka koje su uobičajene kod suhozemnih putova: nema planinskih masiva, prašuma ili pustinja. Morske putove nije potrebno graditi i održavati (popravlјati). Osim toga, morski put omogućava prijevoz velikih količina robe najednom i na velike udaljenosti. Što je brod veći i što je pređeni put dulji, to su i prijevozni troškovi po jedinici prevezene robe, odnosno po jedinici prijeđenog puta, niži. Drugi razlog zbog kojeg je promet morskim putem zauzeo velike razmjere je taj da je jedino morem moguć robni promet između pojedinih kontinenata, između otoka i kopna te otoka međusobno [24].

Na slici 1. prikazana je karta svijeta sa naznačenim brodovima na moru na dan 6. prosinca 2020. u 13:01 sati (prema srednjeeuropskom vremenu). Prema podacima Marine Trafic u danom trenutku na moru je bilo 193140 objekata svih vrsta: teretni brodovi, tankeri, putnički brodovi, brzi brodovi, tegljači i specijalni brodovi, ribarski brodovi, brodovi za razonodu, brodovi neodređene namjene te navigacijska pomagala [13].

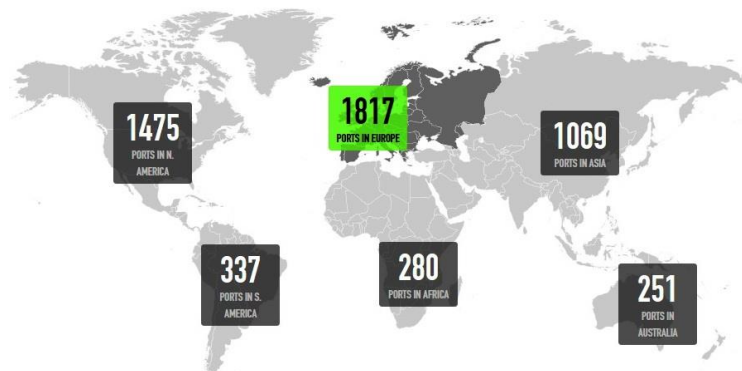


**Slika 1. Brodovi u lukama i plovidbi u realnom vremenu [13]**

FleetMon, tvrtka koja je izgradila prvo prikupljanje podataka o javnim brodovima i njihovim stvarnim položajima u svijetu, prikuplja što veći broj luka svih vrsta kako bi bilježili i nadgledali sav promet plovila u svijetu. Prikupljeno je 5229 luka koje su razmještene na svim kontinentima. Na području europskog kontinenta je 1848 luka, Sjeverna

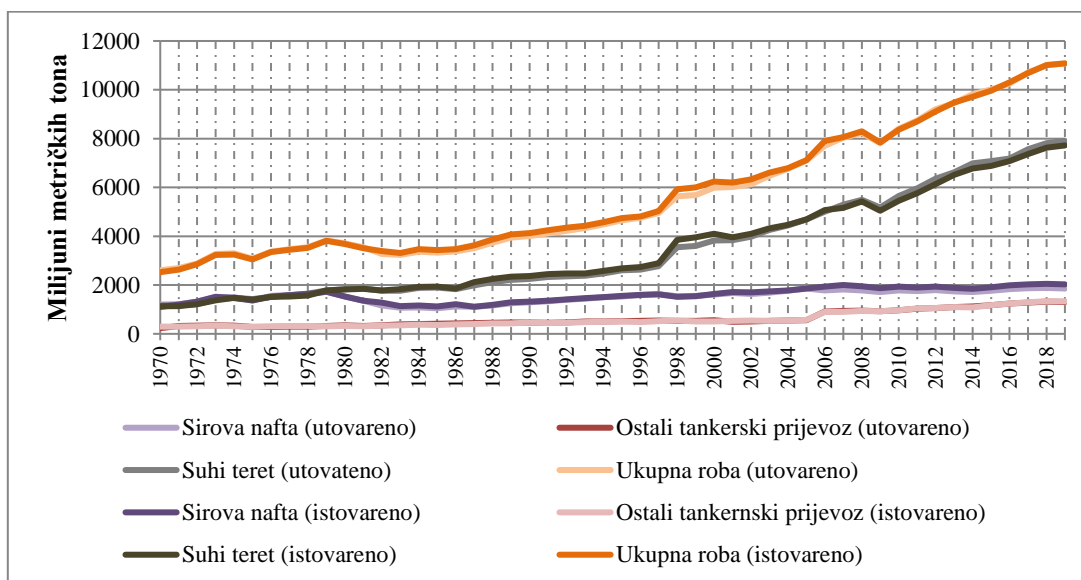


Amerika ima 1475 luka. U Aziji je na raspolaganju 1069 luka, a u Južnoj Americi 337, dok je u Africi 280 i u Australiji 251 luka (slika 2) [7].



Slika 2. Broj luka po kontinentima (FleetMon, 2020.) [7]

Pregledom podataka o količinama tereta prevezenim brodovima, dobiva se uvid da je isti u stalnom porastu. Primjerice, u odnosu na 1937. (490 milijuna tona) [20], pomorski promet se u 1955. (820 milijuna tona) povećao za preko 67% [20]. Od 1970. godine Konferencija Ujedinjenih naroda o trgovini i razvoju (engl. *United Nations Conference on Trade and Development – UNCTADSTAT*) [25] objavljuje on-line podatke o svjetskoj pomorskoj trgovini. Prema UNCTADSTAT podacima, u 2019. godini pomorskim transportom realizirano je 11076 milijuna tona tereta (slika 3).



Slika 3. Svjetska pomorska trgovina prema vrstama tereta od 1970. do 2019. godine

[25]

Slika 3. prikazuje da je ukupna svjetska pomorska trgovina od 1970. do 2019. godine porasla sa 2500 milijuna tona (1970.) na 11000 milijuna tona (2019.). U određenim situacijama teret u pomorskom prijevozu ima jedan ukrcaj/utovar i jedan iskrcaj/istovar. U većini slučajeva teretom se manipulira više puta dok prođe put od polazišta do odredišta. Da bi se teretom ispravno rukovalo, uvedeni su sigurnosni standardi (kriteriji) za brodove koji vrše transport (prijevoz) i sigurnosni standardi (kriteriji) za teret koji se prevozi. Svrha i cilj jesu sigurnost broda, tereta i ljudi na moru.

## **2.1. MEĐUNARODNI SUSTAVI SIGURNOSTI PLOVIDBE**

Međunarodni sustavi sigurnosti plovidbe rezultat su bogatog i sveukupnog razvoja pomorstva, brodarstva i pratećih djelatnosti na moru i u vezi s morem. U novije vrijeme sigurnost na moru u fokusu je rada brojnih organizacija i udruženja s pretežitim ciljem unaprjeđenja djelatnosti u vezi s iskorištavanjem mora i podmorja, pomorstvom ili pomorskom plovidbom, ali i organizacije koje se bave drugim pitanjima, a rješavanje tih pitanja odnosi se i na iskorištavanja mora i podmorja [26].

### **2.1.1. Organizacije i udruženja**

Organizacije i udruženja koje se bave pitanjima sigurnosti na moru i sigurnosti plovidbe mogu biti službene ili neslužbene. Službene organizacije su međudržavne i međuvladine organizacije. Njihov je interes usmjeren na organizaciju i koordinaciju djelatnosti od zajedničkog interesa. Neslužbene organizacije su one koje se bave iskorištavanjem i istraživanjem mora, pomorstva i pomorske plovidbe. Njihov je rad usmjeren na pitanja tehničke podrške, pružanje usluga pojedincima ili nevladinim organizacijama, a njihove preporuke, prijedlozi i stručna mišljenja nerijetko budu pretočeni u rješenja na međunarodnoj razini u obliku izmjene ili dopune određene konvencije ili na nacionalnoj razini u obliku zakonskog ili podzakonskog rješenja.

Sa stajališta sigurnosti plovidbe, posebno se ističu organizacije koje su po svom statusu specijalizirane ustanove Organizacije ujedinjenih naroda i to:

- Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization – IMO*),
- Međunarodni savez za telekomunikacije (engl. *International Telecommunication Union – ITU*) i
- Svjetska meteorološka organizacija (engl. *World Meteorological Organization – WMO*).

Međunarodna pomorska organizacija IMO osnovana je Konvencijom o međuvladinoj pomorskoj savjetodavnoj organizaciji (engl. *Intergovernmental Maritime Consultative Organization – IMCO*). Konvencija je usvojena na Pomorskoj konferenciji Ujedinjenih naroda održanoj 1948., a stupila je na snagu 1958. Današnji naziv Organizacija ima od 1982., kada su na snagu stupile izmjene konvencije, a organizacija postala specijalizirana ustanova Ujedinjenih naroda. IMO danas broji 174 članica država i tri pridružena člana [10]. Najviše tehničko tijelo organizacije je Odbor za pomorsku sigurnost (engl. *Maritime Safety Committee – MSC*). Članovi Odbora su sve države članice organizacije. Zadaće odbora su da razmotri svaki predmet u okviru djelokruga Organizacije vezano uz:

- pomagala za navigaciju,
- konstrukciju i opremu brodova,
- rukovanja sa stajališta sigurnosti,
- pravila o sprječavanju sudara na moru,
- rukovanje opasnim teretima,
- postupke i zahtjeve pomorske sigurnosti,
- hidrografske podatke,
- dnevnike i plovidbene zapise,
- istraživanja pomorskih nezgoda i
- spašavanje i pružanje pomoći [26, str. 3].

Međunarodni savez za telekomunikacije ITU osnovan je 1865. godine s ciljem upravljanja prvim međunarodnim telegrafskim mrežama. Od osnivanja do danas ITU se prilagođavao promjenama u području komunikacija: od telefonske komunikacije, radio-komunikacije pa do lansiranja prvih komunikacijskih satelita i informacijskom dobu utemeljenom na telekomunikacijama [11].

Svjetska meteorološka organizacija WMO osnovana je 1873. radi međunarodne razmjenu podataka o vremenu. Službeni naziv WMO dobiva 1950. nakon stupanja na snagu Konvencije pri čemu postaje specijaliziranom agencijom Ujedinjenih naroda. Od tada do današnjih dana WMO djeluje međunarodno na polju meteorologije, hidrologije te srodnih geofizičkih znanosti [27].

Valja spomenuti i Međunarodnu pomorsku satelitsku organizaciju (engl. *International Maritime Satellite Organization – INMARSAT*) koja djeluje od 1976. godine. Do danas je INMARSAT odredio podržane vrste komunikacijskih usluga i pet glavnih standarda uređaja brodskih zemaljskih postaja (engl. *Ship Earth Station – SES*): A (1982.), B (1994.), C (1991.), M (1994.) i E (1994.), pri čemu su sustavi izravne komunikacijske veze (A, B i M), sustavi neizravne veze (C) i sustavi za radio-lokaciju (E).

### **2.1.2. Konvencije o sigurnosti na moru**

Konvencije o sigurnosti na moru Međunarodne pomorske organizacije (IMO) dijele se prema obuhvatu na: konvencije o sigurnost plovidbe, konvencije o sprječavanju onečišćenja i konvencije o odgovornosti. Konvencije kojima se uređuju pitanja sigurnosti plovidbe su:

- Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (engl. *International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS*), 1960. i 1974.,
- Međunarodna konvencija o teretnim linijama (engl. *International Convention on Load Lines - LL*), 1966.,
- Posebni sporazumi o putničkim brodovima (engl. *Special Trade Passanger Ships Agreement - STP*), 1971.,
- Međunarodni propisi o sprječavanju sudara na moru (engl. *International Regulations for Preventing Collisions at Sea - COLREG*), 1972.,
- Međunarodna konvencija o sigurnosti kontejnera (eng. *International Convention for Safe Containers - CSC*), 1972.,
- Konvencija o Međunarodnoj pomorskoj satelitskoj organizaciji (engl. *Convention of the International Maritime Satellite Organization - INMARSAT*), 1976.,

- Međunarodna konvencija o sigurnosti ribarskih brodova (engl. *The Torremolinos International Convention for the Safety of Fishing Vessels - SFV*) 1977.,
- Međunarodna konvencija o standardima obuke, izdavanju svjedodžbi i obavljanja straže pomoraca (engl. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers - STCW*), 1978.,
- Međunarodna konvencija o traganju i spašavanju (engl. *International Convention on Maritime Search and Rescue - SAR*), 1979. i
- Međunarodna konvencija o standardima obuke, izdavanju svjedodžbi i obavljanja straže ribarskih brodova (engl. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Fishing Vessel Personnel - STCW-F*), 1955.

Uz navedeno, valja istaknuti i pozitivne pravne propise i pravila kojima se uređuju pitanja sigurnosti plovidbe morem. U Hrvatskoj su u promijeni propisi kojima se uređuju različite kategorije pitanja, a to su: pomorstvo, zaštita mora od onečišćenja, javni prijevoz u linijskom obalnom pomorskom prometu, pomorsko dobro i morske luke te pomorska uprava, a za provedbu i kontrolu nadležno je Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture [15].

### **2.1.3. Sustav izvješćivanja i sigurnost plovidbe**

Sustav izvješćivanja s brodova (engl. *Ship Reporting Systems – SRS*) je unaprjeđenje razine sigurnosti plovidbe u pojedinom području. Sustavi izvješćivanja s brodova dijele se na sustave u kojima je javljanje brodova obavezno i sustave u kojima je javljanje brodova dobrovoljno.

Obvezni sustavi izvješćivanja obuhvaćaju sve ili pojedine vrste brodova (ratni brodovi i brodovi koji obavljaju poslove za pojedinu državu, a pritom ne obavljaju trgovačka putovanja, nisu obuhvaćeni obveznim sustavima izvješćivanja). Obvezni sustavi izvješćivanja uobičajeno se odnose na brodove određene veličine ili na brodove koji prevoze opasne tvari ili tvari koje mogu onečistiti more u slučaju ispuštanja. Obvezna izvješća predaju se u pravilnim vremenskim razmacima ili prelaskom dogovorenih graničnih crta. Brodovi obuhvaćeni obveznim sustavima izvješćivanja podnose sljedeće vrste izvješća:

- Plan plovidbe (engl. *Sailing Plan*) – izvješće se predaje prije isplovljavanja, u pravilu korištenjem javne komunikacijske mreže (telefon, telefaks, teleks) i sadrži podatke o tijeku namjeravanog putovanja,
- Izvješće o položaju (engl. *Position Report*) – izvješće se predaje tijekom putovanja, korištenjem obalnih radiostanica ili izravno centru službe,
- Izvješće o skretanju (engl. *Deviation Report*) – izvješće se predaje ako se brod tijekom putovanja udalji od planiranog plovnog puta, prema uputama koje vrijede za određeni sustav i
- Završno izvješće (engl. *Final Report*) – izvješće se predaje nakon prispjeća broda u luku odredišta.

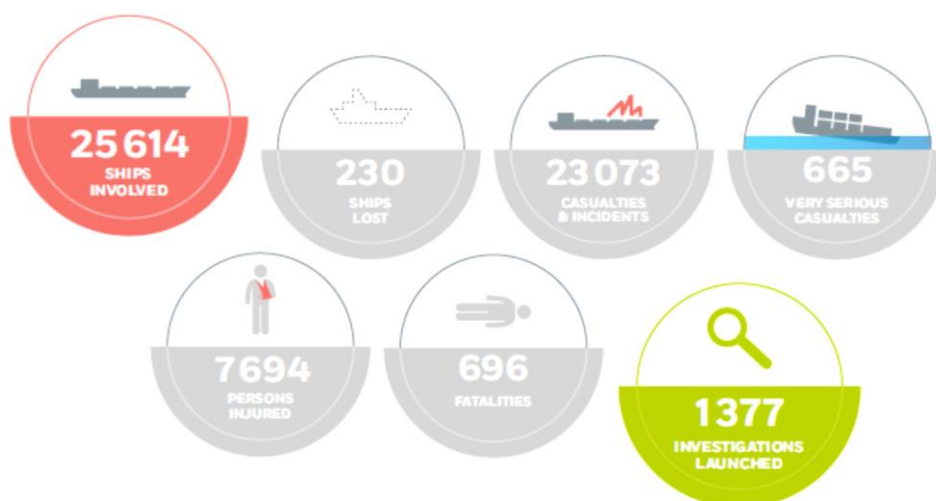
Obvezni sustavi izvješćivanja brodova svoj rad temelje na odredbama SOLAS konvencije. IMO je određen kao jedina organizacija ovlaštena donositi upute, uvjete i pravila koja se odnose na ove sustave na međunarodnoj razini.

Dobrovoljni sustav izvješćivanja usmjeren je na preventivnu sigurnost na moru. Na taj način smanjuje se vremenski razmak od posljednjeg javljanja broda i početka traganja u slučaju kada su ispunjene pretpostavke za traganje i spašavanje, a nije primljena poruka o opasnosti. Ovakvi se sustavi temelje na međusobnoj solidarnosti i uzajamnoj pomoći.

Na temelju prikupljenih podataka o položaju brodova, prati se kretanje brodova u području nadzora. Način praćenja kretanja brodova može biti jednostavan (ručno unošenje pozicije) ili složeniji (računalno bilježenje pozicije).

## **2.2. NESREĆE NA MORU, TRAGANJE I SPAŠAVANJE**

Europska agencija za pomorsku sigurnost (engl. *European Maritime Safety Agency* - *EMSA*) objavljuje izvješća o žrtvama i nesrećama na moru. Prema podacima EMSA, od 2011. do 2018. godine evidentirano je ukupno 25614 pomorskih nesreća (slika 4.).



**Slika 4. EMSA – Podaci o žrtvama i nesrećama na moru od 2011. do 2018.[6]**

Pomorske nesreće (slika 4.) razvrstane su u pet kategorija. U pomorskim nesrećama je sudjelovalo 25614 brodova (ships involved). U prvu kategoriju svrstani su izgubljeni brodovi (ship lost). Od 2011. do 2018. godine evidentirano je ukupno 230 izgubljenih brodova. U drugu kategoriju svrstani su slučajevi s ishodom incidenta u luci s posljedicom štete (casualties and incidents). U ovoj kategoriji zabilježeno je 23073 slučaja. U treću kategoriju svrstani su svi slučajevi s vrlo ozbiljnim posljedicama za brod i posadu (very serious casualties). Ovakvih je u promatranom razdoblju bilo ukupno 665. Četvrta kategorija obuhvaća sve slučajeve u kojima su osobe zadobile povrede (persons injured). Zabilježeno je ukupno 7694 osoba s ozljedama dobivenih na moru ili brodu. Peta kategorija jesu slučajevi sa smrtnim ishodom (fatalities). Od ukupnog broja nesreća, započeto je 1377 istraga (investigations launched). Od 2011. do 2018. godine u moru ili na brodu smrtno je stradalo ukupno 696 osoba.

Pomorske nesreće događaju se na različitim lokacijama. Značajan broj pomorskih nesreća događa se na otvorenom moru. Na slici 5. mogu se vidjeti područja zabilježenih 25614 slučaja pomorskih nesreća od 2011. do 2018. godine.



**Slika 5. Razmještaj pomorskih nesreća na moru od 2011. do 2018.[6]**

Pružanje pomoći osobama u nevolji na moru od davnina je prihvaćeno pravilo [26, str. 35]. Spašavanje ljudi na moru najčešće je povezano s traganjem. Traganje prethodi spašavanju ako položaj objekta ili osoba u opasnosti nije poznat.

### **2.2.1. Pomorski sustav za pogibelj i sigurnost (GMDSS)**

Osnovna zamisao Svjetskog pomorskog sustava za pogibelj i sigurnost (engl. *Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS*) je da se organizacije za traganje i spašavanje s kopna, kao i brodovi koji su u neposrednoj blizini broda u pogibelji, brzo uzbune i upoznaju s događajem pogibelji, tako da mogu sudjelovati u koordiniranim akcijama traganja i spašavanja [1, str. 14]. Služba traganja i spašavanja može koristiti vlastita sredstva i osoblje ili sredstva i osoblje koja joj stave na raspolaganje druge državne službe ili lokalne vlasti ili poduzeća i pojedinci [26, str. 47]. Spasilačka jedinica (engl. *Rescue Unit – RU*) može biti svako pomorsko, zračno ili kopneno sredstvo s prikladnom opremom, sredstvima veze i obučanim osobljem, koje je odgovorilo na poziv za pomoć.

Koncept GMDSS-a temelji se na udovoljavanju devet specifičnih zadataka koje mogu svi brodovi sa svojim postajama obaviti. Ti zadaci su:

- emitirati uzbunjivanje u smjeru BROD – KOPNO (na najmanje dva odvojena i neovisna sustava),



- emitirati i primati uzbunjivanje u smjeru BROD – BROD,
- primati uzbunjivanje u smjeru KOPNO – BROD,
- emitirati i primati komunikacijske poruke u akcijama traganja i spašavanja (eng. Search and Rescue – SAR),
- emitirati i primati komunikacijske poruke na mjestu događaja (eng. *on scene*),
- emitirati i primati signale za lociranje,
- primati pomorske sigurnosne poruke (eng. *Maritime Safety Information – MSI*),
- emitirati i primati opće radio komunikacije od obalnih postaja ili mreža i
- emitirati i primati komunikacije MOST – MOST (eng. *Bridge to Bridge*) [1, str. 14]

Spasilačke jedinice dijele se na pomorske, zrakoplovne ili kopnene. Pomorske spasilačke jedinice mogu biti pomorski brodovi ili pomorske brodice. Spasilački brodovi (eng. *Rescue Vessel – RV*) mogu sudjelovati u traganju i spašavanju na otvorenom moru, daleko od svojih matičnih luka. Države koje nemaju na raspolaganju ove specijalne brodove, oslanjaju se na ratne brodove, oceanske i obalne tegljače, brodove opskrbljivače, peljarske brodove i druge. Pomorske spasilačke brodice (eng. *Rescue Boat – RB*) koriste se za pružanje pomoći u područjima uz obalu. Njihova efikasnost opada s pogoršanjem vremenskih uvjeta. Posebna vrsta spasilačkih brodica su vrlo brzi spasilački brodovi (eng. *Fast Rescue Boat – FRB*). To su brze brodice male težine i snažnih strojeva namijenjene za spašavanje na području uz obalu.

U potragu i spašavanje na moru često su uključene i zrakoplovne spasilačke jedinice. Zrakoplovne spasilačke jedinice mogu brzo pretražiti široki prostor, a svaki zrakoplov može biti pozvan da pruži pomoć. Zrakoplovi koji nisu spasilački, ponudit će osnovnu pomoć praćenja odašiljanja na zrakoplovnim frekvencijama pogibli (121,5 MHz i 243 MHz). Raspoloživo gorivo ograničit će vrijeme zadržavanja zrakoplova u blizini mjesta nezgode, pa se kod traganja i spašavanja leti na manjim visinama. Zrakoplovi kod traganja lete na visini od 100 i 150 metara, odnosno 250 i 500 metara i noću 500 i 700 metara. Prema raspoloživom gorivu, zrakoplovi mogu letjeti do trideset minuta, ili do dva sata i trideset minuta. Helikopteri, osim traganja, mogu izvesti i spašavanje na moru, ukoliko je to moguće, s obzirom na ograničeno vrijeme leta i područja djelovanja.

Centar za koordinaciju traganja i spašavanja (engl. *Rescue Co-ordination Centre – RCC*) je temeljna jedinica službe odgovorna za provedbu traganja i spašavanja u području nadležnosti. U pravilu, svaka država uspostavlja jedan centar nadležnosti na cijelom svom području. Ukoliko je područje veliko, tada uspostavlja veći broj centara. U slučajevima kada sredstva veze na nekom području ne omogućuju pouzdano prenošenje poruka između centara za koordinaciju i spasilačkih jedinica, ili ako centar za koordinaciju obuhvaća nekoliko država (i u drugim slučajevima), osnivaju se spasilački podcentri (engl. *Rescue Sub-Centre – RSC*) u dijelu nadležnosti centra za koordinaciju. Stanice za uzbunjivanje uspostavljaju se na pogodnim mjestima kako bi primile obavijest o nezgodi, a obavijest prosljeđuju centru ili spasilačkom podcentru radi usklađivanja ili provedbe traganja i spašavanja.

Traganje i spašavanje može započeti na dva načina. Prvi način je izravnim pozivom u pomoć ljudi u nevolji. Drugi način jest razborit zaključak da su ljudi o čijem stanju na moru nema drugih obavijesti, u opasnosti.

Izravnim pozivom u pomoć smatraju se poruke koje sadrže poziv ili potvrdu upućenu izravno u centar za koordinaciju s broda ili zrakoplova sukladno odredbama ITU Radio pravilnika ili posredstvom obalne radiostanice te od druge međunarodno potvrđene pomorske središnjice ili MRSC-a, odnosno od centra COSPAS-SARSAT službe (MCC) ili INMARSAT koordinacijske službe (NCS) o primljenoj poruci o signalu radioplutače (EPIRB) s javljenim ili izračunatim poželjnim položajem unutar područja nadzora ili od državnih službi.

Najčešće će se poruka o opasnosti temeljiti na poruci opasnosti koju dostavljaju ljudi u opasnosti. Porukama opasnosti smatraju se i radio-telefonski signal pogibli (sastoji se od izgovorene riječi MAYDAY, s prethodnim radio-telefonskim signalom uzbune ili bez njega), signal pogibli upućen preko DSC uređaja, odnosno signal pogibli koji se sastoji od skupine SOS Morseovih znakova otpremljenih kao jedan signal. Osim poruke, poziv u pomoć može biti upućen vizualnim signalima. To može biti raketa crvene boje ili slične naprave koje izbacuju crvene zvjezdice u kratkim razmacima ili rakete s padobranom ili ručne buktinje koje daju crveno svjetlo. Može se također signal o pogibli javljati skupinom SOS Morseovih znakova upućenih signalnom svjetiljkom, svjetlom, ogledalom i sl. Signal o pogibli može biti prezentiran sukladno Međunarodnom signalnom kodeksu isticanjem

zastavica NC (November Charlie) ili kvadratnom zastavom koja iznad sebe ili ispod sebe ima loptu ili drugi predmet sličan lopti. Radi identifikacije iz zraka, može se koristiti komad narančaste jedrenine s crnim kvadratom i krugom ili drugim odgovarajućim simbolom. Koriste se i dimni signali narančastog dima, ali i vatra zapaljene katranske ili uljne bačve na palubi broda ili na vidljivom mjestu na kopnu. To može biti i lagano i ponovljeno dizanje i spuštanje ispruženih ruku sa strane tijela (kao da čovjek pokušava letjeti) ili pucanj (eksplozivni signal) ispaljivan u razmacima od oko jedne minute. Može se koristiti i brodska sirena za trubljenje u magli, a trubljenje je neprekidno. SOS Morseov znak može se odašiljati rogom za maglu, broskom sirenom, zviždaljkom i drugim predmetima zvučne signalizacije. Vizualno dojavljivanje može biti i mahanje velikim i svijetlim predmetima (zastavom ili komadom odjeće) ili svjetlosnim predmetima (ogledalom, svjetlucanjem baklje, svjetlosnim zrakama usmjerenim u zrak ili micanjem svjetla). Ako životi ljudi nisu ugroženi na moru, zabranjena je uporaba tih signala [26, str. 61, 62].

### **2.2.2. Lociranje na moru**

Traganje i spašavanje može započeti i ako nije primljena poruka o opasnosti, ako postoje takve okolnosti u kojima je razumno pretpostaviti da su ljudi u opasnosti. U takve okolnosti ubraja se kašnjenje brodova na odredište, posebice brodova koji održavaju redovite pruge, brodovi ograničenih mogućnosti koje je zateklo nevrijeme i sl.

Prije nego se započne traganje, bitno je procijeniti stupanj opasnosti. Neizvjesnost se utvrđuje kada postoji sumnja u sigurnost broda ili drugog plovnog objekta i osoba na njima zbog toga što je brod zakasnio na odredište ili je propustio poslati izvještaj o položaju, posebice ako je njegovu plovidbu pratio sustav izvješćivanja s brodova. U takvim okolnostima centar za koordinaciju pokušat će pribaviti informacije kako bi odredio položaj broda u nevolji. Ukoliko neizvjesnost ne bude otklonjena, proglašava se stupanj pripravnosti i dodjeljuje koordinator traganja i spašavanja koji ima zadatak pribaviti sve podatke i informacije o brodu i posadi te utvrditi stanje. Ukoliko i ove aktivnosti nemaju rezultata, proglašava se stupanj pogibli i započinje akcija traganja i spašavanja. Sva sredstva traganja koordiniraju se da zajednički poduzimaju aktivnosti kako bi se locirao brod i posada za koje je proglašen stupanj pogibli [26].

Područje traganja je područje koje treba pretražiti, a za koje postoji sumnja da se nalaze osobe u opasnosti. Ovo se područje naziva mogućim područjem traganja (eng. *Possible Search Area*) i opisuje se kao područje u kojem se sigurno nalaze ljudi u nevolji. Veličina mogućeg područja traganja utvrđuje se na temelju podatka o posljednjem javljenom položaju broda, od pretpostavljenog ili točnog položaja u trenutku nezgode do trenutka pretpostavljenog dolaska spasilačkih jedinica<sup>1</sup>.

Moguće područje traganja je, najčešće, veliko područje koje se ne može u optimalnom vremenu pretražiti. Optimalno vrijeme je vrijeme preživljavanja osoba u moru. Vrijeme preživljavanja ovisi o stanju broda u opasnosti, o opremi koju ugrožene osobe raspolažu ukoliko su bile prisiljene napustiti brod, odnosno uvjetima na moru te temperaturi mora i zraka, ukoliko su osobe u moru. Zbog toga se moguće područje traganja dijeli na manja područja za koja se utvrđuje vjerojatnost položaja. Ta se vjerojatnost naziva vjerojatnošću sadržavanja (engl. *Probability of Containment – POC*). Izračunati POC s najvećom vrijednosti je lokacija na koju se upućuju jedinice spašavanja. Točke s najvećom vjerojatnošću nazivaju se podatkom ili datumom. Početno utvrđene lokacije su promjenjive jer tijekom proteka vremena objekt i ljudi u moru mijenjaju položaj. Stoga se određuje zemljopisna točka ako su vjerojatne lokacije pronalaska ugroženih osoba najveće za manje područje, odnosno određuje se pravac ako su izračunate vjerojatnosti jednake ili približno jednake za više točaka u pravcu, odnosno ako se ne može odrediti točka ili pravac, tada se određuje područje unutar kojeg su sve točke vjerojatnosti pronalaska broda i/ili osoba u pogibelji.

Ukoliko se prvo traganje pokaže neuspješnim, područje se mora proširiti. Pritom se osobito predviđa zanošenje objekta i ljudi u/na moru. Na zanošenje mogu utjecati dužobalna morska struja, morska struja prouzročena plimom i osekom, stalna morska struja, morska struja vjetra, valovi uzrokovani vjetrom te potiskivanje niz vjetar. Ukoliko objekti u moru i na moru budu pronađeni, nastupaju aktivnosti spašavanja.

---

<sup>1</sup> Brodovi koji kreću prema području nezgode neposredno nakon prijema poziva, moraju ucrtati u kartu stvarni ili procijenjeni položaj broda ili brodice u nevolji te na temelju svog kursa i brzine odrediti procijenjeno vrijeme dolaska (engl. *Estimated Time of Arrival – ETA*). Ovi se podaci uspoređuju za sve brodove koji se upućuju na područje nezgode. Usporedo, prikupljaju se podaci o stanju na moru, pučini, vremenskim uvjetima i drugim relevantnim podacima, a brod koji je u potrazi i posada koja je na brodu vrše pripremne radnje spašavanja, specifično za vrstu broda i opremi koju raspolaže te uvjetima u kojima se priprema akcija spašavanja na moru. Bitno je da se tijekom spašavanja ne ugrozi sigurnost vlastitog broda i njegove posade.

Prva ideja o potrebi razvoja modernog sustava pomorskih komunikacija javila se već početkom sedamdesetih godina prošloga stoljeća. Novi sustav službeno se uvodi u međunarodni sustav sigurnosti plovidbe tek 1988. godine izmjenama Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS). Velik vremenski raspon rezultat je složenosti pojedinih podsustava i izazov da se novi sustav usuglasi na međunarodnom planu.

Povijesno uzevši, razvoj prijenosa informacija pomoću komunikacijskih uređaja i informacijske tehnologije započinje 1793. slanjem i primanjem brzog na veću udaljenost. Optički brzog prvi puta je korišten za vrijeme francuske revolucije (sustav se sastojao od niza tornjeva koji su označavali jedno slovo, a signalizacijom su upravljali ljudi). Godine 1832. Samuel Morse izumio je električni brzog koji prenosi kodiranu informaciju sa uređaja na uređaj pomoću električne veze. Godina 1876. važna je za Alexandra Grahama Bella i izum telefona, koji je u početku omogućavao razgovor sugovornika na vrlo malim udaljenostima. Guglielmo Marconi i Nikola Tesla zaslužni su izumitelji radija. Tesla je pokazao bežični prijenos zvuka, a Marconi postigao je prvo odašiljanje zvuka preko Atlantskog oceana: od Europe do Sjedinjenih Američkih Država. Uslijedio je razvoj televizije (1929.), a 1962. godine lansirana su dva komunikacijska satelita s primarnom funkcijom prijenosa informacija. Svemirska tehnologija potpomognuta Internetom (1989.) i pametnim telefonom (2007.) potiče na stalna poboljšanja poznatih rješenja. Iz navedenog proizlazi da sigurnost na moru, uz ostalo, ovisi o razvoju pomorskih komunikacijskih sustava i pomorskih komunikacijskih uređaja. Budući da zahtjevi i/ili rješenja iz područja komunikacijske infrastrukture i tehnologije dolaze iz različitih znanstvenih i/ili praktičnih područja, možemo reći da je pristup rješavanju sigurnosti na moru multidisciplinarnan problem.

U nastavku su pobliže opisani pomorski komunikacijski sustavi i uređaji koji se svrstavaju u stare sustave lociranja te modernizirani i/ili novi komunikacijski sustavi za lociranje.

### 3. STARI SUSTAVI LOCIRANJA

Navođenje, kao sredstvo za lociranje značajno je za otkrivanje broda u pogibelji i/ili brodica za preživljavanje na radaru broda, ili aviona, koji vrši pretraživanje [1, str. 15].

Primarna uloga GMDSS je izvršiti uzbuđivanje odgovornih na kopnu, tj. Pomorskog centra za koordinaciju spašavanja (engl. *Maritime Rescue Coordination Centre – MRCC*). GMDSS koristi satelitski i zemaljski sustav veza. Za razliku od Poglavlja IV: Radio-komunikacije SOLAS Konvencije iz 1974. godine gdje se kao osnova za određivanje zahtjeva kojima brod treba udovoljiti glede opremanja radio opremom uzima najmanja veličina broda u bruto tonama (BT), novo Poglavlje IV. SOLAS iz 1992. uzima kao osnovu područje (zonu) u kojem brod može ploviti. Cjelokupno područje plovidbe podijeljeno je na četiri zone (tablica 1).

**Tablica 1. Zone plovidbe** [1, str. 14, 15]

ZONA	Opis
A1	Unutar dosega VHF obalne postaje s kojom je moguće stalno DSC uzbuđivanje (otprilike oko 20-30 nautičkih milja)
A2	Izvan područja A1, ali u dosegu obalne postaje koja radi na MF području i s kojom je moguće stalno DSC uzbuđivanje (otprilike 100-200 nautičkih milja)
A3	Izvan područja A1 i A2, ali unutar područja koje pokrivaju geostacionarni komunikacijski sateliti INMARSAT i preko kojih je moguće stalno uzbuđivanje. Ovo područje pokriva približno od 70° N do 70° S geografske širine.
A4	Ostala područja izvan prethodno navedenih tj. A1, A2 i A3.

Određivanje položaja je kontinuirana aktivnost tijekom plovidbe broda. Prema zoni plovidbe, brodovi moraju raspolagati GMDSS opremu [1, str. 16, 17], i to:

- Područje A1
  - VHF radiotelefon
  - VHF DSC na kanalu 70
  - VHF DSC prijemnik

- Radarski odgovarač (engl. *Search and Rescue radar Transponder - SART*) svi putnički brodovi i brodovi preko 500 BT 2 kom, a brodovi od 300 do 500 BT 1 kom
- NAVTEX (engl. *Navigational Telex*) je međunarodna automatizirana usluga izravnog ispisa srednjih frekvencija za isporuku navigacijskih i meteoroloških upozorenja i prognoza, kao i hitnih informacija o pomorskoj sigurnosti brodova)
- Poboľjšani grupni poziv (engl. *Enhanced Group Call – EGC*) sa printerom za područja koja nisu pokrivena NAVTEX emisijama
- COSPAS-SARSAT (406 MHz) ili za samo područje A1 posebni VHF Predajnik namijenjen za pomorstvo (engl. *Emergency Position Indicating Radio Beacon – EPIRB*) s DSC na 70 kanalu
- VHF prijenosni (2 za brodove do 300 BT, 3 za putničke brodove i brodove sa 500 BT i više)
- Područje A2
  - VHF radiotelefon
  - VHF DSC na kanalu 70
  - VHF DSC prijemnik
  - SART svi putnički brodovi i brodovi preko 500 BT 2 kom, a brodovi od 300 do 500 BT 1 kom
  - NAVTEX
  - EPIRB (406 MHz)
  - MF radiotelefon sa DSC
  - MF prijemnik DSC za 2187,5 kHz
  - MF DSC koder/dekoder
  - VHF prijenosni (2 za brodove do 300 BT, 3 za putničke brodove i brodove sa 500 BT i više)
- Područje A3
  - VHF radiotelefon
  - VHF DSC na kanalu 70
  - VHF DSC prijemnik
  - SART svi putnički brodovi i brodovi preko 500 BT 2 kom, a brodovi od 300 do 500 BT 1 kom
  - NAVTEX

- EGC sa pisačem
  - EPIRB (406 MHz)
  - MF radiotelefon sa DSC
  - MF prijemnik na 2187,5 kHz
  - MF DSC koder/dekoder
  - INMARSAT SES
  - MF/HF radiotelefon sa DSC (skenirajućim prijemnikom) kao i sa MF/HF koderom/dekoderom te Navtex prijenosom podataka (engl. *Narrow Band Direct Printing- NBDP*)
  - VHF prijenosni (2 za brodove do 300 BT, 3 za putničke brodove i brodove sa 500 BT i više
- Područje A4
    - VHF radiotelefon
    - VHF DSC na kanalu 70
    - VHF DSC prijemnik
    - SART svi putnički brodovi i brodovi preko 500 BT 2 kom, a brodovi od 300 do 500 BT 1 kom
    - NAVTEX
    - EGC s pisačem
    - EPIRB (406 MHz)
    - MF/HF radiotelefon sa DSC koder/dekoder i NBDP
    - NBDP teleks
    - MF/HF DSC skenirajući prijemnik
    - VHF prijenosni (2 za brodove do 300 BT, 3 za putničke brodove i brodove sa 500 BT i više

Za razliku od određivanja položaja, lociranje nastupa kada je potrebno utvrditi lokaciju broda za koji nije poznat točan položaj. Lociranje podrazumijeva angažman drugih aktera koji sudjeluju u potrazi i spašavanju posade i broda. Osim određivanja lokacije, potrebno je istu i predočiti. U današnje vrijeme lociranje objekta na morskoj ili kopnenoj površini određuje se sofisticiranim tehnologijama. Međutim, ukoliko zbog određenih razloga one postanu nedostupne ili se dogodi neispravnost, tada je orijentacija u prostoru ovisna o vještinama i znanjima ljudi.



### 3.1. ORIJENTACIJA NA MORU

Za određivanje položaja neke točke u prostoru, potrebne su koordinate. Na ravnoj plohi to su udaljenosti od dva pravca: apscise (x) i ordinate (y). Isto bi moglo vrijediti i za određivanje položaja na Zemljinoj površini. Međutim, kako Zemlja ima okrugli (sferni) oblik, to su za odgovarajući koordinatni sustav potrebni kružnica i kružni luk koji su međusobno okomiti. Uspostavljanjem mreže usporednica i podnevnika, koju nazivamo i stupanjskom mrežom, dobiven je potreba sferni koordinatni sustav za određivanja položaja na Zemljinoj površini. Prostor što ga omeđuju dvije usporednice i dva podnevnika naziva se stupanjsko polje. Glavne stane svijeta mogu se odrediti prema značajnim nebeskim pojavama, točnije prema izlasku i kretanju nebeskih tijela. Sunce<sup>2</sup> uvijek određuje istok. Istok je točka na obzoru gdje se nakon noćne tame javlja svjetlost Sunca. Suprotna strana je zapad, a okomiti pravac na smjer istok-zapad je smjer jug-sjever. Strane svijeta najjednostavnije se i najtočnije određuju pomoću kompasa, koji služi za određivanje (mjerenje) vodoravnih kutova na zemljištu i zemljovidu. Ta je naprava nastala primjenom magnetske igle postavljene iznad vjetrovne ploče (ploče na kojoj su označene strane svijeta), a koja je kasnije dopunjena ljestvicom stupnjeva u krugu (0°-360°). Magnetska igla kompasa ne pokazuje smjer geografskog pola nego magnetskog. Magnetski polovi su točke<sup>3</sup>, odnosno manje površine na kojima magnetska igla zauzima okomit položaj (inklinacija ili kut odstupanja od horizontalne ravnine, iznosi 90°). Kut koji magnetska igla zatvara sa smjerom geografskog pola (sjevernim) naziva se magnetski otklon (deklinacija) koji može biti istočni ili zapadni. Vrijednost otklona različit je za pojedina mjesta na Zemlji, a mijenja se tijekom vremena i za isto mjesto, što je posljedica pomicanja magnetskih polova. Otklon se povećava s približavanjem polu, pa stoga (a uslijed jake inklinacije) običan magnetski kompas postaje neupotrebljiv u blizini polova. Stalnim prikupljanjem podataka o magnetskom otklonu objavljuju se karte izogona. To su crte koje povezuju mjesta istih vrijednosti deklinacije, što ima višestruko praktično značenje. S vremenom su kompasi izmijenjeni i usavršeni, a pronađena su i druga sredstva za orijentaciju koja se danas koriste u pomorstvu i

---

<sup>2</sup> Izlazak i zalazak Sunca nije uputno uzimati za točnije određivanje smjerova, jer Sunce izlazi točno na istoku (i zalazi točno na zapadu) samo u ravnodnevnicama (ekvinocij). Stoga su Arapi u srednjem vijeku u orijentaciji dali prednost jugu, strani svijeta koja se na sjevernoj polutki može točno odrediti prema kulminaciji Sunca. Ono svaki dan (u umjerenim širinama) kulminira točno u podne u južnom smjeru. To je bilo poznato još u antičko doba. Pomorci su davno zapazili da zvijezda Sjevernjača u zviježđu Malog Medvjeda postojano pokazuje smjer sjevera, pa su tom smjeru dali prednost orijentaciji tijekom noćne plovidbe.

<sup>3</sup> Sjeverni magnetski pol je u području kanadskog arktičkog otočja (sjeverno od otoka Princ od Walesa), a južni u sjevernom dijelu Viktorijine zemlje na Antarktici.

zrakoplovstvu. Brodovi koriste posebnu vrstu kompasa, girokompas (žirokompas), koji radi na principu giroskopa s neprekidno rotirajućim zvrkom kojem je os rotacije gibljiva samo u horizontalnoj ravnini. Uslijed rotacije Zemlje os girokompasa dolazi u položaj usporedan Zemljinoj osi i pri ljuljanju i posrtanju broda zadržava kurs s velikom točnošću (od oko  $0,1^\circ$ ). Uređaj je neosjetljiv na magnetske utjecaje željezne mase ili električnih uređaja [18].

Radio-goniometar je radio-navigacijski uređaj koji služi za određivanje smjera iz kojeg dolaze radio-valovi što ih odašilju u dogovorenim dužinama i razmacima posebne postaje na kopnu (radio-far / radio-svjetionik). Po tome posada broda ili zrakoplova određuje svoj položaj i upravlja plovidbu (uglavnom povremeno ispravljaju kurs). Sam uređaj se sastoji od antene i prijemnika kojim se primaju radio-valovi i pretvaraju u čujne ili vidljive znakove. Okretanjem antene mijenja se čujnost radio-valova, pa se prema jačini prijma utvrđuje smjer odašiljača. Dva ili tri radio-fara dovoljna su da posada odredi svoj položaj i usmjerava plovidbu. Brod može slati stalne radio-valove, a postaje na kopnu mu radio-telegrafski javljaju njegov položaj [18].

Za sigurnu orijentaciju osobito je velik napredak pronalazak radara. To je elektronski uređaj za otkrivanje i određivanje položaja objekata (udaljenost, azimut, elevacija) na moru i u zraku na temelju odbijanja elektromagnetskih valova. Udaljenost valova radarski uređaj utvrđuje mjerenjem vremena potrebnog da se vrati odbijeni val. Najviše se koriste radari s tzv. panoramskim pokazivačima. U njih se antena obrće stalno istom brzinom i kružno pretražuje cijelu okolicu. Tako se dobivaju podaci o prostornom rasporedu objekata kao na zemljovidu. Za plovidbu je bitno da se, osim izgleda okolice, na pokazivaču vidi položaj broda (u središtu mreže), i tzv. pramčanica, crta koja pokazuje trenutčan kurs. Primjena azimuta u pomorstvu omogućila je pouzdanu orijentaciju i u oceanskoj plovidbi. Kurs ili smjer plovidbe je vodoravan kut koji određeni smjer (uzdužnica broda) zatvara s podnevnikom, a računa se jednako kao i azimut. Tako npr. kurs  $45^\circ$  označava sjeveroistok (NE), kurs  $135^\circ$  jugoistok (SE), kurs  $315^\circ$  sjeverozapad (NW) [18].

### 3.2. POMORSKI KOMUNIKACIJSKI UREĐAJI

Brod koji je opremljen prema starom sustavu, opremljen je radiotelegrafskom ili radiotelefonskom postajom. Brod koji je bio opremljen radiotelegrafskim uređajem imao je na raspolaganju frekvencije 500 kHz, za rad sa radiotelegrafijom i 2182 kHz za rad radiotelefonijom. Koristilo se i automatsko tipkalo za slanje znaka uzbune na 500 kHz te autoalarm za prijam tog znaka. Uz navedeno, imao je i dvotonski generator za emitiranje znaka uzbune na 2182 kHz u sklopu MF primopredajnika i posebni prijamnik radiotelefonskog znaka uzbune koji je stalno uključen na frekvenciji 2182 kHz. Nalazio se na zapovjedničkom mostu kako bi mogao primiti znak uzbune od broda koji ima samo radiotelefonski uređaj. Brod je bio opremljen i VHF radiouređajem. Brod koji je bio opremljen radiotelefonskim uređajem imao je predajnik koji je mogao na frekvenciji 2182 kHz poslati znak uzbune koji generira zvučne frekvencije 2200 Hz i 1300 Hz emitirane izmjenično na frekvenciji 2182 kHz. Trajanje svakog tona je bilo 250 milisekundi. Takav znak automatski je uključivao prijamnik znaka uzbune na brodovima u dometu. Brod koji je imao samo radiotelefonsku postaju imao je i VHF uređaj [1, str. 20].

Danas svi brodovi koji podliježu SOLAS konvenciji imaju na raspolaganju za uzbunjivanje, uz radiotelegrafsku, radiotelefonsku i EPIRB uključen u sustav COSPAS-SARSAT.

COSPAS-SARSAT<sup>4</sup> (rus. *Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov* i engl. *Space System for the Search of Vessels in Distress –COSPAS-SARSAT*) je sustav za traganje i spašavanje uz satelitsku podršku, namijenjen lociranju radio-farova za pogibelj koji odašilju na frekvencijama 121,5 MHz i 406,025 MHz. Namijenjen je za korištenje svim organizacijama u svijetu koje obavljaju operacije traganja i spašavanja za potrebe brodova, zrakoplova ili drugih potreba na kopnu [1, str. 99].

---

<sup>4</sup> COSPAS-SARSAT sustav su 1979. godine započele Francuska, Kanada, SAD i bivši Sovjetski Savez kojeg je zamijenila Ruska Federacija 1992. godine. Sustav je započeo lansiranjem satelita u nisku Zemljinu orbitu (engl. *Low Earth Orbit –LEO*), a prvi LEO satelit je lansiran 1982. godine. LEO sateliti su se nalazili na približnoj visini od 1000 km. Zbog svoje male visine nisu imali pregled nad cijelom Zemljom zbog čega se 1990. godine lansiraju sateliti u geostacionarnu orbitu (engl. *Geostationary Orbit –GEO*) pomoću kojih se uzbune za pogibelj trenutno detektiraju i odašilju. U primjeni je i MEO sustav.

COSPAS-SARSAT sustav čine četiri podsustava: predajnik, satelitski podsustav, lokalni korisnički terminal (engl. *Local User Terminal – LUT*) i kontrolni centar (engl. *Mission Control Center – MCC*).

Za navođenje na mjesto pogibelji u primjeni je tri izvedbe predajnika: predajnik namijenjen zrakoplovstvu, predajnik namijenjen za primjenu na kopnu i predajnik namijenjen za pomorstvo. Predajnik namijenjen za pomorstvo (engl. *Emergency Position Indicating Radio Beacon – EPIRB*) mora imati kapacitete napajanja najmanje 48 sati te odašiljati signal o pogibelji na frekvenciji 406,025 MHz za lociranje i na frekvenciji 121,5 MHz za lociranje i navođenje, kao i mogućnost pohranjivanja identifikacije brodske postaje MMSI. Kod starijih verzija, umjesto MMSI može biti ugrađen serijski broj EPIRB-a ili pozivni znak brodske radio-postaje [1, str. 100]. EPIRB može imati samo frekvenciju 406,025 MHz a aktivira se ručno i automatski. Automatsko aktiviranje je izbacivanje uređaja iz postolja, a na dubini od dva do četiri metra da bi nakon izranjanja na površinu mora uređaj počinje odašiljati. Ispravnost uređaja ovisi o redovitoj kontroli sukladno uputama proizvođača. Frekvencija 121,5 MHz je za stariji tip EPIRB-a i potječe iz predsatelitskog vremena. Manje je točna (oko 20 km) i prenosi signal samo u realnom vremenu, tj. kada satelit istovremeno vidi EPIRB i LUT. Razlog zašto se još uvijek koristi ova frekvencija jest veliki broj uređaja u praksi. EPIRB na frekvenciji 406,025 je točniji u određivanju pozicije (oko 5 km) i ima sposobnost globalnog pokrivanja. Geografska dužina (engl. *longitude*) EPIRB-a se računa u LUT-u pomoću Dopplerovog efekta. Što je EPIRB bliži zemaljskoj trasi putanje satelita, to će biti veći iznos promjena primljene frekvencije, koja približavanjem poziciji postaje viša, a udaljavanjem niža, odnosno kod preklapanja, signala (frekvencije) nema. Nalazi li se EPIRB zapadno ili istočno od trase satelita, uzima se rotacija Zemlje od zapada ka istoku. EPIRB će se primicati satelitu ako se nalazi zapadno od njega, odnosno udaljavati ako je istočno od trase satelita [1, str. 100].

Satelitski sustav činila su četiri satelita, a od 1994. šest satelita koji kruže u blizini polarnih područja u niskopolarnoj putanji. Riječ je o dva sustava COSPAS i SARSAT. Sovjetski sateliti COSPAS nalaze se na visini od 1000 km i treba im 106 minuta za obilazak Zemlje, dok se američki SARSAT nalazi na 850 km visine, a za obilazak Zemlje potrebno im je 102 minute. Za lociranje radio-fara koristi se Dopplerov pomak (korištenje relativnog kretanja između satelita i radio-fara). Pritom se koriste frekvencije namijenjene pomorstvu za EPIRB i to: za prijenos analognog signala na 121,5 MHz i za prijenos digitalnog signala

na 406,025 MHz. Mala visina satelita pogoduje zahtjevima za malom snagom EPIRB-a, a pruža i izraženiji Dopplerov efekt i kratke intervale između uzastopnih preleta satelita, dok polarna putanja omogućava potpuno pokrivanje svijeta tijekom nekog vremenskog razdoblja [1, str. 101].

Lokalni korisnički terminal (LUT) prima signale EPIRB-a na frekvenciji 121,5 MHz i 406,025 MHz preko satelita koje obrađuje na osnovi Dopplerovog pomaka frekvencija i podataka u satelitu utvrđuje poziciju EPIRB-a. koju dostavlja u nacionalni MCC.

Na slici 6. Prikazan je tok informacija nakon aktivacije radiofara. Radiofar odašilje signal koji se prenosi do satelita, a potom na lokalni korisnički terminali koji taj signal prima i locira. Nakon lociranja podaci se prenose u MCC koji ih prosljeđuje centru za traganje i spašavanje.



Slika 6. Princip rada COSPAS-SARSAT sustava [23]

Kada je radiofar aktiviran, odašilje informacije koju čine:

- podaci o državi registracije radiofara,
- jedinstveni identifikator kako bi se točno znalo o kojem radiofaru se radi i
- identifikacija o kojem je tipu radiofara riječ.

Nakon aktivacije radiofara, kontrolni centar nastoji dobiti potvrdu da je riječ o pogibelji, ako se ne može stupiti u kontakt sa osobama ili brodom u pogibelji automatski se pretpostavlja da je riječ o nesreći i kreće se u akciju traganja i spašavanja.

Tri su vrste radiofarova: zračni radiofarovi (ELT), pomorski radiofarovi (EPIRB) i osobni radiofarovi koje može nositi pojedinac (PLB).

EPIRB je namijenjen za pomorstvo. Aktivira se u kontaktu s vodom nakon potonuća broda ili se aktivira ručno. Aktivacijom počinje slati kratke kodirane signale koji označavaju da se osoba nalazi u pogibelji. Signal o pogibelji primaju lokalni korisnički terminali te ga prosljeđuju spasilačkim kontrolnim centrima. U plovilu, EPIRB je smješten na postolju u obrnutom stanju kako bi se izbjeglo aktiviranje. Odašilje na frekvenciji 406 MHz-a. Frekvencija 121,5 MHz-a koristi se u starijem tipu EPIRB-a. Stariji tip EPIRB-a s manjom točnošću određuje lokaciju, a signal prenosi samo kada satelit istovremeno vidi radiofar i LUT [22].

Radiofar za osobne svrhe (PLB) funkcioniра na isti način kao i EPIRB aktivirajući signal na 406 MHz-a preko COSPAS-SARSAT satelita. Po dimenziji (slika 7.) je vidno manji jer je zamišljen kao osobni radiofar.



**Slika 7. EPIRB i PLB [17]**

PLB<sup>5</sup> je registriran na osobu za razliku od EPIRB-a koji je registriran na brod.

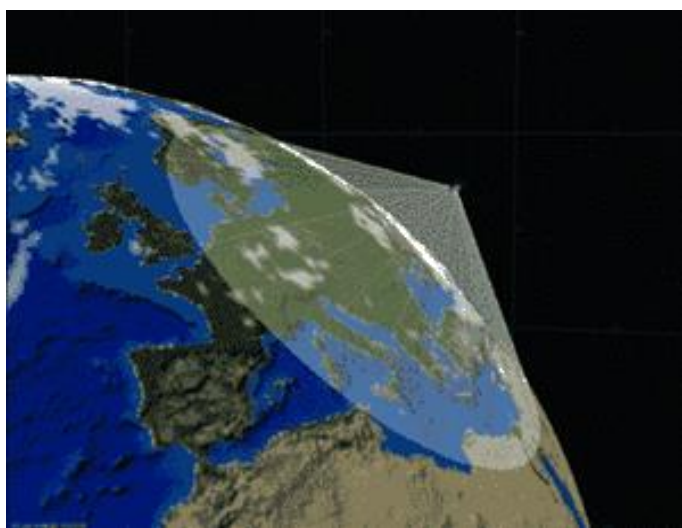
---

<sup>5</sup> Nakon kupnje PLB-a, potrebno ga je registrirati na ime, kako bi u slučaju aktivacije odmah bili poznati podaci unesrećene osobe.

### 3.3. SATELITI U NISKOJ ZEMLJINOJ ORBITI

Prvi satelit u niskoj Zemljinoj orbiti (engl. *Low Earth Orbit – LEO*) lansiran je 1957. godine. Od tada i nadalje, satelitska tehnologija razvijana je i usavršavana.

Prva generacija COSPAS-SARSAT programa je međunarodni sustav satelita u niskoj Zemljinoj orbiti za traganje i spašavanje (engl. *Low orbit search and rescue - LEOSAR*) koji prima signal radiofarova brodova, letjelica ili pojedinaca u pogibelji. Sustav se sastoji od SARSAT i COSPAS satelita [27].



**Slika 8. LEOSAR satelit sa područjem lociranja [16]**

Na slici 8. vidljivo je područje lociranja LEOSAR satelita koje iznosi približno 6000 km. Put LEOSAR satelita je fiksiran dok prelijeće Zemlju. Sustavu je s jednim satelitom potrebno je 12 sati da bi locirao signal pogibelji. Sa dva satelita ista se funkcija ostvaruje za šest sati. Pet satelita istu radnju obavlja za 100 minuta. Nedostatak ovog sustava jest što se LEOSAR sateliti kreću u polarnim orbitama i sustav ne može odaslati signal za pogibelj dok se satelit ne nađe u poziciji za primanje i odašiljanje. Kod lociranja na moru, svako kašnjenje javljanja utječe na točnost i daljnje praćenje lokacije ugroženog objekta ili osobe.

Lociranje u LEOSAR sustavu temelji se na Dopplerovom efektu. Lociranje preko Dopplera izvodi se predviđanjem buduće lokacije tako da raspoložemo pravu lokaciju i zrcalnu lokaciju radiofara. Koprnene postaje izračunavaju o kojoj se poziciji radi. Kod frekvencije od 406 MHz postotak prave i zrcalne lokacije iznosi 75% naprema 25 % te se

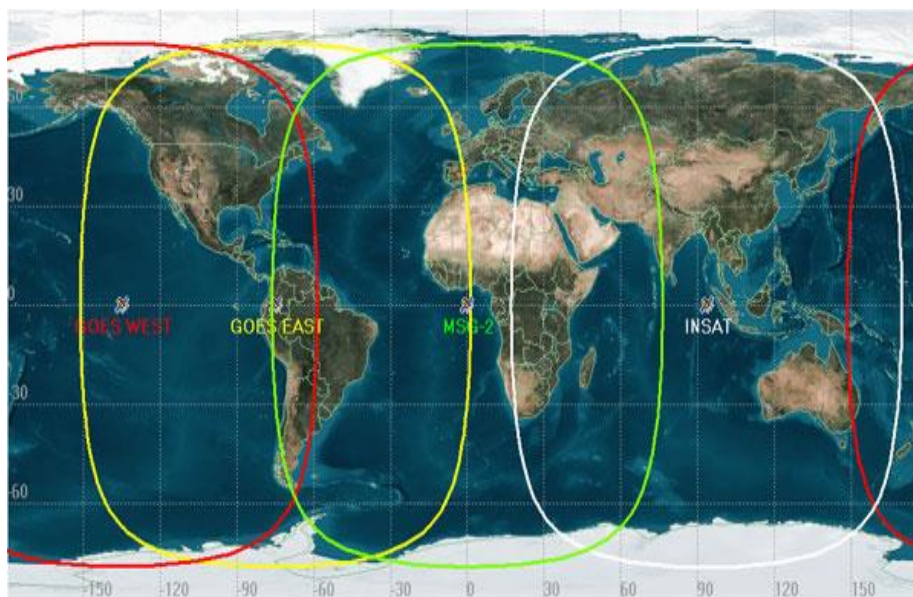


vrlo pouzdano pronalaze osobe u pogibelji. Ukoliko se radiofar i satelit udaljavaju jedan od drugog frekvencija se smanjuje dok se u suprotnom prividno pojačava.

### 3.4. SATELITI U GEOSTACIONARNOJ ORBITI

Prvi komercijalni GEO sateliti korišteni su za telefonski prijenos. Njihova je namjena do današnjih dana, uz ostalo, prilagođena i za promatranje Zemlje (okoliš, temperatura, meteorološki podaci, kvaliteta zraka i slično). GEO sateliti pokrivaju cijelu Zemlju, osim područja polova sjevernije i južnije od  $72^\circ$  zemljopisne širine.

Na slici 9. prikazana je pokrivenost Zemljine površine satelitima za traganje i spašavanje u geostacionarnoj orbiti (engl. *Geostationary Search And Rescue – GEOSAR*).



**Slika 9. Područja pokrivanja 4 GEOSAR satelita [3]**

Sateliti za traganje i spašavanje u geostacionarnoj orbiti (*GEOSAR*) sastoje se od repetitora koji rade na frekvenciji od 406 MHz [15]. Za razliku od LEOSAR satelita *GEOSAR* sateliti pružaju pokrivenost većeg dijela Zemlje od  $70^\circ$  sjeverno do  $70^\circ$  južno, pa mogu detektirati aktivirani radiofar u stvarnom vremenu. Nedostatak u primjeni jest njihova visina zbog koje ne pokrivaju neravne terene ili područja s preprekama (visoke zgrade). *GEOSAR* sateliti se, u odnosu na Zemlju, uvijek nalaze na istoj poziciji i kod njih Dopplerov efekt nema primjenu. Nakon što satelit primi signal sa aktiviranog radiofara, on ga prenosi



lokalnim korisničkim terminalima (engl. *Local User Terminal – LUT*) gdje se određuje pozicija radiofara. Lociranje se vrši na dva načina. U jednom slučaju radiofar ima vlastiti sustav pozicioniranja (GPS ili GLONAS). U drugom slučaju lociranje je izvedeno pomoću računanja pozicije radiofara, ali uz moguće kašnjenje.

### 3.5. LOKALNI KORISNIČKI TERMINAL

Ranije spomenuti lokalni korisnički terminali (LUT) rade s LEO satelitima i ovisno o vrsti komunikaciji dijele se na globalne i lokalne.

Globalni način rada obavlja se preko SARP-a (engl. *Search and Rescue Processor*) koji u sebi ima ugrađenu memoriju pa nakon detektiranja radiofara podatke spremaju, a nakon što LUT bude ponovo vidljiv, odašilju djelomično procesuirane podatke od satelita na frekvenciji od 406 MHz-a kako bi se brže pronašla pozicija radiofara.

Lokalni način rada obavlja se preko SARR-a (engl. *Search and Rescue Signal Repeater*) koji na frekvenciji od 406 MHz-a prima signal te ga trenutno odašilje LUT-u. Ovaj uređaj nema memoriju LUT pa aktivirani radiofarovi moraju biti istovremeno u vidnom polju satelita kako bi prijenos podataka bio moguć.

GEOLUT je kopnena stanica koja prima signale što se prosljeđuju sa geostacionarnih satelita. Zbog velike pokrivenosti satelita sposobni su bez zakašnjenja odaslati informacije o pogibelji, a u plutače se upisuju zadani podaci za lakše pozicioniranje. Nakon procesuiranja podataka primljenih od radiofara isti se prosljeđuju kontrolnim centrima. Kontrolni centri prikupljaju i pohranjuju podatke od LUT-ova i drugih MCC-ova, omogućavaju razmjenu podataka s COSPAS-SARSAT sustavom te prosljeđuju podatke MCC-ovima.

Slika 10. prikazuje razmještaj MCC-ova u svijetu.

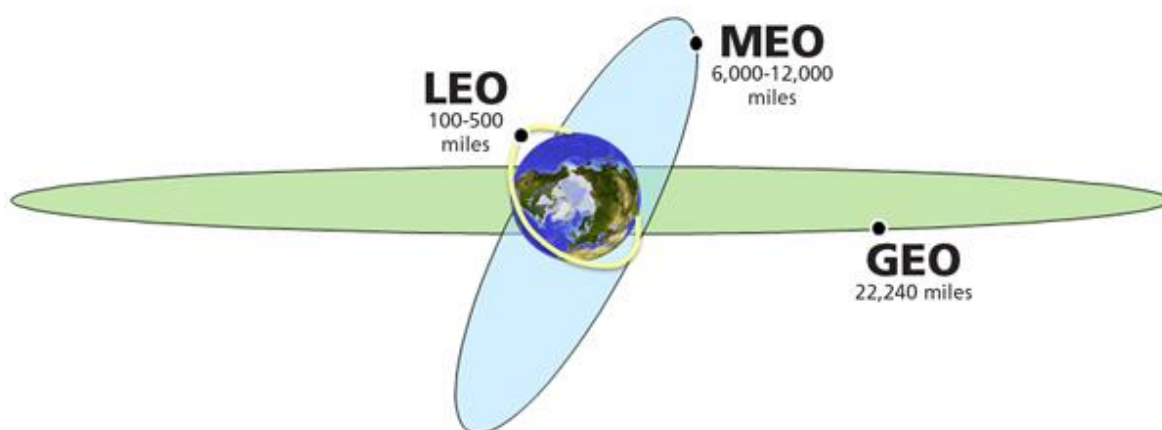


**Slika 10. Lokacije MCC-a [19]**

Svih 35 MCC-a povezano je u sustav preko odgovarajućih mreža za prikupljanje i prosljeđivanje informacija i podataka. Ovaj sustav na raspolaganju je svakodnevno 24 sata. Ukoliko nastane neka anomalija i/ili kompromitiranje COSPAS-SARSAT sustava, isto se obavezno odmah prijavljuje i dokumentira. Stoga se koriste i rezervni sustavi za sigurnost održavanja kontinuiranog rada [15].

#### 4. MODERNIZIRANI SUSTAVI LOCIRANJA

Prethodno opisani LEOSAR i GEOSAR sustav pokazao se troškovno zahtjevan radi održavanja i lansiranja satelita. Stoga se pristupilo postavljanju dodatnih instrumenata za COSPAS-SARSAT na GNSS satelite u srednjoj Zemljinoj orbiti (MEO). Prvi sateliti u srednju Zemljinu orbitu lansirani su 2011. godine, a slijedi povećanje njihovog broja do preko 70 satelita u 2020. godini. Na slici 11. Prikazana je visina LEO, MEO i GEO satelitskih orbita.



**Slika 11. Visine satelitskih orbita [12]**

Usporedba LEOSAR, GEOSAR i MEOSAR satelita može biti prema pet kriterija:

1. prema području pokrivanja, LEOSAR pokriva malo područje, dok GEOSAR i MEOSAR pokrivaju veliko područje jednim satelitom,
2. prema detekciji plutače, LEOSAR ima mali broj satelita i duže je čekanje do detekcije plutače. GEOSAR ne može odrediti poziciju, ali može detektirati plutaču. MEOSAR ima velik broj satelita i za kratko vrijeme detektira plutaču,
3. prema pokrivenosti, LEOSAR i MEOSAR pokrivaju cijelu Zemlju, GEOSAR ne pokriva polove,
4. prema računanju pozicije, GEOSAR ne koristi Dopplerov efekt pri računanju pozicije, LEOSAR i MEOSAR koriste Dopplerov efekt pri računanju pozicije i
5. prema općim karakteristikama: LEOSAR daje nepreciznu lokaciju koja može biti i do 10 km greške, GEOSAR ima česte smetnje u protoku signala zbog velike udaljenosti od Zemlje. MEOSAR treba najmanje tri satelita za precizno

određivanje pozicije (greška do 100 m) [3].

#### 4.1. SREDNJA ZEMLJINA ORBITA

Satelitski sustav za traganje i spašavanje u srednjoj Zemljinoj orbiti (engl. *Medium-altitude Earth Orbit Search and Rescue System - MEOSAR*) je unaprjeđenje COSPAS-SARSAT sustava pomoću ugradnje prijemnika za traganje i spašavanje na nove GPS satelite u vlasništvu SAD-a te navigacijske ruske satelite GLONASS i europske GALILEO satelite. Sateliti se nalaze na visini između 19000 km i 24000 km u srednjoj Zemljinoj orbiti MEOSAR.

Naime, GEOSAR sustav može detektirati aktivirani radiofar, ali nema mogućnost točnog pozicioniranja ukoliko u radiofar nije ugrađen lokacijski prijemnik, dok LEOSAR može pozicionirati radiofar bez GPS-a, no njegova mala visina ne pruža mu stalan pregled Zemlje. Stoga MEOSAR sustav upotpunjava prijašnja dva sustava.

**Tablica 2. MEOSAR [4]**

MEOSAR konstelacija	GPS-DASS (S band)	GLONASS K	GALILEO (IOV+FOC)	SAR-GPS (L band)
broj aktivnih satelita	17/24	2/24	6/24	0/24
broj orbitalnih ravnina	6	3	3	6
orbitalna inklinacija	55°	64°	56°	55°
orbitalna visina	20180 km	19140 km	23222 km	20180 km
vrijeme kruženja	11h 58m	11h 15m	14h 22m	11h 58m
polarizacija uzlazne veze	LHCP	RHCP	RHCP	LHCP
polarizacija silazne veze / frekvencija	2226 MHz RHCP	1544,9 MHz LHCP	1544,1 MHz LHCP	1544,9 MHz RHCP
status	Eksperimentalna faza (S band)*	U fazi testiranja	Operativan	U razvoju
prvi datum lansiranja	Siječanj, 2001.	Veljača, 2011.	Listopad, 2012.	Planiran, 2020.

Velik broj MEOSAR satelita omogućava da se informacija o pogibelji prenosi istovremeno sa nekoliko satelita do antena na kopnu i time povećava vjerojatnost detekcije i točnost lociranja. Usporedbu obilježja i karakteristika pojedinog satelitskog sustava prikazuje tablica 2.

U tablici 2. prikazani su podaci važeći u 2015. godini. Određena obilježja pojedinog sustava nisu promijenjena do 2020. godine. Tako, primjerice, MEOSAR sustav obuhvaća više različitih satelitskih sustava koji djeluju ujedinjeno. MEOSAR sustav je 2015. imao približno 40 satelita u MEO orbiti i 15 satelita u LEO i GEO orbitama. U 2020. godine riječ je o 24 GPS satelita, 24 GLONASS satelita, 24 GALILEO satelita i BeiDou satelitima. Svrha MEOSARA je efikasno utvrđivanje pozicije aktiviranog radiofara. Cilj je postići točnost lociranja unutar 100 metara u prvih 5 minuta za minimalno 95% slučajeva. To se postiže ugradnjom repetitora na GNSS satelite, dok se pozicioniranje obavlja u lokalnim korisničkim terminalima za srednju Zemljinu orbitu (engl. *Medium-Earth Orbit Local User Terminal - MEOLUT*). MEOLUT može pratiti aktivnost više satelita putem kontrolnih centara u Francuskoj i Sjedinjenim Američkim Državama.

#### **4.2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SUSTAVI**

Globalni navigacijski satelitski sustavi (engl. *Global Navigation Satellite System – GNSS*) omogućavaju podršku lociranju i navigaciji konstelacijom satelita na visini od 19100 do 23222 km iznad Zemljine površine. GNSS prijemnici računaju lokaciju plovila koristeći vrijeme odašiljanja signala i poznatu lokaciju satelita. Na slici 12. prikazan je globalni navigacijski satelitski sustav.



**Slika 12. GNSS sateliti [22]**

GNSS pruža preciznost (to je razlika između izmjerene i prave pozicije), integritet (pouzdanost), stalnost (bez prekida) i dostupnost. Sustav obuhvaća GPS sustav, GALILEO sustav, GLONASS sustav i BEIDOU sustav, odnosno satelite s ugrađenim prijemnicima za primanje i prosljeđivanje poruka o pogibelji. Uz navedeno, valja spomenuti i prateće sustave:

- Automatski sustav identifikacije (engl. *Automatic Identification System – AIS*) je usluga za brodski sustav emitiranja koji djeluje kao transponder s VHF pomorskom pojasu i prenosi podatke o plovilu u stvarnom vremenu.
- ECIDS sustav (engl. *Electronic Charts Display and Information System*) je računalni navigacijski sustav usklađen s IMO propisima i koristi se kao alternativa papirnim navigacijskim kartama, integrirajući različite informacije u stvarnom vremenu, koji može neprekidno utvrđivati položaj broda u odnosu na Zemlju, ucrtane objekte, navigacijska pomagala i nevidljive opasnosti.

#### 4.2.1. GPS

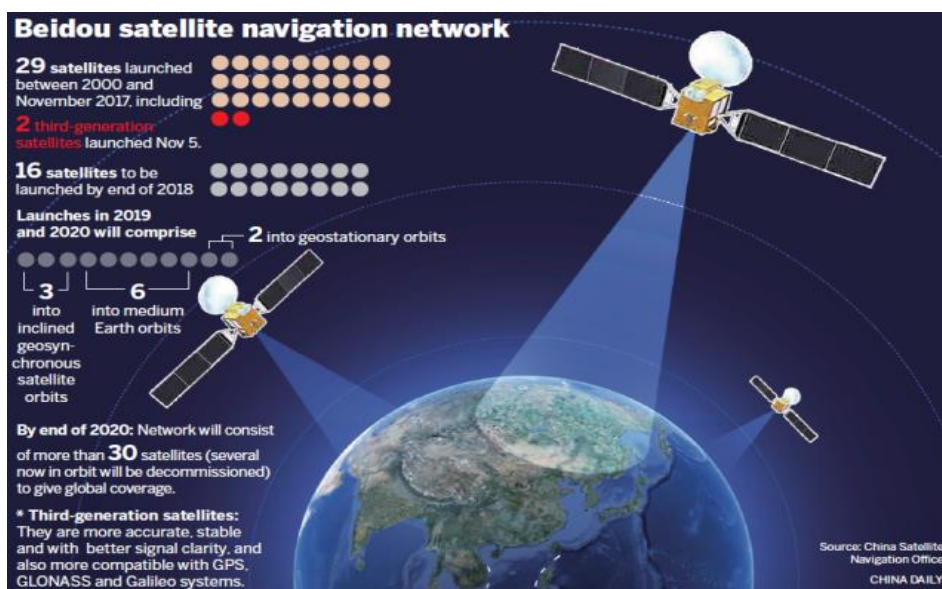
U kategoriju suvremenih sustava lociranja valja ubrojiti i globalni sustav za pozicioniranje (GPS). Zbog svoje najčešće primjene u plovidbi poznat je kao „satelitska navigacija“. Ima sličnosti s radiogoniometrijskom metodom (LORAN i Decca), ali su ulogu radio-fara preuzeli sateliti. Na visini 20000 km kruže 24 satelita i svojim putanjama čine razmjerno gustu mrežu oko Zemlje. Svaka je točka na Zemlji stalno pokrivena s barem četiri satelita, a svaki ima svoj znak, odnosno dužinu elektromagnetskih valova. GPS uređaj prima signale, kompjutorski obrađuje podatke (lučni kut, udaljenost svakog satelita i dr.) i točno

određuje geografsku širinu i dužinu te nadmorsku visinu. Zbog toga je dio obavezne opreme suvremenih prometala. S malim prijenosnim GPS uređajem može se utvrditi položaj s greškom manjom od 10 metara.

Globalni sustav za pozicioniranje dostupan je 95 % vremena. Isprva je zamišljen kao vojni sustav, no sada je standardna oprema na brodovima, brodicama, jahtama, automobilima i svakodnevnoj primjeni pojedinaca.

#### 4.2.2. BEIDOU

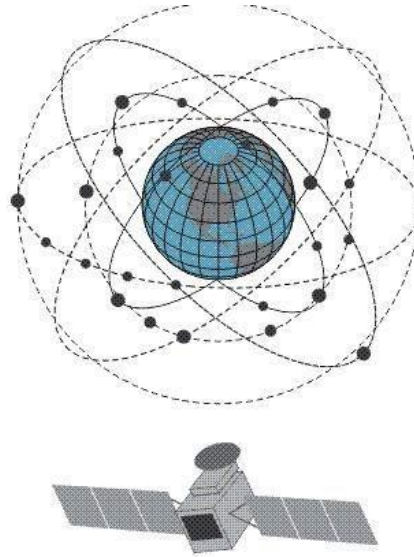
BeiDou je nezavisni kineski satelitski sustav s kontrolnim centrom u Kini. Ovaj sustav pruža stalnu, točnu i bezuvjetnu poziciju svim korisnicima. Razvojni cilj mu je da postane svjetski navigacijski sustav kako bi pomogao državnoj sigurnosti, ali i ekonomiji. Sastoji se od tri segmenta. Kopneni segment sastoji se od raznih kopnenih stanica, upravljačkih stanica i satelitskih poduzeća. Svemirski segment sastoji se od brojnih satelita u MEO i GEO Zemljinoj orbiti. Korisnički segment sastoji se od raznih sustava, podsustava i proizvoda kao što su: čipovi, moduli, antene, terminali [2].



Slika 13. Dostupnost BeiDou satelita [2]

Na slici 13. je prikazan razvoj BEIDOU satelitske mreže, od 2000. do 2017. godine lansirano je 29 satelita, a od toga su dva satelita treće generacije. Sateliti lansirani 2000.

godine su bili sateliti prve generacije ograničeni na područje Kine, sateliti druge generacije su pokrivali područje cijele Azije dok se razvojem treće generacije satelita pružala globalna pokrivenost. Sateliti treće generacije su precizniji, stabilniji i imaju bolji signal. Danas se BEIDOU sustav sastoji od 44 aktivna i 5 rezervnih satelita.



#### **BeiDou**

**6 Orbitalnih ravnina**

**35 Satelita +5 GEO +27 MEO +3 IGSO**

**55° Kut inklinacije**

**Visina 38.300km, 21.500km**

**Slika 14. BeiDou sateliti [5]**

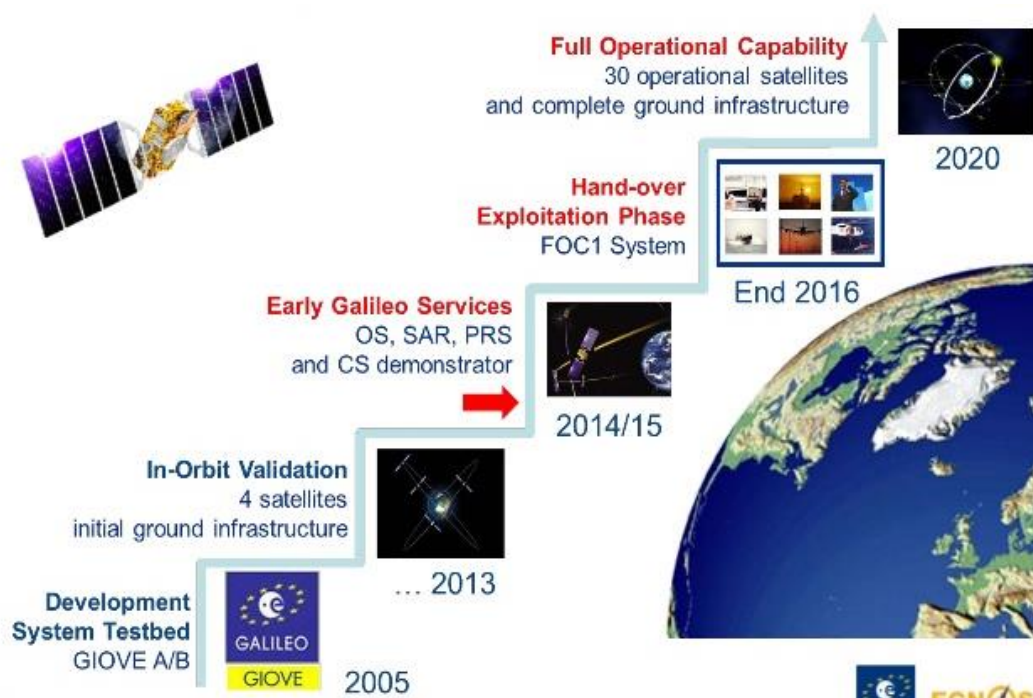
#### **4.2.3. GALILEO**

GALILEO je europski globalni navigacijski sustav s više od 24 satelita u vlasništvu Europske unije. GALILEO sustav korisnicima omogućava lociranje u svakom trenutku. Sastoji se, kao i BeiDou, od tri podsustava: kopnenog, svemirskog i korisničkog. Kopneni segment sastoji se od brojnih upravljačkih i kontrolnih stanica, sateliti su opremljeni prijemnikom koji odašilje signal od korisničkog radiofara do SAR kontrolnog centra koji



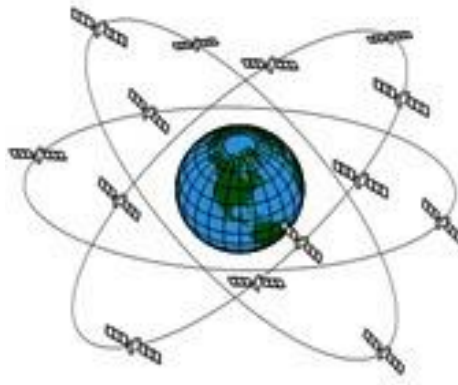
započinje operaciju spašavanja. Za većinu lokacija, 6 do 8 satelita je uvijek vidljivo, a točnost lociranja je u svega nekoliko centimetara [12].

Na slici 15. prikazan je razvoj GALILEO satelita. U prosincu 2005. godine lansirana su dva eksperimentalna satelita, njihova svrha bila je okarakterizirati okruženje srednje Zemljine orbite (zračenje, magnetsko polje, itd.), također su pustili rani eksperimentalni signal u svemir da bi osigurali spektar frekvencija potrebnih za GALILEO sustav. Prva dva operativna satelita lansirana su u 2011. godini, a treći i četvrti u 2012. godini. Njihova svrha bila je u potpunosti potvrditi koncept GALILEO. Prvo neovisno popravljjanje položaja u Europi postignuto je ovim sustavom 2013. godine. Od veljače 2014. godine, postigao je provjeru u orbiti jer su rezultati ispitivanja pokazali da djeluje dobro. Faza početne operativne sposobnosti predstavlja djelomično puštanje u rad 2014.-2015. godine. Odredba o početnoj operativnoj sposobnosti proglašena je u prosincu 2016. godine. Faza potpuno operativne sposobnosti sastoji se od postavljanja cjelovitog sustava od 30 satelita, kontrolnih centara u Europi i mreže senzorskih stanica. Potpuna operativna sposobnost očekuje se do 2020. godine (slika 15.) [8].



Slika 15. Razvoj GALILEO sustava [8]

GALILEO sateliti nalaze se na visini od približno 23616 km s kutom inklinacije od 56°. Zbog svoje inklinacije bolje pokrivaju polarna područja od GPS-a.



### **Galileo**

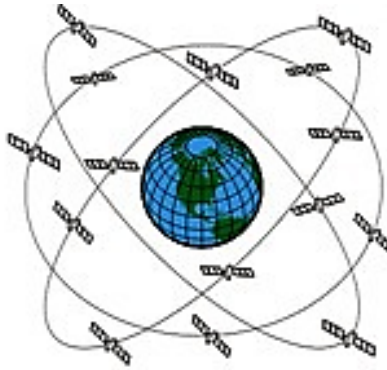
- 3 Orbitalne ravnine
- 27 Satelita + 3 Rezervna
- 56° Kut Inklinacije
- Visina 23.616 km

**Slika 16. Galileo sateliti [5]**

Danas GALILEO broji više od 20 satelita i raspolaže uređen kopneni segment. U siječnju 2020. godine odobrio je opciju povratnog signala. Na taj način moguće je primiti pogibeljni signal ali i odaslati poruku o primljenom signalu kako bi osobe u pogibelji znale da su obavijestile nadležne službe o situaciji u kojoj se nalaze.

#### **4.2.4. GLONASS**

Globalni navigacijski satelitski sustav u vlasništvu Rusije (engl. *Global Navigation Satellite System –GLONASS*) lansiran je 1982. godine. Sustav čine 24 nominalna satelita postavljena u tri orbitalne zone po 8 satelita u svakoj zoni na visini od 19100 kilometara i inklinacijom od približno 64,8°. Orbitalne ravnine su raspoređene po 120° u odnosu jedna na drugu, a sateliti se nalaze svakih 45° u svojoj ravnini. Vrlo je sličan GPS-u te se koristi za veće zemljopisne širine.



### **GLONASS**

- 3 Orbitalne Ravnine
- 21 Satelit + 3 Rezervna
- 64.8° Kut Inklinacije
- Visina 19.100km

**Slika 17. GLONASS sateliti [5]**

Za razliku od GPS-a GLONASS koristi iste frekvencije sa različitim kodovima što znači da svaki satelit odašilje kodove na svojoj frekvenciji što poboljšava odvajanje signala.

## 5. ZAKLJUČAK

Sigurnost na moru je pitanje koje se odnosi na približno 200000 brodova svih vrsta, veličina i namjena u svakodnevnoj plovidbi i aktivnostima u 5229 luka diljem svijeta. Brojna strukovna udruženja te udruženja brodara i pomoraca, vladine i nevladine organizacije, čine napor s ciljem usklađivanja pravila i regulativa o sigurnosti posade, broda, tereta i okoliša i smanjenja broja nezgoda na moru.

Osnovna pretpostavka sigurnosti na moru je pomorski sustav za pogibelj i sigurnost koji se temelji na pružanju pomoći brodu i/ili posadi, a podrazumijeva obvezu raspolaganja opremom kojom se može emitirati i primati signal/poruka uzbunjivanja/lociranja. Lociranje podrazumijeva određivanje točnog mjesta u prostoru, no ako lokacija nije poznata, a postoje indicije da je posada ili brod u opasnosti i potrebno je pružiti pomoć, nastupa koordinirano traganje i spašavanje.

Stari sustavi lociranja vezuju se uz pravilo korištenja obvezne komunikacijske opreme propisane za pojedine zone plovidbe, prvenstveno EPIRB (radioplutače) s podrškom COSPAS-SARSAT, odnosno sustav za traganje i spašavanje uz satelitsku podršku koji locira radio-farove (EPIRB) za pogibelj koji odašilju na frekvencijama 121,5 MHz i 406,025 MHz. Dvije frekvencije su prisutne kako bi satelitski sustav prepoznao starije verzije EPIRB-a koje rade na 121,5 MHz i nove koje rade na 406,05 MHz. Noviteti u sigurnosti ljudi i objekata u prostoru također su razvijani tijekom vremena, pa u današnje vrijeme osobe (pojedinci) mogu raspolagati minijaturnim uređajima kojima, u slučaju ugroze, na moru ili na kopnu, aktiviraju sustav za pomoć te su u mogućnosti dobiti povratnu informaciju da je njihov poziv zaprimljen i da će pomoć biti upućena.

Satelitska podrška lociranju je poboljšanje kojim započinje novo ili modernizirano lociranje. Prvi su uvedeni LEOSAR sateliti za koje je specifičan njihov let nad polovima Zemlje, dok se Zemlja okreće. Nedostatak ovog sustava je djelomična pokrivenost površine Zemlje pa sateliti ne mogu u realnom vremenu uhvatiti signal i prosljediti ga u LUT, odnosno satelit će primiti signal kada je u poziciji primanja i odašiljanja. Poboljšanje satelitske pokrivenosti i trenutna brzina detekcije dogodilo se uvođenjem GEO satelita u COSPAS SARSAT sustav s dodatnom instrumentacijom. Nedostatak GEOSAR satelita jest

njihova visina te izostanak Dopplerovog efekta te nemogućnost primanja i odašiljanja signala zbog prepreka ili neravnog terena. GEO sateliti se uvijek nalaze na istom položaju u odnosu na Zemlju i pokrivaju veći dio površine Zemlje. Ova dva satelitska sustava su troškovno zahtjevni radi održavanja i lansiranja satelita. Stoga se pristupilo dogradnji instrumenata COSPAS SARSAT na GNSS satelite GPS, GLONASS, GALILEO i BEIDOU koji lete u srednjoj Zemljinoj orbiti MEO, pa je to ujedno i unaprjeđenje COSPAS-SARSAT sustava pri čemu je dobivena bolja točnost i preciznost detekcije uz istodobno smanjenje troškova.

Ukoliko se usporede LEO, GEO i MEO sateliti prema području, detekciji plutače, pokrivenosti ili računanju pozicije, svaki ima svojih prednosti i nedostataka. Pokrivenost se najbolje ostvaruje GEOSAR i MEOSAR satelitom dok je detekcija plutače GEOSAR satelitima brza ali neće detektirati poziciju, dok će LEOSAR satelitu biti potrebno više vremena (ovisno o poziciji i signalu). Što se tiče pokrivenosti, letovi LEOSAR i MEOSAR pokrivaju cijelu Zemlju, dok GEOSAR ne pokriva polove. LEOSAR i GEOSAR koriste Dopplerov efekt za računanje pozicije, a GEOSAR ne. Prema točnosti, LEOSAR daje nepreciznu lokaciju koja može biti i do 10 km greške, GEOSAR ima česte smetnje u protoku signala zbog velike udaljenosti od Zemlje, a MEOSAR-u treba najmanje tri satelita za precizno određivanje pozicije. Ako plutača EPIRB ima ugrađen GNSS prijemnik onda se pozicija može direktno poslati u MCC, a ako je riječ o plutači koja nema GNSS prijemnik ili je neispravan onda se u LEOLUT ili u MEOLUT postajama može pozicija plutače izračunati i može se započeti prosljeđivanje poruke o pogibelji.

## LITERATURA

- [1] Bilić, M. *Komunikacije u GMDSS*. Sveučilište u Splitu, 1995.
- [2] „BeiDou“. [Na internetu]. Dostupno na: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/Officialdocument/>. (pristupljeno 3. prosinca 2020.)
- [3] „COSPAS-SARSAT“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.cospas-sarsat.int/en/>. (pristupljeno 3. prosinca 2020.)
- [4] E. Commission, „MEOSAR satellites“. [Na internetu]. Dostupno na: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/sar/meosar-contribution\\_en..](https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/sar/meosar-contribution_en..) (pristupljeno 8. prosinca 2020.)
- [5] „e-education“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.e-education.psu.edu/geog862/print/110.html> (pristupljeno 10. prosinca 2020.)
- [6] EMSA, „Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2019“, 2019.
- [7] FleetMon, „Tracking the Seven Seas“.
- [8] GMV, „Galileo Future and Evolutions“, 2011. [Na internetu]. Dostupno na: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Future\\_and\\_Evolutions](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Future_and_Evolutions). (pristupljeno 21. prosinca 2020.)
- [9] Grabovac, I. „Doprinos nekih međunarodnih konvencija sigurnosti plovidbe“, *Pomor. Zb.*, sv. 40, izd. 1, str. 429–444, 2002.
- [10] IMO, „Member States, IGOs and NGOs“, 2020. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.imo.org/en/About/Membership/Pages/Default.aspx>. (pristupljeno 28. prosinca 2020.)
- [11] ITU, „Discover ITUs History“, 2020. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.itu.int/en/history/Pages/DiscoverITUsHistory.aspx>. (pristupljeno 8. siječnja 2021.)
- [12] „LEO Vantage 2 Satellite Spaceflight 101“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://spaceflight101.com/meteor-m-2-1/leo-vantage-2/>. (pristupljeno 3. prosinca 2020.)
- [13] „Marine Traffic“, 2020. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:20.4/centery:37.2/zoom:2>. (pristupljeno 21. prosinca 2020.)
- [14] „MEOSAR“. [Na internetu]. Dostupno na: <http://www.cospas-sarsat.int/en/2->

- uncategorised/177-meosar-system. (pristupljeno 3. prosinca 2020)
- [15] MMPI, „Ustrojstvo ministarstva mora, prometa i infrastrukture“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://mmpi.gov.hr/djelokrug-9/ustrojstvo/22368>. (pristupljeno 10. prosinca 2020.)
- [16] NOAA, „Search and Rescue Satellites“.
- [17] „No Title“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.acrartex.com/t/categories/marine>. (pristupljeno 9. siječnja 2021.)
- [18] „Nova I. dio Opća Geografija“ [Na internetu] Dostupno na: [http://gimnazija-mujevica-im.skole.hr/upload/gimnazija-mujevica-im/images/static3/1653/attachment/Opca\\_geografija.pdf](http://gimnazija-mujevica-im.skole.hr/upload/gimnazija-mujevica-im/images/static3/1653/attachment/Opca_geografija.pdf) (pristupljeno 8. prosinca 2020.)
- [19] „Orolia Maritime“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.oroliamaritime.com/resources/mesoar-knowledge-center-media-center/>. (pristupljeno 8. siječnja 2021.)
- [20] „Pomorska enciklopedija“, *Pomorska enciklopedija*. str. 331.
- [21] „Pomorski zakonik“. [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/310/Pomorski-zakonik>. (pristupljeno 8. siječnja 2021.)
- [22] R. Ace, „How does GNSS work?“ [Na internetu]. Dostupno na: <https://www.globalpos.com.au/what-is-gnss>. (pristupljeno 10. prosinca 2020.)
- [23] Strickland, F. „USING A HELIO BASED PROTOCOL IN A BATTLEFIELD SENSOR NETWORK WITH DIRECTIONAL ANTENNAS AND ENHANCED SECURITY“, *ResearchGate*, 2008.
- [24] Turina, A. „More i njegova važnost“, *Naše more Znan. časopis za more i Pomor.*, sv. 9, izd. 1, str. 14–16, 1962.
- [25] UNCTADSTAT, „World seaborne trade by types of cargo and by group of economies, annual“, 2020.
- [26] Zec, D. *Sigurnost na moru*. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci, 2001
- [27] WMO, „History of WMO“.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Brodovi u lukama i plovidbi u realnom vremenu [13].....	3
Slika 2. Broj luka po kontinentima (stanje 2020.) [7] .....	4
Slika 3. Svjetska pomorska trgovina prema vrstama tereta od 1970. do 2019. godine.....	4
Slika 4. EMSA – Podaci o žrtvama i nesrećama na moru od 2011. do 2018.[6] .....	10
Slika 5. Razmještaj pomorskih nesreća na moru od 2011. do 2018.[6] .....	11
Slika 6. Princip rada COSPAS-SARSAT sustava [23] .....	24
Slika 7. EPIRB i PLB [17] .....	25
Slika 8. LEOSAR satelit sa područjem lociranja [16].....	26
Slika 9. Područja pokrivanja 4 GEOSAR satelita [13].....	27
Slika 10. Lokacije MCC-a [19] .....	29
Slika 11. Visine satelitskih orbita [12] .....	30
Slika 12. GNSS sateliti [22] .....	33
Slika 13. Dostupnost BeiDou satelita [2] .....	34
Slika 14. BeiDou sateliti [5] .....	35
Slika 15. Razvoj GALILEO sustava [8].....	36
Slika 16. Galileo sateliti [5].....	37
Slika 17. GLONASS sateliti [5] .....	38



## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Zone plovitbe [1, str. 14, 15] .....	17
Tablica 2. MEOSAR [4].....	31

## POPIS KRATICA

AIS (engl. <i>Automatic Identification System</i> )	Automatski sustav identifikacije
COLREG (engl. <i>International Regulations for Preventing Collisions at Sea</i> )	Međunarodni propisi o sprječavanju sudara na moru
CSC (eng. <i>International Convention for Safe Containers</i> )	Međunarodna konvencija o sigurnosti kontejnera
ECIDS (engl. <i>Electronic Charts Display and Information System</i> )	Elektroničke karte
EGC (engl. <i>Enhanced Group Call</i> )	Poboljšani grupni poziv
ELT (engl. <i>Emergency Locator Transmitter</i> )	Zračni radiofarovi
EMSA (engl. <i>European Maritime Safety Agency</i> )	Europska agencija za pomorsku sigurnost
EPIRB (engl. <i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i> )	Predajnik namijenjen za pomorstvo
FRB (engl. <i>Fast Rescue Boat</i> )	Brzi spasilački brodovi
GEOSAR (engl. <i>Geostationary Search And Rescue</i> )	Sateliti za traganje i spašavanje u geostacionarnoj orbiti
GLONASS (engl. <i>Global Navigation Satellite System</i> )	Globalni navigacijski satelitski sustav u vlasništvu Rusije
GMDSS (engl. <i>Global Maritime Distress and Safety System</i> )	Svjetski pomorski sustav za pogibelj i sigurnost
GNSS (engl. <i>Global Navigation Satellite System</i> )	Globalni navigacijski satelitski sustavi
GPS	Globalni sustav za pozicioniranje
IMCO (engl. <i>Intergovernmental Maritime Consultative Organization</i> )	Konvencijom o međuvladinoj pomorskoj savjetodavnoj organizaciji
IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i> )	Međunarodna pomorska organizacija
INMARSAT (engl. <i>Convention of the International Maritime Satellite Organization</i> )	Konvencija o Međunarodnoj pomorskoj satelitskoj organizaciji
ITU (engl. <i>International Telecommunication Union</i> )	Međunarodni savez za telekomunikacije
LEOSAR (engl. <i>Low orbit search and rescue</i> )	Sustav satelita u niskoj Zemljinj orbiti za traganje i spašavanje
LL (engl. <i>International Convention on Load Lines</i> )	Međunarodna konvencija o teretnim linijama
LUT (engl. <i>Local User Terminal</i> )	Lokalni korisnički terminal
MCC (engl. <i>Mission Control Center</i> )	Kontrolni centar

MEOLUT (engl. <i>Medium-Earth Orbit Local User Terminal</i> )	Lokalni korisnički terminal za srednju Zemljinu orbitu
MEOSAR (engl. <i>Medium-altitude Earth Orbit Search and Rescue system</i> )	Satelitski sustav za traganje i spašavanje u srednjoj Zemljinjnoj orbiti
MRCC (engl. <i>Maritime Rescue Coordination Centre</i> )	Pomorski centar za koordinaciju spašavanja
MSC (engl. <i>Maritime Safety Committee</i> )	Odbor za pomorsku sigurnost
MSI (engl. <i>Maritime Safety Information</i> )	Pomorske sigurnosne poruke
NAVTEX	Međunarodna automatizirana usluga izravnog ispisa srednjih frekvencija za isporuku navigacijskih i meteoroloških upozorenja i prognoza, kao i hitnih informacija o pomorskoj sigurnosti brodova
PLB (engl. <i>Personal Locator Beacon</i> )	Osobni radiofarovi
POC (engl. <i>Probability of Containment</i> )	Vjerojatnost sadržavanja
RB (engl. <i>Rescue Boat</i> )	Pomorske spasilačke brodice
RCC (engl. <i>Rescue Co-ordination Centre</i> )	Centar za koordinaciju traganja i spašavanja
RSC (engl. <i>Rescue Sub-Centre</i> )	Spasilački podcentar
RU (engl. <i>Rescue Unit</i> )	Spasilačka jedinica
RV (engl. <i>Rescue Vessel</i> )	Spasilački brod
SAR (eng. <i>Search and Rescue</i> )	Akcija traganja i spašavanja
SARP (engl. <i>Search and Rescue Processor</i> )	Procesor za traganje i spašavanje
SARR (engl. <i>Search and Rescue Signal Repeater</i> )	Odašiljač signala traganja i spašavanja
SFV (engl. <i>The Torremolinos International Convention for the Safety of Fishing Vessels</i> )	Međunarodna konvencija o sigurnosti ribarskih brodova
SOLAS (engl. <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i> )	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru
SRS (engl. <i>Ship Reporting Systems</i> )	Sustav izvješćivanja s brodova
STCW (engl. <i>International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers</i> )	Međunarodna konvencija o standardima obuke, izdavanju svjedodžbi i obavljanja straže pomoraca
STCW-F (engl. <i>International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Fishing Vessel Personnel</i> )	Međunarodna konvencija o standardima obuke, izdavanju svjedodžbi i obavljanja straže ribarskih brodova
STP (engl. <i>Special Trade Passenger Ships Agreement</i> )	Posebni sporazumi o putničkim brodovima

UNCTADSTAT (engl. *United Nations Conference on Trade and Development*)

Konferencija Ujedinjenih naroda o trgovini i razvoju

WMO (engl. *World Meteorological Organization*)

Svjetska meteorološka organizacija