

# Visinska metoda određivanja pozicije broda u astronomskoj navigaciji s pomoću dvije zvijezde

---

Francišković, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:187:314137>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



**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](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**POMORSKI FAKULTET**

**KARLO FRANCIŠKOVIĆ**

**VISINSKA METODA ODREĐIVANJA POZICIJE BRODA U  
ASTRONOMSKOJ NAVIGACIJI S POMOĆU DVIJE  
ZVIJEZDE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Rijeka, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**VISINSKA METODA ODREĐIVANJA POZICIJE BRODA U  
ASTRONOMSKOJ NAVIGACIJI S POMOĆU DVIJE  
ZVIJEZDE**

**ALTITUDE METHOD OF DETERMINING THE POSITION  
OF A SHIP IN ASTRONOMICAL NAVIGATION USING  
TWO STARS**

**ZAVRŠNI RAD  
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Astronomska navigacija

Mentor: doc. dr. sc. Đani Šabalja

Student: Karlo Francišković

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112082143

Rijeka, rujan 2024.

Student/studentica: KARLO FRANCIŠKOVIĆ

Studijski program: NAUTIKA I TEHNOLOGIJA POMORSKOG PROMETA

JMBAG: 0112082143

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
VISINSKA METODA ODREĐIVANJA POZICIJE BRODA U ASTRONOMSKOJ NAVIGACIJI  
(naslov završnog rada) S POMOĆU DVIJE ZVIJEZDE

izradio/la samostalno pod mentorstvom

DOC. DR. SC. ĐANI ŠABALJA  
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc. Ime i Prezime)

te komentorstvom \_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_  
(naziv tvrtke).

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

Student/studentica

(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

KARLO FRANCIŠKOVIĆ

Student/studentica: KARLO FRANCIŠKOVIĆ  
Studijski program: NAUTIKA I TEHNOLOGJA POMORSKOG PROMETA  
JMBAG: 0112082143

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/studentica - autor

(potpis)

KARLO FRANCIŠKOVIĆ

## Sažetak

Ovaj završni rad bavi se visinskom metodom određivanja pozicije broda u astronomskoj navigaciji s pomoću dvije zvijezde. Visinska metoda jedna je od najstarijih i najpreciznijih tehnika za određivanje položaja na otvorenom moru, koja koristi mjerenje kutnih visina nebeskih tijela iznad horizonta. Fokus rada je na detaljnom opisu teorijskih osnova i praktične primjene ove metode. Prvo, objašnjavaju se osnovni koncepti astronomske navigacije, uključujući nebesku sferu i horizontalni koordinatni sustav. Potom se razmatra upotreba sekstanta za mjerenje visina zvijezda te postupak izračuna pozicije broda koristeći tablice i odgovarajuće matematičke metode. Rad završava osvrtom na modernizaciju astronomske navigacije i njezinu ulogu u suvremenom pomorstvu. Ovaj rad ističe vrijednost astronomske navigacije kao nezamjenjive vještine, posebno u situacijama kada suvremeni elektronički sustavi zakazuju.

Ključne riječi: visinska metoda, sekstant, nebeska sfera, astronomska navigacija, horizontalni koordinatni sustav.

## Summary

This thesis addresses the altitude method for determining a ship's position in celestial navigation using two stars. The altitude method is one of the oldest and most precise techniques for determining position on the open sea, utilizing measurements of the angular heights of celestial bodies above the horizon. The focus of the work is on a detailed description of the theoretical foundations and practical application of this method. First, the fundamental concepts of celestial navigation are explained, including the celestial sphere and the horizontal coordinate system. The use of the sextant for measuring star altitudes and the process of calculating the ship's position using tables and appropriate mathematical methods are then examined. The thesis concludes with a review of the modernization of celestial navigation and its role in contemporary seamanship. This work highlights the value of celestial navigation as an indispensable skill, especially in situations where modern electronic systems fail.

Keywords: altitude method, sextant, celestial sphere, celestial navigation, horizontal coordinate system.

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	3
1.1. Ciljevi rada.....	3
1.2. Značaj astronomske navigacije .....	3
1.3. Povijesni pregled .....	3
2. Osnove astronomske navigacije .....	4
2.1. Nebeska sfera .....	4
2.2. Koordinatni sustav na nebeskoj sferi .....	6
2.3. Instrumenti za astronomska mjerenja; Nužna oprema za dobivanje pozicije broda visinskom metodom opažanja dviju zvijezda .....	9
3. Visinska metoda .....	11
3.1. Definicija visinske metode .....	12
3.2. Sekstant i mjerenje visine.....	16
3.3. Točno mjerenje vremena.....	16
4. Navigacijski almanah i korekcije .....	17
4.1. Navigacijski almanah i njegova upotreba .....	17
4.2. Korekcije za instrumentalne pogreške.....	17
4.3. Korekcije za atmosferske uvjete .....	17
4.4. Primjena korekcija u praksi.....	18
5. Matematička podloga visinske metode .....	19
5.1. Sferna trigonometrija .....	19
5.2. Pretvaranje visine u poziciju .....	19
5.3. Primjena izračuna u praksi .....	20
6. Praktični primjeri i aplikacije visinske metode .....	21
6.1. Praktični primjer 1: Korištenje Sunca.....	21
6.2. Praktični primjer 2: Korištenje zvijezde .....	22
6.3. Analiza točnosti .....	22
7. Analiza i evaluacija visinske metode u suvremenom kontekstu.....	24

7.1. Prednosti visinske metode.....	24
7.2. Nedostatci visinske metode.....	24
7.3. Relevancija visinske metode u suvremenom kontekstu .....	24
7.4. Unapređenje visinske metode .....	25
7.5. Zaključak .....	25
8. Povijesni razvoj visinske metode i njen utjecaj na pomorstvo.....	26
8.1. Rani razvoj astronomske navigacije .....	26
8.2. Srednji vijek i renesansa.....	26
8.3. Zlatno doba pomorstva.....	26
8.4. 19. i 20. stoljeće .....	26
8.5. Suvremeno doba .....	27
8.6. Utjecaj na pomorstvo.....	27
9. Modernizacija astronomske navigacije .....	28
9.1. Integracija s modernim navigacijskim sustavima.....	28
9.2. Razvoj aplikacija i softvera .....	28
9.3. Obrazovanje i trening .....	28
10. Zaključak .....	29
11. Literatura .....	30
12. Popis Slika.....	37



## **1. UVOD**

Astronomska navigacija je tradicionalna metoda koju su navigatori koristili stoljećima kako bi odredili svoju poziciju na otvorenom moru. Unatoč razvoju moderne tehnologije, poput GPS-a, astronomska navigacija i dalje ima važnu ulogu kao backup metoda. Visinska metoda, koristi visinu nebeskih tijela iznad horizonta te se pozicija dobije grafičkim putem, jedan je od temeljnih postupaka u astronomskoj navigaciji.

### **1.1. CILJEVI RADA**

Cilj ovog rada je detaljno istražiti i analizirati visinsku metodu određivanja pozicije broda pomoću dvije zvijezde. Konkretni ciljevi uključuju:

- Objasniti teoretske osnove visinske metode.
- Prikazati postupak mjerenja visine nebeskih tijela pomoću sekstanta.
- Detaljno opisati proces korištenja Navigacijskog almanaha.
- Izračunati poziciju broda koristeći dva mjerenja visine različitih zvijezda.
- Analizirati moguće izvore pogrešaka i točnost metode.
- Razmotriti ulogu visinske metode u kontekstu suvremene navigacije.

### **1.2. ZNAČAJ ASTRONOMSKE NAVIGACIJE**

Astronomska navigacija ima značajan povijesni i praktični značaj. Kroz povijest, pomorci su se oslanjali na zvijezde, Mjesec, Sunce i planete kako bi pronašli svoj put na moru. Danas, unatoč dostupnosti modernih navigacijskih sustava, astronomska navigacija ostaje bitna kao sigurnosna mjera u slučaju tehnoloških kvarova ili gubitka signala.

### **1.3. POVIJESNI PREGLED**

Korištenje nebeskih tijela za navigaciju datira tisućama godina unazad. Stari pomorci, uključujući Feničane, Sumerani i Polinežane, koristili su zvijezde za plovidbu preko otvorenog mora. U 18. stoljeću, razvoj kronometra omogućio je preciznije mjerenje vremena, što je značajno unaprijedilo navigacijske metode. Sekstant, razvijen u isto vrijeme, postao je ključan instrument za mjerenje kutne visine nebeskih tijela. Tijekom 20. stoljeća, razvoj navigacijskih tablica i almanaha omogućio je još precizniju navigaciju, a danas, astronomska navigacija i dalje služi kao pouzdana metoda u kombinaciji s modernim tehnologijama.

## 2. OSNOVE ASTRONOMSKE NAVIGACIJE

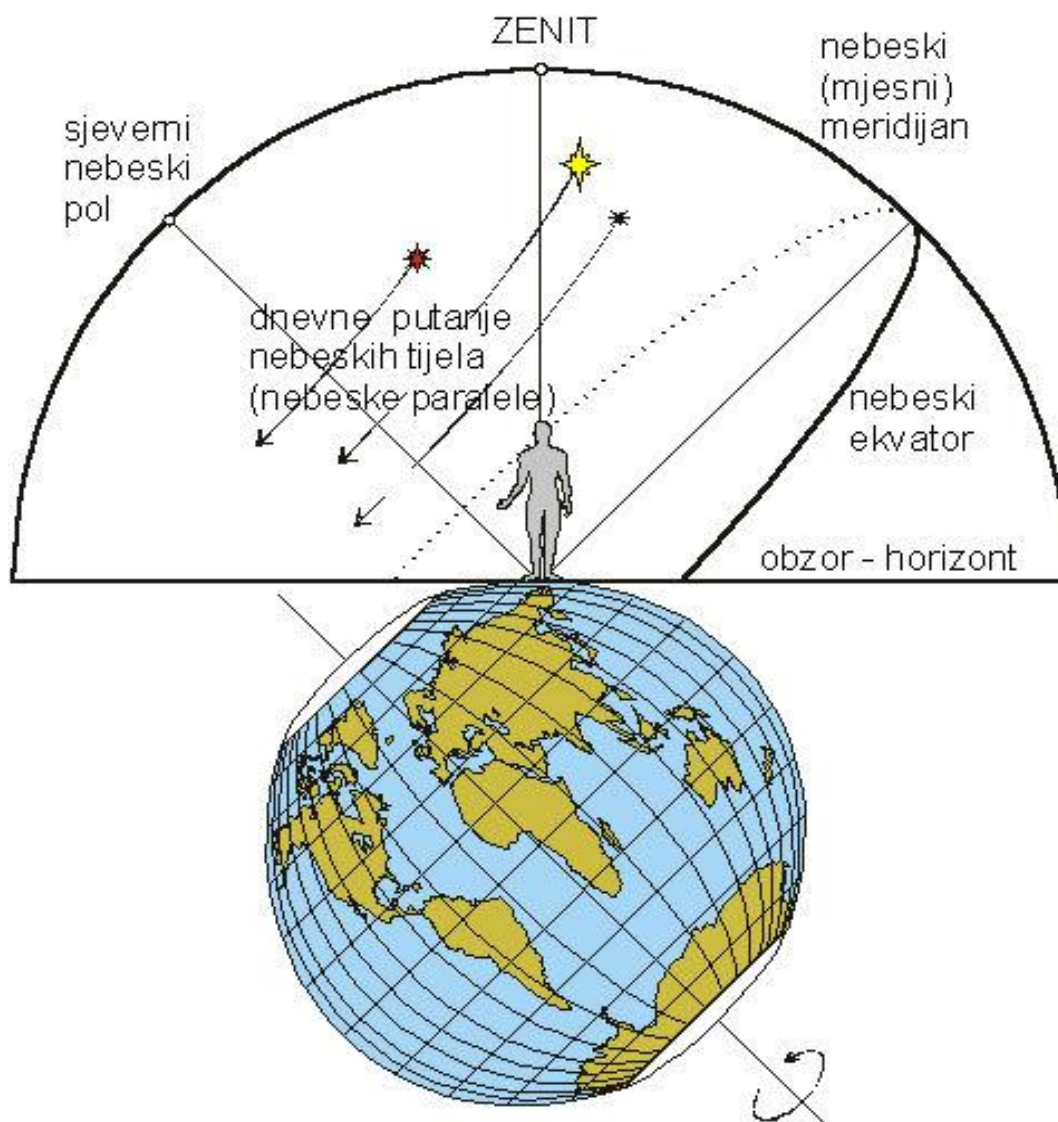
Astronomska navigacija temelji se na promatranju i mjerenju položaja nebeskih tijela kako bi se odredila pozicija plovila na Zemlji. Razumijevanje osnovnih pojmova i alata koji se koriste u astronomskoj navigaciji ključno je za pravilnu primjenu visinske metode.

### 2.1. NEBESKA SFERA

Nebeska sfera je zamišljena kugla neograničenog radijusa na kojoj se nalaze sva nebeska tijela, poput planeta i zvijezda. Centar nebeske sfere je Zemlja. Bitni pojmovi vezani uz nebesku sferu uključuju:

- Zenit: Točka na nebeskoj sferi izravno iznad promatrača.
- Nadir: Točka izravno ispod promatrača, na suprotnoj strani od zenita.
- Ravnina morskog horizonta je ravnina okomita na Zenit i Nadir.
- Nebeski polovi: su projicirane točke Zemljinih polova na nebesku sferu. Kao što je Zemljin ekvator zamišljena linija koja dijeli Zemlju na sjevernu i južnu hemisferu, tako nebeski ekvator dijeli nebesku sferu na sjevernu i južnu hemisferu, tj. na sjeverni i južni nebeski pol.
- Nebeski ekvator: Projicirana ravnina Zemljinog ekvatora na nebesku sferu. Nebeski ekvator ključan je u astronomiji jer služi kao referentna točka za određivanje položaja nebeskih objekata na nebu. Na primjer, nebeski objekti koji se nalaze izravno na nebeskom ekvatoru imaju deklinaciju od  $0^\circ$ .

Nebeska tijela se prividno kreću po nebeskom svodu; zamišljenoj sferi u čijem je centru promatrač. Ako je centar te sfere na Zemljinoj površini, govorimo o topocentričnoj sferi; ako je u središtu Zemlje, radi se o geocentričnoj sferi; a ako je u središtu Sunca, tada je to heliocentrična sfera. Budući da promatrač ne može procijeniti stvarnu udaljenost nebeskih tijela, svi objekti mu se čine kao da su na istoj sferi, jednako udaljeni. Iz tog razloga, pri određivanju njihovog položaja, važni su samo kutni odnosi između referentnih krugova nebeske sfere i krugova koji prolaze kroz nebeska tijela. (Špoljarić).

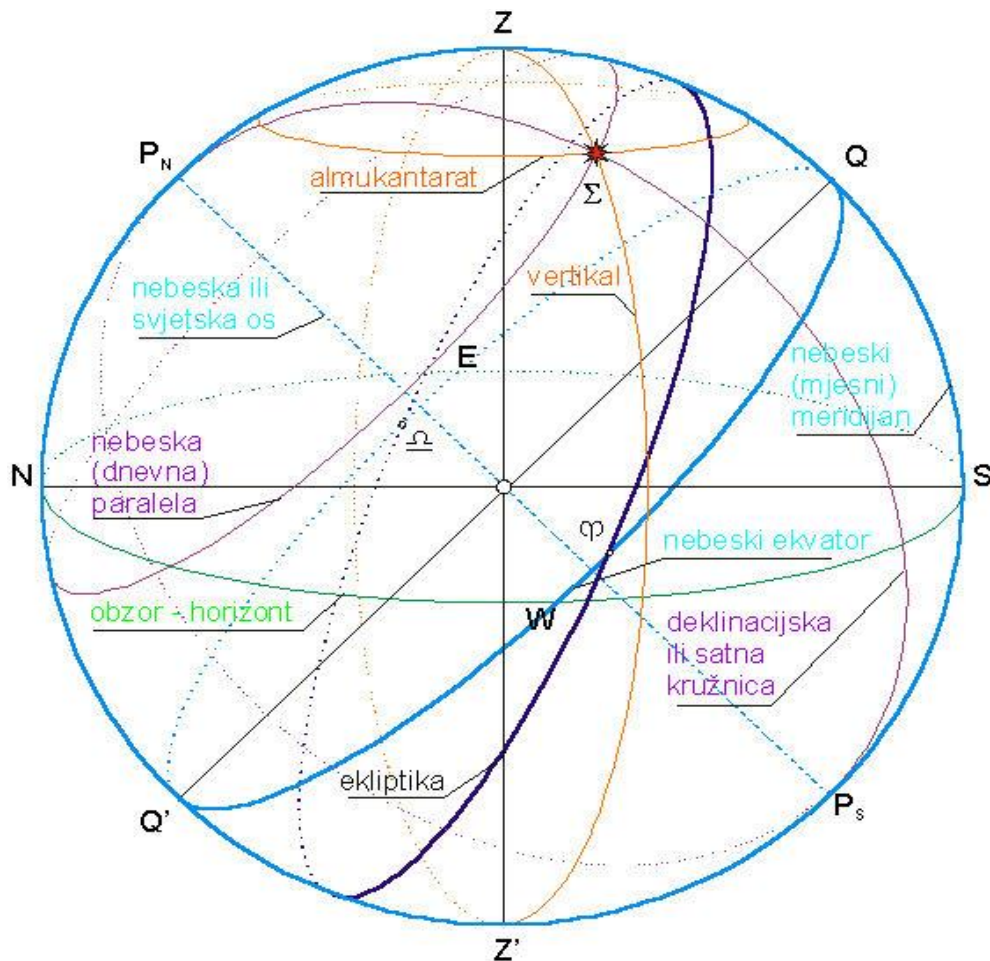


Slika 1. Nebeska sfera

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

## Elementi nebeske sfere:

- nebeska sfera, nebeski svod,
- obzor, horizont (pravi, prividni),
- zenit Z, nadir Z', vertikal (prvi vertikal), almukantarati
- glavne točke horizonta (glavne strane svijeta E,W,N,S),
- nebeski ekvator, nebeska ili svjetska os
- najviša Q i najniža Q' točka nebeskog ekvatora,
- sjeverni PN i južni PS nebeski pol,
- nebeski meridijan, meridijan mjesta opažanja,
- nebeska paralela, dnevna paralela,
- ekliptika, proljetna  $\gamma$  i jesenska točka Y, (proljetni i jesenski ekvinocij)
- galaktika, galaktički ekvator, galaktički polovi, smjer središta galaktike



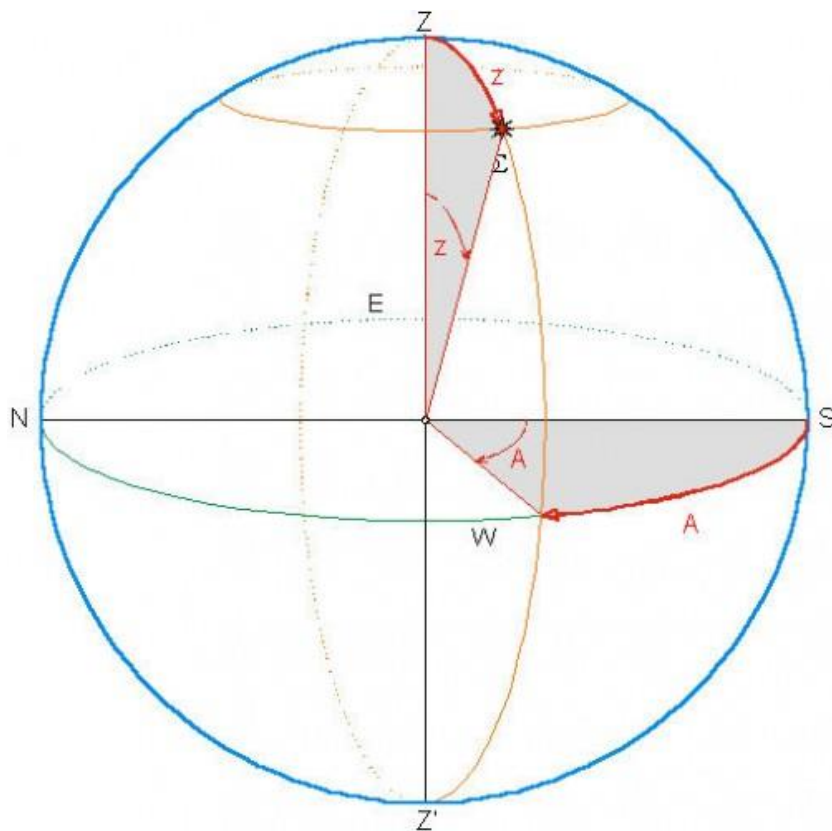
Slika 2. Elementi nebeske sfere

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/poloajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

## 2.2. KOORDINATNI SUSTAV NA NEBESKOJ SFERI

Za navigaciju, koriste se dva glavna koordinatna sustava: horizontalni (alt-azimutalni) , ekvatorski koordinatni sustav i nebeski ekvatorski koordinatni sustav.

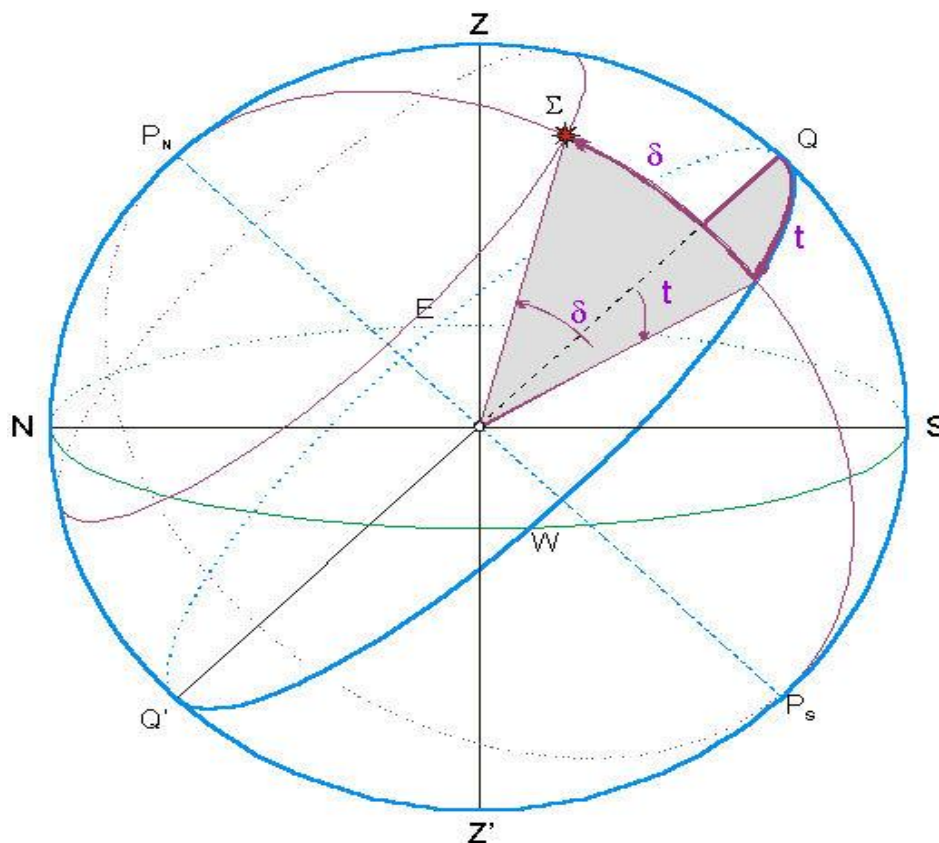
- Horizontalni koordinatni sustav:
  - Zenitna daljina (Z)/Visina (alt): Kutna udaljenost nebeskog tijela iznad horizonta.
  - Azimut (az): Kutna udaljenost mjerena od sjevera prema istoku do točke gdje nebesko tijelo prelazi horizont.



Slika 3. Horizontski (azimutski) koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

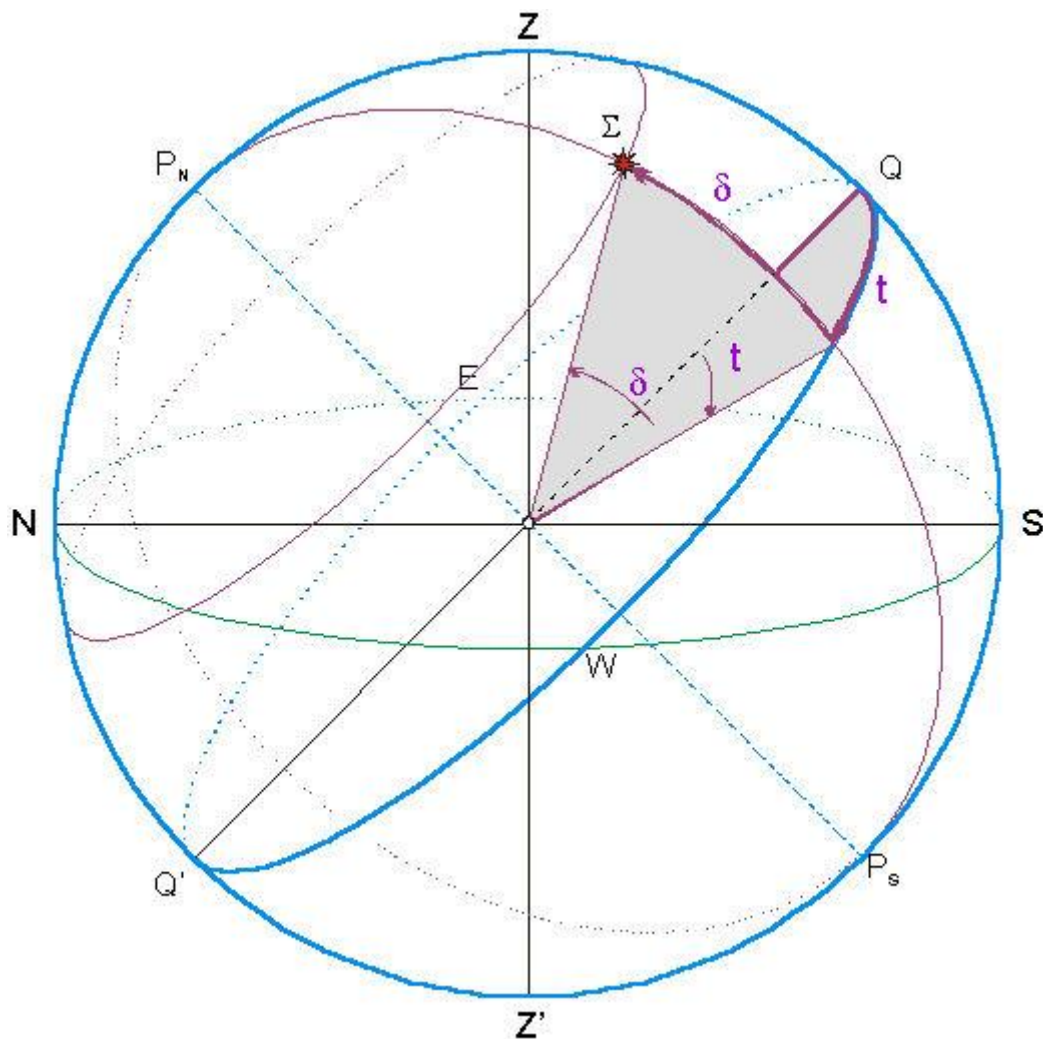
- Ekvatorski koordinatni sustav (mjesni):
  - Satni kut  $t$  i deklinacija  $d$  su koordinate koje jednoznačno određuju položaj nebeskog tijela u mjesnom ekvatorskom koordinatnom sustavu.
  - Satni kut  $t$ : Kutna udaljenost koja opisuje položaj nebeskog tijela na nebeskom svodu u odnosu na referentni krug, najčešće u odnosu na meridijan promatrača. Mjeri se duž ekvatorske ravni i predstavlja vrijeme koje je prošlo od trenutka kada je nebesko tijelo prešlo kroz referentni meridijan (točno u podne) do trenutka promatranja. Izražava se u vremenskim jedinicama (h/min/sek) ili u stupnjevima ( $24 \text{ h} = 360^\circ$ ).
  - Deklinacija  $d$ : Kutna udaljenost koja opisuje položaj nebeskog tijela u odnosu na nebeski ekvator. Mjeri se duž meridijana nebeske sfere i predstavlja kut između ravni nebeskog ekvatora i pravca prema nebeskom tijelu. Izražava se u stupnjevima, minutama i sekundama, te može biti pozitivna (ako se tijelo nalazi sjeverno od nebeskog ekvatora) ili negativna.



Slika 4. Ekvatorski mjesni koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

- Ekvatorski koordinatni sustav (nebeski):
  - Rektascenzija (RA): Kutna udaljenost nebeskog tijela istočno od proljetne točke.
  - Deklinacija (Dec): Kutna udaljenost nebeskog tijela sjeverno ili južno od nebeskog ekvatora.



Slika 5. Ekvatorski nebeski koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>



### **2.3. NUŽNA OPREMA ZA DOBIVANJE POZICIJE BRODA VISINSKOM METODOM OPAŽANJEM DVIJU ZVIJEZDA**

Za precizna mjerenja nebeskih tijela, koriste se specijalizirani instrumenti:

- Sekstant: Instrument koji se koristi za mjerenje kutne visine nebeskih tijela iznad horizonta. Sastoji se od luka od 60 stupnjeva, zrcala i teleskopa.
- Kronometar: Visoko precizan sat koji se koristi za točno mjerenje vremena, što je ključno za astronomska mjerenja.
- Navigacijski almanah: Publikacija koja sadrži podatke o položajima nebeskih tijela za svaku godinu. Sadrži informacije kao što su Greenwichov satovni kut (GHA) i deklinaciju za određene datume i vremena.
- Nautička karta: Karta koja prikazuje obalne linije, dubine i druge relevantne podatke za navigaciju.

Primjena ovih instrumenata i poznavanje koordinatnih sustava omogućava pomorcima da precizno odrede svoju poziciju na moru koristeći astronomske metode. U sljedećem poglavlju, detaljnije ćemo objasniti visinsku metodu, uključujući upotrebu sekstanta i Navigacijskog almanaha.

### 3. VISINSKA METODA

Visinska metoda je jedna od ključnih tehnika u astronomskoj navigaciji koja koristi mjerenje visine nebeskih tijela iznad horizonta za određivanje pozicije broda. Ova metoda zahtijeva precizna mjerenja i korištenje navigacijskih tablica kako bi se dobili potrebni podaci za navigaciju. Visinska metoda temelji se na mjerenju kutne visine nebeskih tijela iznad horizonta pomoću sekstanta ili sličnog instrumenta. Ova metoda omogućava pomorcima da odrede svoju geografsku širinu (i uz dodatne metode i dužinu) na temelju kutova između nebeskih objekata i horizonta.

Visinska metoda primjenjivala se i unaprijeđivala stoljećima, zahvaljujući mnogim istraživačima. Prvi značajan razvoj visinske metode pripisuje se nizozemskom pomorskom navigatoru i astronomskoj matematičaru Willemu Blaeu, dok je značajno unaprjeđenje i osnove navigacije postavio Admiral Marcq Saint-Hilaire.

1. Willem Blaeu (1571–1638) kartograf i astronom, prvi je značajno unaprijedio ovu metodu i učinio je dostupnom pomorcima putem svojih radova i almanaha. Njegova precizna mjerenja i navigacijske tablice omogućile su pomorcima da točno izračunaju svoju širinu i poboljšaju svoje navigacijske sposobnosti.
2. John Davis i Thomas Harriot također su značajno doprinijeli razvoju navigacijskih tehnika, uključujući visinske metode. John Davis, poznat po svojoj "Davisovoj kugli" (instrumentu za mjerenje kutne visine), bio je jedan od pionira u upotrebi i poboljšanju navigacijskih instrumenata.
3. Marcq Saint-Hilaire francuski pomorski časnik koji je značajno doprinio razvoju nebeske navigacije.

#### **Istraživanja i Metode Marcqa Saint-Hilairea:**

- **Rana Istraživanja:** Godine 1873. Saint-Hilaire je objavio članak „Determination D'une Droite de Hauteur par Une Seule Observation“, u kojem je opisao upotrebu jednog opažanja za određivanje linije pozicije slične metodi tangente koju je opisao Fasci. Ovaj rad bio je priprema za njegova kasnija djela.
- **Metoda Marcq Saint-Hilaire:** 1875. godine, dok je služio kao izvršni časnik na školskoj fregati *Renommée*, objavio je rad pod naslovom „Calcul du Point Observé, Méthode des Hauteurs Estimées“. U ovom članku opisao je metodu koja koristi

izračunate visine nebeskih tijela za određivanje položaja broda. Ova metoda uključuje određivanje „geometrijskog mjesta“ (krug jednakih visina) i usporedbu s procijenjenim položajem za ispravak. U članku „Calcul du Point Observé“, Marcq Saint-Hilaire započeo je kratkim opisom osnovnih principa na kojima se temelji određivanje pozicije kroz promatrane visine nebeskih tijela kada je precizno znanje vremena dostupno. Definirao je „terestričku projekciju“, tj. točku na površini Zemlje koja u svakom trenutku ima nebesko tijelo u zenitu. Istaknuo je da se zenitska udaljenost tijela mjeri udaljenost na Zemlji od točke promatranja do terrestričke projekcije, te je naznačio da je „geometrijsko mjesto“ (krug jednakih visina) krug čiji je centar terrestrička projekcija promatranog tijela, a radijus komplement promatrane visine. Također, da je na točki promatranja „geometrijsko mjesto“ (krug jednakih visina) bilo  $90^\circ$  od azimuta tijela. Zaključio je da bi pozitivna pozicija nastala iz presjeka dvaju krugova jednakih visina. Istaknuo je da je ova metoda bila bolja od standardne prakse tog vremena koja je odvojeno određivala širinu preko meridijanske visine, a dužinu preko kronometra (vremenskog pregleda). Također, dok je standardna praksa tog vremena zahtijevala promatranje tijela blizu meridijana i glavne vertikale, metoda koju je opisao bila je dostupna u bilo kojem trenutku, bez obzira na poziciju tijela na nebu.

Dalje je opisao operaciju dobivanja razlike u visini i izračunatu točku. Principi su uključivali izračunavanje visine i azimuta tijela koristeći procijenjenu (D.R.) poziciju i vrijeme promatranja, uzimanje razlike između procijenjene (izračunate) visine i promatrane visine. Ta razlika (presjek) trebala se smatrati udaljenošću, a azimut kao kurs, te ispraviti procijenjenu (D.R.) poziciju za ovu udaljenost. Ako se koristi samo jedno promatranje, bez informacija o uzrocima koji bi mogli promijeniti procjenu (D.R.), treba usvojiti kao poziciju „Point Rapproché“ ili izračunatu točku, jer je ona koja je najbliža procijenjenoj poziciji. Također je napomenuo da se može izostaviti izračun azimuta, ali je preciznije to učiniti, jer je izračun kratak, tako da bi ispravljeni kurs mogao zahtijevati više vremena.

- **Glavne Teze:** Saint-Hilaire je istaknuo da je njegov metodološki pristup bio bolji od tadašnjih standardnih metoda koje su zahtijevale posebno opažanje latitude i longitude. Njegov rad omogućio je primjenu metode u bilo kojem trenutku, neovisno o položaju tijela na nebu.

- **Metoda Izračuna:** Saint-Hilaire je također opisao postupak izračuna razlike visina (intercept) i izračunatog položaja. Predložio je da je preciznije izračunati azimut i napraviti korekcije nego zanemariti izračun.

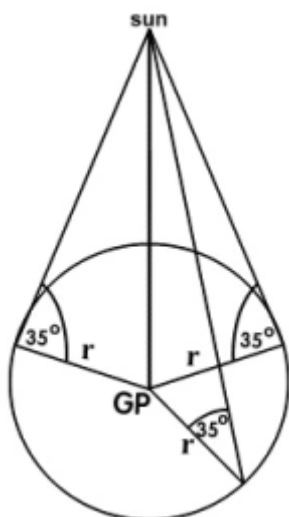
### 3.1. DEFINICIJA VISINSKE METODE

Visinska metoda temelji se na mjerenju kutne visine nebeskog tijela iznad horizonta u određenom trenutku. Visina nebeskog tijela (obično izražena u stupnjevima) se uspoređuje s proračunatom visinom na određenoj geografskoj širini i dužini kako bi se utvrdila pozicija broda. Razlika između izmjerene i proračunate visine naziva se intercept.

Određivanje Intercepta:

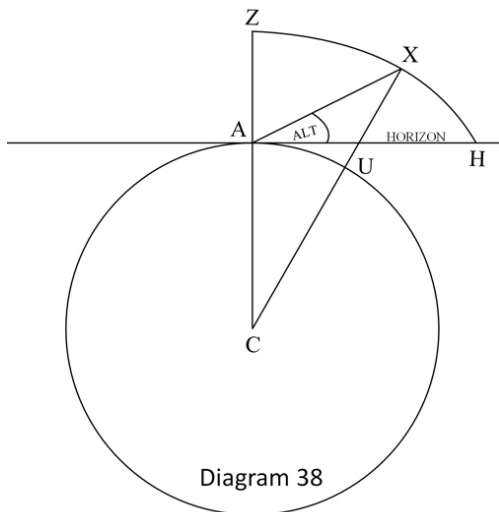
1. Izračunavanje predviđene visine (Altitude): izračunati visinu nebeskog tijela koristeći svoju predviđenu poziciju (npr. iz tablica ili računskih metoda).
2. Mjerenje stvarne visine: izmjeriti stvarnu visinu nebeskog tijela (pomoću sekstanta ili drugog instrumenta za mjerenje visine nebeskih tijela).
3. Izračunavanje intercepta: Intercept je razlika između izračunate visine i stvarne visine.

Dijagram ispod pokazuje da će, u bilo kojoj točki na obodu kruga, visina Sunca biti  $35^\circ$ , a naša udaljenost od GP-a (Geografske Pozicije) biti jednaka radijusu.



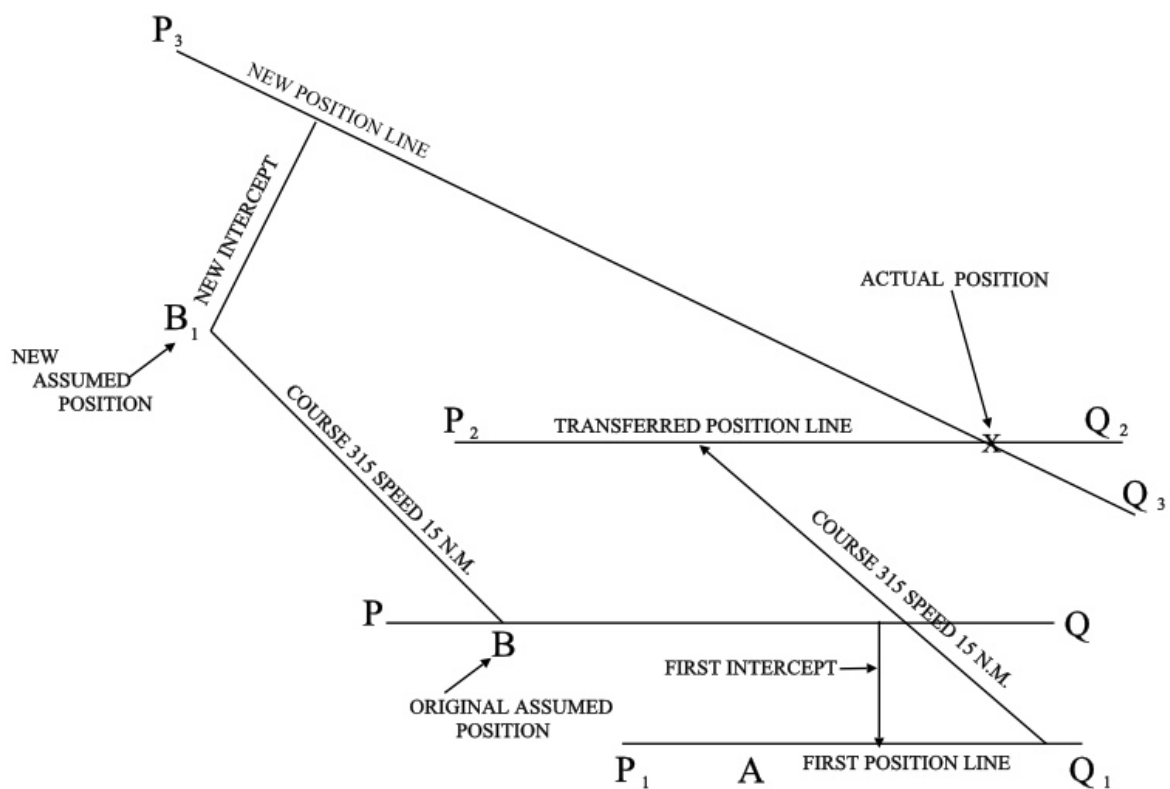
Slika 6. Astronomska Pozicijska Linija.

Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>



Slika 7. Dijagram koji prikazuje izračun udaljenosti zenita

Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>



Slika 8. Metoda intercepta za utvrđivanje fiksacije (točne pozicije)

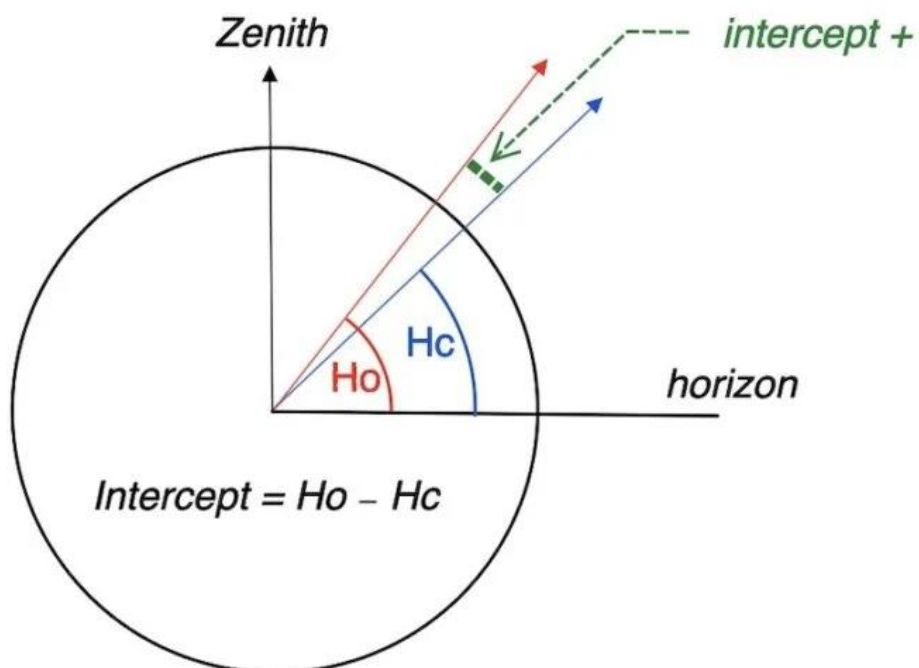
Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>

Intercept može biti pozitivan ili negativan.

- **Pozitivan Intercept:** Ako je stvarna visina manja od izračunate visine, intercept je pozitivan.
- **Negativan Intercept:** Ako je stvarna visina veća od izračunate visine, intercept je negativan.

Nanosu intercepta na karti ili navigacijskom crtežu:

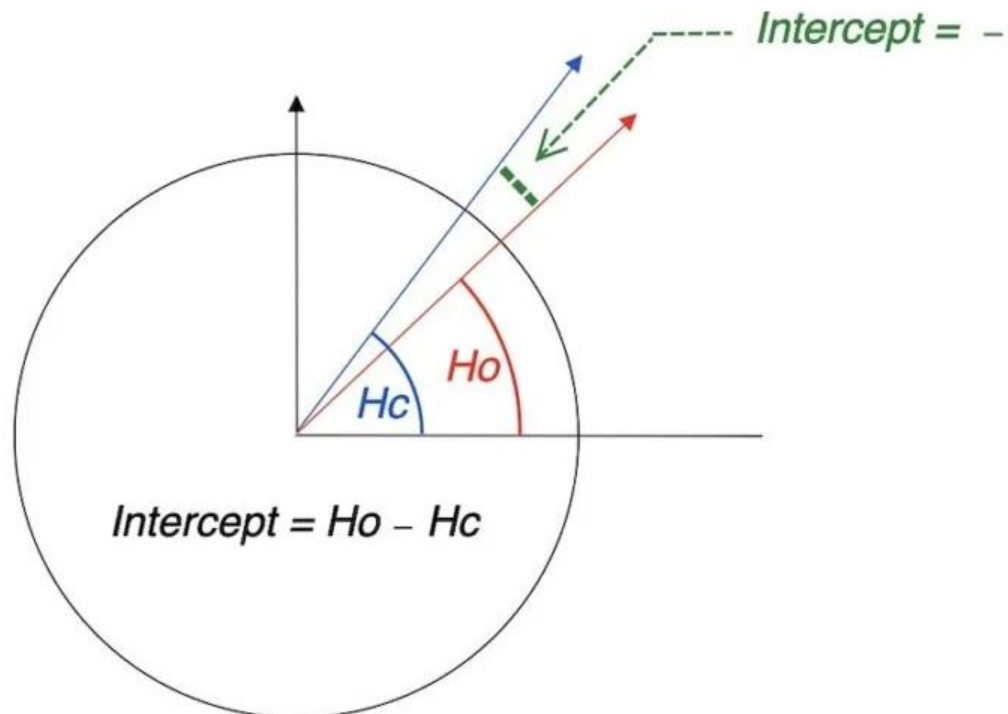
**Pozitivan Intercept:** Ako je intercept pozitivan, to znači da je stvarna visina nebeskog tijela manja od očekivane. Na karti ili navigacijskom crtežu, pomaknite liniju pozicije prema van od točke koja odgovara izračunatoj visini za iznos intercepta. To pokazuje da ste stvarno južnije ili zapadnije nego što ste predviđali.



Slika 9. Pozitivan intercept

Izvor: <https://easysextant.com/intercept-and-suns-line-of-position/>

**Negativan Intercept:** Ako je intercept negativan, stvarna visina nebeskog tijela je veća od očekivane. Pomaknite liniju pozicije prema unutra prema točki izračunate visine za iznos intercepta. Ovo znači da ste stvarno sjevernije ili istočnije nego što ste predviđali.



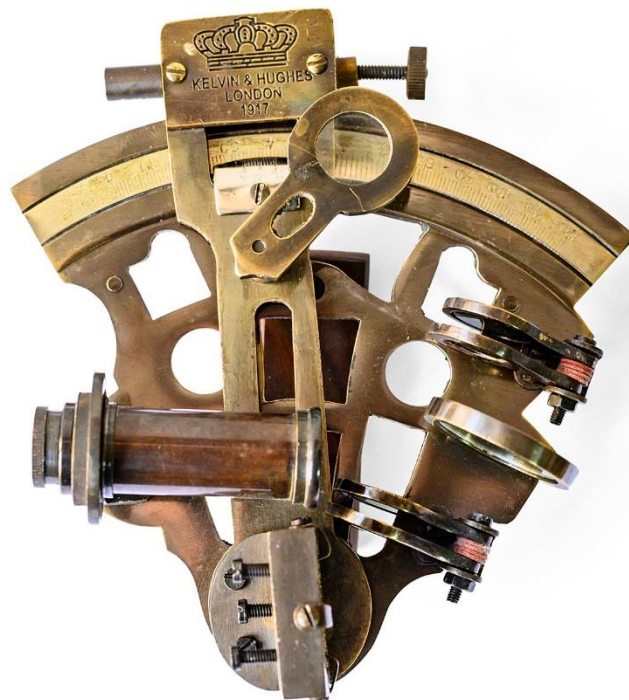
Slika 10. negativan intercept

Izvor. <https://easysextant.com/intercept-and-suns-line-of-position/>

### 3.2. SEKSTANT I MJERENJE VISINE

Sekstant je ključni instrument za mjerenje visine nebeskih tijela. Sastoji se od luka od 60 stupnjeva, zrcala i teleskopa. Upotreba sekstanta uključuje nekoliko koraka:

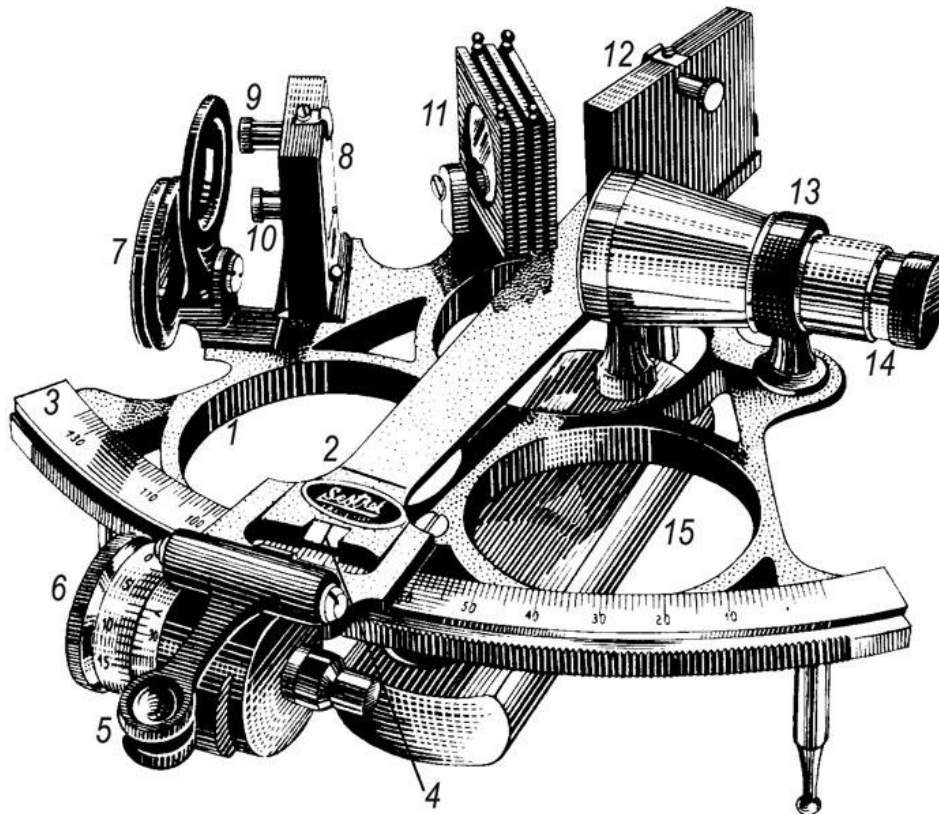
1. Priprema: Prije mjerenja, sekstant treba kalibrirati kako bi se osiguralo točno mjerenje. To uključuje provjeru i ispravljanje bilo kakvih instrumentalnih pogrešaka.
2. Upravljanje: Sekstant se koristi tako da se gleda kroz teleskop i podešava zrcalo dok se nebesko tijelo ne pojavi na horizontu.
3. Mjerenje: Kada se nebesko tijelo poravna s horizontom, očitava se kutna visina (u stupnjevima) s ljestvice na sekstantu.
4. Zapisivanje vremena: Točno vrijeme mjerenja mora se zabilježiti pomoću kronometra.



Slika 11. Sekstant

Izvor: <https://teleskopcentar.hr/proizvod/sekstant/>





Slika 12. Dijelovi sekstanta

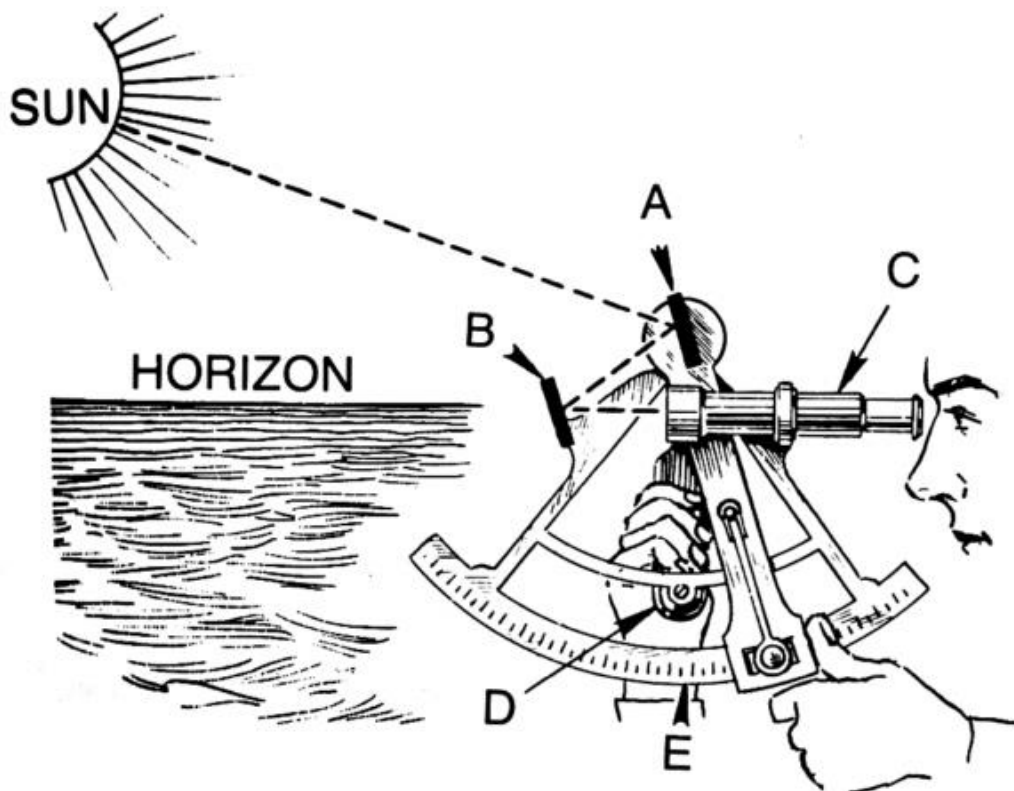
Izvor: <https://teleskopcentar.hr/proizvod/sekstant/>

Dijelovi sekstanta:

- 1 tijelo,
- 2 alhidada,
- 3 limb,
- 4 indeksna crtica,
- 5 povećalo,
- 6 nonius,
- 7 zamračna stakla malog zrcala,
- 8 malo zrcalo,
- 9 vijak za namještanje okomitosti maloga zrcala,
- 10 vijak za ispravljanje indeksne pogreške,
- 11 zamračna stakla velikoga zrcala,
- 12 veliko zrcalo,
- 13 nosač dalekozora,
- 14 dalekozor,
- 15 ručka

Tijelo sekstanta nosi ručku, durbin, kružnu ploču (limb) podijeljenu na stupnjeve, okvir maloga zrcala (u kojem je jedna polovica obično staklo), pomičnu ručicu (alhidada ili gledača) i zatamnjena stakla (umjetni horizont). Na alhidadi se nalaze pomično veliko zrcalo i nonius ili mikrometarski bubnjić. Kroz durbin i staklo maloga zrcala motri se morski horizont, a pomicanjem alhidade okreće se veliko zrcalo sve dok se slika nebeskih tijela ne preklopi s horizontom. Sekstant koristi refleksiju svjetlosti za precizno mjerenje kutnih udaljenosti između nebeskih tijela. Korištenjem reflektora i optičkog sustava, sekstant pomaže u točnom određivanju visine nebeskih objekata, što je ključno za astronomsko određivanje pozicije broda.

Optički princip sekstanta: Sekstant koristi refleksiju svjetlosti. Svjetlost s nebeskog tijela prolazi kroz jedan reflektor i reflektira se na drugi. Promatrač vidi dvije slike istog objekta, koje treba uskladiti. Promatrač pomiče pokretni reflektor kako bi uskladio slike. Mikrometar se koristi za precizno očitavanje kutne udaljenosti. Kada su slike usklađene, kutna udaljenost se očitava na skali sekstanta. Skala prikazuje vrijednosti u stupnjevima i minutama. Optički sustav sekstanta omogućava promatraču da vidi obje slike istovremeno i precizno ih uskladi.



Slika 13. Kako koristimo sekstant

Izvor: <https://www.yachtcharter-jonscher.de/ausbildung/weitere-ausbildungsangebote/skippertraining-sextant/>

### 3.3. TOČNO MJERENJE VREMENA

Točno mjerenje vremena je ključno za visinsku metodu. Precizno vrijeme omogućuje korištenje navigacijskog almanaha za određivanje pozicije nebeskog tijela u određenom trenutku. Kronometar, visoko precizan sat, koristi se za bilježenje vremena mjerenja. Kronometar mora biti točno postavljen i redovito provjeravan kako bi se osigurala točnost.

Koraci u korištenju visinske metode:

1. Mjerenje visine: Mjerenje visine nebeskog tijela pomoću sekstanta.
2. Bilježenje vremena: Bilježenje točnog vremena mjerenja.
3. Korištenje navigacijskog almanaha: Iz navigacijskog almanaha pronalazimo GHA (Greenwich Hour Angle) i deklinaciju nebeskog tijela za zabilježeno vrijeme.
4. Izračunavanje azimuta i proračunate visine: Korištenjem navigacijskih tablica ili računskih metoda izračunavamo proračunatu visinu ( $H_c$ ) i azimut ( $Z_n$ ) nebeskog tijela.
5. Izračunavanje intercepta: Razlika između izmjerene visine ( $H_o$ ) i proračunate visine ( $H_c$ ) daje intercept, koji pokazuje koliko se daleko stvarna pozicija razlikuje od proračunate pozicije.

## **4. NAVIGACIJSKI ALMANAH I KOREKCIJE**

Navigacijski almanah je ključni alat u astronomskoj navigaciji, pružajući potrebne podatke za izračunavanje položaja nebeskih tijela. Uz almanah, potrebno je izvršiti nekoliko korekcija kako bi se osigurala točnost mjerenja i izračuna.

### **4.1. NAVIGACIJSKI ALMANAH I NJEGOVA UPOTREBA**

Navigacijski almanah sadrži tablične podatke o položajima nebeskih tijela (Sunca, Mjeseca, planeta i navigacijskih zvijezda) u odnosu na Zemlju za svaku sekundu u godini. Ključni podaci uključuju:

- Greenwich Hour Angle (GHA): Kutna udaljenost nebeskog tijela zapadno od Greenwich meridijana.
- Deklinacija (Dec): Kutna udaljenost nebeskog tijela sjeverno ili južno od nebeskog ekvatora.

Upotreba navigacijskog almanaha uključuje sljedeće korake:

1. Pronalaženje GHA i deklinacije: Za određeno vrijeme mjerenja, pronalaze se GHA i deklinacija nebeskog tijela.
2. Korištenje interpolacijskih tablica: Ako je mjerenje izvršeno između vremena navedenih u almanahu, koristi se interpolacija za dobivanje točnih vrijednosti GHA i deklinacije.

### **4.2. KOREKCIJE ZA INSTRUMENTALNE POGREŠKE**

Instrumentalne pogreške mogu značajno utjecati na točnost mjerenja. Glavne korekcije uključuju:

- Indeksna pogreška: Pogreška koja nastaje zbog nepravilnog poravnanja zrcala sekstanta. Može se otkriti i ispraviti usporedbom mjerenja visine Sunca iznad horizonta s njegovom visinom u almanahu.
- Pogreška luka: Nepravilnosti u luku sekstanta koje mogu uzrokovati netočna mjerenja. Redovita kalibracija i održavanje sekstanta mogu minimizirati ovu pogrešku.

### **4.3. KOREKCIJE ZA ATMOSFERSKE UVJETE**

Atmosferski uvjeti također utječu na mjerenja visine nebeskih tijela. Glavne korekcije uključuju:

- Refrakcija: Atmosferska refrakcija uzrokuje prividno podizanje nebeskih tijela bliže horizontu. Korekcija za refrakciju ovisi o visini nebeskog tijela iznad horizonta.
- Paralaksa: Pogreška koja nastaje zbog promjene položaja promatrača u odnosu na nebesko tijelo. Značajna je kod Mjeseca i planeta, a minimalna kod zvijezda.
- Polumjer Sunca ili Mjeseca: Kada se mjeri visina Sunca ili Mjeseca, obično se mjeri do donjeg ruba diska, pa je potrebno dodati ili oduzeti polumjer tijela da bi se dobila visina središta.

### **4.4. PRIMJENA KOREKCIJA U PRAKSI**

Primjer postupka s korekcijama:

1. Mjerenje visine: Izmjerena visina nebeskog tijela pomoću sekstanta.
2. Indeksna korekcija: Dodaje se ili oduzima indeksna pogreška.
3. Refrakcija: Izmjerena visina se korigira za atmosfersku refrakciju koristeći tablice.
4. Polumjer tijela: Ako se mjeri visina Sunca ili Mjeseca, dodaje se ili oduzima polumjer.
5. Paralaksa: Primjenjuje se korekcija paralakse za Mjesec ili planete.

Nakon primjene svih korekcija, dobiva se stvarna visina nebeskog tijela ( $H_0$ ), koja se koristi za daljnje izračune i određivanje pozicije broda.

## 5. MATEMATIČKA PODLOGA VISINSKE METODE

Visinska metoda za određivanje pozicije broda oslanja se na precizne matematičke izračune temeljem sferne trigonometrije. Ovi izračuni omogućuju pomorcima da pretvore promatrane visine nebeskih tijela u geografske koordinate.

### 5.1. SFERNA TRIGONOMETRIJA

Sferna trigonometrija proučava trokute na sfernoj površini, što je ključno za navigaciju na Zemlji, koja se može smatrati sferom. Osnovne formule sferne trigonometrije koriste se za izračunavanje kutova i stranica sfernih trokuta, koji se pojavljuju kada se povezuju točke na površini Zemlje s nebeskim tijelima.

Osnovne formule uključuju:

- Sferni zakon kosinusa za strane:

$$\cos(a) = \cos(b)\cos(c) + \sin(b)\sin(c)\cos(A)$$

gdje su  $a$ ,  $b$  i  $c$  strane trokuta, a  $A$  je kut nasuprot strani  $a$ .

- Sferni zakon kosinusa za kutove:

$$\cos(A) = -\cos(B)\cos(C) + \sin(B)\sin(C)\cos(a)$$

gdje su  $A$ ,  $B$  i  $C$  kutovi trokuta, a  $a$  je strana nasuprot kutu  $A$ .

- Sferni zakon sinusa:

$$\frac{\sin(a)}{\sin(A)} = \frac{\sin(b)}{\sin(B)} = \frac{\sin(c)}{\sin(C)}$$

## 5.2. PRETVARANJE VISINE U POZICIJU

Kada pomorac izmjeri visinu nebeskog tijela pomoću sekstanta, ta visina se koristi za određivanje linije pozicije (LOP). Postupak uključuje nekoliko koraka:

1. Izmjerena visina ( $H_o$ ): Visina nebeskog tijela izmjerena pomoću sekstanta, nakon što su primijenjene sve korekcije.
2. Proračunata visina ( $H_c$ ): Visina nebeskog tijela izračunata za pretpostavljenu poziciju broda koristeći GHA, deklinaciju i sfernu trigonometriju.
3. Intercept ( $a$ ): Razlika između izmjerene visine ( $H_o$ ) i proračunate visine ( $H_c$ ).  
 $a = H_o - H_c$  Pozitivan intercept znači da je stvarna pozicija bliže nebeskom tijelu od proračunate pozicije, dok negativan intercept znači suprotno.
4. Azimut ( $Z_n$ ): Kut između sjevera i pravca prema nebeskom tijelu, izračunat pomoću sferne trigonometrije.

### 5.3. PRIMJENA IZRAČUNA U PRAKSI

Koraci za izračunavanje pozicije pomoću visinske metode:

1. Pretpostavljena pozicija: Odabir pretpostavljene pozicije broda (latitude i longitude).
2. Proračunavanje visine ( $H_c$ ): Korištenjem navigacijskog almanaha i sferne trigonometrije izračunava se proračunata visina nebeskog tijela za pretpostavljenu poziciju.
3. Izračun intercepta ( $a$ ): Razlika između izmjerene i proračunate visine.
4. Crta pozicije (LOP): Na navigacijskoj karti, crta se linija u smjeru azimuta ( $Z_n$ ), a intercept se primjenjuje na tu liniju kako bi se označila stvarna pozicija broda.
5. Kombiniranje LOP-ova: Ponovite postupak za drugo nebesko tijelo. Presjek dviju LOP-ova daje točnu poziciju broda.

Primjer:

1. Pretpostavljena pozicija: Latitude  $30^\circ$  N, Longitude  $45^\circ$  W.
2. Mjerenje visine zvijezde:  $H_o = 40^\circ$ .
3. Navigacijski almanah: GHA i deklinacija zvijezde za vrijeme mjerenja.
4. Proračun  $H_c$ : Koristeći GHA, deklinaciju i pretpostavljenu poziciju.
5. Izračun intercepta:  $a = H_o - H_c$ .
6. Azimut: Izračun  $Z_n$ .
7. LOP: Nacrtna na karti i primjena intercepta.

Ovaj postupak ponovimo za drugu zvijezdu, te mjesto presjeka dviju LOP-ova označava poziciju broda



## 6. PRAKTIČNI PRIMJERI I APLIKACIJE VISINSKE METODE

U ovom poglavlju ćemo detaljno prikazati praktičnu primjenu visinske metode kroz nekoliko primjera. Ovi primjeri će obuhvatiti korake mjerenja, izračuna i crtanja linija pozicije (LOP), te će prikazati kako se koriste različite zvijezde za određivanje točne pozicije broda.

### 6.1. PRAKTIČNI PRIMJER 1: KORIŠTENJE SUNCA

Scenarij: Pomorac na brodu želi odrediti svoju poziciju pomoću Sunca u podne (lokalno vrijeme).

- Mjerenje visine Sunca:
  - Vrijeme mjerenja: 12:00 UTC
  - Izmjerena visina ( $H_o$ ):  $65^{\circ} 30'$
- Bilježenje vremena:
  - Točno vrijeme mjerenja: 12:00 UTC
  - Vrijeme u sekundama: 43200 sekundi (12 sati \* 3600 sekundi/sat)
- Korištenje navigacijskog almanaha:
  - Za vrijeme mjerenja, iz almanaha se dobiva:
    - GHA Sunca:  $180^{\circ} 00'$
    - Deklinacija Sunca:  $23^{\circ} 26' N$
- Proračunavanje visine ( $H_c$ ):
  - Pretpostavljena pozicija: Latitude  $30^{\circ} N$ , Longitude  $45^{\circ} W$
  - Korištenje sferne trigonometrije:
$$H_c = \arcsin(\sin(23.4333) \cdot \sin(30) + \cos(23.4333) \cdot \cos(30) \cdot \cos(180 - 45))$$
$$H_c = \arcsin(\sin(23.4333) \cdot \sin(30) + \cos(23.4333) \cdot \cos(30) \cdot \cos(180 - 45))$$
$$H_c = \arcsin(\sin(23.4333) \cdot \sin(30) + \cos(23.4333) \cdot \cos(30) \cdot \cos(180 - 45))$$

) Izračunavanjem dobivamo  $H_c = 64^{\circ} 45'$
- Izračun intercepta:
  - $a = H_o - H_c = 65^{\circ} 30' - 64^{\circ} 45' = 45' (0.75^{\circ})$ 
$$a = H_o - H_c = 65^{\circ} 30' - 64^{\circ} 45' = 45' (0.75^{\circ})$$
  - Pozitivan intercept znači da je brod bliže Suncu nego što je pretpostavljena pozicija.

- Izračun azimuta ( $Z_n$ ):
  - Korištenje sferne trigonometrije:
 
$$\tan(Z_n) = \frac{\cos(23.4333) \cdot \sin(180 - 45)}{\sin(23.4333) \cdot \sin(H_c) + \cos(23.4333) \cdot \sin(180 - 45)}$$
 ) Izračunavanjem dobivamo  $Z_n = 135^\circ$ .
- Crtanje LOP-a:
  - Na navigacijskoj karti, nacrtamo liniju u smjeru  $135^\circ$  od pretpostavljene pozicije i primjenimo intercept  $0.75^\circ$  prema Suncu.

## 6.2. PRAKTIČNI PRIMJER 2: KORIŠTENJE ZVIJEZDE

Scenarij: Pomorac želi odrediti svoju poziciju pomoću dvije navigacijske zvijezde.

1. Mjerenje visine zvijezde 1 (Betelgeuse):
  - a. Vrijeme mjerenja: 22:00 UTC
  - b. Izmjerena visina ( $H_o$ ):  $30^\circ 15'$
2. Korištenje navigacijskog almanaha:
  - a. Za vrijeme mjerenja, iz almanaha se dobiva:
    - i. GHA Betelgeuse:  $280^\circ 10'$
    - ii. Deklinacija Betelgeuse:  $7^\circ 24' N$
3. Proračunavanje visine ( $H_c$ ):
  - a. Pretpostavljena pozicija: Latitude  $30^\circ N$ , Longitude  $45^\circ W$
  - b. Korištenje sferne trigonometrije za izračunavanje  $H_c$ .
4. Izračun intercepta i azimuta:
  - a. Na isti način kao u prethodnom primjeru, izračunavaju se intercept i azimut za Betelgeuse.
5. Mjerenje visine zvijezde 2 (Rigel):
  - a. Vrijeme mjerenja: 22:10 UTC
  - b. Izmjerena visina ( $H_o$ ):  $40^\circ 20'$

6. Korištenje navigacijskog almanaha:
  - a. Za vrijeme mjerenja, iz almanaha se dobiva:
    - i. GHA Rigel:  $290^{\circ} 30'$
    - ii. Deklinacija Rigel:  $-8^{\circ} 12' S$
7. Proračunavanje visine ( $H_c$ ) i izračun intercepta i azimuta:
  - a. Ponovno se koriste sferna trigonometrija i almanah za izračunavanje potrebnih vrijednosti.
8. Crtanje LOP-ova i presjek:
  - a. Na navigacijskoj karti, nacrtaju se dvije linije pozicije prema azimutima za Betelgeuse i Rigel. Presjek ovih linija daje točnu poziciju broda.

### 6.3. ANALIZA TOČNOSTI

Važno je analizirati točnost visinske metode. Glavni faktori koji utječu na točnost uključuju:

- Točnost mjerenja sekstantom: Manje pogreške u očitavanju kutova.
- Preciznost vremena: Točno vrijeme mjerenja pomoću kronometra.
- Atmosferske korekcije: Precizne korekcije za refrakciju i parallaxu.
- Kvaliteta almanaha: Ažurnost i točnost navigacijskog almanaha.

Kombiniranjem rezultata iz različitih mjerenja, pomorci mogu smanjiti pogreške i povećati točnost svojih navigacijskih rješenja.

## **7. ANALIZA I EVALUACIJA VISINSKE METODE U SUVREMENOM KONTEKSTU**

U ovom poglavlju analizirat ćemo prednosti, nedostatke i relevantnost visinske metode u današnjem svijetu, gdje moderni navigacijski sustavi poput GPS-a dominiraju. Također ćemo raspraviti o situacijama u kojima visinska metoda ostaje nezamjenjiva i predložiti mogućnosti za unapređenje tradicionalnih navigacijskih praksi.

### **7.1. PREDNOSTI VISINSKE METODE**

Visinska metoda ima nekoliko prednosti koje ju čine vrijednim alatom u navigaciji:

- Neovisnost o tehnologiji: Visinska metoda ne ovisi o suvremenoj tehnologiji i može se koristiti u situacijama kada elektronički uređaji nisu dostupni ili su neispravni.
- Povijesna pouzdanost: Ova metoda je bila osnovni način navigacije stoljećima i pokazala se kao pouzdana u mnogim povijesnim pomorskim ekspedicijama.
- Preciznost: Kada se pravilno koristi, visinska metoda može pružiti vrlo precizne rezultate, posebno kada se koristi s višestrukim nebeskim tijelima za smanjenje pogrešaka.

### **7.2. NEDOSTATCI VISINSKE METODE**

Unatoč svojim prednostima, visinska metoda ima i nekoliko nedostataka:

- Kompleksnost: Zahtijeva detaljno poznavanje astronomije, matematičkih proračuna i korištenja navigacijskih instrumenata.
- Vremenska ovisnost: Točnost metode ovisi o preciznom mjerenju vremena, što zahtijeva pouzdane kronometre.
- Meteorološki uvjeti: Loši vremenski uvjeti, poput oblaka i magle, mogu onemogućiti mjerenje visine nebeskih tijela.
- Potrebna oprema: Sekstant, kronometar i navigacijski almanah su neophodni alati, a njihova pravilna upotreba zahtijeva trening i iskustvo.

### **7.3. RELEVANCIJA VISINSKE METODE U SUVREMENOM KONTEKSTU**

Iako su moderni navigacijski sustavi poput GPS-a značajno smanjili potrebu za tradicionalnim metodama navigacije, visinska metoda ostaje relevantna iz nekoliko razloga:

- Rezervni sustav: U slučaju kvara elektroničkih navigacijskih sustava ili u područjima gdje GPS signal nije dostupan, visinska metoda može poslužiti kao pouzdani rezervni sustav.
- Trening i obrazovanje: Poznavanje visinske metode je važan dio obrazovanja pomoraca i navigacijskih časnika, jer pruža temeljno razumijevanje navigacijskih principa.
- Ekstremne situacije: U situacijama preživljavanja ili tijekom ekspedicija u udaljenim područjima, tradicionalne navigacijske vještine mogu biti ključne za sigurnost.

### **7.4. UNAPREĐENJE VISINSKE METODE**

Iako je visinska metoda tradicionalna tehnika, postoje mogućnosti za njeno unapređenje:

- Digitalni alati: Korištenje digitalnih sekstanata i aplikacija koje mogu automatizirati proračune može značajno smanjiti kompleksnost i povećati točnost.
- Integracija s modernim tehnologijama: Kombinacija visinske metode s modernim navigacijskim sustavima može pružiti dodatni sloj sigurnosti i preciznosti.
- Obrazovni programi: Unapređenje edukacijskih programa za pomorce, uključujući simulacije i praktične vježbe, može pomoći u očuvanju i poboljšanju vještina potrebnih za korištenje visinske metode.

### **7.5. ZAKLJUČAK**

Visinska metoda ostaje važan alat u arsenalu navigacijskih tehnika, unatoč napretku moderne tehnologije. Njena sposobnost da pruži neovisnost o tehnološkim sustavima, njena povijesna pouzdanost i edukacijska vrijednost čine je relevantnom i danas. Uz primjenu modernih tehnologija i unapređenje obrazovnih programa, visinska metoda može nastaviti služiti kao ključna vještina za pomorce u budućnosti.

## **8. POVIJESNI RAZVOJ VISINSKE METODE I NJEN UTJECAJ NA POMORSTVO**

U ovom poglavlju istražiti ćemo povijesni razvoj visinske metode za određivanje pozicije broda, od njenih početaka do današnjih dana. Analizirat ćemo kako je ova metoda utjecala na pomorstvo i navigaciju te kako su se alati i tehnike razvijali kroz stoljeća.

### **8.1. RANI RAZVOJ ASTRONOMSKE NAVIGACIJE**

Visinska metoda ima korijene u drevnoj astronomskoj navigaciji, koja se koristila još u antici. Pomorci su se oslanjali na nebeska tijela za orijentaciju i navigaciju na moru.

- Stari Egipćani i Feničani: Koristili su zvijezde za navigaciju na Mediteranu. Najpoznatija zvijezda bila je Polaris (Sjevernjača), koja je pokazivala sjever.
- Polinezijski pomorci: Razvili su sofisticirane tehnike navigacije koristeći zvijezde, valove i ptice za prelazak Tihog oceana.

### **8.2. SREDNJI VIJEK I RENESANSA**

U srednjem vijeku i renesansi, navigacija je doživjela značajan napredak zahvaljujući razvoju novih instrumenata i metoda.

- Astrolab: Uređaj koji su koristili arapski pomorci za mjerenje visine zvijezda iznad horizonta. Astrolab je omogućio precizniju navigaciju i određivanje geografske širine.
- Kvadrant: Još jedan uređaj za mjerenje visine nebeskih tijela, popularan među europskim pomorcima.
- Razvoj karata: Pomorski kartografi kao što su Piri Reis i Mercator izradili su preciznije karte koje su pomorcima omogućile bolje planiranje ruta.

### **8.3. ZLATNO DOBA POMORSTVA**

U 16. i 17. stoljeću, visinska metoda postala je standardna praksa za europske pomorce koji su istraživali svijet.

- Sekstant: Razvijen u 18. stoljeću, sekstant je postao ključni instrument za mjerenje visine nebeskih tijela. Njegova preciznost i pouzdanost učinili su ga nezamjenjivim alatom za navigaciju.
- John Harrison i kronometar: Razvoj preciznih morskih kronometara omogućio je točno mjerenje vremena na moru, što je bilo ključno za određivanje geografske dužine.

### **8.4. 19. I 20. STOLJEĆE**

U 19. i 20. stoljeću, visinska metoda nastavila se razvijati, ali je također doživjela konkurenciju od novih tehnologija.

- Napredak u optici: Poboljšanja u optičkim uređajima povećala su točnost mjerenja sekstantom.
- Tablice i almanasi: Razvoj detaljnih navigacijskih tablica i almanaha omogućio je brže i točnije izračune.
- Radio navigacija: Uvođenje radijskih navigacijskih sustava smanjilo je potrebu za tradicionalnim metodama, ali visinska metoda je ostala važan rezervni sustav.

### **8.5. SUVREMENO DOBA**

Danas, unatoč dominaciji GPS-a i drugih elektroničkih navigacijskih sustava, visinska metoda i dalje ima svoje mjesto u pomorstvu.

- GPS i moderni navigacijski sustavi: Globalni sustavi za pozicioniranje omogućuju izuzetno preciznu navigaciju, ali su podložni kvarovima i ometanjima.
- Obrazovanje pomoraca: Mnoge pomorske škole i dalje podučavaju visinsku metodu kao dio kurikuluma, osiguravajući da pomorci imaju osnovne navigacijske vještine u slučaju tehnološkog kvara.
- Sigurnosne mjere: Visinska metoda se koristi kao sigurnosna mjera i rezervni sustav na brodovima, posebno u vojnim i istraživačkim misijama.

## 8.6. UTJECAJ NA POMORSTVO

Visinska metoda značajno je utjecala na pomorstvo kroz povijest:

- Istraživanje i kolonizacija: Omogućila je europskim pomorcima istraživanje novih teritorija i uspostavljanje kolonija diljem svijeta.
- Trgovina i ekonomija: Poboľjšala je sigurnost i učinkovitost pomorskih trgovačkih ruta, što je doprinijelo globalnom ekonomskom rastu.
- Pomorska sigurnost: Povećala je sigurnost plovidbe, smanjujući rizik od brodoloma i gubitka ljudskih života.



## **9. MODERNIZACIJA ASTRONOMSKE NAVIGACIJE**

Astronomska navigacija, tradicionalno poznata kao visinska metoda, doživljava modernizaciju u današnjem svijetu zahvaljujući napretku tehnologije i potrebama suvremenih pomoraca. U ovom poglavlju istražiti ćemo kako se tradicionalna visinska metoda integrira s modernim tehnologijama i koji su trendovi u njenom razvoju.

### **9.1. INTEGRACIJA S MODERNIM NAVIGACIJSKIM SUSTAVIMA**

Tradicijaska visinska metoda koristi se u kombinaciji s modernim navigacijskim sustavima radi poboljšanja sigurnosti i preciznosti pomorske navigacije.

- GPS i elektronički alati: Globalni sustavi za pozicioniranje (GPS) pružaju brzo i precizno određivanje geografske pozicije, ali se visinska metoda može koristiti kao backup sustav u slučaju kvara ili ometanja GPS signala.
- Digitalizacija alata: Tradicionalni instrumenti poput sekstanta dobivaju digitalne verzije koje olakšavaju precizno mjerenje i izračune, smanjujući ljudsku pogrešku i vrijeme potrebno za navigacijske proračune.

### **9.2. RAZVOJ APLIKACIJA I SOFTVERA**

S razvojem računalnih tehnologija, razvijaju se i aplikacije i softveri koji podržavaju astronomska navigaciju.

- Aplikacije za navigaciju: Mobilne aplikacije omogućuju pomorcima pristup navigacijskim almanasima, tablicama i alatima za proračune visine nebeskih tijela direktno na njihovim pametnim telefonima ili tabletima.
- Simulacijski softver: Softverske simulacije omogućuju obuku i testiranje pomoraca u sigurnom okruženju, što pomaže u razvoju i održavanju njihovih navigacijskih vještina.

### **9.3. OBRAZOVANJE I TRENING**

Pomorske škole i obrazovni programi kontinuirano prilagođavaju svoje kurikulume kako bi integrirali suvremene metode i tehnologije u učenje astronomske navigacije.

- Interdisciplinarni pristup: Obrazovni programi kombiniraju tradicionalnu navigaciju s modernim pristupima, uključujući upotrebu elektroničkih navigacijskih alata i softvera.
- Praktične vježbe: Studenti se obučavaju korištenju sekstanta, digitalnih alata i softvera kroz simulirane i stvarne scenarije navigacije.

## 10. ZAKLJUČAK

Astronomska navigacija, poznata i kao visinska metoda, predstavlja temeljnu vještinu u povijesti i suvremenosti pomorstva. Kroz stoljeća, ova tehnika je omogućila pomorcima da sigurno plove svjetskim morima, pružajući im neovisnost o tehnološkim sustavima i pouzdane informacije o njihovoj geografskoj poziciji.

U današnjem svijetu, unatoč dominaciji GPS-a i drugih modernih navigacijskih tehnologija, astronomska navigacija zadržava svoju važnost kao ključna vještina za pomorce. Ona služi kao rezervni sustav u slučaju kvara elektroničkih uređaja ili ometanja signala, pružajući vitalnu podršku za sigurnost plovidbe i navigacijske izazove.

Razvoj modernih alata poput digitaliziranih sekstanata, mobilnih aplikacija i softvera za navigaciju integrira tradicionalnu visinsku metodu s suvremenim tehnologijama. Ovo omogućuje pomorcima preciznije i efikasnije navigacijske proračune, što rezultira boljom navigacijskom sigurnošću i operativnom učinkovitošću.

Obrazovni programi i trening pomoraca kontinuirano se prilagođavaju kako bi integrirali suvremene metode i tehnologije u učenje astronomske navigacije. Ovo osigurava da buduće generacije pomoraca zadrže ključne navigacijske vještine potrebne za sigurnu i uspješnu navigaciju na moru.

U svjetlu sve veće digitalizacije i automatizacije u pomorstvu, astronomska navigacija nastavlja pružati stabilnost i pouzdanost kao neprocjenjiv resurs u pomorskim operacijama. Suvremeni razvoj tehnologije ne smanjuje njezinu važnost, već je nadopunjuje i unapređuje, čineći je vitalnim dijelom pomorskog svijeta i u budućnosti.

## 11. LITERATURA

1. Aasman H.: *Intercept and sun's line of position*; preuzeto s <https://easysextant.com/intercept-and-suns-line-of-position/> 1.9.2024.
2. Filo V. (1997.). *Astronomska navigacija*, Školska knjiga, Zagreb
3. Hall William C. R. (1981.): *Practical Celestial Navigation*, International Marine Publishing Company
4. Lozina Š. (2006.). *Pomorska navigacija: teorija i praksa*, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split
5. Lukežić Z. (2017.). *Navigacija u pomorstvu*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka
6. Mason W. A. (1939.) U. S. Navy: *Marq Saint-Hilaire: Father of the New Navigation*, Proceedings Vol. 65/8/438
7. Oreb F. (2003.). *Osnove astronomske navigacije*, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split
8. Perović B. (2010.). *Navigacijski sustavi i uređaji*, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik
9. Smolčić L. (2008.) *Pomorska navigacija i meteorologija*, Sveučilište u Splitu, Split
10. Špoljarić D.: *Nebeski koordinatni sustavi*, preuzeto s <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/> 1.9.2024.

## 12.POPIS SLIKA

Slika 1. Nebeska sfera

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

Slika 2. Elementi nebeske sfere

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

Slika 3. Horizontski (azimutski) koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

Slika 4. Ekvatorski mjesni koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

Slika 5. Ekvatorski nebeski koordinatni sustav

Izvor: <https://eskola.zvezdarnica.hr/osnove-astronomije/polozajna-i-efemeridna-astronomija/nebeski-koordinatni-sustavi/>

Slika 6. Astronomska Pozicijska Linija.

Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>

Slika 7. Dijagram koji prikazuje izračun udaljenosti zenita

Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>

Slika 8. Metoda intercepta za utvrđivanje fiksacije (točne pozicije)

Izvor: <https://astronavigationdemystified.com/2013/11/08/the-intercept-method/>

Slika 9. Pozitivan intercept

Izvor: <https://easysextant.com/intercept-and-suns-line-of-position/>

Slika 10. negativan intercept

Izvor: <https://easysextant.com/intercept-and-suns-line-of-position/>

Slika 11. Sekstant

Izvor: <https://teleskopcentar.hr/proizvod/sekstant/>

Slika 12. Dijelovi sekstanta

Izvor: <https://teleskopcentar.hr/proizvod/sekstant/>

Slika 13. Kako koristimo sekstant

Izvor: <https://www.yachtcharter-jonscher.de/ausbildung/weitere-ausbildungsangebote/skippertraining-sextant/>