

Europski navigacijski satelitski sustav " Galileo "

Mrđenović, David

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:511930>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

DAVID MRĐENVIĆ

**EUROPSKI SATELITSKI NAVIGACIJSKI SUSTAV
GALILEO
ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

EUROPSKI SATELITSKI NAVIGACIJSKI SUSTAV

"GALILEO"

EUROPEAN SATELLITE NAVIGATION SYSTEM

"GALILEO"

Kolegij: Automatizacija brodskog pogona

Mentor: prof. dr. sc. Vinko Tomas

Student: David Mrđenović

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112068887

Rijeka, lipanj 2022.

Student: David Mrđenović

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112068887

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom "Europski navigacijski sustav Galileo" izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Vinka Tomasa.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



David Mrđenović

Student: David Mrđenović

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112068887

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor



SAŽETAK

Osnovna tema rada je europski navigacijski sustav Galileo koji je nastao prije svega kao konkretan i jasan odgovor zemalja Europe na ostale konkurentne navigacijske sustave, pri čemu se prvotno misli na američki navigacijski sustav poznatiji pod skraćenicom GPS. Razvojem vlastitog pokušava se stvoriti novo neovisno tržište i olakšati sveopća i svakodnevna uporaba navigacijskog sustava zbog sve češćih zahtjeva pozicioniranja. Sustav određivanja lokacija i navigacije postao je prisutan u gotovo svim sferama života, a bilo koji oblik putovanja postao je nezamisliv bez kvalitetnih satelitskih uputa koje korisnik najčešće dobiva preko malog ekrana odnosno zaslona na svojim mobitelima ili recimo automobilima. Međutim primjena navigacijskog sustava iznimno je opsežna i puno veća od samo ove namijenjene građanima. Tako će se u radu dotaknuti osnova svemirske navigacije i one putem satelita, ali će se jedno posebno poglavlje posvetiti i znanstveniku po kojemu je ovaj sustav dobio ime, a to je Galileo Galilei. Osim toga objasnit će se način funkcioniranja Galileo navigacijskog sustava i njegova usporedba s drugim sustavima. Na kraju će se dati smisleni zaključak svega napisanog i potvrditi ili opovrgnuti navedene hipoteze rada.

Ključne riječi: svemirska navigacija, satelitski sustav navigacije, Galileo, GPS, GLONASS

SUMMARY

The main topic of the paper is the European navigation system Galileo, which was created primarily as a concrete and clear response of European countries to other competitive navigation systems, originally referring to the American navigation system better known by the abbreviation GPS. Developing its own is trying to create a new independent market and facilitate the universal and everyday use of the navigation system due to the increasing positioning requirements. The system of determining locations and navigation has become present in almost all spheres of life, and any form of travel has become unthinkable without quality satellite directions that the user usually receives through a small screen or screen on their mobile phones or cars. However, the application of the navigation system is extremely extensive and much larger than only that intended for citizens. Thus, the paper will touch on the basics of space navigation and that via satellite, but a special chapter will be dedicated to the scientist after whom this system was named, and that is Galileo Galilei. In addition, the operation of the Galileo navigation system and its comparison with other systems will be explained. In the end, a meaningful conclusion of everything written will be given and the stated hypotheses of the paper will be confirmed or refuted.

Keywords: space navigation, satellite navigation system, Galileo, GPS, GLONASS

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	II
1. UVOD	1
1.1. Definiranje problema (predmeta) istraživanja	2
1.2. Ciljevi istraživanja	2
1.3. Hipoteze rada	3
1.4. Znanstvene metode	4
1.5. Očekivani znanstveni i stručni doprinos	4
1.6. Metodologija rada	5
2. GALILEO I NJEGOVA VJEČNA OSTAVŠTINA	6
3. OSNOVNE NAVIGACIJE IZ SVEMIRA	10
3.1. Kratka povijest navigacije iz svemira	10
3.2. Osnove navigacije iz svemira	11
4. EUROPSKA SVEMIRSKA AGENCIJA - ESA	14
5. EUROPSKA GEOSTACIONARNA NAVIGACIJSKA PREKRIVAJUĆA SLUŽBA - EGNOS.....	18
6. EUROPSKI NAVIGACIJSKI SUSTAV "GALILEO"	20
6.1. Galileo konstelacija satelita	23
6.2. Galileo segmenti	24
6.3. Kvaliteta Galileo usluga	26
7. GPS I GALILEO	28
7.1 Svrha i sponzorstvo.....	28
7.2. GPS sustav rada	29
7.3. Budućnost globalnog sustava pozicioniranja.....	32
8. ZAKLJUČAK	29
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIČKIH PRIKAZA	36
LITERATURA.....	37

1. UVOD

Danas je snalaženje u prostoru kao i putovanje u dosad nepoznata i daleka mjesta izuzetno olakšano uz mogućnost korištenja lokacijskih oznaka i postojanja navigacijskih sustava koji su dosegli zavidne mogućnosti za njihove korisnike. Tako su globalni navigacijski sustavi postali neizbježni dio putovanja i navigacija ljudi te se primjenjuju u javnom i civilnom sektoru, od automobila, brodova, zrakoplova pa sve do njihove upotrebe u vojnoj i svemirskoj industriji. Navigacijski sustavi uvelike su pojednostavili brojne funkcije i načine kretanja, osobito za zrakoplove za koje se više ne moraju pripremati, crtati i koristiti posebne navigacijske karte tijekom letenja. Tako su sve te funkcije sjedinjene u jednom programu koji se korisnicima prikazuje na ekranu čime se upotreba znatno pojednostavila, poboljšala te je postala i kompaktnija te kvalitetnija. No kako bi to bilo provedivo nužno je imati razvijen navigacijski sustav koji je dovoljno precizan, pouzdan i točan jer određene poteškoće u sustavu, ovisno o svrsi primjene, mogle bi dovesti i do velikih posljedica. Zbog toga je njihova točnost od iznimne važnosti kako za korisnike tako i za pružatelje usluga, odnosno one koji stoje iza razvijenog navigacijskog sustava. Iako krajnjem korisniku sve izgleda jednostavno, iza podataka koji mu se prikazuju na ekranu krije se cijeli niz posebnih radnji i protokola. Kako bi se shvatilo o koliko je kompleksnom sustavu riječ potrebno je dati detaljan pregled rada sustava za navigaciju i objasniti načela satelitskog pozicioniranja, ali uz prethodnu kratku povijest razvoja navigacijskog sustava. Iako u svijetu postoji nekoliko vrsta navigacijskog sustava, oni djeluju po istom ili sličnom principu, od kojih svaki ima određene prednosti ili nedostatke. Tako je važno razumjeti i arhitekturu globalnih satelitskih navigacijskih sustava iz koje proizlaze sve važne točke djelovanja, performanse, svojstva, parametri i ograničenja. Iznimno ključan dio svakog globalnog navigacijskog sustava je način prijema i obrade signala koji služe kao vodiči odnosno algoritmi za uspješno određivanje lokacije, točnije pozicioniranje. Da bi navigacijski sustavi bili konkurentni i kompetentni s ostalima, potrebna su stalna unaprjeđenja i nadogradnje te slušanje potreba korisnika. Tako će se u radu dotaknuti i tema integracija satelitskih i ostalih navigacijskih sustava, ali uz to i komunikacijskih sustava, a spomenut će se i očekivani rast i razvoj te modernizacija navigacijskih sustava, posebno s naglaskom na Europski navigacijski sustav Galileo koji je središnja tema rada. Tako nastavak uvodnog dijela završnog rada donosi prikaz osnovne problematike, točnije predmeta rada, kao i svrhe i osnovnih hipoteza. Osim toga navest će se i osnovne znanstvene odnosno istraživačke metode koje su korištene te opći doprinos rada.

1.1. Definiranje problema (predmeta) istraživanja

Glavni predmet rada svakako je europski navigacijski sustav Galileo kao poseban navigacijski sustav, neovisan o drugima namijenjen području Europe, a koji je stvoren zbog jačanja konkurentskog položaja cijele Europe i jačanja njezinog utjecaja, ali i smanjivanja ovisnosti o drugim zemljama. Zbog njegovog boljeg razumijevanja, stoga je ključno definiranje pojma navigacijskog sustava kao jedinstvenog načina pozicioniranja korisnika u svijetu i opisivanja važnosti njegove primjene u svakodnevnoj uporabi. Zato je potrebno naglasiti poseban odnos orijentiranosti europskih institucija i zemalja članica Europske unije u kreiranju samostalnog navigacijskog sustava i drugačije orijentiranosti te svrhe sustava navigacije. Jedan od problema na koji se nastoji ukazati je još uvijek nedovoljna prepoznatost ovog navigacijskog sustava u odnosu na druge kao što je općepoznati američki GPS. Ovaj rad između ostalog istražuje i razloge te motive zbog kojih se Europa odlučila razviti neovisan satelitski navigacijski sustav, poznat kao Galileo, usprkos postojanju američkog opće poznatog globalnog lokacijskog sustava, odnosno poznatijeg kao GPS. Tako će se u radu objasniti i usporediti oba ova sustava čime će se ukazati na prednosti i nedostatke svakog od njih, ali i naglasiti neke od sličnosti u sustavima i razlika.

1.2. Ciljevi istraživanja

Primarni cilj istraživanja je prikaz načina za uspješno i aktivno određivanje lokacije, točnije pozicioniranje preko europskog navigacijskog sustava Galileo. Osim toga nastoji se prikazati potencijalne, koristi, i prednosti ovog sustava. Konačno, uz svu korištene izvore literature i obrađene podatke pokušat će se dati konačno mišljenje o uspješnosti Galileo sustava.

Iz ovog glavnog i osnovnog cilja može se raščlaniti još nekoliko sporednih i manjih ciljeva koji se nastoje prikazati:

- pojasniti pojam navigacije
- pojasniti proces rada svemirske navigacije
- prikazati povijest razvoja satelitske navigacije
- ukazati na važnost primjene navigacijskih sustava u svakodnevnom životu

- prikazati rad europskih agencija, tijela i organizacija za svemirsko istraživanje
- prikazati prednosti i koristi korištenja Galileo navigacijskog sustava
- povećati interes za bavljenjem tematikom satelitske navigacije
- ukazati na potencijalne probleme prilikom pogrešne implementacije i pogreške u radu navigacijskog sustava Galileo
- ukazati na veliku konkurentnost s kojom se susreće Galileo navigacijski sustav
- ukazati na nedovoljnu prepoznatost za korištenje Galileo navigacijskog sustava

1.3. Hipoteze rada

Prethodno napisani i objašnjeni problemi, ali i predmeti istraživanja upravo predstavljaju temelj postavljanja jasnih istraživačkih hipoteza. Nakon njihova objašnjavanja kroz rad će se u narednim poglavljima navedene hipoteze prihvaćati ili odbijati, naravno u skladu s analizama relevantnih izvora koje se namjeravaju provesti i u konačnici prikazati. U nastavku su prikazane dvije hipoteze.

H1: Satelitski navigacijski sustavi ključni su u normalnom funkcioniranju života i zadovoljenja potreba korisnika.

Analizom svih parametara, kriterija i zahtjeva korisnika pokušat će se prikazati koliko su navigacijski sustavi neophodni za današnji život i zadovoljenja potreba korisnika. Time se prije svega želi ukazati na iznimno veliku raširenost navigacijskog sustava u svakodnevnoj primjeni.

H2: Europski satelitski navigacijski sustav Galileo predstavlja moderan i funkcionalan sustav navigacije na svjetskom tržištu.

Jačanje konkurencije, ali i potreba za osamostaljivanjem od drugih navigacijskih sustava doprinijela je razvoju samostalnog europskog sustava navigacije pod imenom Galileo kao podsjetnik na pionira istraživanja svemira. Za razliku od drugih navigacijskih sustava koji

su pod velikom kontrolom vojske i nisu toliko namijenjeni javnosti, Galileo predstavlja modernu inačicu pozicioniranja nastalu kao odgovor na moderne zahtjeve korisnika.

1.4. Znanstvene metode

Osnovne znanstvene metode koje su primijenjene u radu su sljedeće:

- Metoda analize koja je vidljiva kroz podjelu tematike rada na jednostavne i složene pojmove. Prvo će se od općeg pojma navigacije i satelitske navigacije, krenuti u manje složene pojmove kao što su pojedini navigacijski sustavi, točnije Galileo.
- Metoda sinteze prisutna je prilikom objedinjavanja svih prikupljenih podataka u istraživanju u svrhu postizanja smislenog zaključka kao i dokazivanja ili opovrgavanja hipoteza.
- Metoda dokazivanja primjenjuje se u istraživanju kvalitete Galileo navigacijskog sustava u odnosu na konkurente
- Statistička metoda korištena je za prikaz kvantitativnih podataka, kao i raznih tabličnih prikaza.
- Metoda deskripcije uočava se prilikom opisivanja jednostavnih pojava, događaja i predmeta.

1.5. Očekivani znanstveni i stručni doprinos

Osnovni doprinos pisanja rada temelji se na boljem razumijevanju pojmova satelitske navigacije iz svemira, kao i temeljnih tijela, organizacija i agencija osnovanih u Europi namijenjenih za istraživanje svemira, ali i Zemlje, kao i njegovih najvažnijih projekata koje provode, od kojih je glavni predmet rada svakako Galileo satelitski navigacijski sustav. Svrha rada se očituje u boljem razumijevanja osnovnih načina funkcioniranja Galileo sustava i upoznavanja čitatelja s čimbenicima i svojstvima ovog sustava u odnosu na druge konkurentske. Također se predviđa kako će ovaj rad moguće poslužiti kao relevantan izvor podataka i literature za neka buduća pisanja i istraživanja, ali i da će možda pobuditi veću zainteresiranost za upoznavanje i u konačnici korištenje Galileo sustava. Kako je ovo tek

nedavno postala aktualna tema ne postoji velik broj radova i istraživanja na ovu temu pa se ogleđa i ovdje određeni doprinos.

1.6. Metodologija rada

Završni rad pod nazivom "Europski navigacijski sustav Galileo" podijeljen je na ukupno sedam poglavlja. Nakon početnog Uvoda gdje će se objasniti svrha, ciljeve, predmet, metode i hipoteze rada, prijeći se na drugo poglavlje naziva "Galileo i njegova vječna ostavština" kako bi se dala posveta znanstveniku po kojemu je nazvan predmet rada. Treće poglavlje "Osnove navigacije iz svemira" govore o razvoju satelitske navigacije i sustavima. Četvrto poglavlje donosi prikaz rada Europske svemirske agencije, a peto poglavlje objašnjava Europsku geostacionarnu navigaciju prekrivajuću uslugu - EGNOS. Šesto poglavlje u detalje objašnjava Galileo sustav, dok sedmi dio donosi usporedbu Galileo sustava s GPS-om. Na kraju se izlaže smisleni zaključak svega napisanog i prikazuje korištena literatura.

2. GALILEO I NJEGOVA VJEČNA OSTAVŠTINA

Prije nego se prijeđe na pojmove navigacije, odnosno one satelitske nekoliko riječi će se posvetiti i jedinstvenom znanstveniku po kojemu je predmet rada i dobio ime. Naravno to je Galileo Galilei. Talijanski matematičar, fizičar, astronom i filozof koji je predavao na Sveučilištu u Pisi i Padovi. Bio je sin jednog Firentinca i na sveučilištu u Pisi studirao je medicinu – po želji svoga oca. Ne pokazujući veliko zanimanje za tu granu znanosti, prekinuo je studij da bi se posvetio studiju matematike i fizike. 1589. godine postao je predavač matematike na Sveučilištu u Pisi, nakon očeve smrti, Galileo se zbog teške ekonomske situacije preselio u Padovu, gdje je dobio bolje plaćeni posao te 1592. godine postaje predavač na katedri za matematiku na tamošnjem Sveučilištu. U Padovi je živio 18 godina, tijekom kojih mu je ljubavnica, mlada Venecijanka, rodila troje djece. Kasnije se seli u Firencu, 1610. godine, gdje se i materijalno zbrinuo, a ubrzo ga je toskanski vojvoda proglasio "glavnim filozofom i matematičarom". „On je omogućio da iz filozofije 502 I. Kešina, A. Radošević, Galileo Galilei - povijest jednog slučaja prirode nastane prirodna znanost, a iz tehnike tehnologija kao temelj modernoga svijeta. To mu je uspjelo upravo uvođenjem matematičkog “jezika” za opisivanje prirodnih procesa na temelju eksperimenata, misaonih eksperimenata, idealiziranja i, ne kao posljednje, istraživanja i otkrivanja mnogih instrumenata koji su omogućili lakše otkrivanje tajni prirode.“¹ U Galileovo vrijeme, ljudsko shvaćanje svijeta dolazilo je uglavnom od slavnog grčkog filozofa Aristotela. Ljudi su se mogli naći optuženima pa čak i smaknutima pod optužbom hereze. 17. veljače 1600. godine dogodilo se spaljivanje Giordana Bruna na lomači zbog svojih ideja o heliocentrizmu, beskrajnom svemiru i strukturi atoma. Galileo je bio jedan od prvih ljudi koji su istraživali nebo pomoću teleskopa. Tumačeći ono što je vidio, Galileo je podupro ideju koja se u njegovo vrijeme još uvijek osporavalo – da se Zemlja kreće oko Sunca i da stoga naša planeta nije središte svijeta. Stoga ne čudi da Galilea neki smatraju utemeljiteljem suvremene eksperimentalne metode istraživanja. Galileo je svojim istraživanja pobio brojne prethodne znanstvenike i uvjerenja. Aristotel je rekao da teži predmeti padaju brže od lakših, ali je Galileo otkrio da je Aristotel bio u krivu, a legenda kaže kako je do tih spoznaja došao tako što je bacao stvari s tornja u Pisi. Galileo je uveo i pojam inercije te je uveo eksperiment kao

¹ Kešina, I.; Radošević, A. (2009) Galileo Galilei - povijest jednog slučaja. Crkva u svijetu: Vol. 44, No 4, str. 501.-502.

metodu u znanost. Zaključio je da bi se tijelo jednom pokrenuto u gibanje neprestano gibalo kada ne bi bilo trenja. Njegova dva rana zaključka su sljedeća:

- *Zemaljska gibanja mogu biti kaotična, dok se nebeska tijela gibaju prema vječnom redu, po pravilnim kružnicama.*
- *Tijela na Zemlji su nepravilnih oblika, dok su nebeska savršene kugle. Nebeska tijela emitiraju svjetlost, dok je Zemlja siva i mračna.*

Galileo je najpoznatiji po izumu teleskopa, međutim prava istina je malo drugačija. On ga je zapravo samo modificirao. „U svibnju 1609. godine Galileo saznaje da je norveški optičar Hans Lipperhay pokušao patentirati izum za vrstu stakla kroz koje se udaljeni objekti čine blizu (patent je odbijen). Ubrzo i sam izrađuje teleskop koji je znatno poboljšao postojeći. Galilejev teleskop omogućio je uvećanja od osam do devet puta, a njegov najjači teleskop uvećavao je čak 30 puta.“² Od tada se počinje baviti istraživanjem nebeskih tijela i planeta. Osim toga uz Galilea se veže i kompas, toplomjer i astrolab. Većinu svojih izuma je zapravo modificirao i prodavao ih zbog novca. Kompas je bio pogodan za topnike i mjeritelje, te konstrukcije i mjerenja poligona, taj izum bio potaknut prethodnim izumima Niccole Tartaglije i Guidobalda Del Montea iz 1597. godine. Toplomjer je razvio 1593. godine koji je ovisio o tlaku i temperaturi, a zrak se tako širio ili sužavao čime se kuglica pomicala gore ili dolje uz mjernu skalu. Astrolab je koristio za mjerenje kutova koji su koristili svi astronomi i astrolozi kako bi odredili položaj Sunca, Mjeseca kao i drugih planeta i zvijezda. Rezultate tih promatranja odmah je objavio 1610. godine pod naslovom *Sidereus Nuncius* – Zvezdani glasnik. Zbog ovog djela moderna ga znanost smatra jednim od svojih utemeljitelja: koristio je jednu napravu kao mjerni instrument, obavio “pokuse” i nakon toga objavio rezultate. Međutim, Zvezdani glasnik nije izazvao samo oduševljenje, već i nepovjerenje, kao i žestoke kritike, poglavito Crkve. U studenom 1606. godine okrenuo je teleskop prema Mjesecu te je otkrio kako mu je površina slična Zemlji i pobio prijašnja mišljenja. 1610. godine počeo je s promatranjem Jupitera te otkriva četiri njegova satelita. Stariji znanstvenici, Aristotel i njegovi sljedbenici imali su mišljenja kako su sva nebeska tijela savršeno sferična i glatka na površini, a Galileo i ostali znanstvenici toga vremena tvrdili su drugačije, a kroz eksperimente i izračune tvrdili su kako se Mjesec vrti oko Zemlje, a Zemlja oko Sunca. Također su proučavali svjetlost na Mjesecu i njegovo odbijanje od Zemlje.

² Soucie, T. (2010) Galileo Galilei. Matka: časopis za mlade matematičare. Vol. 18, No. 71., str.174.

Ustvrdio je da Mjesec ima površinu vrlo sličnu površini Zemlje, s tom razlikom što na njemu nema života “jer nema ni kopna, ni mora, a također nema ni oblaka”. Iako su njegova otkrića bila pod velikim upitnikom Crkve on se s tim ne miri pa tako 1623. godine, odmah nakon što je njegov prijatelj kardinal Berberini postavljen za novog Papu Urbana VIII., započeo je pisati svoje znamenito djelo *Dialogo*, koje nastoji razriješiti neke načelne postavke heliocentričnog sustava. Nadao se da će novi Papa biti sklon promjenama jer je na sličan način i Ptolemejev geocentrični sustav Crkva u V. stoljeću prihvatila kao službenu sliku svijeta. Knjiga je, unatoč više cenzorskih intervencija, objavljena 1632. Međutim, odmah je izazvala žestoku reakciju Crkve. Zabranjeno je daljnje tiskanje knjige, a postojeći primjerci su prikupljeni i spaljivani.

„Dvije su glavne optužbe iznesene protiv Galileija: “Prvo, da je Kopernikov sustav tretirao kao apsolutnu činjenicu, a ne kao hipotezu, što je suprotno Bellarminovoj opomeni i dekretu Indeksa. Drugo, da je Galilei prešutio opomenu koju mu je uputio kardinal Bellarmin 1616. godine.“³

„U kućnom pritvoru u Firenci Galileo je dovršio svoje veliko djelo *Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica* objavljeno 1638. godine, u kojem je izložio zakone slobodnog pada, uveo pojam ubrzanja, objasnio gibanje niz kosinu i vodoravni hitac. Uveo je eksperimentalnu metodu i matematičko formuliranje zakonitosti utvrđenih eksperimentom, na taj način postavivši temelje moderne fizike i mehanike. Galileo je otkrio cikloidu i njenu primjenu na lukove mostova, te osnovao balistiku određujući paraboličku putanju zrna. Neka su se od Galilejevih šesnaest djela našla na vatikanskom popisu zabranjenih knjiga (*Index librorum prohibitorum*).“⁴ Afera Galileo je niz složenih događaja koji uključuju mnogo više od same znanosti i vjere. Sve se dogodilo u vremenu nakon Reformacije i Katolička Crkva je agresivno pokušavala ojačati i reafirmirati svoju vlast. Također je vezana s uključenim ličnostima: znanstveni rivali koji su započeli s tračevima o Galileu zbog profesionalne ljubomore, ambiciozni, ali znanstveno nepismeni propovjednici koji su pojačavali tenzije, osjetljivi Papa koji se osjetio poniženim zbog Galileove knjige i na kraju sam Galileo, arogantan i iritantan u toj mjeri da su njegovi prijatelji gubili svaku nadu. Iako se zbog straha od smrti odlučio odreći svojih istraživanja i reći da je bio u krivu, legenda kaže kako je na samrti promrmljao riječi “Eppur si muove” što

³ Kešina, I.; Radošević, A. (2009) Galileo Galilei - povijest jednog slučaja. Crkva u svijetu: Vol. 44, No 4, str. 511.-512.

⁴ Soucie, T. (2010) Galileo Galilei. Matka: časopis za mlade matematičare. Vol. 18, No. 71., str.175.

znači "Ipak se kreće", pri čemu je mislio na potvrdu heliocentričnog sustava. Umro je u dobi od 78 godina, a tek 359 godina nakon, odnosno 31. listopada 1992. godine papa Ivan Pavao II. zatražio je oprost i ukinuo presudu inkvizicije koja se vodila protiv Galilea. Njemu u čast nazvana je svemirska letjelica za istraživanje Jupitera s obzirom na to da je otkrio njegove mjesece, kao i satelitski navigacijski sustav.

3. OSNOVNE NAVIGACIJE IZ SVEMIRA

3.1. Kratka povijest navigacije iz svemira

Ideja svemirske navigacije nastala je iz vojne potrebe. Dok su zemaljske radio-navigacijske metode iz 1940-ih i 1950-ih godina podržavale interkontinentalne bombardere u njihovim misijama pronalaženja gradskih ciljeva, interkontinentalne balističke rakete (ICBM) kretale su se prebrzo za izvođenje potrebnih navigacijskih računanja. Razvoj inertnih navigacijskih sustava (INS) djelomično je riješio problem, ali se točnost u INS-u bez vanjskih ažuriranja s vremenom smanjivala. Osim navođenja projektila, kako su Sjedinjene Američke Države razvile program balističkih projektila lansiranih s podmornice (SIBS), Američka mornarica je također trebala točnu metodu za određivanje lokacije podmornice.

„Za izračunavanje precizne SLBM putanje treba dobro znati mjesto mobilnog lansiranja (podmornice) kao i cilj. Sam INS nije bio dovoljan za SLBM navođenje. Pomaci u točnosti lokacije tijekom vremena proizveli bi navigacijsku pogrešku preveliku da bi se omogućilo uništenje mete. Nadalje, zemaljski navigacijski sustavi nisu imali uistinu tolik veliku globalnu pokrivenost i bili su ranjivi na neprijateljske napade. Rješenje je stoga bilo u svemiru.“⁵

Ubrzo nakon pokretanja Sputnjika, američki istraživači pratili su sovjetski satelit mjerenjem Dopplerovih pomaka frekvencije. Koristeći takav koncept istraživači su uvjerali mornaricu za postavljanje konstelacije satelita .koji će emitirati signale slične koje je davao Sputnjik. Kad bi mornarica znala orbitalne lokacije satelita, njezine bi podmornice mogle brzo odrediti njihovu točnu lokaciju putem Dopplerovih pomaka.

S ovom logikom Sjedinjene Američke Države lansirale su Transit program, prvi svjetski operativni satelitski navigacijski sustav. Tranzitni sateliti odašiljali su svoje orbitalne položaje svake dvije minute na dva signala, pružajući dvodimenzionalnu točnost do 25 metara za korisnike koji prate oba signala. Konstelacija Transit služila je vojne i civilne korisnici prilično dobro tijekom 32 godine i igrali su bitnu ulogu u podržavanju morske nuklearne trijade. Međutim, dvodimenzionalni sustav nije podržavao zrakoplove ili streljivo u letu. „Ranih 1970-ih planovi za GPS proizašli su iz lekcija Transit sustava i kombinacije Timation programa Američke mornarice i Air Forces Sistema 621B s ciljem postizanja veće točnosti sa

⁵ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press. Str. 6.

zračnim oružje i sustavima naoružanja. Timation program je testirao svemirske atomske satove, dok je sustav 621B demonstrirao nove satelitske domete signala koji se temelji na pseudoslučajnom šumu. Kada su u kombinaciji, ove tehnologije i koncepti nudili su dizajn i tehnike potrebne za pružanje trodimenzionalnog položaja, informacije o brzini i prijenosu u vremenu.“⁶

3.2. Osnove navigacije iz svemira

Nova sredstva za svemirsku navigaciju danas podosta nadilaze mjerenje Dopplerovih pomaka i danas ostaju temeljna načela GPS-a i Galilea. Iako se operacija navigacije čini pomalo složena, primjena je postala transparentna i trenutna za korisnike. S ciljem lokacije pozicije u trodimenzionalnom prostoru, korisnik treba osam ključnih informacija od navigacijskog sustava u bilo koje vrijeme. To se odnosi na udaljenosti i raspone između korisnika i četiri satelita, kao i pozicija tih četiri satelita u svemiru.

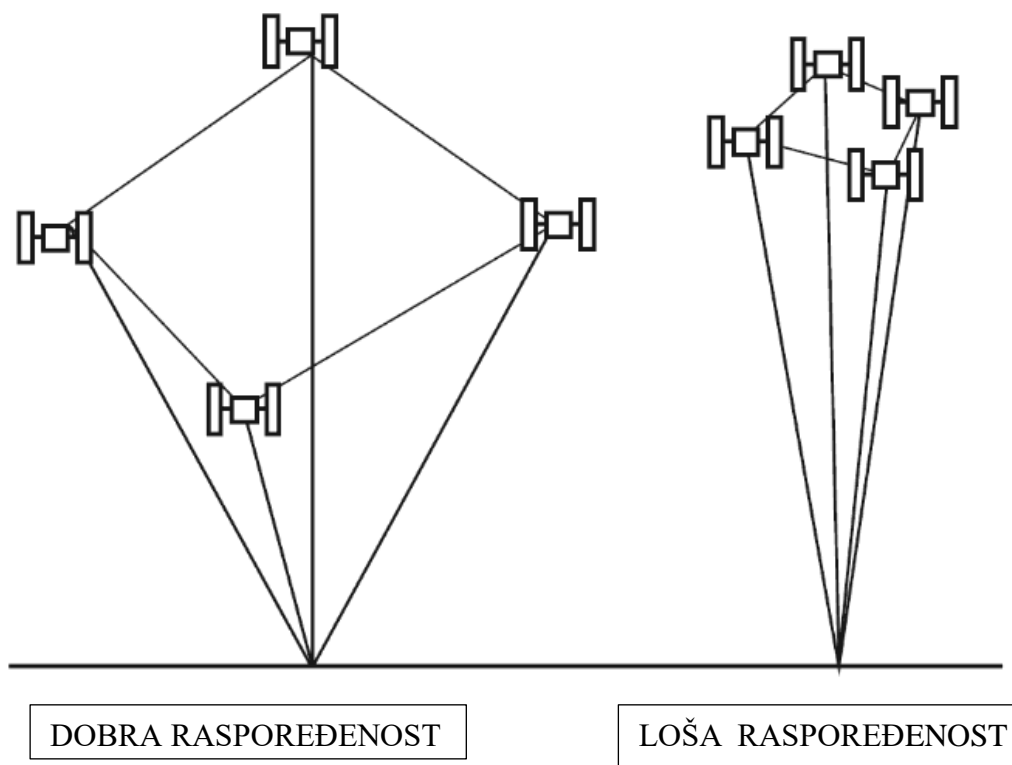
Prvo, korisnikov GPS prijamnik mjeri udaljenost između sebe i satelita mjereći vrijeme potrebno da signal prijeđe od satelita do antene prijemnika. Prijemnik mjeri vrijeme prolaska uparujući dva koda. Proces je jednostavan. „Svaki satelit odašilje jedinstveni PRN kod (oblik impulsa ili niz jedinica i nula) na svoj signal, dopuštajući prijemnicima da se razdvoje između satelita. Prijemnici interno generiraju iste kodove. S obzirom na to kako su prijemnici i sateliti sinkronizirani na isto referentno vrijeme (GPS vrijeme), satelitski kod i kod prijemnika trebali bi biti identični. Ipak, kada korisnik postavi primanje satelitskog koda i usporedi ga s vlastitim, čini se kako se satelitski kod promijenio. Prijemnik zatim okreće svoj kod dok se jedinice i nule ne poravnaju. Količina zaokreta koja je potrebna da se podudaraju s kodovima predstavlja vrijeme prolaska satelitskog signala i, potom, udaljenost između satelita i prijemnika, budući da se signal kreće brzinom svjetlosti. Tako korisnik dobiva domete do četiri različita satelita. Nadalje, svaki GPS satelit kontinuirano odašilje jedinstvene orbitalne parametre u podatkovnom prometu koji su poznatiji kao navigacijska poruka, a koja se sastoji od signala i PRN koda.“⁷ Nakon što se poveže na satelitski signal putem PRN koda, prijamnik preuzima položaj satelita u svemiru. U suštini, satelit emitira: "Ja sam ovdje, a vrijeme je (trenutno vrijeme)". Nakon što prikupi skup od četiri satelitske pozicije i četiri raspona, prijamnik izračunava korisnikovu lokaciju rješavajući četiri jednadžbe za četiri nepoznanice:

⁶ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press. Str. 6.-7.

⁷ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press. Str. 7.-8.

korisnikovu visinu, dužinu i širinu, zajedno s greškom sata prijammnika." Točnost rješenja najviše ovisi o tome koja četiri satelita prijammnik odabere. Točnost fiksiranja korisničkog položaja ovisi o tome gdje se sateliti nalaze na nebu u odnosu na korisnika, inače poznato kao geometrija satelita. Volumen poliedra utječe na točnost GPS-a. „U pravilu, veći razmak satelita rezultira većim volumenom i boljom preciznošću. U idealnom slučaju, najbolja geometrija proizlazi iz toga da se jedan satelit nalazi izravno iznad i tri satelita jednako raspoređena u blizini horizonta korisnika. S čak dvanaest GPS satelita na vidiku u bilo kojem trenutku, prijammnik mora pažljivo odabrati optimalnu kombinaciju satelita kako bi dobio najbolje rješenje. Opet, ovo je relativno trenutna i transparentna funkcija računala prijammnika. Prijammnik ispituje sve moguće kombinacije satelita i odabire rješenje s najboljom satelitskom geometrijom. Korisnik sada prima trodimenzionalne informacije o položaju s točnošću do 50 stopa.“⁸

Slika 1. Satelitska geometrija



Izvor: Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press. Str. 8.

⁸ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press. Str. 8.

Sada kad je u osnovne crte objašnjen i sustav i rad te funkcioniranje navigacijskog sustava, može se lakše upustiti u objašnjavanje i prikaz navigacijskog sustava Galileo. Također će se napraviti usporedna analiza ovog sustava s najpoznatijim GPS sustavom, koji se već spomenuo i u ovome poglavlju.

4. EUROPSKA SVEMIRSKA AGENCIJA - ESA

Europska svemirska agencija ili skraćeno ESA „je sveobuhvatna europska svemirska agencija, aktivna u svim područjima svemirskog sektora i donosi svoje prednosti ljudima u svakodnevnom životu, kao i tvrtkama. Države članice rade zajedno, dijeleći financijske i znanstvene resurse kako bi postigle najbolje rezultate. Putem europske svemirske luke u Kourouu, osiguravaju neovisan pristup svemiru za znanstvene i komercijalne misije. Raznolike aktivnosti ESA-e dio su jasne vizije za Europu u svemiru. Svemir je budućnost i kroz ESA-u svi su njezin dio.“⁹

Osnovana je 1975. godine, i trenutno broji 22 člana, odnosno zemlje Europe, a kroz više od 40 godina aktivnog rada i istraživanja promoviraju europsku znanstvenu i industrijsku povezanost i razvoj kroz svemir. Njihova temeljna djelatnost vidljiva je iz njihove vizije.

„Mi smo ESA. Činimo svemir dostupnim za svakoga. Gradimo i lansiramo rakete i satelite, treniramo astronaute, bdijemo nad Zemljom, istražujemo svemir i pokušavamo odgovoriti na velika znanstvena pitanja o svemiru.“¹⁰

Zemlje članice Europske svemirske agencije su sljedeće: Austrija, Belgija, Češka, Danska, Estonija, Finska, Francuska, Njemačka, Grčka, Mađarska, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Norveška, Poljska, Portugal, Rumunjska, Španjolska, Švedska, Švicarska, Ujedinjeno Kraljevstvo. Slovenija, Latvija i Litva su u sustavu pridruženih članica. Kanada kroz ugovor o suradnji sudjeluje na zajedničkim projektima istraživanja. Bugarska, Cipar, Hrvatska, Malta i Slovačka također surađuju s Europskom svemirskom agencijom kroz posebne ugovore o suradnji.

Menadžment i upravno vodstvo Europske svemirske agencije sastoji se od generalnog upravnog vodstva koje čini čak jedanest direktora, od kojih je svaki odgovoran za određeni sektor ili programe te administraciju Agencije. Među prvima je ovdje Josef Aschbacher, generalni direktor, potom Torben Henriksen, direktor za tehnologiju, inženjerstvo i kvalitetu, tu je i David Parker, direktor za ljudska i robotska istraživanja, Eric Morel de Westgaver,

⁹ The European Space Agency (2021) This is ESA. str.2.
https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/This_is_ESA_EN_LR.pdf, 19.05.2022.

¹⁰ Ibidem

direktor za europska pravna i međunarodna pitanja, Daniel Neuenschwander, direktor za svemirski transport. Od ostalih tu su i Simonetta Cheli, direktorica zadužena za proučavanje Zemlje, Francisco Javier Benedicto Ruiz, direktor za navigaciju, prof. Günther Hasinger, direktor za znanost, Elodie Viau, direktorica za telekomunikaciju i integriranu primjenu, potom Jean Max Puech, direktor unutarnjih poslova, Rolf Densing, direktor operativnih poslova i Géraldine Naja, direktor komercijalizacije, industrije i nabave.

„Svrha ESA-e je osigurati i promicati, u isključivo miroljubive svrhe, suradnju među europskim državama u svemirskom istraživanju i tehnologiji i njihovim primjenama u svemiru, s ciljem njihove upotrebe u znanstvene svrhe i za operativne sustave primjene u svemiru:

- razradom i provedbom dugoročne europske svemirske politike, preporučivanjem svemirskih ciljeva državama članicama i usklađivanjem politika država članica u odnosu na druge nacionalne i međunarodne organizacije i institucije;
- razradom i provedbom aktivnosti i programa u svemirskom području;
- koordiniranjem europskog svemirskog programa i nacionalnih programa, te postupnom i što potpunijom integracijom potonjih u europski svemirski program, posebno u pogledu razvoja aplikacijskih satelita;
- razradom i provedbom industrijske politike prikladne svom programu i preporukom koherentne industrijske politike državama članicama.“¹¹

Glavno sjedište Europske svemirske agencije je u Parizu gdje su smješteni svi gore nabrojani direktori, kao i ostali službenici važni za poslove financiranja, administracije, provedbe i razvoja strategija kao i tehnološku politiku. „Europska svemirska luka je u Kourou na Francuskoj Gvajani. Iako ju je sagradila Francuska svemirska agencija CNES, europska svemirska luka je znatno povećana pod ESA-inim sponzorstvom za lansiranja raketa Ariane.

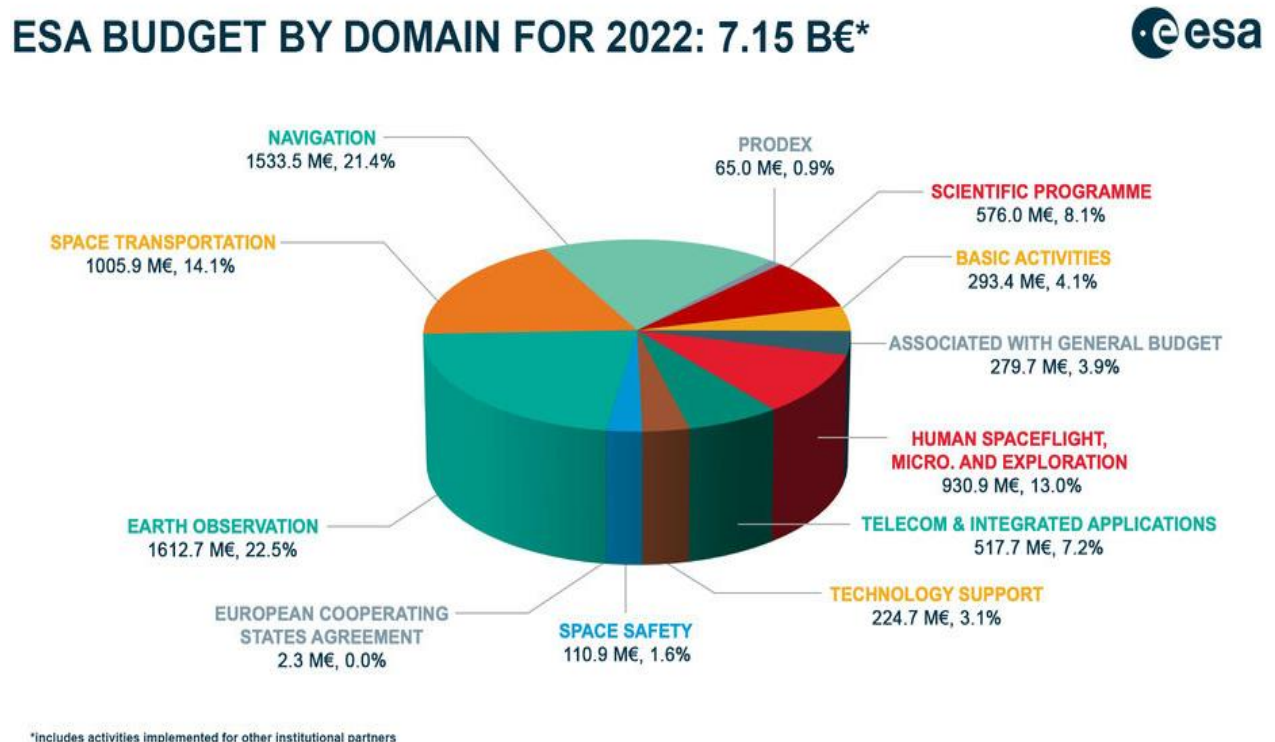
Kao optimalna lokacija za sigurna lansiranja preko Atlantskog oceana odabrana je sjeverna obala Južne Amerike da bi se iskoristila prednost Zemljine rotacije blizu ekvatora kako bi se omogućila 10% veća masa satelita u usporedbi s Američkom svemirskom lukom na Cape Canaveralu. Zemaljske stanice su u Salmijärvi u Švedskoj, Redu u Belgiji, Villafranca Del European Space Agency Castillo u Španjolskoj i Kourou na Francuskoj

¹¹ The European Space agency. ESA, https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_facts, 19.05.2022.

Gvajani. Smještena na velikoj geografskoj širini, stanica Salmijärvi radi sa ESA-inim satelitima koji se kreću u polarnim orbitama, dok se Redu bavi uglavnom telekomunikacijskim satelitima iznad ekvatora.“¹²

Europska svemirska agencija prvenstveno se sufinancira iz zemalja članica, a najviše od samih zemalja osnivačica, pa tako recimo proračun Agencije za tekuću godinu iznosi 7.15 milijardi eura, a u donjem prikazu može se vidjeti prenamjena tih sredstava po sektorima.

Slika 2. Proračun Europske svemirske agencije za 2022. godinu



Izvor: Europska svemirska agencija, https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Funding

Europska svemirska agencija stoji i iza projekta Galileo. „ESA je sistemski arhitekt za Galileo, koji upravlja njegovim dizajnom, razvojem, nabavom, implementacijom i validacijom u ime Europske Unije. ESA će zadržati tu ulogu, pružajući tehničku podršku Europska GNSS agenciji, koju je Europska Komisija odredila da vodi sustav pružanja usluga

¹² Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.20

Galilea.“¹³Upravo nastavak rada donosi prikaz razvoja i funkcioniranja Galileo navigacijskog sustava, ali prije toga će se objasniti i značaj Europske geostacionarne navigacijske prekrivajuće službe.

¹³ The European Space Agency. United Space in Europe, <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Svemir/ESA%20presentation%20in%20Croatia%20-%202019%20February%202018.pdf>, str.36., 20.05.2022.

5. EUROPSKA GEOSTACIONARNA NAVIGACIJSKA PREKRIVAJUĆA SLUŽBA - EGNOS

Europska geostacionarna navigacijska prekrivajuća služba ili skraćeno ENGOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) je „europski regionalni satelitski sustav proširenja (SBAS) koji se koristi za poboljšanje performansi globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS), kao što su GPS i Galileo. Raspoređen je za pružanje navigacijskih usluga sigurnosti života zrakoplovnim, pomorskim i kopnenim korisnicima u većem dijelu Europe.“¹⁴

Ove usluge će se širiti i na druge zemlje europskog susjedstva. Financiranje je već dodijelila Europska komisija kroz Europski instrument susjedstva za razvoj infrastrukture i tehnologije. Saznajte više o proširenju EGNOS-a za istočnoeuropsko susjedstvo.

„Specifični ciljevi EGNOS programa:

- Ponuditi otvorenu uslugu (open service - OS), koja je besplatna za korisnika i omogućuje pozicioniranje i sinkronizaciju informacija namijenjenih za aplikacije satelitske navigacije u područjima pokrivenim sustavom;
- Ponuditi uslugu za diseminaciju komercijalnih podataka, EGNOS podataka (EGNOS Data Access Service - EDAS), za promociju razvoja aplikacija za profesionalno ili komercijalno korištenje uz pomoć napredne izvedbe i podataka veće dodane vrijednosti od onih koji su dobiveni kroz otvorenu uslugu;
- Ponuditi uslugu sigurnu za život korisnicima kojima je sigurnost važna i esencijalna. Ova usluga također ispunjava uvjete određenih sektora što se tiče kontinuiteta, dostupnosti i točnosti, te uključuje poruku koja upozorava korisnika na bilo kakav kvar u sustavu iznad područja djelovanja;
- Proširiti zemljopisnu pokrivenost ovih usluga kroz teritorij Unije, podložan tehničkim ograničenjima i međunarodnim dogovorima, drugim teritorijima svijeta a posebno područjima trećih zemalja pokrivenih „jedinственим europskim nebom“ (single European sky).“¹⁵

¹⁴ The European Union Agency for the Space Programme, <https://www.euspa.europa.eu/european-space/egnos/what-egnos>, 26.05.2022.

¹⁵ Istria Communicating Europe, <https://www.istra-istria.hr/medjunarodna-suradnja-arhiva/news/detailed/galileo-i-egnos.html#.YpYkNMNBzIU>, 26.05.2022.

„Od 2010. EGNOS poboljšava točnost i povećanje GPS-a, nudeći sigurnosno kritične aplikacije za zrakoplovstvo korisnika. Očekuje se da će Galileo iznjedriti širok raspon aplikacija, na temelju pozicioniranja i vrijeme za prijevoz cestom, željeznicom, zrakom i upravljanje morem, infrastrukturom i javnim radovima, upravljanje i praćenje poljoprivrede i stoke, e-banking i e-trgovina. Bit će to ključna vrijednost za javne službe, kao što je spašavanje operacije i krizno upravljanje. S novom ESA navigacijskom inovacijom i podrškom Program (NAVISP), istraživanje će se usredotočiti na integraciju svemirska i zemaljska navigacija i novi načini poboljšanja GNSS.“¹⁶

„EGNOS je bitan za aplikacije u kojima su točnost i integritet kritični. Na primjer, u zrakoplovnom sektoru GNSS sam po sebi ne zadovoljava stroge operativne zahtjeve koje je postavila Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva (ICAO) za korištenje u takvim kritičnim fazama leta kao što su konačni prilazi. Međutim, s dodatkom EGNOS-a, koji je certificiran za civilno zrakoplovstvo od 2011. godine, sustavi poput GPS-a mogu zadovoljiti ICAO standarde.

Osim zrakoplovnog sektora, EGNOS poboljšava i proširuje opseg takvih GNSS aplikacija kao što su precizna poljoprivreda, upravljanje cestovnim vozilima i navigacija brodova kroz uske kanale – da spomenemo samo neke.

Danas EGNOS koristi brojnim tržišnim segmentima, uključujući zrakoplovstvo, cestovnu, željezničku, pomorsku, geodetsku/kartografsku uslugu, usluge temeljene na lokaciji i poljoprivredu.“¹⁷

¹⁶ The European Space Agency. United Space in Europe, <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Svemir/ESA%20presentation%20in%20Croatia%20-%2019%20February%202018.pdf>, str.37., 20.05.2022.

¹⁷ European Union Agency for the Space Programme, <https://www.euspa.europa.eu/european-space/egnos/what-egnos>, 22.05.2022.

6. EUROPSKI NAVIGACIJSKI SUSTAV "GALILEO"

Satelitsko pozicioniranje postalo je bitan dio naše svakodnevice te je ključno za brojne industrijske aktivnosti, ali i za poljoprivredu, znanost, precizno mjerenje vremena kao i odgovaranje na hitne situacije. Njegova široka primjena, od mobitela, automobila, zrakoplova, vlakova, brodova te brojni drugi primjeri pokazuju njegovu važnost uporabe. U početku je predvodnik u pozicioniranju bio američki sustav GPS, točnije Globalni sustav za pozicioniranje. Nekoliko godina nakon ovoga, predstavljena je i ruska inačica pod skraćenicom GLONASS.

Galileo - europski globalni navigacijski sustav svoje je prve usluge ponudio 2016. godine. Ovo poglavlje će opisati sustav Galileo te što ga razlikuje od sličnih sustava. Prije svega, Galileo je sustav vrhunske kvalitete koji jamči iznimno točno globalno pozicioniranje te iznimno precizno mjerenje vremena. U potpunosti postavljen treba sadržavati Galileo će se sastojati od 24 operativna i šest rezervnih satelita u orbiti više od 23 tisuće kilometara iznad Zemlje.

Uz podršku niza zemaljskih senzornih postaja i kontrolnih centara diljem svijeta ovaj sustav čini iznimno pouzdanim i točnim. Sustav Galileo je autonoman, ali i interoperativan s postojećim sustavima satelitske navigacije dok se brojni uređaji kombiniraju u dvije ili tri konfiguracije kako bi povećali točnost i pouzdanost. Iako je dizajniran kako bi radio i bio kompatibilan i s drugim sustavima, Galileo je jedinstven. Prije svega europski je sustav i za razliku od ostalih sustava kojima upravlja vojska pod civilnom je kontrolom. Stoga je Europi te svim njezinim građanima omogućen neovisnost i suverenitet.

Galileo također nudi niz novih usluga, uključujući akcije potraga i spašavanja na kopnu i moru, sigurna usluga za primjene u vladi i preciznija primjena za pozicioniranje u komercijalne svrhe. Nudeći dvojne frekvencije kao standard, Galileo nudi nove razine preciznosti pozicioniranja u stvarnom vremenu te znatno unaprijediti dostupnost usluga u najekstremnijim okolnostima. Razvojem Galilea Europa također smanjuje rizik od isključivanja ili pogoršane usluge drugih navigacijskih sustava. Galileo je rezultat do sada neviđene europske suradnje zemalja i inovacija kako bi se ljudima diljem planeta ponudio

novi, pouzdani i neovisni sustav za navigaciju i utvrđivanje vremena, a koji će istovremeno uključivati neograničen broj primjena. Galileo je i produkt ENGOS-a, odnosno Navigacijskih rješenja pogonjen od strane Europe kao i same europske Agencije za globalni navigacijski satelitski sustav.

Kao što je već prethodno najavljeno, Galileo predstavlja izniman napor Europe u približavanju sljedeće generacije globalnog navigacijskog satelitskog sustava, poznatijeg pod skraćenicom GNSS. Ono po čemu je svakako posebniji je to što je pod civilnom kontrolom pa se tako omogućuje i stvaranje samostalnije i neovisnije Europe. Kroz stimulaciju i poticanje razvoja tehnologije i pojačanu mobilnost, a uz to sigurnost i kvalitetu života, istovremeno dolazi i do jačanja ekonomije i gospodarstva, a posebno važan sektor koji se potiče je onaj vezan uz proizvodnju prijamnika te razvoja i implementacije raznih vrsta aplikacija. Iako Galileo sustav predstavlja novu razinu operativnosti i rada ujedno je i novi veliki izazov za politički, društveni, znanstveni i ekonomski svijet koji pokazuje zajedništvo i snagu Europe kao jedinstvene kontinentalne jedinice.

“On je najbolji primjer za sve što Europa može postići, a i prvi je na listi uspjeha jer je povećao sigurnost za Europljane i pomogao da se Europa brže ujedini i proširi svoje granice. U ožujku 2001. godine, predsjednik Europske vlade Romano Prodi je izjavio u Europskom parlamentu: “Galileo nudi alternativu kroz koju će Europa ostvariti samostalnost u satelitskoj navigaciji - u civilnoj, vojnoj i znanstvenoj domeni. Europa ne smije propustiti tu priliku.”¹⁸

Nakon dovršetka idejnog projekta i sustava krenulo se u faze razvoja i procjena točnosti, operativnosti i valjanosti. Taj dio projekta trajao je do 2003. godine. Potom je uslijedilo postavljanje satelita u zemljinu orbitu i njihovo testiranje. Ovaj proces se odvijao od 2004. do 2005. godine te je ključna faza uslijedila tijekom 2006. godine kada se krenulo u samu isporuku inicijalnih sustava točnije servisa. Tako je Galileo postao novo tehnološko, institucionalno i komercijalno oruđe u potpunosti integrirano i razvijeno te funkcionalno neovisno o drugima.

U kratkim crtama Galileo omogućuje sljedeće:

¹⁸ Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.20

- Galileo omogućuje korisnicima da znaju svoj točan položaj s većom preciznošću od onoga što nude drugi dostupni sustavi.
- Proizvodi koje ljudi koriste svaki dan, od navigacijskog uređaja u vašem automobilu do mobilnog telefona, imaju koristi od povećane preciznosti koju Galileo pruža.
- Kritične, hitne službe imaju koristi od Galilea.
- Galileove usluge će europske ceste i željeznice učiniti sigurnijim i učinkovitijim.
- Potiče europske inovacije, doprinoseći stvaranju mnogih novih proizvoda i usluga, stvaranju radnih mjesta i omogućavajući Europi da posjeduje veći udio od 190 milijardi eura (2021.) globalnog GNSS tržišta.¹⁹

Međutim ovo nisu jedine koristi koje će Galileo sustav pružiti.

„Osim primjene u spasilačkim službama i graničnim kontrolama, unaprijedit će se mnoge specijalizirane korisničke službe. Primjerice, može biti vodič slijepim osobama i onima koji pate od ograničene mogućnosti kretanja, te osobama Zahvaljujući ovom sustavu bit će moguće predvidjeti vrijeme putovanja u cestovnom i željezničkom prometu tako što će automatski upravljački sustavi reducirati prometne čepove i broj automobilskih nesreća. Uglavnom, predstavlja veliki izazov za Europu, u smislu ostvarivanja preduvjeta za povećanje sigurnosti, ekonomskog prosperiteta, napretka u industriji i općenito poboljšanje kvalitete življenja. Galileo Search and Rescue mission (SAR) omogućuje poboljšane usluge spašavanja zahvaljujući integraciji potrebnih službi u jedan sustav. s gubitkom pamćenja ili pak, s druge strane, može pružiti pomoć u zaštiti sportskih entuzijasta poput penjača ili jedriličara. Taj raspon mogućih primjena neizmjerljivo je širok.“²⁰

Još neke od osnovnih činjenica su sljedeće:,,

- vrijeme putovanja će se smanjiti za 15- 25%, ovisno o ruti i sredstvu
- povećat će se mogućnost preživljavanja u slučaju teških nesreća za 14%, a vrijeme potrebno da se pomogne vozaču će se smanjiti za 25%

¹⁹ European Union Agency for the Space Programme, <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo>, 26.05.2022.

²⁰ Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.26.

- Galileo će omogućiti više od 100 000 radnih mjesta i ugovora za opremu procijenjenih na približnu vrijednost od 9 mlrd. € po godini.“²¹

U narednim dijelovima ovog poglavlja će se objasniti način funkcioniranja Galileo sustava i njegove satelitske konfiguracije.

6.1. Galileo konstelacija satelita

Kao i svaki satelitski navigacijski sustav, tako se i Galileo sastoji od jasnog niza povezanih i usklađenih satelita u Zemljinoj orbiti koji su povezani sa zemaljskim sustavima kontrole i upravljanja. Osnovne karakteristike Galileo satelita su sljedeće:

- klasa srednje velikih satelita
- masa 650 kg
- proizvode 1500 W električne energije
- predviđeni vijek trajanja je preko 20 godina
- dvije vrste sata, dva rubidijumska i dva pasivna hidrogenska masera
- sadržavat će procesor za signal u L-bandu, RF dio i laserski retro-reflektor da bi se omogućilo dvosmjerno putovanje zrake
- svaki MEO satelit će biti lansiran u orbitalni položaj malo drugačiji od nominalnog. To će donekle smanjiti potrebu za korekcijama orbita satelita od strane kontrolnih stanica.“²²

Također za uspješno funkcioniranje sustava važna je orbitalna usklađenost svakog od satelita koji čine mrežu. Dakle u to se ubraja visina, srednja anomalija i slični parametri koji moraju biti vrhunski usklađeni kako bi se smanjio satelitski manevar potrebnih za održavanje konstelacije tijekom životnog vijeka satelita. Kada se to postigne onda dolazi i do povećanja dostupnosti servisa, uštede goriva prilikom lansiranja.

²¹ Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.26.

²² Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.23.

Zbog toga se geometrije satelita dizajniraju za višestruku lansiranje s raketama ili u ovome slučaju Airane-om, a manje rakete se koristi kako bi se lansirale zamjene za neispravne satelite. Postoje dvije osnovne opcije za pozicioniranje satelita, jedna je srednja Zemljina orbita (MEO - Medium Earth orbit), a druga je kombinacija srednje i geostacionarne Zemljine orbite (GEO - geostationary Earth orbit). U nastavku se objašnjava svaka od dvije konstelacije.

MEO konstelacija:

- tri ravnine
- inklinacija od 56°
- 30 jednoliko raspoređenih satelita (27 aktivnih i tri pričuvna), na visini od 23616km iznad Zemlje

GEO konstelacija:

Inklinacija od 53° kako bi se omogućila dostupnost usluge i na najvećim geografskim širinama, zadovoljavajući potrebe svih Europljana. To je razlika od ostalih navigacijskih sustava, koji su dizajnirani samo za vojne svrhe s pretpostavkom da će potreba za korištenjem u polarnim područjima biti vrlo mala.“²³

6.2. Galileo segmenti

Galileo sustav kao i svaki drugi sastoji se od tri bitna segmenata, a to su:

- svemirski segment
- korisnički segment
- zemaljski segment

²³ Romac, D.; Vučica, P. (2003)Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5, str.23.

Kao što je objašnjeno u ranijem dijelu svemirski segment uglavnom se sastoji od 30 satelita od čega su tri uvijek pričuvna satelita. Sateliti rade na visini od 23 222 kilometara.

Drugi važan segment je korisnički. Razvojem tehnologije danas veliki broj GNSS prijarnika podržava Galileo sustav, a također brojni svjetski proizvođači mobilnih i drugih uređaja ugrađuju prijemnike koji mogu primati signal od strane Galileovih satelita. Zbog toga što je predstavljao izravnu konkurenciju GPS-u, u Sjedinjenim Američkim Državama odobren je za uporabu tek 2018. godine. Kroz modernizaciju i razna poboljšanja, veća ulaganja, ali i širenje svijesti o prednostima Galileo sustava, pozitivna su očekivanja da će sve veći broj i vrsta uređaja biti usklađeno za implementaciju Galileo sustava satelitske navigacije, od pametnih automobila, telefona pa sve do zrakoplova i brodova.

Posljednji, ali jednako važan segment sustava je zemaljski. Iako je dosta sličan kao i kod drugih navigacijski sustava, ipak ima određene sistematizacije kojim se razlikuju, a po nekim stvarima je čak i bolji od konkurencije.

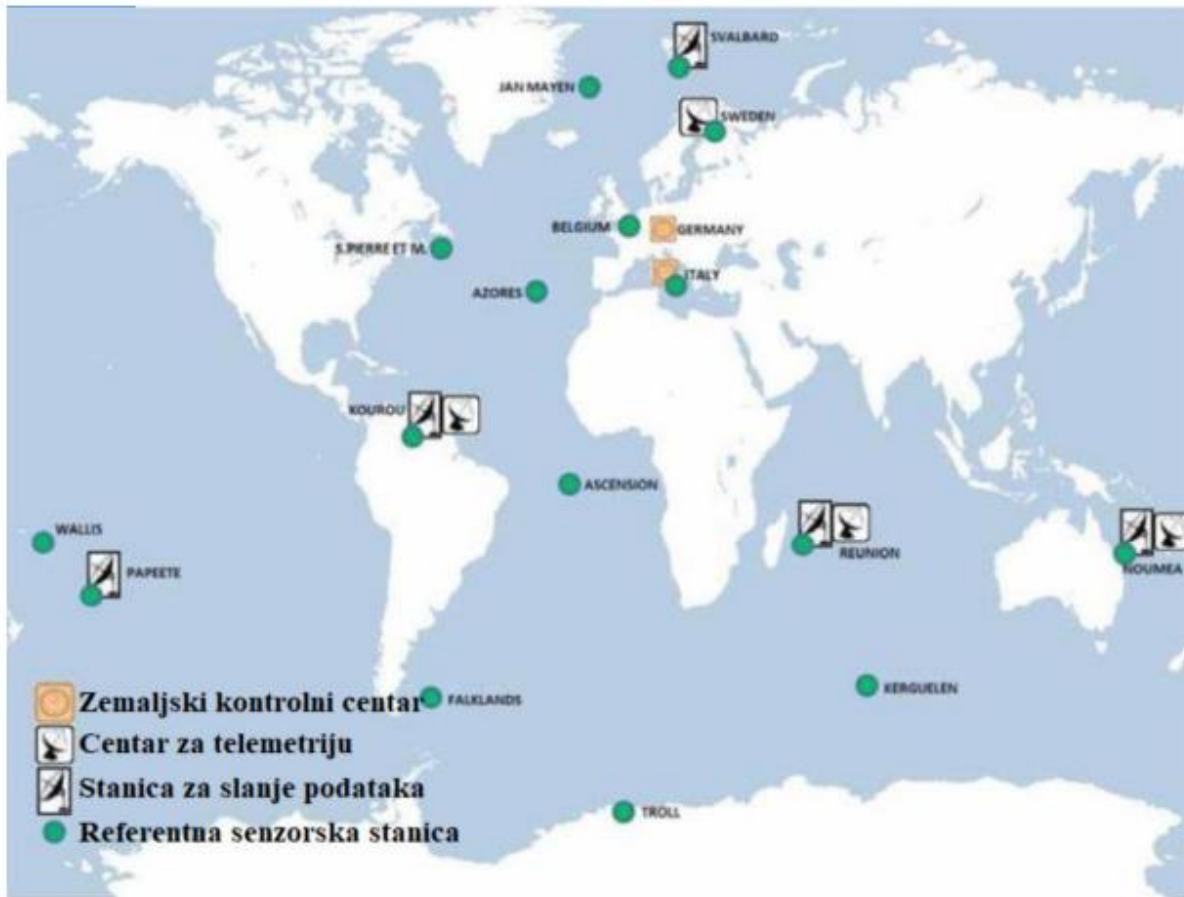
„Glavnina kontrolnih i nadzornih stanica locirana je u Europi no sustav ima nadzorne stanice raspoređene po čitavome svijetu.

Sustav se sastoji od:

- Dva zemaljska kontrolna centra
- Šest centara za telemetriju, praćenje i upravljanje
- Deset stanica za slanje podataka prema satelitu
- Nekoliko referentnih senzornih stanica
- Servisnog centra
- Mreže za širenje podataka između svih geografski raspoređenih lokacija.“²⁴

²⁴ Colić, T. (2019) Usporedba performansi Galileo, GLONASS i GPS sustava. str.10.

Slika 3. Zemaljski segment Galileo navigacijskog sustava



Izvor: Colić, T. (2019) Usporedba performansi Galileo, GLONASS i GPS sustava. str.10.

6.3. Kvaliteta Galileo usluga

Već se u ranijem dijelu govorilo širokoj primjeni Galileo sustava i svim vrstama usluga koje on pruža. Tako postoje otvorene usluge (OS - Open service), komercijalne usluge (CS - Commercial service), usluge javne sigurnosti (PRS - Public regulated service) i usluge spašavanja ljudskih života (SoL - Safety of Life service). „Otvorene usluge bit će servis dostupan širokom tržištu, a pružat će mogućnost točnog pozicioniranja svakom korisniku opremljenom s Galileo prijemnikom u svim dijelovima svijeta i s velikim stupnjem preciznosti. Planirane su dvije razine točnosti: viša razina točnosti postizat će se korištenjem

dvaju frekvencija, niža razina korištenjem jedne frekvencije.²⁵ S druge strane usluge vezane za spašavanje ljudskih života dostupne su u svakoj u kojoj ljudski životi mogu biti izvrnuti pogibeljima koje proizlaze iz prometnih procesa. Stupanj preciznosti identičan je tako onom iz OS grupe. „Usluge javne sigurnosti ili PRS usluge (Public Regulated Service) koristit će službe nadzora kao što su policija ili carina. PRS servis primjenjivat će se u skladu s nacionalnim zakonskim odredbama, a bit će na raspolaganju stalno i u svim okolnostima uključujući i krizna razdoblja. Usluge traganja i spašavanja (SAR- Search and Rescue) bit će evropski doprinos svjetskom sustavu traganja i spašavanja, a omogućivat prihvaćanje poziva pogibelji praktično u trenutku kad on bude poslan s bilo kojeg položaja na svijetu, te lociranje pozicije nezgode s preciznošću od nekoliko metara (za razliku od sadašnjih 5 km kolika je preciznost COSPAS/SARSAT sustava pozicioniranja).²⁶

Tablica 1. Kvaliteta svih usluga Galileo sustava

	TIP USLUGE					
	OS	CS		PRS		SoL
Pokrivanje	Globalno	Globalno	Lokalno	Globalno	Lokalno	Globalno
Horizontalna točnost	4 m (15m)	< 1 m	< 10 cm	6,5 m	1 m	4 m - 6 m
Vertikalna točnost	8 m (35m)			12 m		
Vjerojatnost točnosti	99,8%	99,8%	99,8%	99,9%	99,9%	99,8%

Izvor: Sveučilište u Zadru. Galileo. str.102.

²⁵ Sveučilište u Zadru. Galileo. str.101.

²⁶ Sveučilište u Zadru. Galileo. str.101.

7. GPS I GALILEO

U ovome poglavlju napravit će se usporedna analiza dva navigacijska sustava, a to je američki općepoznati GPS i europski navigacijski sustav Galileo. Time će se prikazati sve sličnosti i različitosti, kao i prednosti i nedostaci oba sustava. Osim toga nastojat će se ustvrditi operativni nedostaci GPS-a, ali gledano sa stajališta europske navigacije te kako ih Galileo sustav može poboljšati. Tako će se ispitati ograničenja i ranjivosti sustava, primarne svrhe te mogućnosti usluga.

Ovaj rad između ostalog istražuje i razloge te motive zbog kojih se Europa odlučila razviti neovisan satelitski navigacijski sustav, poznat kao Galileo, usprkos postojanju američkog opće poznatog globalnog lokacijskog sustava, odnosno poznatijeg kao GPS. Tako će se u radu objasniti i usporediti oba ova sustava čime će se ukazati na prednosti i nedostatke svakog od njih, ali i naglasiti neke od sličnosti u sustavima i razlika.

Iako dva sustava imaju različita temeljna načela ipak koriste sličnu infrastrukturu i operativne koncepte. U kratkom roku Galileo će civilnim korisnicima osigurati bolju točnost dok nadogradnje GPS-a ne stupe na snagu. Ali izvedba je samo dio obrazloženja. Europska ustrajnost za stvaranjem sustava Galileo vođena je kombinacijom raznih razloga, od kojih se brojne odnose na performanse. Stvaranjem neovisnosti i razvoja ekonomije i sličnih poticaja s navigacijskim sustavom Galileom, Europa se nada postići političku sigurnost i tehnološku neovisnost od Sjedinjenih Američkih Država. Dodatno, Europa je predviđala prevladavanje monopola SAD-a na GNSS preuzimanjem značajnog udjela na rastućem GNSS tržištu i postavljanjem novog svjetskog standarda za satelitsku navigaciju. Naravno pojava Galileo sustava imala je traga i na Sjedinjene Američke Države.

7.1 Svrha i sponzorstvo

Svrha i sponzorstvo dvaju navigacijskih sustava stvaraju dva bitno različita pogleda. Kao što je već spomenuto, GPS je bio vođen potrebom vojske za povećanom preciznošću oružja. Slijedom toga, američko ratno zrakoplovstvo posjedovalo je i upravljalo sustavom – koji je u potpunosti financirali američki porezni obveznici – a Ministarstvo obrane (DOD) zadržalo je konačnu ovlast. Prepoznajući rastuću upotrebu i važnost GPS-a za civilnu zajednicu, američka vlada je 1996. osnovala Međuagencijski GPS izvršni odbor (IGEB). Dok

zračne snage još uvijek upravljaju sustavom, IGEB upravlja politikom na višem nivou za GPS i kojim zajednički predsjedaju DOD i Ministarstvo prometa (DOT). Unatoč tome, i bez obzira na njegov potencijal dvostruke namjene, primarna svrha GPS-a je "pojačavanje učinkovitosti američkih i savezničkih vojnih snaga." Nacionalna sigurnost SAD-a ostaje glavni cilj politike za odluke u vezi s GPS-om. Nasuprot tome, Galileo je nastao kao izravan odgovor na percepciju da GPS odgovara vojnim zahtjevima SAD-a.

Premda su Sjedinjene Američke Države promovirale GPS kao globalni alat, on nije promovirao globalno sudjelovanje u upravljanju tim globalnim resursom koji sve više ovisi o globalnom resursu, niti bi jamčio kontinuirani pristup njemu. Tako se Galileo pojavio kao zajednički pothvat između Europske komisije (EC) i ESA-e, potaknut od strane ministara prometa s izrazito nevojnom perspektivom. Nadalje, Galileo se financira kroz javno-privatno partnerstvo u kojem EC i ESA osiguravaju financiranje u tandemu s privatnim tvrtkama koje sudjeluju u projektu. Kada bude operativna, konstelacija će upravljati i održavati privatnu tvrtku koju je stvorio konzorcij, koja se naziva Galileo Operating Company (GOC). Ukratko, "SAD stavlja prioritet na sigurnost i savezničke vojne sposobnosti, [a] Europa na komercijalnu održivost.

7.2. GPS sustav rada

„U GPS-u se koristi sustav zasnovan na pseudorandom kodovima. Radi se o generiranju vrlo složenog digitalnog koda koji je toliko složen da praktički izgleda poput običnog signala šuma - i da je nemoguće da dva digitalna koda budu jednaka. Svaki satelit ima svoj vlastiti pseudorandom kod, pa je tako potpuno otklonjena mogućnost da će GPS prijammnik "pokupiti" signal s pogrešnog satelita. Sustav ovih kodova, osim toga, omogućava svim satelitima da rade na istoj frekvenciji.“²⁷

Oba sustava i GPS i Galileo su sačinjena od triju komponenti, a to se odnosi na:

- svemirski segment, sačinjen od satelita
- kontrolni odnosno nadzorski segment, koji se sastoji od zapovjedne i kontrolne infrastrukture
- korisnički segment, navigacija krajnjeg korisnika ili potrošača

²⁷ Šuperina, M.; Magušić, F.; Matovina, M. (2010) Primjena satelitske navigacije u policiji. Policija i sigurnost, Vol. 19 No. 4, str. 486.

Svrha GPS segmenta svemira je prijenos vremenskih impulsa i podataka o položaju satelita korisnicima diljem svijeta. GPS svemirski segment sastoji se od 24 satelita u "Walker konstelaciji" na visini od 10.898 nautičkih milja (otprilike 20.200 km), organiziranih u šest orbitalnih ravnina jednako raspoređenih u pravom uzlaznom dijelu oko Zemlje, s nagibom od 55 stupnjeva. Walkerove konstelacije (nazvane po J. G. Walkeru iz British Royal Aircraft Establishmenta) sateliti su konfigurirani u kružnim orbitama sa zajedničkim visinama i nagibima koji osiguravaju globalnu pokrivenost Zemlje. Dizajn GPS konstelacije jamči da najmanje pet satelita ima povoljnu satelitsku geometriju i da je uvijek na vidiku korisnicima diljem svijeta kako bi zadovoljila zahtjeve za točnost. Sateliti u okviru GPS-a teže oko 1000 kilograma svaki, točnije 986 kg, a lansirani su pojedinačno s Cape Canaveral u Floridi, na raketa Delta II.

Drugi segment GPS-a, onaj zemaljski sastoji se od sljedećih stavki:.,

- Glavne kontrolne stanice (MSC)
- Alternativne glavne pomoćne stanice
- Četiri zemaljske antene
- Šest postaja za nadziranje pod vlasništvom zrakoplovstva SAD-a
- Deset postaja za nadziranje pod vlasništvom NGA-a (Nacionalna Geoprostornoobavještajna Agencija)
- Šest postaja za praćenje.“²⁸

Svi gore spomenuti elementi čine funkcionalno djelovanje GPS-a, bez postaja, antena i stanica ne bi bilo moguće dobivati nove podatke pomoću kojih se sinkroniziraju sustavi kojima se koriste mnogi diljem svijeta. Praćenjem stanja svakog satelita dobiva se jasan uvid u funkcioniranje sustava. Ponekad se zna dogoditi da satelit nije na željenoj ili traženoj putanji pa da bi se ona promijenila potrebno je napraviti manevar satelita za povratak na željenu orbitu. Zato se prvo navedeni satelit mora označiti da "nije zdrav" jer ga onda sustav privremeno briše iz registra aktivnih satelita i ne koristi ga kako bi pozicionirao korisnike.

²⁸ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press.str. 5.

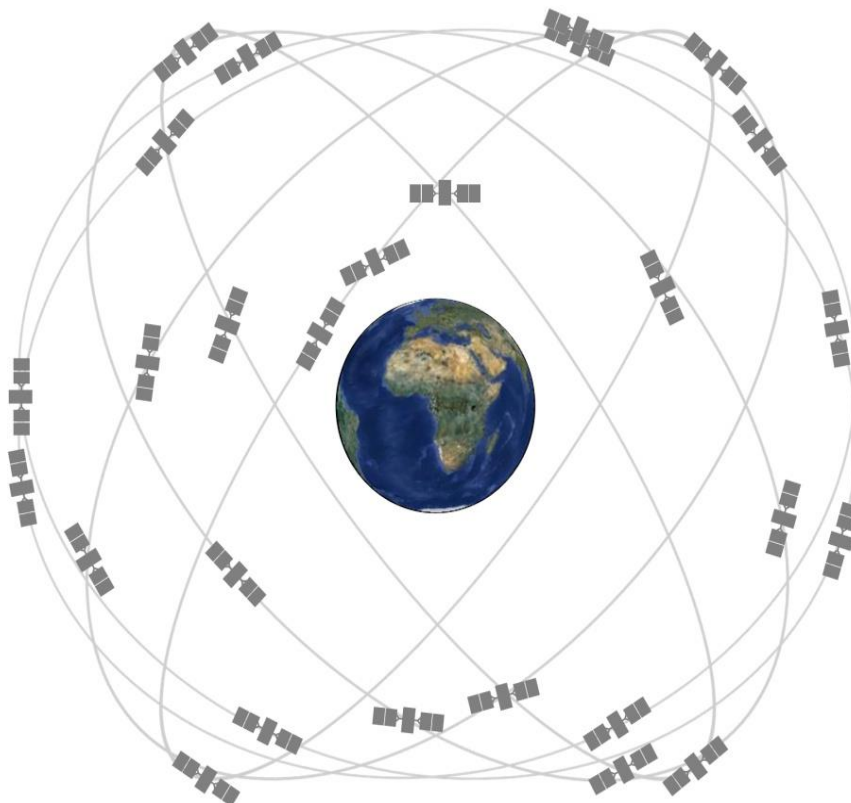
Tek kada se spomenuti manevar izvrši i satelit vrati na željenu orbitu, satelit se ponovno aktivira.

Zadnji dio sustava, korisnički segment, čine svi GPS prijammnici, oni su već instalirani u mobilnim uređajima, sustavima navigacije u automobilima i drugim vozilima, brodovima, zrakoplovima i slično.

Postoje tri moguće izvedbe prijammnika:.,

- Sekvencijalni – skenira satelite slijedno kako bi odredio pseudo-udaljenost, zastarjeli način, više se ne koristi
- Multipleksni – koristi jedan ili dva kanala kako bi brzo odredio pseudo udaljenost, danas se isto više ne koristi
- Višekanalni – nadzire sve satelite u dometu te odabire četiri najbolja za određivanje pseudo udaljenosti.“²⁹

Slika 4. Prikaz sustava GPS

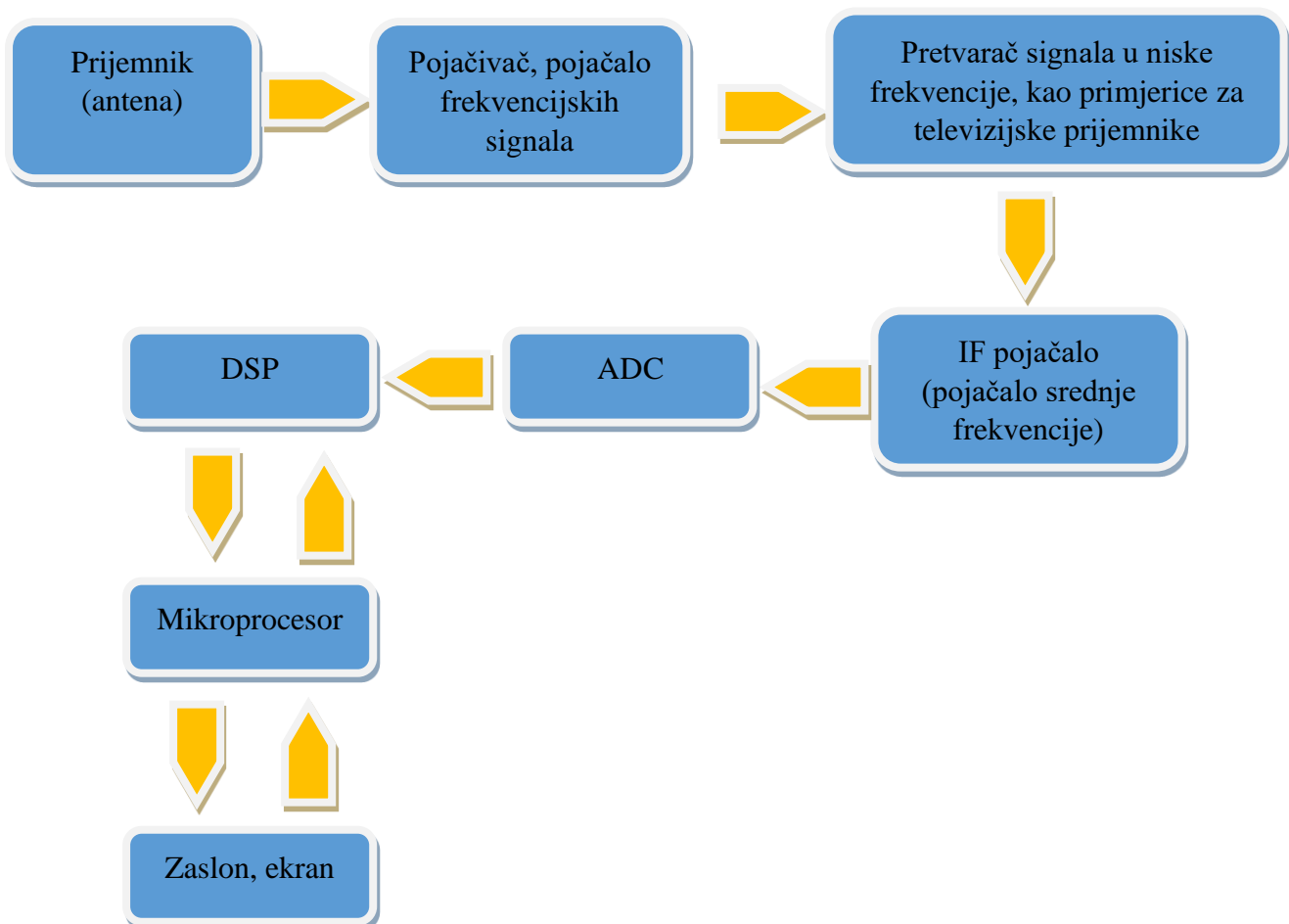


Izvor: NASA, <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>, 27.05.2022.

²⁹ Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press.str.6.

U donjem grafičkom prikazu objasniti će se shema funkcioniranja GPS-a čime se pravi jasna usporedba s Galileo sustavom.

Grafički prikaz 1. *Shema funkcioniranja GPS-a*



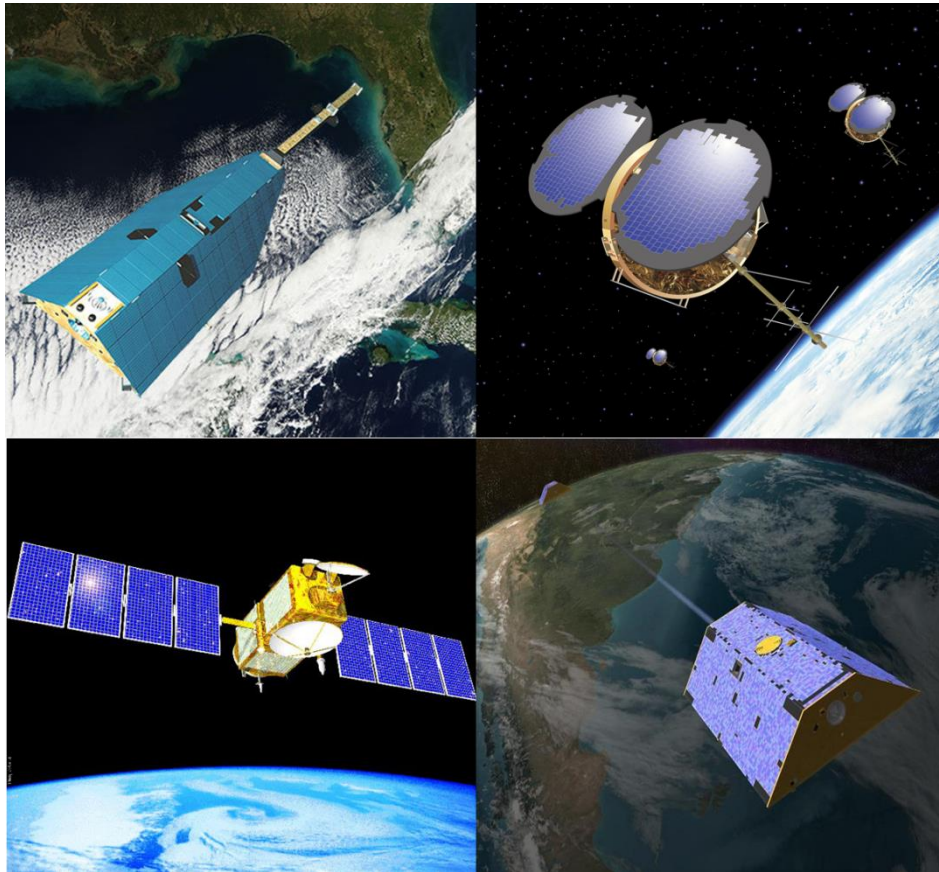
Izvor: izrada autora; 2022.

7.3. Budućnost globalnog sustava pozicioniranja

„Nakon pokretanja projekta Galileo Europske svemirske agencije (ESA – European Space Agency) 1999.godine, Ministarstvo obrane SAD-a počinje uviđati da bi GPS mogao s

vremenom izgubiti mjesto jedinog pravoga globalnog sustava za pozicioniranje i navigaciju, što ga uspješno drži više od dva desetljeća.“³⁰

Slika 5. GPS sustav satelita u budućnosti



Izvor: NASA https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_Future.html,
27.05.2022.

„Vlada SAD-a dodaje odlučila je poboljšati spomenuti sustav kroz dodavanje dva dodatna civilna signala za određene civilne primjene: (1) drugi civilni signal na GPS L2 frekvenciji označen kao L2C na 1227,60 MHz kako bi se zadovoljile potrebe visokoprecizne znanosti i (2) treći civilni signal, označen kao L5 na 1176,45 MHz kako bi se zadovoljile potrebe kritičnih aplikacija za sigurnost života kao što je civilno zrakoplovstvo. Četvrti civilni signal, označen kao L1C, bit će zajednički s drugim sustavima globalnih

³⁰ Zrinjski, M.; Barković, Đ. (2005) Modernizacija GPS-a (GNSS-2). Geodetski list, Vol. 59 (82) No. 1, str. 50.

navigacijskih satelitskih sustava (GNSS), kao što su europski Galileo i vjerojatno ruski Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema ili Globalni navigacijski satelitski sustav (GLONASS). Ovaj četvrti signal bit će dodan GPS Block III satelitima, koji su trenutno u razvoju.“³¹

GPS će u doglednoj budućnosti biti primarni federalni radionavigacijski sustav i bit će proširen i poboljšan kako bi zadovoljio buduće vojne i civilne zahtjeve za točnost, pokrivenost, dostupnost, kontinuitet i integritet.

³¹ NASA, https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_Future.html, 27.05.2022.

8. ZAKLJUČAK

Trenutno, ali i u skoroj budućnosti sateliti imaju sve veću ulogu i važnost u oblikovanju naših života, a takav trend će se nastaviti povećavati.

Uloga koju satelitski sustavi imaju danas u našim životima primjetno će se povećati. Kako je danas teško zamisliti život bez organizacije u pogledu vremenske određenosti, tako se u budućnosti neće moći ništa bez znanja o svom preciznom položaju na Zemlji. Krajem prošlog i početkom ovog stoljeća, europska ekonomija se oslanjala na tuđe navigacijske resurse, što je značilo ovisnost i osjetljivost s obzirom na sigurnost. Bilo kakav neuspjeh GPS-a, čak i djelomičan, direktno bi značio za milijarde Europljana gubitak i potencijalnu životnu ugroženost. Zahvaljujući Galileu, Europa ne samo da može osigurati ekonomski napredak bez straha od nekontrolirane opasnosti, već može omogućiti povećanu sigurnost za svoje građane kroz pouzdane usluge koje će taj sustav pružati. Kontrola nad satelitskim sustavom znači kontrolu nad mnogim industrijskim područjima koji su omogućeni zahvaljujući upravo satelitskom sustavu.

Kako je na početku navedeno da će se pokušati potvrditi ili opovrgnuti određene hipoteze na kraju svega prikazanog može se zaključiti sljedeće, a to je da su satelitski navigacijski sustavi napravili veliki preokret u razvoju čovječanstva i poboljšanju kvalitete raznih usluga i da su danas postali neophodni za današnji život i zadovoljenja potreba korisnika. Time se prije svega misli na iznimno veliku raširenost navigacijskog sustava u svakodnevnoj primjeni, od trenutka kada izađemo iz kuće gotovo da nesvjesno koristimo navigacijske usluge. Time je prva hipoteza potvrđena.

Zbog sve jače konkurencije, europska svemirska tijela i agencije o kojim je bilo detaljno govora u radu, razvio se neovisan sustav Galileo. Time je on predstavljao moderan i funkcionalan sustav svjetske primjene na globalnom tržištu.

Za razliku od drugih navigacijskih sustava koji su pod velikom kontrolom vojske i nisu toliko namijenjeni javnosti, Galileo predstavlja modernu inačicu pozicioniranja nastalu kao odgovor na moderne zahtjeve korisnika. Tablični prikaz pokazuje koliko je precizan te bolji u odnosu na GPS s kojim je napravljena usporedba. Tako se i druga hipoteza rada potvrđuje.

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIČKIH PRIKAZA

Slike

Slika 1. <i>Satelitska geometrija</i>	10
Slika 2. <i>Proračun Europske svemirske agencije za 2022. godinu</i>	13
Slika 3. <i>Zemaljski segment Galileo navigacijskog sustava</i>	21
Slika 4. <i>Prikaz sustava GPS</i>	26
Slika 5. <i>GPS sustav satelita u budućnosti</i>	28

Tablica

Tablica 1. <i>Kvaliteta svih usluga Galileo sustava</i>	22
--	----

Grafički prikaz

Grafički prikaz 1. <i>Shema funkcioniranja GPS-a</i>	27
---	----

LITERATURA

1. Beidleman, S.W. (2012) GPS versus Galileo: Balacing for Position in Space. Air University Press.
2. Colić, T. (2019) Usporedba performansi Galileo, GLONASS i GPS sustava
Preuzeto s:
<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1674/datastream/PDF/view>
3. European Union Agency for the Space Programme,
<https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo>, 26.05.2022.
4. European Union Agency for the Space Programme,
<https://www.euspa.europa.eu/european-space/egnos/what-egnos>, 22.05.2022.
5. Istria Communicating Europe, <https://www.istra-istria.hr/medjunarodna-suradnja-arhiva/news/detailed/galileo-i-egnos.html#.YpYkNMNBzIU>, 26.05.2022.
6. Kešina, I.; Radošević, A. (2009) Galileo Galilei - povijest jednog slučaja. Crkva u svijetu: Vol. 44, No. 4
Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/clanak/70257> (18.05.2022.)
7. NASA,
https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_Future.html,
27.05.2022
8. Romac, D.; Vučica, P. (2003) Galileo. Ekscentar, Vol. No. 5
Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/17310> (20.05.2022.)
9. Soucie, T. (2010) Galileo Galilei. Matka: časopis za mlade matematičare. Vol. 18, No. 71.
Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/clanak/121126> (18.05.2022.)
10. Šuperina, M.; Magušić, F.; Matovina, M. (2010) Primjena satelitske navigacije u policiji. Policija i sigurnost, Vol. 19 No. 4
Preuzeto s:

<https://hrcak.srce.hr/79463> (19.02.2022.)

11. The European Space Agency. United Space in Europe.

Preuzeto s:

<https://mzo.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Svemir/ESA%20presentation%20in%20Croatia%20-%2019%20February%202018.pdf>, 20.05.2022.

12. The European Space agency. ESA,

https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ESA_facts, 19.05.2022.

13. The European Space Agency (2021) This is ESA.

https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/This_is_ESA_EN_LR.pdf, 19.05.2022.

14. The European Union Agency for the Space Programme,

<https://www.euspa.europa.eu/european-space/egnos/what-egnos>, 26.05.2022.

15. Zrinjski, M.; Barković, Đ. (2005) Modernizacija GPS-a (GNSS-2). Geodetski list, Vol. 59 (82) No. 1

Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/2310> (24.05.2022.)