

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

Brodogradarstvo, 3. god. preddiplomski studij

PLOVIDBA BRODA



Rijeka, 2020.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Zemlja i zemljopisne koordinate.....	2
2.1 Oblik i veličina Zemlje	2
2.2 Elementi Zemlje kao kugle	3
3. Mjerne jedinice u navigaciji i elementi navigacije.....	6
4. Navigacijski instrumenti i pribor	9
4.1 Navigacijski instrumenti	9
4.2 Pribor za rad na karti.....	11
4.3 Brodski kompasi.....	11
4.4 Magnetski kompas.....	12
4.5 Brodski magnetizam	13
4.5.1 Geomegnetiski elementi i njihovo određivanje	13
4.5.2 Pretvaranje kurseva i azimuta pravih u kompasne i obrnuto	15
4.6 Zvrčni (žiro) kompas	15
4.6.1 Svojstva žiroskopa.....	16
5. Merkatorova (navigacijska) karta	17
6. Pomorske karte	18
6.1 Navigacijska karta	19
7. Elektroničke karte	21
7.1 ECDIS sustav	22
8. Priručnici za plovidbu i brodske knjige.....	23
8.1 Peljar (eng. izdanje "Sailing directions" - Pilots)	24
8.2 Popis svjetala i signala za maglu (eng. izdanje "List of Lights and Fog Signals")	24
8.3 Popis radio signala (eng. izdanje "Admiralty List of Radio Signals")	24
9. Pozicija u terestričkoj navigaciji	27
9.1 Opažena pozicija	27
9.2 Pozicija u razmaku vremena	28
9.3 Zbrojena pozicija	28
10. Crtanje kurseva, planiranje putovanja i priprema za plovidbu	29
10.1 Crtanje kurseva, planiranje putovanja	29
10.2 Priprema za plovidbu	29
10.3 Izbor plovidbenog puta	29
10.4 Realizacija pomorskog putovanja.....	33
11. Morske mijene	34
11.1 Nejednakosti zbog različitog međusobnog položaja Mjeseca i Sunca	35
12. Morske struje	36
13. Loksodroma i ortodroma	37
13.1 Loksodroma	37
13.2 Ortodroma.....	37

14. Elektronički navigacijski sustavi i uređaji.....	39
14.1 Radar.....	39
14.1.1 Prikaz radarske slike	41
14.2 ARPA (Automatic Radar Plotting Aid)	41
14.3 Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (Global Navigation Satellite System – GNSS).....	42
14.3.1 GPS (Global Positioning System).....	42
14.3.2 Osnovni princip rada GPS sustava.....	43
14.4 Ultrazvučni dubinomjer	44
14.5 Ultrazvučni Dopplerov brzinomjer.....	46
14.6 AIS – Automatski identifikacijski sustav (Automatic Identification System)	47
14.7 NAVTEX.....	48
14.8 Zapisivač podataka o putovanju broda (Voyage Data Recorder – VDR)	49
 LITERATURA	 53
POPIS TABELA	54
POPIS SLIKA	54

1. Uvod

Pojam "NAVIGACIJA" potječe od latinske riječi Navigatio koja je nastala od riječi NAVIS (brod) i AGARE (kretanje). Prvobitno je termin "Navigacija" značio vještinu vođenja broda, dok danas ona ima daleko širi smisao. Navigacija se može definirati kao nauka i vještina vođenja broda (aviona) najkraćim, najsigurnijim i najpovoljnijim putem.

Kroz povijest, pomorska navigacija je prošla kroz niz faza, koje bismo mogli podijeliti na:

- navigacija do uporabe kompasa,
- navigacija od uporabe kompasa do izuma kronometra,
- navigacija od izuma kronometra do razvoja prvih elektroničkih uređaja i sustava,
- razdoblje elektroničke navigacije do razvoja satelitskih navigacijskih sustava,
- razdoblje satelitske navigacije i suvremenih elektroničkih i računalnih sustava.

S obzirom na način dobivanja pozicije, navigacija može biti terestrička, astronomska, elektronička, zbrojena i inercijalna. Pomorska navigacija s obzirom na područje plovljenja može biti:

- OBALNA (navigacija u obalnom području, odnosno do 50 M od obale ili unutar vanjskog ruba plićina ili shelfa do 200 m dubine),
- OCEANSKA (navigacija oceanima ili otvorenim morem izvan obalnog područja),
- LUČKA (navigacija u lukama i prilaznim kanalima),
- POLARNA (navigacija u polarnim područjima, odnosno u područjima iznad 70° N ili iznad 70° S).

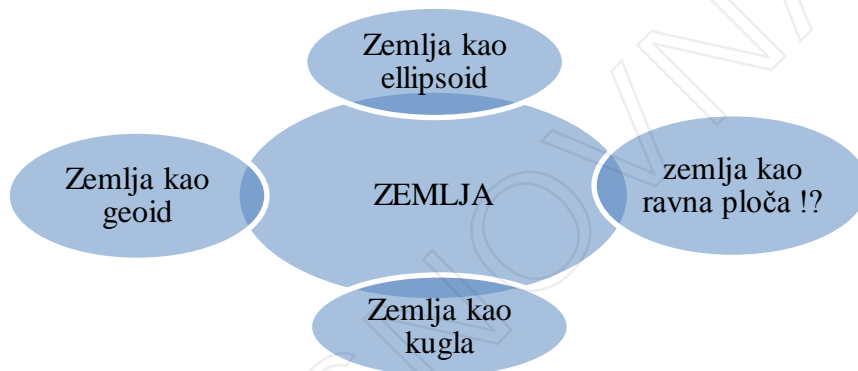
U narednom tekstu detaljnije će se razmatrati elementi navigacije, publikacije, te uređaji koji se koriste u pomorskoj navigaciji.

2. Zemlja i zemljopisne koordinate

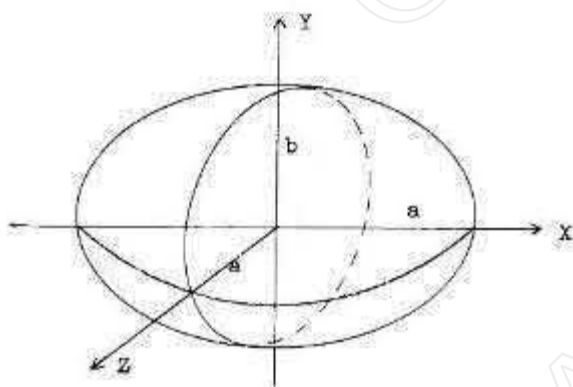
Zemlja je treći planet po redoslijedu udaljenosti od Sunca i najveći među unutarnjim planetima. Prosječno je od Sunca udaljen 149,6 milijuna kilometara, što se uzima kao jedna astronomska jedinica (AJ) za mjerenje udaljenosti u svemiru.

2.1 Oblik i veličina Zemlje

Geoid grč. (geo...+ eidos) lik, - izgled



Slika 1 prikazuje osnovne veličine elipsoida a Tablica 1 osnovne podatke o zemlji.



Slika 1. Elipsoid

Tablica 1. Osnovni podatci o zemlji

Opseg ekvatora	Brzina rotacije zemlje na ekvatoru	Gravitacija na ekvatoru
40.070 km	1.674 km/h	9,78 ms ⁻²

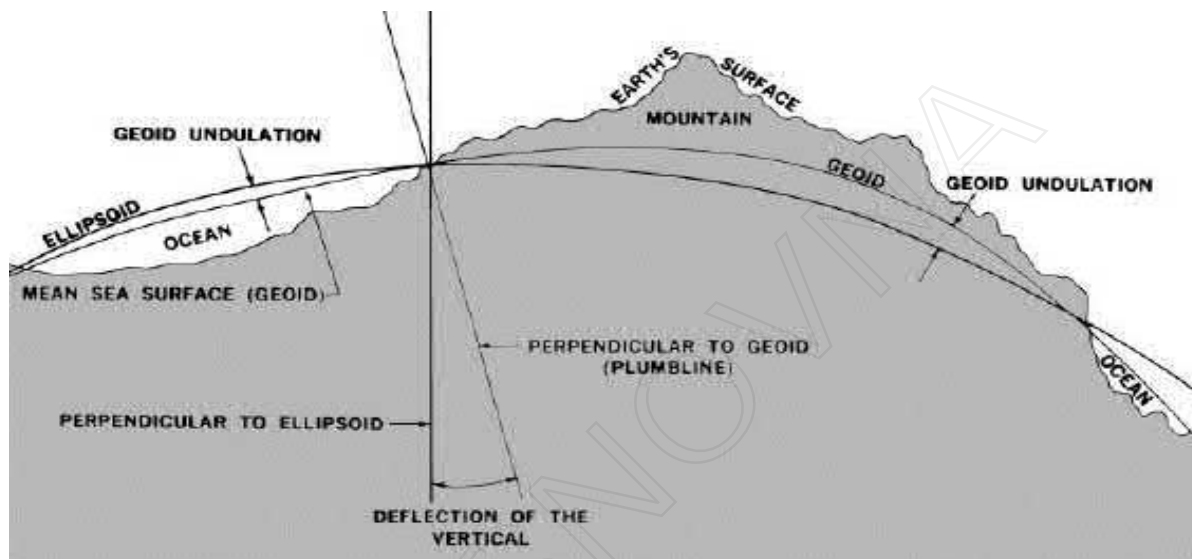
Tablica 2. Polumjer zemlje u metrima prema različitim izvorima

Izvor	Godina	Ekvatorski polumjer	Polarni polumjer
Bessel	1841.	6 377 397,2	6 356 079,0
Hayford	1909.	6 378 388,0	6 356 911,0
Krassovsky	1940.	6 378 245,0	6 356 863,0
GRS 80	1980.	6 378 137,0	6 356 752,3
WGS 84	1984.	6 378 137,0	6 356 752,3

Zemlja se po svojem obliku često prikazuje kao kugla. Međutim, ona u stvarnosti nije kugla već nepravilno tijelo - geoid koje nije moguće matematički točno predstaviti. Za potrebe navigacije Zemlja se najčešće aproksimira oblikom kugle. U kartografiji i kod preciznijih navigacijskih proračuna aproksimira se referentnim elipsoidom, dvoosnim ili troosnim, čiji oblik i veličina najbolje opisuju

Zemljin geoid. Danas je u upotrebi referentni elipsoid WGS 84 kao osnova svjetskog geodetskog sustava.

Slika 2 prikazuje korelaciju geoida i elipsoida.



Slika 2. Korelacija geoida i elipsoida

2.2 Elementi Zemlje kao kugle

Kugla je tijelo čije su sve površinske točke jednako udaljene od središta. Os Zemlje je zamišljeni dijametar oko kojeg se Zemlja okreće.

Zemljini polovi, sjeverni Pn (eng. North) i južni Ps (eng. South) su krajnje točke Zemljine osi. Sjevernim polom se naziva onaj s kojeg se Zemljina rotacija promatra suprotno kazaljki na satu.

Velika kružnica - svaka kružnica na kugli kojoj ravnina prolazi kroz središte kugle.

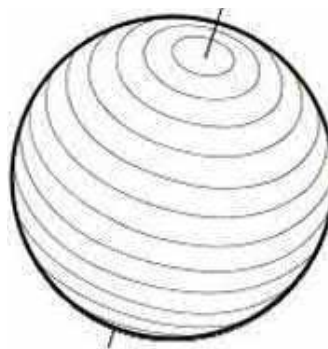
Mala kružnica - svaka kružnica na kugli kojoj ravnina ne prolazi kroz središte kugle.

EKVATOR (polutnik) - velika kružnica čija je ravnina okomita na Zemljinu os i koja dijeli zemlju na sjevernu i južnu polutku.

MERIDIJAN (podnevnik) - velika kružnica koja prolazi kroz Zemljine polove. Zemljini polovi dijele meridian na dva dijela. Za nekog promatrača na Zemlji, polovina meridijana koja prolazi kroz mjesto promatrača se naziva meridijanom mjesta. Druga polovina se naziva protumeridijanom promatrača. Meridian koji prolazi kroz stari opservatorij u Greenwichu naziva se nulti ili početni meridian.



Slika 3. Zemaljski meridijani



Slika 4. Zemaljske paralele

PARALELA (usporednica) - mala kružnica čija je ravnina paralelna (usporedna) ravnini ekvatora (polutnika), a time i okomita na Zemljinu os.

Položaj neke točke na Zemlji određen je s trima koordinatama:

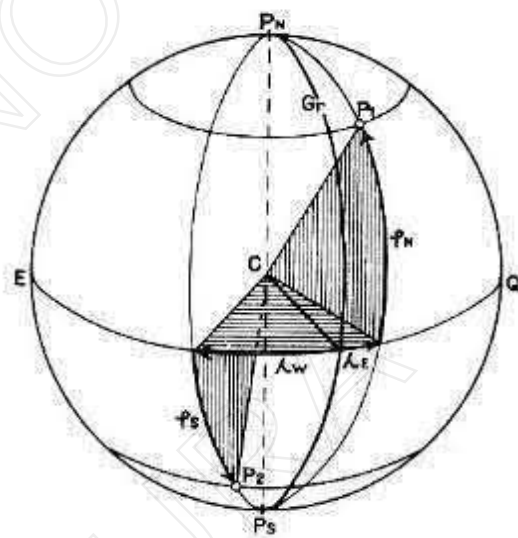
- zemljopisna širina (φ),
- zemljopisna dužina (λ),
- nadmorska visina.

ZEMLJOPISNA ŠIRINA (φ) neke točke na Zemlji je luk meridijana mjesta od ekvatora do promatrane točke. Zemljopisna širina neke točke na Zemlji može se definirati i kao kut u središtu Zemlje kao kugle između ravnine ekvatora i radijus - vektora promatrane točke, mjeren u ravnini meridijana mjesta.

Zemljopisna širina izražava se (u kutnim jedinicama) od ekvatora (od $00^{\circ}00,0'$) do jednog od polova ($90^{\circ}00,0'$). Na sjevernoj polutki može ići od $00^{\circ}00,0'$ do $90^{\circ}00,0'$ N, a na južnoj od $00^{\circ}00,0'$ do $90^{\circ}00,0'$ S. U računskim operacijama oznaka N zamjenjuje se oznakom "+", a oznaka S sa oznakom "-".

ZEMLJOPISNA DUŽINA (λ) neke točke na Zemlji je kraći luk ekvatora od početnog meridijana do meridijana mjesta. Ona se može definirati i kao kut između ravnine početnog meridijana i meridijana mjesta.

Zemljopisna dužina izražava se, kao i zemljopisna širina, u kutnim jedinicama od početnog meridijana ($000^{\circ}00,0'$) do protumeridijana Greenwicha ($180^{\circ}00,0'$) prema istoku ili zapadu. Ako se mjeri istočno od početnog meridijana zemljopisna dužina ima oznaku E (ili "+"), a ako se mjeri zapadno od početnog meridijana ima oznaku W (ili "-").



Slika 5. Zemljine koordinate

Razlika zemljopisne širine ($\Delta\varphi$) je luk meridijana između paralele pozicije polaska i pozicije dolaska:

$$\Delta\varphi = (\pm\varphi_2) - (\pm\varphi_1)$$

Razlika zemljopisne dužine ($\Delta\lambda$) je kraći luk ekvatora od meridijana pozicije polaska i pozicije dolaska:

$$\Delta\lambda = (\pm\lambda_2) - (\pm\lambda_1)$$

Srednja zemljopisna širina (φ_s) je aritmetička sredina zemljopisnih širina pozicije polaska i pozicije dolaska za Zemlju kao kuglu:

$$\varphi_s = \frac{(\pm\varphi_1) + (\pm\varphi_2)}{2}$$

PRIMJERI RAČUNA:

- Brod je isplovio iz luke A ($\varphi=58^{\circ}10'N$; $\lambda=122^{\circ}05'E$) za luku B ($\varphi=43^{\circ}15'N$; $\lambda=056^{\circ}45'E$). Izračunajte razliku geografske širine. Rješenje:

$$\Delta\varphi = (\pm\varphi_2) - (\pm\varphi_1) = 43^{\circ}15'N - 58^{\circ}10'N = 14^{\circ}55'S$$

- Brod je isplovio iz luke A ($\varphi=42^{\circ}11'N$; $\lambda=114^{\circ}30'E$) za luku B ($\varphi=38^{\circ}16'N$; $\lambda=021^{\circ}45'W$). Izračunajte razliku geografske dužine. Rješenje:

$$\Delta\lambda = (\pm\lambda_2) - (\pm\lambda_1) = 021^{\circ}45'W - 114^{\circ}30'E = 136^{\circ}15'W$$

- Brod je isplovio iz luke A ($\varphi=22^{\circ}40'S$; $\lambda=134^{\circ}25'E$) u 11:00 sati. U 16:00 sati koordinate su se promijenile za $\Delta\varphi= 38.3'N$ i $\Delta\lambda= 20.1'W$. Izračunajte poziciju broda (φ_2 , λ_2) u 16:00 sati. Rješenje:

$$\varphi_2 = (\pm\varphi_1) + (\pm\Delta\varphi) = 22^{\circ}40'S + 0^{\circ}53.7'N = 21^{\circ}46.3'S$$

$$\lambda_2 = (\pm\lambda_1) + (\pm\Delta\lambda) = 134^{\circ}25'E + 0^{\circ}31.4'W = 133^{\circ}53.6'E$$

3. Mjerne jedinice u navigaciji i elementi navigacije

Osnovna jedinica za MJERENJE UDALJENOSTI je nautička milja (M). Nautička milja je dužina jednog minuta luka velike kružnice Zemlje kao kugle. Zbog nejednake zakrivljenosti meridijana na Zemljinom elipsoidu, 1' meridijana na raznim širinama ima različite duljine. Za nautičku (morsku) milju usvojena je vrijednost duljine 1' na srednjoj zemljopisnoj širini ($\varphi \approx 45^\circ$) Zemlje kao elipsoida i zaokružena iznosi 1 852 m. Nautička milja (M) dijeli se na 10 dijelova, a 1/10 M zove se kabel (iznosi 185,2 m).

Ostale jedinice za udaljenost:

- fathom (1 fm = 1,829 m; sežanj),
- yard (1 yd = 0,914; jard), 2 yd = 1 fm,
- foot (1 ft = 0,3048 m; stopa), 3 ft = 1 yd,
- inch (1 in = 2,54 cm; palac), 12 in = 1 ft.

Jedinica za brzinu u navigaciji je čvor (čv) - jednak je putu od 1 M prevaljenom u jednom satu (čv = M/h).

Jedinice za kutove:

- KUTNA MJERA: Stupnjevi ($^\circ$), minute ($'$), sekunde ($''$),
- SATNA MJERA: Sati (h), minute (m), sekunde (s), $360^\circ = 24\text{h}$,
- LUČNA MJERA: $360^\circ = 2\pi$ radijana.

KURS (K) - je kut koji zatvara pravac meridijana s linijom kursa, odnosno uzdužnicom broda.

AZIMUT (ω) - je kut što ga zatvara pravac meridijana s linijom azimuta, ili kut što ga zatvara pravac meridijana sa spojnicom oka promatrača i promatranog objekta.

Kod specijalnog slučaja plovidbe po paraleli, ako je razlika geografske dužine $\Delta\lambda > 0$, kurs broda biti će 90° .

Kod specijalnog slučaja plovidbe po meridijanu, ako je geografske širine $\Delta\varphi < 0$, kurs broda biti će 180° .

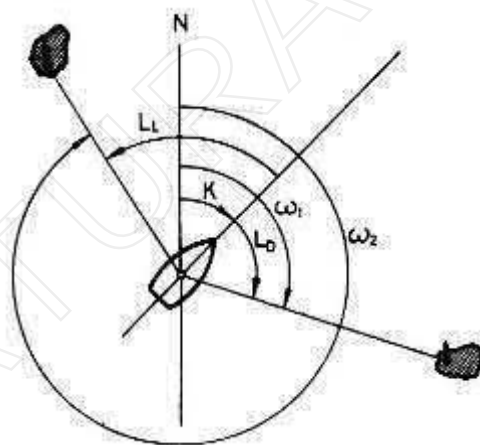
PRAMČANI KUT (L) - je kut što ga zatvara linija kursa s linijom azimuta, ili kut što ga zatvara uzdužnica broda s pravcem na promatrani objekt.

Mjeri se od uzdužnice broda (gdje je 0°) do pravca na promatrani objekt (maksimalno 360°) preko desnog boka ili od 0° do 180° preko desnog ("+") ili lijevog boka ("-").

Pramčani kutovi vrijednosti $L = 090^\circ$ desno ili lijevo nazivaju se subočicom (\perp).

Veza između kursa, pramčanog kuta i azimuta:

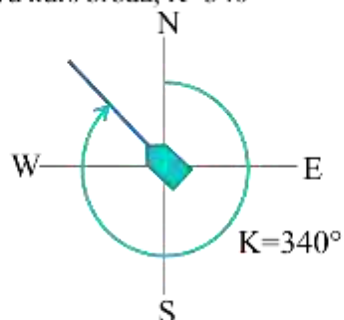
$$\omega = K + (\pm L)$$



Slika 6. Odnos kurs – azimut – pramčani kut

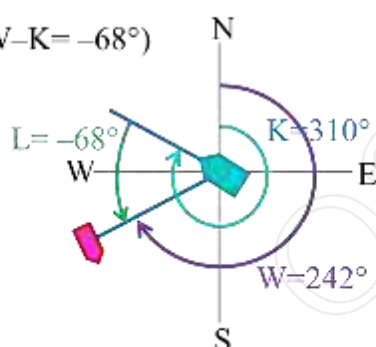
PRIMJERI RAČUNA I CRTANJA:

- Nacrtaj u nautičkom koordinatnom sustavu kurs broda, $K=340^\circ$

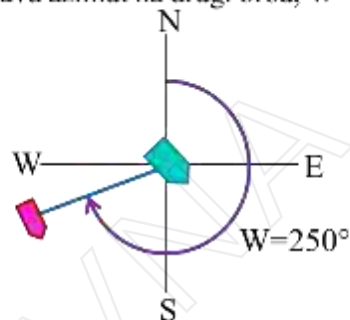


- Ako je kurs broda $K=310^\circ$, a azimut na drugi brod $W=242^\circ$, koji će biti pramčani kut L ? Nacrtaj.

$$(L=W-K=-68^\circ)$$

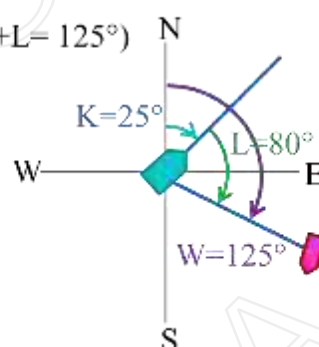


- Nacrtaj u nautičkom koordinatnom sustavu azimut na drugi brod, $W=250^\circ$



- Ako je kurs broda $K=45^\circ$, a pramčani kut $L=80^\circ$, koji će biti azimut W na drugi brod? Nacrtaj.

$$(W=K+L=125^\circ)$$



HORIZONT (OBZOR)

U navigaciji se koriste sljedeće vrste horizonta:

- horizont oka,
- geometrijski horizont,

$$dg = 1,93\sqrt{Voka}[M]$$

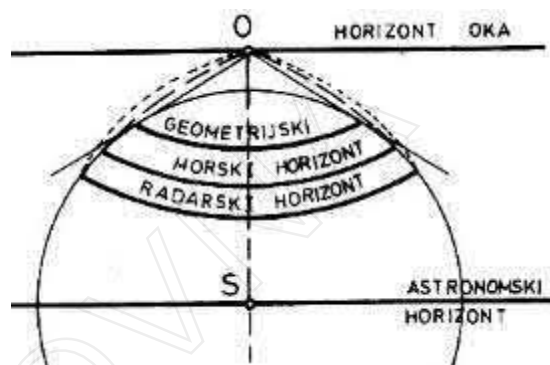
- morski horizont,

$$dm = 2,08\sqrt{Voka}[M]$$

- radarski horizont,

$$dra = 2,23\sqrt{Vant}[M]$$

- astronomski horizont,
- obalni horizont,
- umjetni horizont.



Slika 7. Horizonti

Horizont oka je horizontalna ravnina kroz oko promatrača.

Geometrijski horizont je kružnica po kojoj stožac s vrhom u oku promatrača tangira površinu Zemlje kao kugle.

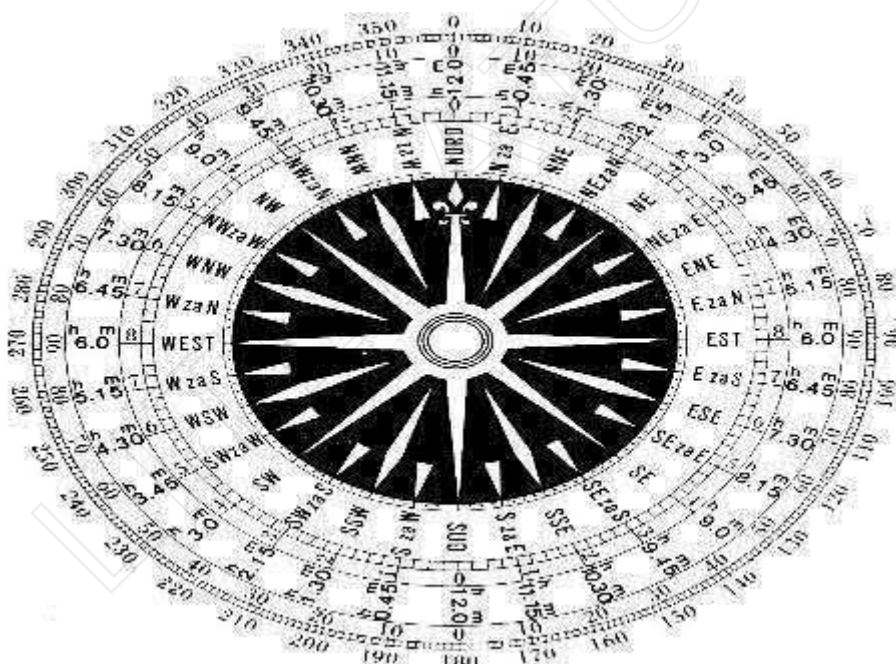
Morski horizont je kružnica koja na morskoj površini ograničava vidik, odnosno kružnica koja razdvaja more od neba.

Radarski horizont je kružnica na morskoj površini do koje bi stizali radarski valovi emitirani iz antene na nekoj visini Vant, prelamajući se po zakonima refrakcije. Udaljenost radarskog horizonta je za oko 6 % veća od morskog.

RUŽA VJETROVA

8 GLAVNIH VJETROVA: Kardinalne točke: N, E, S, W; Interkardinalne točke: NE, SE, SW, NW

Trosložni vjetrovi: NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW, NNW



Slika 8. Ruža vjetrova

4. Navigacijski instrumenti i pribor

4.1 Navigacijski instrumenti

Navigacijski instrumenti koriste se za:

- određivanje pravca referentnog meridijana (kompasi),
- mjerenje kutova (smjerni aparat, smjerna ploča, sekstant, itd.),
- mjerenje brzina i dubina,
- mjerenje daljina (daljinomjeri),
- određivanje vremena (kronometar, štoperica),
- povećanja vidne moći oka (dvohled),
- pozicioniranje i otkrivanje objekata (elektronički navigacijski uređaji, npr. radar, gps prijemnici, loran prijemnici, itd.),
- određivanje hidro-meteoroloških uvjeta, itd.

Instrumenti za mjerenje kutova:

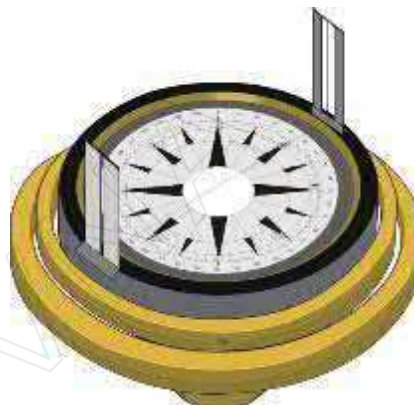
- smjerni aparat,
- smjerna ploča,
- sekstant.

Smjerni aparat:

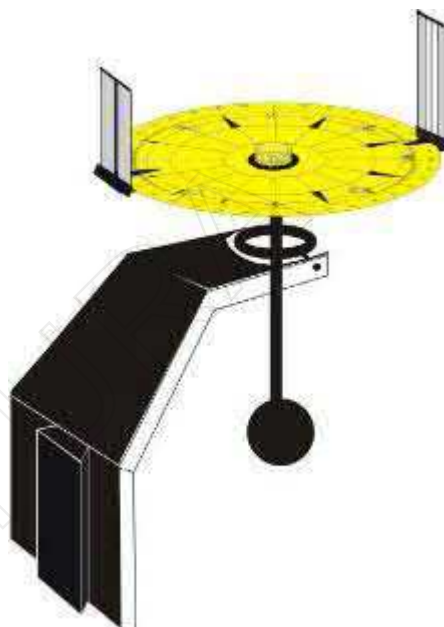
- Postavlja se na kotao kompasa
- Pomoću njega se s kompasa smjera i određuje:
- azimute,
- vodoravne kutove,
- pramčane kutove.

Smjerna ploča:

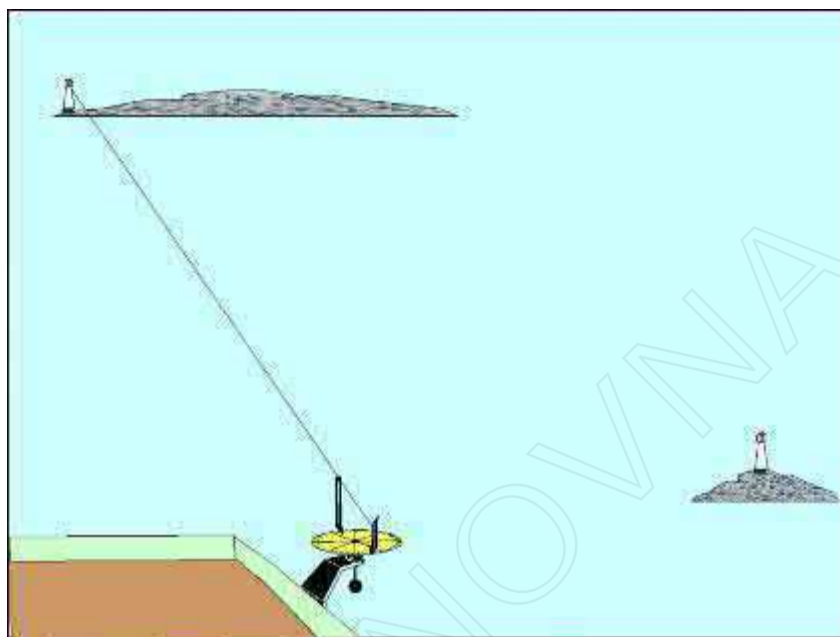
- Nije sastavni dio kompasa ali se uz pomoć kompasa i smjerne ploče pravilnom orijentacijom može se:
- mjeriti azimuti,
- mjeriti vodoravni kutovi,
- mjeriti pramčani kutovi,
- postaviti brod u kurs (prema nekom objektu) neovisno od kompasa.



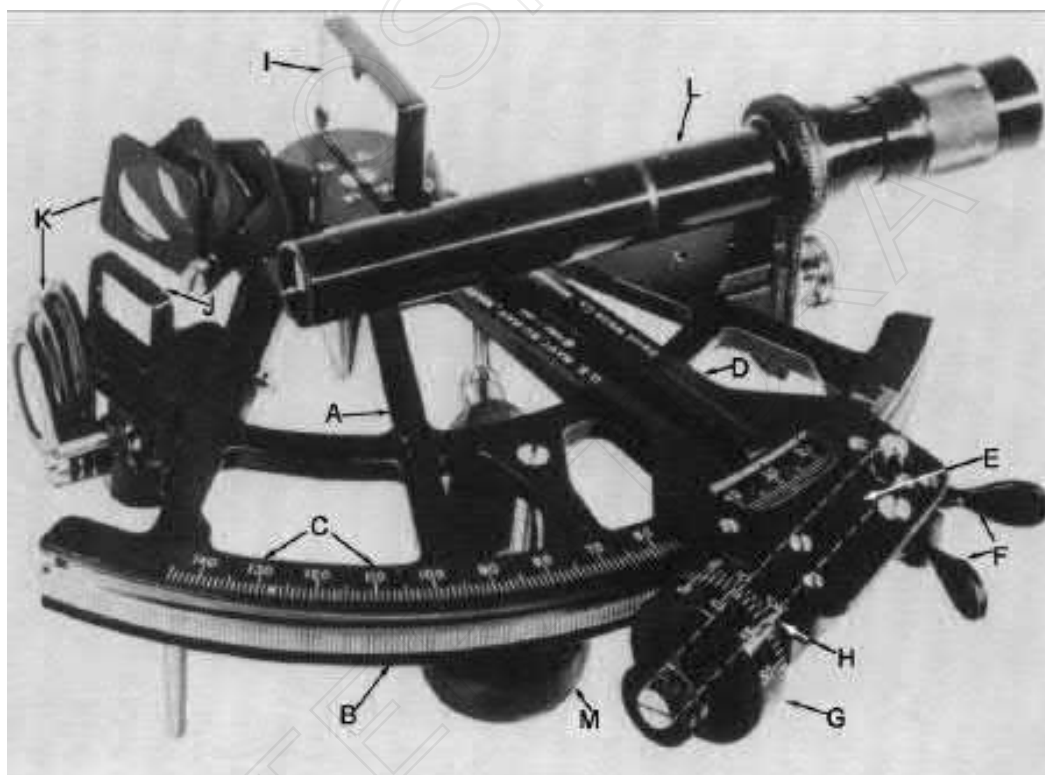
Slika 9. Smjerni aparat



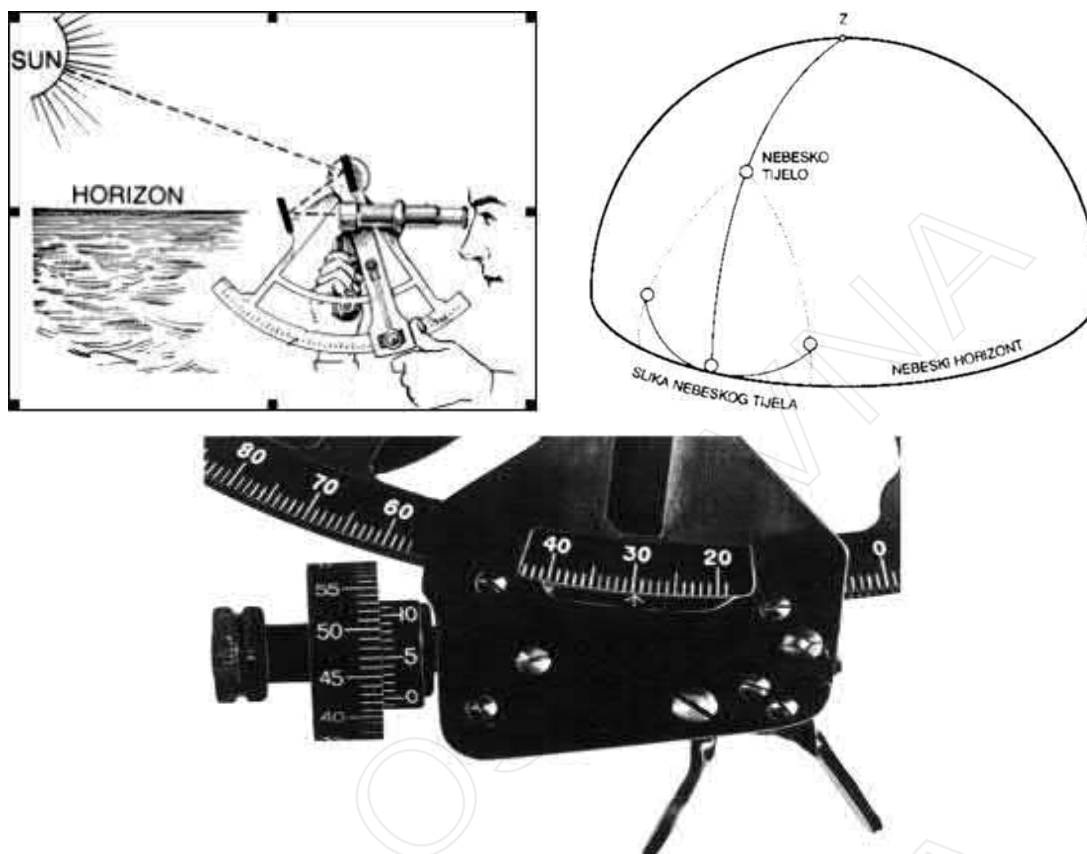
Slika 10. Smjerna ploča



Slika 11. Smjerna ploča-određivanje smjera



Slika 12. Sekstant

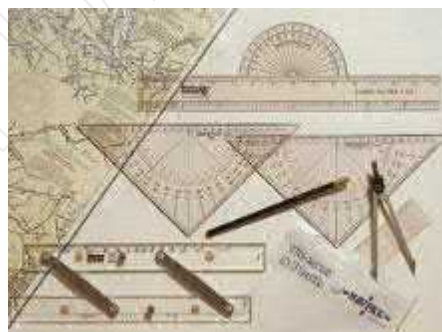


Slika 13. Očitavanje sekstanta na bubnjić (29° 42.5')

4.2 Pribor za rad na karti

Pribor koji se koristi za rad na karti:

- navigacijski trokuti,
- paralelno ravnalo,
- navigacijski šestar,
- obični šestar,
- olovka (meko),
- gumica,
- dvokutomjer,
- laktasto ravnalo,
- povećalo.



Slika 14. Pribor za rad na karti

4.3 Brodski kompasi

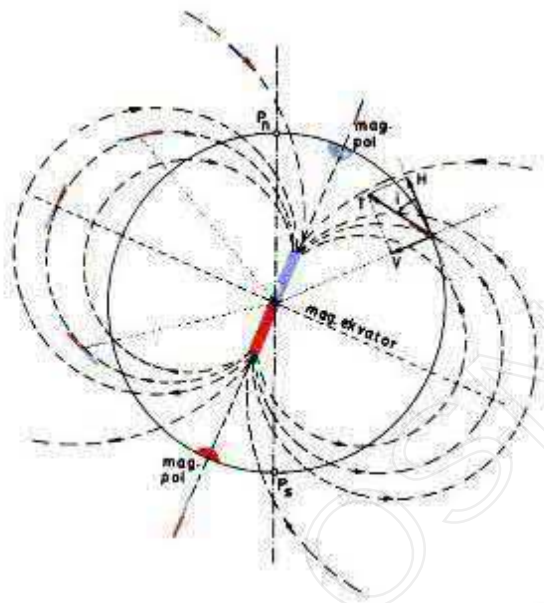
Kompas je uređaj koji pokazuje pravac podnevnika mjesta na kojem se nalazi brod. U navigaciji se koristi za pokazivanje kursa i određivanje azimuta (smjera).

Prema fizičkim osobinama kompasi se dijele na:

- magnetske kompase (magnetski, zvrčno magnetski, induksijski),
- amagnetski (zvrčni kompas, laserski kompas, astro kompas).

Prema namijeni kompasi se dijele na:

- glavni,
- kormilarski,
- rezervni,
- čamčani,
- ručni.



Slika 15. Zemaljski magnetizam



Slika 16. Brodski magnetski kompas

4.4 Magnetski kompas

Magnetski kompasi su oni kompasi čiji se osjetljivi element pod utjecajem magnetskog polja Zemlje usmjerava u meridijan (magnetski). Magnetski kompas je glavni brodski kompas (Slika 16).

Tradicionalno (dogovorno prihvaćeno) se kraj štapićastog magneta od kojeg je polje usmjereno naziva sjeverni pol magneta, a kraj prema kojem je magnetsko polje usmjereno naziva se južni pol magneta. Magnetsko polje štapićastog magneta naziva se polje dipola (jer ima dva pola).

Na sjevernoj hemisferi magnetsko polje je usmjereno dolje (prema Zemlji), a na južnoj hemisferi prema gore (od Zemlje). Iz toga proizlazi da je Zemljin magnetski pol u Kanadskom Arktiku ustvari Zemljin južni magnetski pol, a Zemljin magnetski pol koji se nalazi pokraj obale Antartike južno od Australije ustvari Zemljin sjeverni magnetski pol.

Magnetsko polje je različito na različitim mjestima i mijenja se s vremenom.



Slika 17. Magnetski kompasi

4.5 Brodski magnetizam

Magnetska indukcija u brodskom željezu (B) ovisi o jakosti magnetskog polja Zemlje (H), permeabilnosti materijala i položaja željeza prema silnicama inducirajuće sile (α):

$$B = \mu a \cdot H \cdot \cos \alpha$$

Sve mase materijala od kojih je sagrađen brod radi lakšeg praćenja prikazuju se kao štapovi istog materijala i istog magnetskog djelovanja.

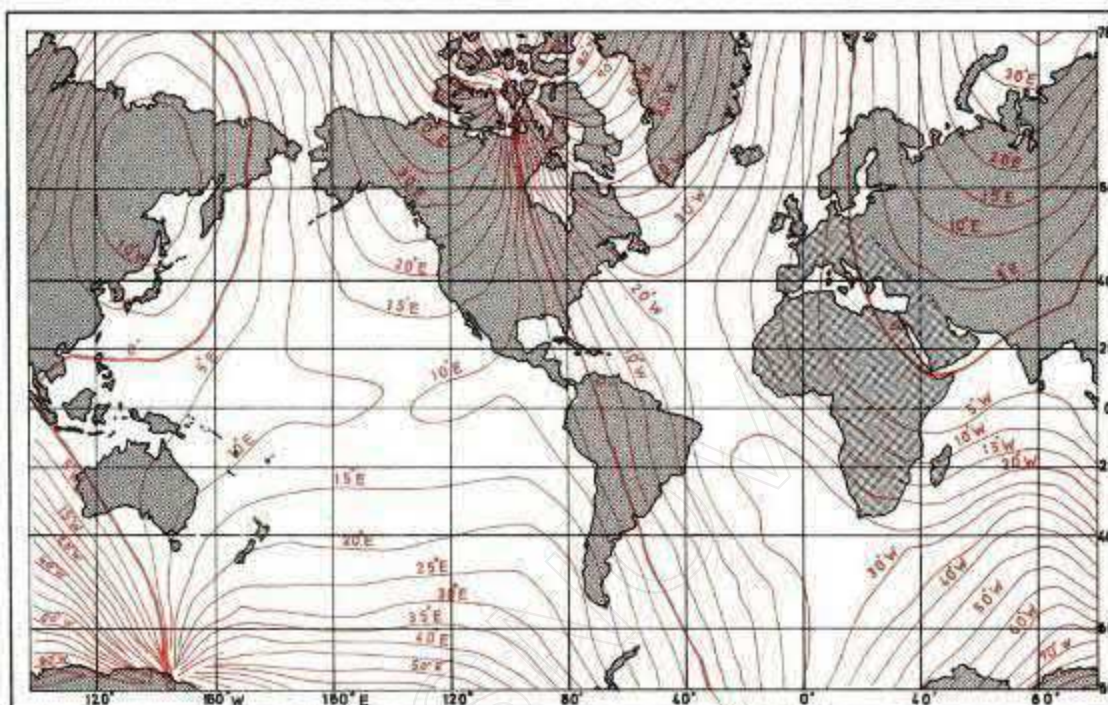
Totalni intenzitet magnetskog polja Zemlje (T), rastavlja se u horizontalnu (H) i vertikalnu (V) komponentu.

Sukladno tome i sve željezne mase na brodu se predstavljaju horizontalnim i vertikalnim štapovima istog magnetskog djelovanja.

4.5.1 Geomagnetski elementi i njihovo određivanje

VARIJACIJA (Var) je kut između pravog i magnetskog meridijana.

Podatak o varijaciji nalazi se na svakoj navigacijskoj karti. Na geomagnetskim kartama vrijednost varijacije data je izolinijama. Linija koja spaja sva mjesta na Zemlji sa istom vrijednošću varijacije zove se izogona. Linija koja povezuje mjesta na Zemlji gdje je varijacija nula zove se agona.



Slika 18. Karta Magnetske VARIJACIJE (Var)

PRIMJERI RAČUNA:

Ako je na pomorskoj karti podatak o magnetskoj varijaciji: 1°50'E 2000 (4'E)

Ovo znači da je varijacija 2000. god. iznosila $1^{\circ}50'E$, a da je godišnja promjena $4'E$ (raste kada su isti predznaci, a opada kada su suprotni predznaci).

Ako se traži varijacija za 2006. god, ona bi iznosila:

$(2006-2000) \times 4' = 24'$ (ukupna promjena)

Varijacija 2006. god.: $1^{\circ}50'E + 24'E = 2^{\circ}14'E$

Ako je na karti podatak o magnetskoj varijaciji: 1°50'W 2000 (5'W)

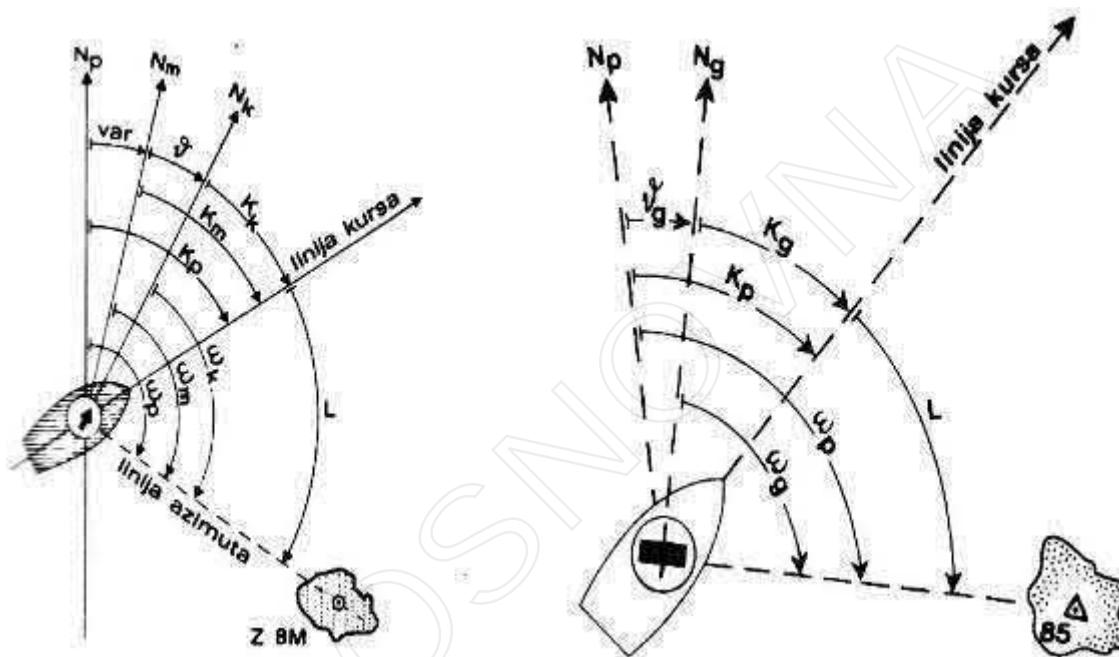
Varijacija 2006. god.: $1^{\circ}50'W + (5'E \times 6) = 2^{\circ}20'W$

Ako je na karti podatak o magnetskoj varijaciji: 1°10'W 2000 (12'E)

Varijacija 2006. god.: $1^{\circ}10'W + (12'E \times 6) = 0^{\circ}02'E$

Devijacija (δ) je kut između magnetskog meridijana i kompasnog meridijana.

Uzroci devijacije je djelovanje magnetskog polje broda (namagnetizirani dijelovi trupa) ili magnetskog polja nekog drugog vanjskog izvora (električni uređaji i instalacije na brodu, toplinski izvori, teret, radari, komunikacijski uređaji, itd.).



Slika 19. Magnetska varijacija i devijacija. Varijacija (Var)-kut između pravog i magnetskog meridijana. Devijacija (δ)-kut između magnetskog i kompasnog meridijana

4.5.2 Pretvaranje kurseva i azimuta pravih u kompasne i obrnuto

Magnetski kompas:

$$K_u = (\pm \text{Var}) + (\pm \delta)$$

$$\omega_p = \omega_k + (\pm \text{Var}) + (\pm \delta) = \omega_k + (\pm K_u)$$

$$\omega_p = \omega_m + (\pm \text{Var})$$

$$\omega_m = \omega_k + (\pm \delta)$$

$$\omega_k = \omega_p - (\pm \text{Var}) - (\pm \delta) = \omega_p - (\pm K_u)$$

$$K_p = K_k + (\pm \text{Var}) + (\pm \delta) = K_k + (\pm K_u)$$

$$K_p = K_m + (\pm \text{Var})$$

$$K_m = K_k + (\pm \delta)$$

$$K_k = K_p - (\pm \text{Var}) - (\pm \delta) = K_p - (\pm K_u)$$

Zvrčni kompas:

$$\omega_p = \omega_g + (\pm \delta_g)$$

$$\omega_g = \omega_p - (\pm \delta_g)$$

$$K_p = K_g + (\pm \delta_g)$$

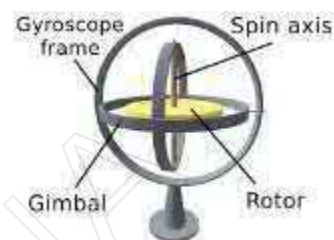
$$K_g = K_p - (\pm \delta_g)$$

4.6 Zvrčni (žiro) kompas

Zvrčni kompas koristi svojstva žiroskopa, čija se os rotacije usmjerava u pravac zemljopisnog (pravog) meridijana pod utjecajem sile teže i dnevne rotacije Zemlje.

Simetrični zamašnjak ili rotor (zvrk) koji rotira velikom brzinom i koji je ovješeno o kardanski sustav (tri stupnja slobode) predstavlja najčešći oblik žiroskopa.

Žiroskop - dinamičko simetrično tijelo proizvoljnog oblika (najčešće simetrični zamašnjak ili rotor-zvrk) koje rotira velikom brzinom oko osi simetrije i ovješeno tako da os rotacije može slobodno mijenjati svoj pravac u prostoru.



Slika 20. Žiroskop

Inercija (ustrajnost, stabilnost), svojstvo da os rotacije zadržava pravac u prostoru neovisno od rotacije Zemlje oko svoje osi i da se opire bilo kojoj sili koja nastoji da promjeni pravac glavne osi. Ovo svojstvo omogućuje da brodski zvrčni kompas uvijek pokazuje pravac referentnog meridijana bez obzira na promjene kursa broda.

Precesija, svojstvo žiroskopa da se glavna os zvrka ne kreće u pravcu djelovanja neke vanjske sile, već u pravcu koji je za 90° otklonjen od smjera rotacije zvrka. Brodski zvrčni kompas upravo koristi ovo svojstvo žiroskopa kako bi se glavna os usmjerila i zadržala u ravnini meridijana. Usmjeravajući moment (vanjska sila) potječe od rotacije Zemlje.



Slika 21. Brodski zvrčni kompas



Slika 22. Ponavljač zvrčnog kompasa

Ponavljači zvrčnog kompasa su instrumenti koji se koriste u različite svrhe. Česta uporaba ponavljača potrebna je kod mjerenja azimuta u svrhu određivanja pozicije ili kontrole devijacije. Na svakom krilu mosta montiran je po jedan ponavljač na koji je montiran smjerni aparat preko kojeg se opažaju terestrički objekti ili nebeska tijela. Podatak s osjetljivog elementa na ploču ponavljača prenosi se putem kabela. Svaki ponavljač nalazi se u kardanskom sustavu, posjeduje vlastito osvjetljenje i mehanizam za usklađivanje s ružom kompasa.

Autopilot je uređaj za automatsko kormilarenje. S jedne je strane spojen je na ponavljač zvrčnog kompasa a s druge na električni ili hidraulični kormilarski stroj. Ako brod skrene s kursa aktivira se kormilarski stroj koji broda vrati u kurs. U kompasnom ponavljaču nalazi se kontakt koji uspostavlja spoj sa lijevom ili desnim kontaktnim prstenom, zavisno o skretanju broda. Kad se kormilo počne okretati preko povratne veze aktiviraju se kontaktni prstenovi koji prekidaju vezu s kormilarskim strojem. Naizmjeničnim uključivanjem i isključivanjem može se pri kormilarenju po mirnom vremenu održavati kurs s oscilacijama od $0,5^\circ$. Osjetljivost auto kormila postavlja se ručno. Kod plovidbe pri nemirnom vremenu osjetljivost potrebno je smanjiti. Automatskim kormilarenjem smanjuju se gubici i povećava srednja brzina broda.

5. Merkatorova (navigacijska) karta

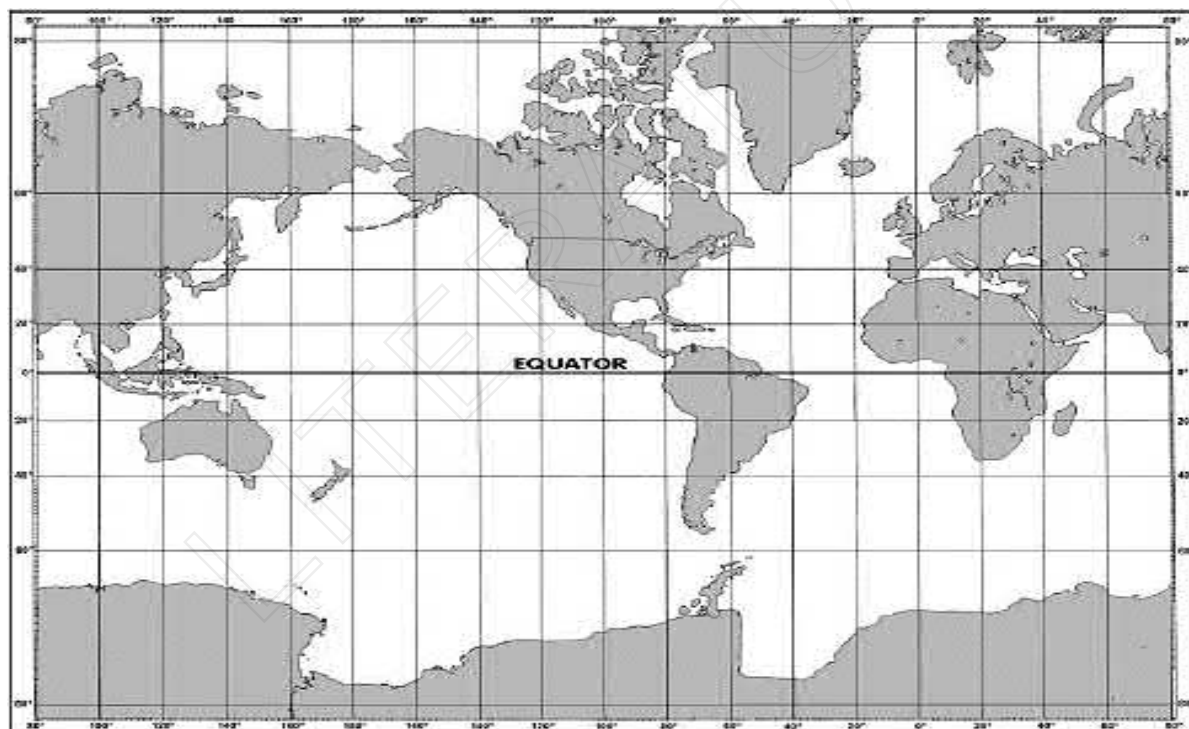
Merkatorova karta dobila je ime po nizozemskom kartografu Gerhard Krameru (1512-1594) zvanom Merkator.

Merkator je zadržao dio cilindrične projekcije (meridijani se dobiju projiciranjem, tj. razvlačenje paralela ostaje proporcionalno $\sec \varphi$), međutim razmak između paralela nije dobio projiciranjem već matematičkim proračunom uz pretpostavku da se meridijani razvlače također po $\sec \varphi$.

Na ovaj način razvlačenje meridijana i paralela ostaje isto, tj. zadovoljava se uvjet komformnosti.

Značajke mreže Merkatorove karte su:

- ekvator i paralele međusobno su paralelni pravci,
- paralele su međusobno nejednako razmaknute za isto $\Delta\varphi$ na sferi (između dvije paralele na karti udaljenost $\Delta\varphi_m$ raste s povećanjem zemljopisne širine za $\sec \varphi$) i pol se na karti ne može prikazati,
- meridijani su međusobno paralelni pravci i za istu vrijednost ($\Delta\lambda$) jednako razmaknuti u svim zemljopisnim širinama (dio svake paralele R rastegne se za $\sec \varphi$: $\Delta\lambda = R \cdot \sec \varphi$),
- zemljopisna širina paralele na kojoj cilindar siječe Zemlju naziva se konstrukcijska širina (φ_k), odnosno konstrukcijska paralela (na ovoj paraleli nema razvlačenja-glavo mjerilo jednako je djelomičnom),
- karta vjerno prikazuje kutove, tj. karta je komforna, što omogućuje izravno mjerenje i ucrtavanje kurseva i azimuta,
- loksodroma je prikazana pravcem, što pojednostavljuje rješavanje navigacijskih zadataka,
- udaljenosti se mogu dovoljno točno izravno mjeriti s karte, ali ne na jedinstvenom razmjerniku, osim na kartama malih površina (npr. planovi); udaljenosti je potrebno mjeriti na skali širine i u visini pozicije broda,
- površine na karti nisu vjerno prikazane, kako se povećava zemljopisna širina površine su sve veće u usporedbi s površinama u prirodi,
- pozicija na karti ucrtava se u pravokutnom koordinatnom sustavu (φ i λ).



Slika 23. Merkatorova (navigacijska) karta

6. Pomorske karte

Navigacijske karte služe za ucrtavanje kurseva i pozicija broda, te neposrednu orijentaciju u plovidbi.

Podjela pomorskih karata:

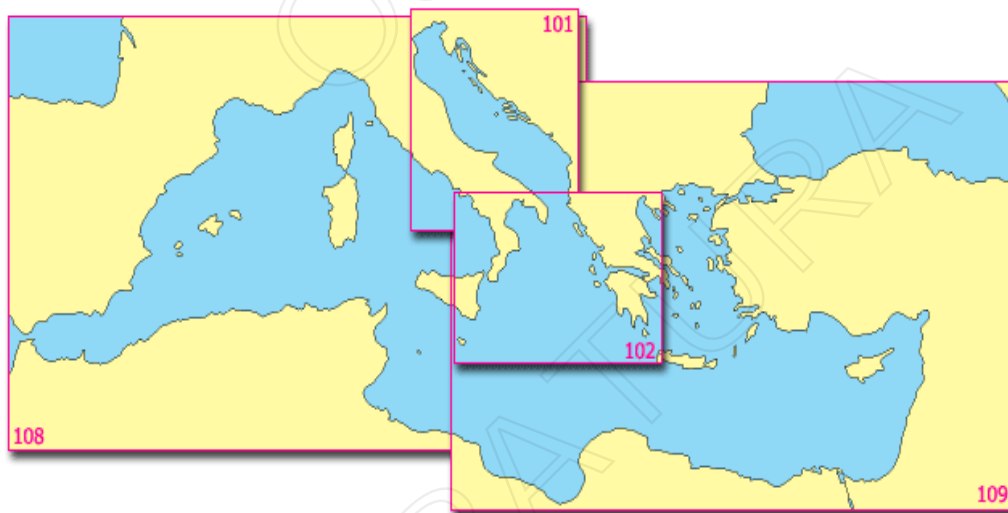
- navigacijske karte,
- pomoćne karte,
- informativne karte.

Podjela obzirom na područje koje prikazuju:

- generalne,
- kursne,
- obalne,
- planove.

Generalne ili opće karte prikazuju veće površine oceana i mora s pripadajućim dijelovima obale pa su obično sitnijeg mjerila (1:500 000 do 1:5 000 000). Generalne karte se obično koriste u pripremama za plovidbu radi ucrtavanja generalne rute.

Kursne karte prikazuju dijelove pojedinih mora i sve važnije podatke potrebne za navigaciju. Upotrebljavaju se kao i generalne, a i za neposredno vođenje broda izvan užeg obalnog područja kad to sigurnost plovidbe dopušta (mjerilo im se kreće od 1 : 100 000 do 1 : 500 000).



Slika 24. Generalne karte (izdanje HHI)

Obalne karte detaljno prikazuju manje dijelove obale (mora) i osnovno su navigacijsko pomagalo (mjerila su im obično od 1 : 100 000 do 1 : 50 000). Upotrebljavaju se za neposrednu orijentaciju, ucrtavanje kurseva i pozicija pri plovidbi užim obalnim područjem.

Karte planovi pokazuju manje površine, npr. luke, sidrišta, prolaze i sl. Ove karte su obično krupnijeg mjerila, od 1 : 50 000 do 1 : 5 000 (mogu biti i 1 : 2 000).

Pomoćne karte sadrže razne pojedinosti, ovisno o namjene. To mogu biti: radarske karte, karte hiperboličkih navigacijskih sustava, karte okosnice (preslika navigacijskih karata za vježbe), bijele karte (prikazuju isključivo mrežu Merkatorove karte za pojedina oceanska područja koja nisu opasna za navigaciju), gnomonske karte, zvjezdane karte, itd.



Slika 25. Kursne karte (izdanje HHI)

Informativne karte pružaju razne posebne podatke potrebne u navigaciji. U ove karte se ubrajaju: karte struja, meteorološke karte, peljarske karte, karte geomagnetskih elemenata, karte vezova, batimetrijske karte (karte dubina) i ostale karte s raznim dopunskim podacima za navigaciju.

6.1 Navigacijska karta

Svaka navigacijska karta sastoji se od topografskog i hidrografskog dijela, a pored toga treba da sadrži:

- naslov karte s općim podacima,
- broj karte,
- naziv ustanove koja kartu izdaje, datum izdavanja, naziv ustanove koja je kartu crtala i reproducirala (u sredini ispod okvira karte),
- prave ili magnetske ruže s podacima o varijacijama i njihovim godišnjim promjenama, evidencije o korekturama (u lijevom donjem kutu),
- mjerilo karte,
- mjerne jedinice za dubine i visine, itd.



Slika 26. Primjer navigacijske karte, HHI

7. Elektroničke karte

Elektroničke karte (EC) su se pojavile kao nova generacija pomagala u navigaciji. Dok je elektronička karta opći pojam za prikaz nekog područja u elektroničkom obliku elektroničke navigacijske karte (ENC) standardizirane su po formatu i sadržavaju, redovito u izdanju nacionalnih hidrografskih instituta. Sadrže podatke kao i papirne navigacijske karte, ali mogu sadržavati i dopunske informativne podatke.

Dvije osnovne vrste navigacijskih karata u elektroničkom obliku su:

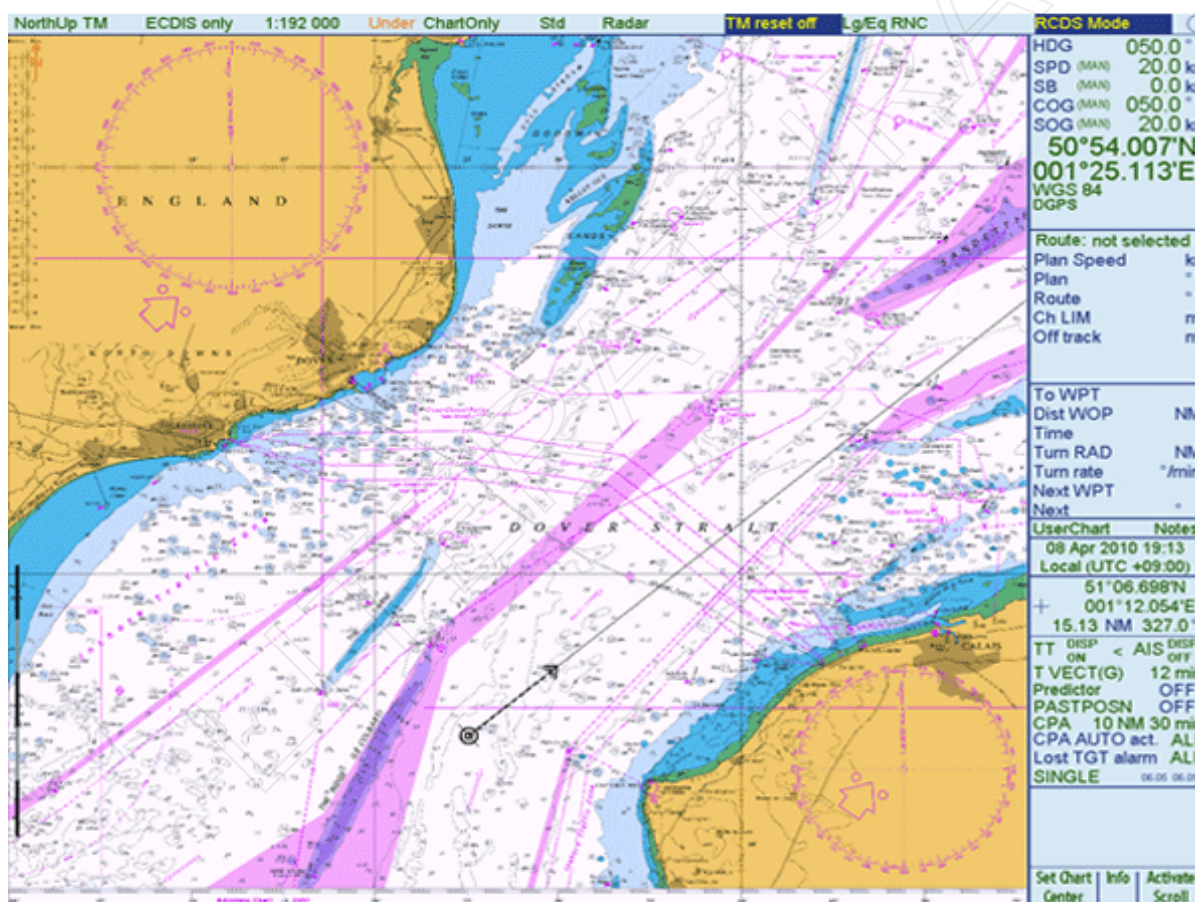
- rasterske,
- vektorske.

RASTERSKA KARTA (RNC) - je u osnovi digitalni preslika papirne karte.

VEKTORSKA KARTA (ENC) - je mnogo složenija u odnosu na rastersku kartu. Vektorski podaci su podaci kod kojih se objekti i struktura unose i pohranjuju posebno. Pohranjivanje je forma točaka, linija ili polja. Svaka struktura je definirana od serije geografskih koordinata koje su u jednom referentnom sustavu (WGS-84) skupa sa stvarima koje definiraju njegove značajke. Kod vektorske karte ovi nepotrebni podaci lako se mogu ukloniti.

Prednost vektorskih karata: korištenje geodetskog sustava WGS - 84 na kojeg se oslanja i GPS sustav; informacije u bazi podataka se lako nadopunjuju; suvišne kartografski podaci se lako uklanjaju; mogućnost postavljanja različitih alarma tijekom plovidbe; lako mijenjanje mjerila karte; jednostavno ažuriranje karte; mogućnost jednostavnog spajanja s drugim elektroničkim sustavima i uređajima, itd.

Najveći nedostatak ovih karata teža, sporija i skuplja izrada, kao i postojanje karata sumnjivog podrijetla i kvalitete (koji nisu izdani od hidrografskih instituta).



Slika 27. Prikaz vektorske karte

7.1 ECDIS sustav

ECDIS je sustav temeljen na vektorskoj karti, namijenjen za prikazivanje različitih informacija o brodu i plovidbi (kurs, brzina, pozicija, dubina, itd.). Prikaz ovih informacija u slojevima omogućuje povezanost više različitih elektroničkih navigacijskih uređaja i sustava u jednu cjelinu (sustav elektroničkih karata, gps sustav, radar, brzinomjer, dubinomjer, kompas, itd.).

ECDIS sustav omogućuje: planiranje ruta, pozicioniranje, snimanje zapisa, unošenje ispravaka karata, postavljanje raznih alarma, itd.

Osnovni element ECDIS sustava je elektronička navigacijska karta (vektorska) koja mora udovoljavati IMO, IHO i IEC standardima. Isključivo zadovoljavanjem navedenih standarda ECDIS sustav može zamijeniti papirnatu kartu na brodu.

Vektorske elektronske karte značajno se razlikuju od rasterskih: prikaz određenog područja vrši se izvršavanjem programa koji matematičkom (vektorskom) analizom grafički ispisuje konture obala i sve sadržaje na području koje karta prikazuje. I izgled vektorske elektronske karte bitno je drugačiji od izgleda rasterske elektronske karte: dok su obrisi obala kod rasterske elektronske karte jednaki neovisno o mjerilu, kod vektorske elektronske karte konture obala mijenjaju se promjenom mjerila. Budući da koriste svega stoti dio memorije u odnosu na rastersku kartu vektorske elektronske karte se lakše i brže mogu zumirati, sadrže mnogo veći broj podataka, a broj detalja povećava se povećavanjem mjerila.

Podaci se u vektorsku navigacijsku kartu upisuju na različitim razinama. Na primjer, razina obalnog reljefa izrađena je neovisno o kopnenom reljefu ili batimetriji određenog područja, a sve se razine uklapaju jedna u drugu. Uglavnom je izdvojeno osam razina koje se izrađuju jedna neovisno o drugoj (slika 35.) Podaci koje karte sadrže mogu se naknadno dograđivati, a ispravljanje je vrlo jednostavno: umetanjem medija vanjske memorije (tvrdog diska, diskete ili USB) s ispravicima u odgovarajući ulaz i aktiviranjem.



Slika 28. Integrirani brodski sustav

INS (Integrirani brodski sustav) - je sustav koji omogućuje pregled svih informacija o brodu i plovidbi, te nadzor plovidbe i upravljanje brodom s jednog mjesta. Jedan od sastavnih elemenata IBS sustava je i ECDIS sustav. Također, IBS sustav uključuje: centralni ekran za prikaz navigacijskih informacija, ARPA sustav, satelitske sustave navigacije, sustav mjerenja brzine broda, auto - pilot i sustav zvrčnih kompasa, GMDSS sustav. Također, IBS sustav može uključivati sustav za nadzor i upravljanje strojem, nadzor ukrcaja i iskrcaja tereta, komunikacijski sustav, itd.

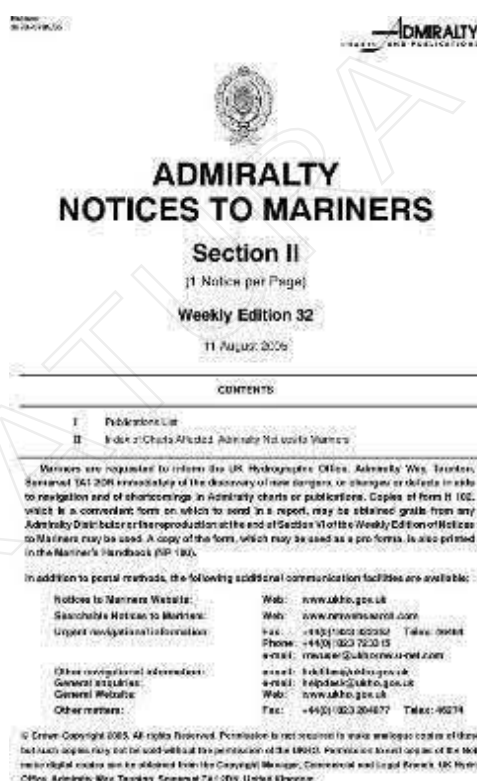
8. Priručnici za plovidbu i brodske knjige

Priručnici za plovidbu i brodske knjige mogu se podijeliti na:

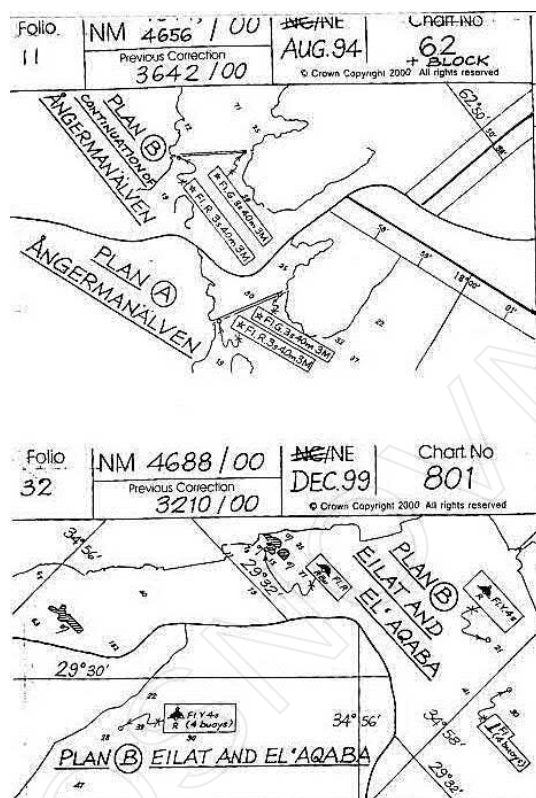
- priručnici za plovidbu,
- oglasi za pomorce (eng. Notices to Mariners),
- znaci i skraćenice na pomorskim kartama (eng. izdanje "Symbols and abbreviations used on Admiralty Charts"),
- katalog pomorskih karata i navigacijskih publikacija (eng. izdanje "chatalogue of Admiralty charts and publication"),
- peljar (eng. izdanje "Sailing directions"-Pilots),
- popis svjetala i signala za maglu (eng. izdanje "List of Lights and Fog Signals"),
- popis radio signala (eng. izdanje "Admiralty List of Radio Signals"),
- tablice morskih mijena (eng. Tide tables),
- nautički godišnjak (sadrži efemeride-koordinate nebeskih tijela),
- nautičke tablice (navigacijske, astronomske, meteorološke i opće tablice),
- peljarske i ostale informativne karte,
- daljinari,
- astronomske tablice (za određivanje pozicije broda metodama astronomske navigacije),
- ostalo (Guide to Ports entry, List of ship stations, List of coast stations, Ocean passages for the World, IMO, IHO publikacije, međunarodne konvencije, itd.).



Slika 29. Oglas za pomorce, HHI



Slika 30. Oglas za pomorce, Admiralty



Slika 31. Primjer oglasa za ispravljanje navigacijskih karata (Tracings)

8.1 Peljar (eng. izdanje "Sailing directions" - Pilots)

Sadrži podatke koje opisuju pojedine plovdbene rute, opise obala, hidrografsko navigacijska obilježja određenog područja, oceanografske i klimatološke prilike, podatke o lukama, zakloništima i sidrištima, uslugama u lukama, propisima i redu u lukama, pomorsko-pravne propise i ostale važne informacije neophodne za uspješno planiranje i provedbu pomorskog putovanja.

Peljar kod nas izdaje Hrvatski hidrografski Institut (istočna obala Jadrana). Neka od poznatijih inozemnih izdanja peljara su Admiralty Sailing Directions ili skraćeno Pilots (englesko izdanje) i Sailing Directions (američko izdanje).

Peljari se održavaju u ažurnom stanju uz pomoć oglasa za pomorce (Notices to Mariners).

8.2 Popis svjetala i signala za maglu (eng. izdanje "List of Lights and Fog Signals")

Ova publikacija daje podatke o pomorskim svjetlima, pomorsko-zrakoplovnim svjetlima, brodovima svjetionicima i ostalim važnijim signalima i oznakama. Sastoji se od uvodnih objašnjenja, te popisa svjetala s detaljnim opisom (domaći i međunarodni broj svjetla, naziv svjetla, pozicija svjetla, obilježje svjetla, dnevna oznaka, domet, nadmorska visina, opis i visina noseće konstrukcije, vidljive i potamnjene sektore, te obilježja zvučnih signala, ako postoje).

Od stranih izdanja najviše su u uporabi englesko izdanje The Admiralty List of Lights and Fog Signals i američko izdanje List of Lights. I ove publikacije održavaju se u ažurnom stanju uz pomoć oglasa za pomorce (Notices to Mariners).

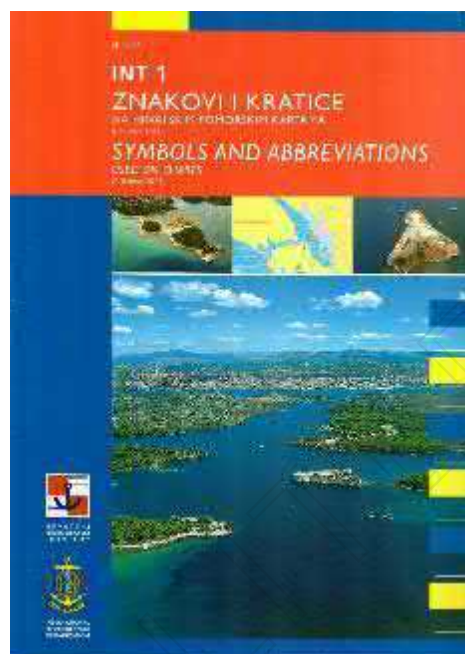
8.3 Popis radio signala (eng. izdanje "Admiralty List of Radio Signals")

Ova publikacija sadrži podatke neophodne za obavljanje pomorske radio službe na brodovima. Radio služba u izdanju Hrvatskog hidrografskog instituta u Splitu sadrži podatke o: hrvatskim obalnim

radio postajama, lukama, lučkim kapetanijama i ispostavama, peljarenju, obveznom sustavu izvješćivanja s brodova. Također, prikazani su podaci o: traganju i spašavanju na moru, službi meteoroloških izvješća i navigacijskih oglasa, medicinskim savjetima, službi točnog vremena i svjetskim pozicijskim sustavima.



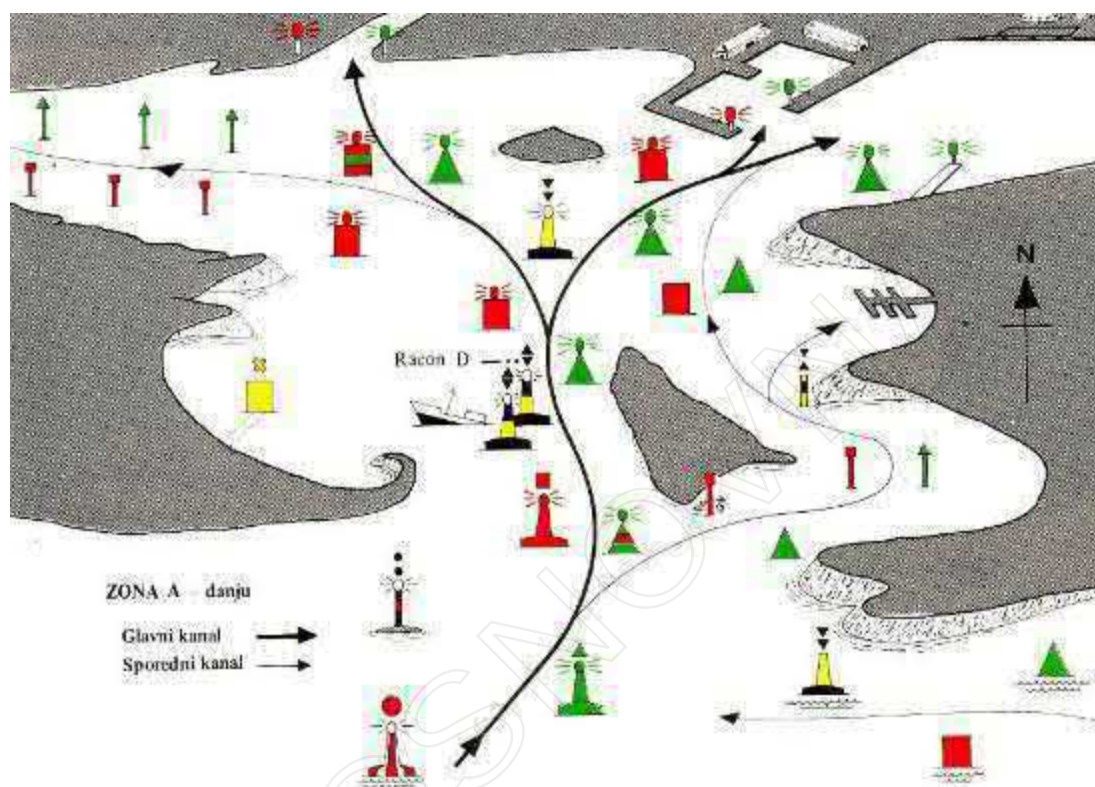
Slika 32. Važniji priručnici



Slika 33. Znakovi i kratice, HHI

A	Char Number, Tide and Marginal Notes	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
B	Positions, Distances, Directions and Compass	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
C	Natural Features	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
D	Cultural Features	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
E	Landmarks	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
F	Ports	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
H	Tides and Currents	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
I	Depths	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
J	Nature of the Seabed	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1
K	Reefs, Wrecks and Obstructions	10100 4/1	10100 4/1	10100 4/1

Slika 34. Primjer znakova i kratica, HHI



Slika 35. Označavanje plovni putova IALA sustav pomorskih oznaka

9. Pozicija u terestričkoj navigaciji

Podjela pozicija u terestričkoj navigaciji:

- opažena pozicija
- pozicija u razmaku vremena
- zbrojena pozicija

9.1 Opažena pozicija

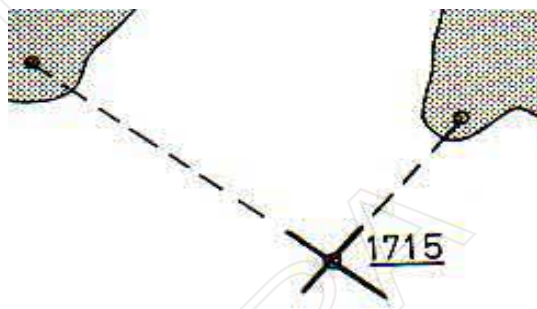
Opažena pozicija je ona dobivena opažanjem jednog ili više objekata istovremeno ili u vrlo kratkom vremenskom intervalu s obzirom na brzinu broda.

Opažena pozicija može se dobiti:

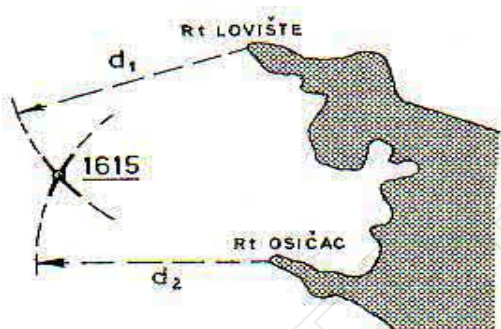
- opažanjem jednog objekta (određivanjem azimuta i udaljenosti na neki objekt),
- opažanjem dva objekta (dva azimuta, dvije udaljenosti, azimuta i udaljenosti, azimuta i horizontalnog kuta, udaljenosti i horizontalnog kuta, kombinacije s vertikalnim kutom, udaljenosti do jednog objekta pokrivenog smjera, dubine i azimuta ili dubine i udaljenosti),
- pozicija dobivena opažanjem tri i više objekata podrazumijeva kombinacije azimuta, udaljenosti, horizontalnih i vertikalnih kutova, te pokrivenih smjerova.



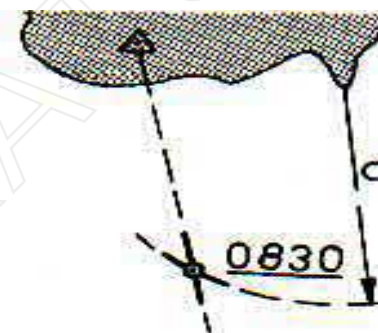
Slika 36. Azimut i udaljenost od jednog objekta



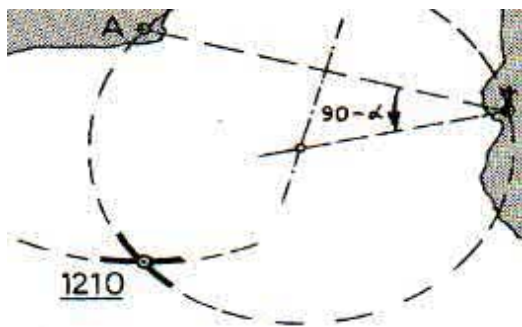
Slika 37. Dva azimuta od dva objekta



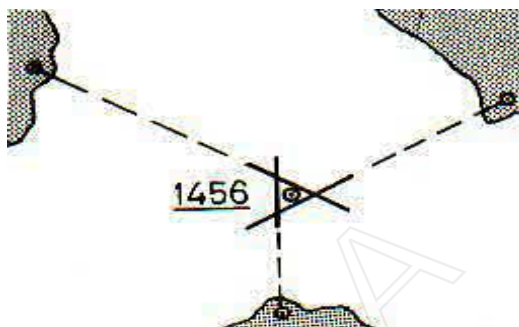
Slika 38. Dvije udaljenosti od dva objekta



Slika 39. Azimut od jednog i udaljenost od drugog objekta



Slika 40. Dvije udaljenosti i azimut od dva objekta

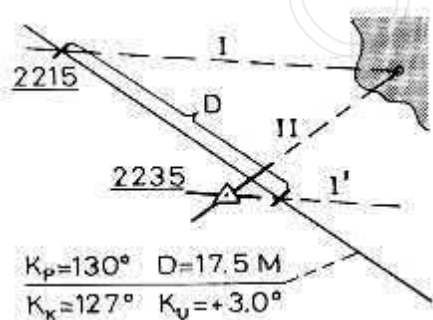


Slika 41. Tri azimuta od tri objekta

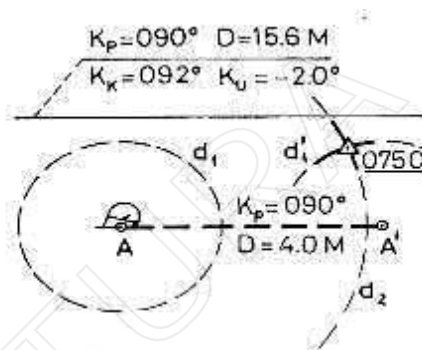
9.2 Pozicija u razmaku vremena

Pozicija u razmaku vremena može se odrediti:

- opažanjem jednog objekta (dobije se mjerenjem: dviju udaljenosti, dva azimuta, azimuta i udaljenosti, dva pramčana kuta),
- opažanjem dva objekta (dobije se mjerenjem: dviju udaljenosti, dva azimuta, azimuta i udaljenosti, azimuta ili udaljenosti i dubine),
- opažanjem tri i više objekata.



Slika 42. Pozicija u razmaku vremena I



Slika 43. Pozicija u razmaku vremena II

9.3 Zbrojena pozicija

Zbrojena pozicija koristi se:

- kada nema drugih podataka o poziciji,
- na otvorenom moru u određenim vremenskim razmacima, posebno kad nisu raspoložive mogućnosti određivanja točne pozicije u kraćim vremenskim intervalima,
- kod određivanja pozicije u razmaku vremena,
- prije promjene kursa i brzine,
- kod procjene zanošenja broda,
- kod identifikacije objekata,
- svim ostalim uvjetima kada je potrebno znati približnu poziciju broda za neko vrijeme unaprijed.

10. Crtanje kurseva, planiranje putovanja i priprema za plovidbu

10.1 Crtanje kurseva, planiranje putovanja

Izbor polazne pozicije mora omogućiti sigurno dovodenje broda na nju. Kurseve treba ucrtavati po najkraćem i najsigurnijem putu. Uzduž linije kurseva upisuju se podaci o kursu pravom (Kp) (dodatno može i Kk, D i Var).

Ako je moguće, kurseve ucrtavati da vode na markantne objekte, a izmjene kurseva vršiti subočice na markantne objekte (noću svjetionike). Kurseve ucrtavati na sigurnoj udaljenosti od obale, te na sigurnim dubinama s obzirom na gaz broda i shvat (dodatni uron broda u plitkoj vodi uslijed njegove brzine).

U normalnim vremenskim uvjetima u plovidbi načelno treba izbjegavati dubine manje od 20 m, a pri manevriranju u luci dubine od 10 m. Također, preporuke su:

- brod gaza od 6 do 10 m ne prelaziti preko dubina manjih od 20 m,
- brod gaza od 3 do 6 m ne prelaziti preko dubina manjih od 10 m,
- brod gaza manje od 3 m ne prelaziti preko dubina manjih od 5 m.

Plutače i brodove–svjetionike obilaziti na udaljenostima većim od 0,5 M, a točke opasnosti obilaziti na udaljenostima većim od 1 M. Noću, u uvjetima slabe vidljivosti, i drugim otežanim (opasnim) uvjetima ove udaljenosti povećati sukladno veličini i tipu broda.

Ne smije se oslanjati na nedostatne i neprovjerene informacije o nekom području plovidbe, posebno kada su u pitanju dubine.

Potrebno je uzeti u obzir gustoću prometa, te sukladno izabrati najpovoljnije kurseve na način da se izbjegavaju situacije mimoilaženja u suprotnim kursevima (držati se desne strane) pazeći na raspoloživi manevarski prostor.

Planer se treba držati preporučenih kurseva sukladno publikacijama i priručnicima, a posebno kada su po pojedinim plovidbenim putovima označeni pokriveni smjerovi.

Navigacijske karte s ucrtanim kursevima treba spremati u navigacijsku kabinu složene po redoslijedu uporabe.

10.2 Priprema za plovidbu

Navigacijska sigurnost broda ne ovisi samo o ispravnosti navigacijskih pomagala i uređaja na brodu već i o temeljitoj pripremi broda uopće, a posebno o navigacijskoj pripremi.

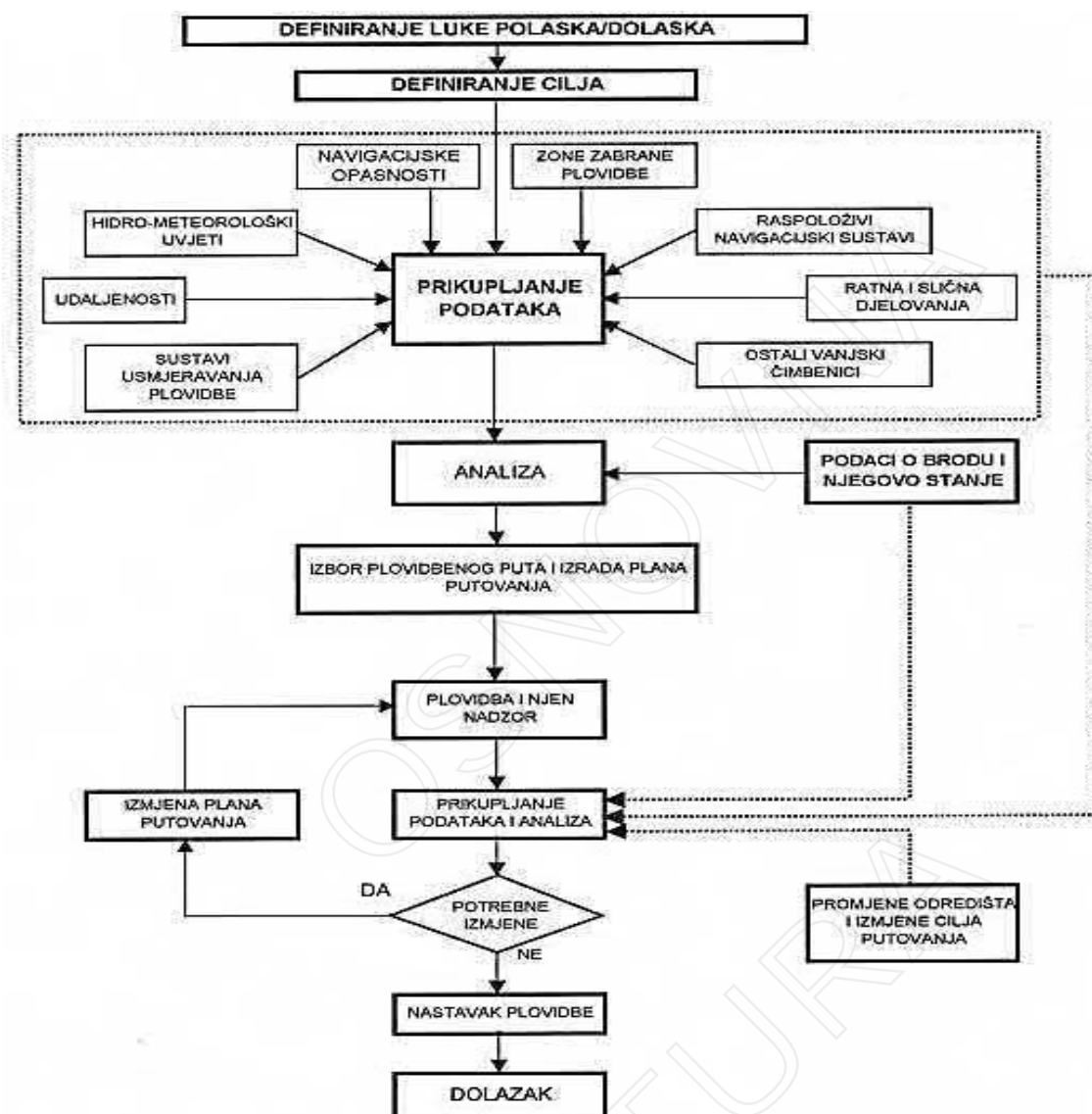
Navigacijska priprema obuhvaća:

- proučavanje područja plovidbe,
- izbor rute,
- crtanje kurseva,
- određivanje daljine plovidbe, vremena isplavljenja (ETD) i uplovljenja (ETA), odnosno proračuna brzine da bi se na poziciju dolaska stiglo u određeno vrijeme, itd.

10.3 Izbor plovidbenog puta

Čimbenici o kojima ovisi izbor plovidbenog puta općenito se mogu podijeliti na:

- vanjske, odnosno one koji ne ovise o brodu i posadi (vremenske prilike, dubine, gustoća prometa, itd.) i
- unutarnje, koji su posljedica obilježja broda ili njegovog iskorištavanja (od unutarnjih čimbenika na prvom mjestu je veličina broda, posebno njegov gaz).



Slika 44. Izbor plovidbenog puta i plovidba

PASSAGE PLAN
Pilot Stn to Berth / Berth to Berth (during an in-port movement)
/ Berth to Pilot Stn

M/V _____
FROM _____

Voy. No _____
TO _____

Identify berths or pilot stations by name.

WPT	NAME OR LAT / LONG	COURSE	DIST	UKCL	REMARKS (TRAFFIC, TRANSIT, BEARINGS ETC)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

NOTES

1. All positions to be verified by alternative methods as GPS & radar & obs.
2. Under Keel Clearance to be completed as required in Standing Instructions Ch. 6. Minimum to be entered for relevant positions. To include an allowance for squat.
3. Contingency anchorage or berth to be marked on chart.

Prepared by: _____ 2/O Sighted by: _____ C/O

Sighted by: _____ 3/O Approved by: _____ MASTER

Slika 45. Plan putovanja, strana 1

Page 2 of 4

PASSAGE PLAN
Sea Passage

M/V _____ FROM _____
VOYAGE NO _____ TO _____

WPT	NAME	LAT	LONG	COURSE	DIST	POSITION FIX INTERVAL	CPA/PI DIST	UKCL	REMARK (CROSSING, TRAFFIC, TRAFFIC SEPERATIONS, REPORTING ETC)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

NOTES
 1. ALL POSITIONS TO BE VERIFIED BY ALTERNATIVE METHOD. AT OPEN SEA: GPS COMPARISON. COSTAL AND PILOTAGE: GPS/RADAR OBS.
 2. USE EXTRA FORM SHEETS IF REQUIRED.
 Prepared By: _____ 2/O SIGHTED BY: _____ C/O Sighted by: _____ 3/O Approved by: _____ Master

Slika 46. Plan putovanja, strana 2

Page 3 of 4

PASSAGE PLAN
SUMMARY OF INFORMATIONS

M/V _____ VOYAGE NO _____
FROM _____ TO _____

NAUTICAL PUBLICATIONS	INFORMATIONS
CHARTS "BA" Corrected up to NTM _____	
ROUTING CHARTS Corrected up to NTM _____	
SAILING DIRECTIONS (included supplements) Corrected up to NTM _____	
LIST OF LIGHTS Corrected up to NTM _____	
LIST OF RADIO SIGNALS Corrected up to NTM _____	
TIDE TABLES TIDAL STREAM ATLASES	Volume and page no: _____

TIME ZONE Departure GMT Arrival GMT	DRAFT Departure Arrival fore = aft = fore = aft =
SHIP REPORTING SYSTEMS TRAFFIC SEPERATIONS	Area _____
WEATHER / NAV WARNING (Station name/ID letter, Broadcasting time, area cover)	Navarea Navtex Weather Fax
CONDITION NAV EQUIPMENT List any defective equipment	
DISTANCE	Pilot stn to Pilot stn Berth to Berth
STEAMING TIME:	Sea passage Speed: kts
REMARKS	

Prepared by: _____ 2/O Approved by: _____ MASTER

Slika 47. Plan putovanja, strana 3

Page 4 of 4

PASSAGE PLAN
ARRIVAL / DEPARTURE INFORMATION

M.V: _____
 VOY NO: _____
 PORT: _____

BERTH: _____

ETA/PILOT		ARRIVAL DRAFT	F A	TIDAL INFORMATION			WEATHER FORECAST		VHF CHANNELS	
ETA BERTH		DENSITY		HW	TIME	HT (M)	TIME		PILOT	
ETD BERTH		UKC MIN		LW			STATION		TUGS	
PILOT	Stm Lat	AIR DRAFT		LW			WIND DIR		PORT CONTROL	
	Long			HW			WIND FORCE		VTS	
				LW			SEA / SWELL		BERTH	
							VISIBILITY		AGENT	
									EMERGENCY	

NOTES

1. If required photocopy pages of sailing directions.

OTHER INFORMATIONS (eg: vessel exclusion zones, vessel reporting areas, military exercise zones, tidal currents, special operations on area).

Prepared by: _____ 2/O _____ Approved by: _____ Master _____

Slika 48. Plan putovanja, strana 4

10.4 Realizacija pomorskog putovanja

Pomorsko putovanje načelno ima tri faze:

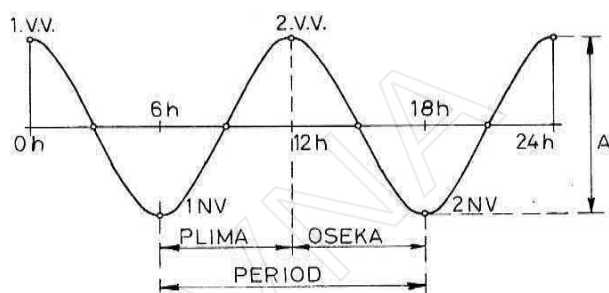
- od točke napuštanje veza do točke otvorena mora (polazne točke za crtanje kurseva), tj. manevarski dio isplovljenja,
- putovanje od planirane polazne do završne točke, najčešće otvorenim morem, tj. do sljedeće točke u kojoj počinje manevriranje (morski dio, eng. sea passage),
- od planirane završne točke morskog putovanja do točke veza, manevarski dio uplovljenja.

11. Morske mijene

Morske mijene su periodično dizanje i spuštanje razine mora koje nastaje pod utjecajem sile gravitacije nebeskih tijela, a najviše Mjeseca i Sunca.

Posljedica ove prirodne pojave su promjene dubine mora na određenoj poziciji i struje morskih mijena.

Plima je dizanje razine mora kao posljedica morskih mijena, a oseka spuštanje razine mora. Plima se javlja u vremenskom periodu između niske i uzastopne visoke vode, a oseka između visoke i uzastopne niske vode.



Slika 49. Morske mijene

Visoka voda (VV) je najveća razina mora koja nastaje u trenutku prijelaza plime na oseku.

Niska voda (NV) je najniža razina mora koja nastaje u trenutku prijelaza oseke na plimu.

Visoke i niske vode označavaju se po redoslijedu nastupa u toku jednog dana: prva visoka voda (1.VV), prva niska voda (1.NV), druga visoka voda (2.VV) i druga niska voda (2.NV).

Period je vremensko trajanje jedne oscilacije od trenutka niske vode do slijedeće niske vode, a jednak je zbroju trajanja plime i oseke.

Amplituda (A) je visinska razlika između razine niske i razine visoke vode.

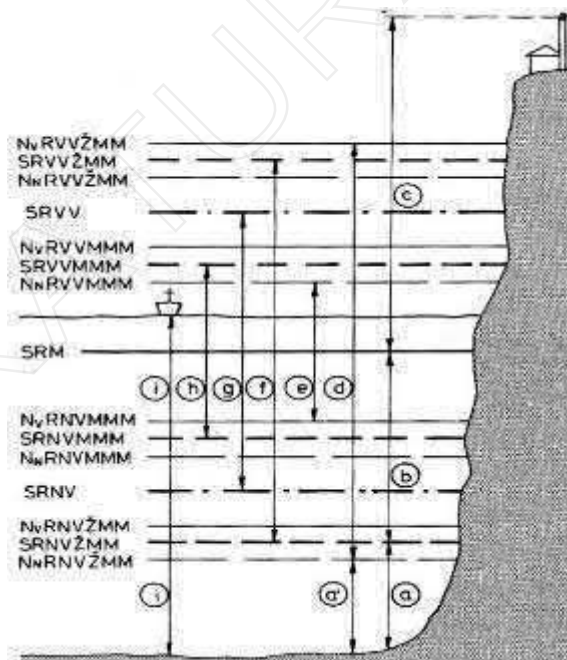
Na pojedinim obalama oceana amplitude morskih mijena dostižu vrijednost preko 12 metara. U luci Port Gallegos (Argentina) izmjerene je najveća amplituda od 18 metara, a u zaljevu Fundy (Kanada) 19.6 metara.

Amplitude na Jadranu prosječne su visine od 0.2 do 0.6 metara, a rijetko prelaze 1 metar.

Visina visokih i niskih voda nije uvijek ista, a također ni vrijeme njihovog nastupa. U toku dana, mjeseca i godine dolazi do dnevnih, polumjesečnih i polugodišnjih nejednakosti po visini i vremenu nastupa visokih i niskih voda.

Kada su Mjesec i Sunce u istoj ravnini sa Zemljom, tada su najviše visoke i najniže niske vode. Tada su amplitude najveće, i ova pojava se zove **žive morske mijene**.

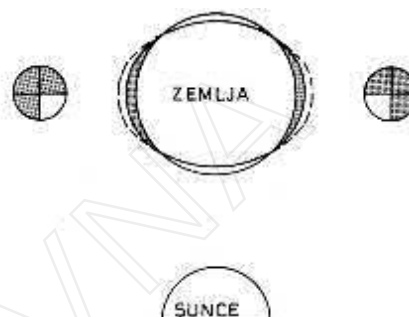
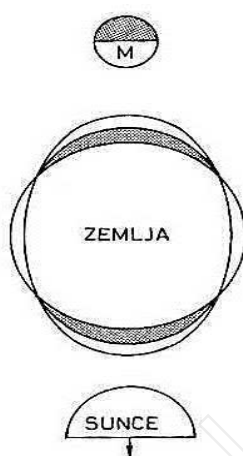
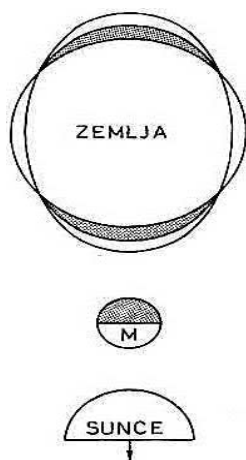
Plimni valovi nastali djelovanjem plimotvorne sile Mjeseca i Sunca zbrajaju se. Kada su plimni valovi Mjeseca i Sunca suprotni (Mjesec i Sunce pod kutom od 90°), pojavljuju se najniže visoke vode i najviše niske vode. Amplitude su tada najmanje, i to su **mrtve morske mijene**.



Slika 50. Visina mora

11.1 Nejednakosti zbog različitog međusobnog položaja Mjeseca i Sunca

Položaj kada je Mjesec između Zemlje i Sunca naziva se konjunkcija, a kada je Zemlja između Sunca i Mjeseca opozicija. Ova dva položaja Zemlje nazivaju se sizigije.



Slika 52. Kvadratura

Slika 51. Konjunkcija (lijevo) i opozicija (desno)

Za vrijeme kvadrature plimotvorne sile djeluju pod 90°, plimni valovi se oduzimaju i tada se javljaju najniže visoke vode i najviše niske vode. Ova pojava se zove mrtve morske mijene.

ROVINJ

SIJEČANJ 2005.

VRJEME I VISINA VISOKIH I NISIKH VODA

Dan	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)	Vrijeme (h min)	Visina (cm)
1	1 12	73	6 54	48	11 18	60	18 18	16
2	1 48	75	8 18	45	12 6	52	18 48	22
3	2 30	76	10 0	40	13 42	44	19 18	30
4	3 24	77	11 30	31	16 48	40	20 12	37
5	4 18	79	12 24	21	19 12	46	21 48	44
6	5 12	82	13 6	12	20 6	53	23 30	48
7	6 6	84	13 48	4	20 48	60		
8	0 48	49	6 54	86	14 24	-2	21 24	67
9	1 48	48	7 36	87	15 0	-6	21 54	72
10	2 42	46	8 18	87	15 30	-9	22 30	76
11	3 24	45	9 0	86	16 6	-8	23 0	78
12	4 12	43	9 36	82	16 36	-6	23 36	80
13	5 0	42	10 18	77	17 6	-1		
14	0 6	80	5 48	42	10 54	70	17 42	6
15	0 42	79	6 42	42	11 30	62	18 6	14
16	1 24	78	7 48	41	12 18	53	18 36	23
17	2 6	76	9 30	38	13 30	44	18 54	32
18	2 54	75	11 30	31				
19	3 54	74	12 36	23				
20	4 54	74	13 18	15	21 18	57	23 42	55
21	5 54	75	13 54	8	21 24	62		
22	1 6	55	6 42	77	14 24	3	21 42	67
23	2 0	53	7 18	79	14 48	0	22 0	70
24	2 36	51	7 54	80	15 12	-2	22 18	73
25	3 6	48	8 30	80	15 36	-2	22 36	75
26	3 42	45	9 0	79	16 0	-1	22 54	76
27	4 12	42	9 36	77	16 24	1	23 12	78
28	4 48	39	10 6	73	16 48	5	23 36	79
29	5 24	38	10 42	68	17 12	11		
30	0 6	79	6 6	37	11 18	61	17 30	17
31	0 36	79	7 6	36	12 0	53	17 54	25

Slika 53. Tablica morskih mijena 1

Tablica 2 - Table 2

Sporedne luke (Opći podaci, popravci vremena i visina)
Secondary Ports (General data, time and height differences)

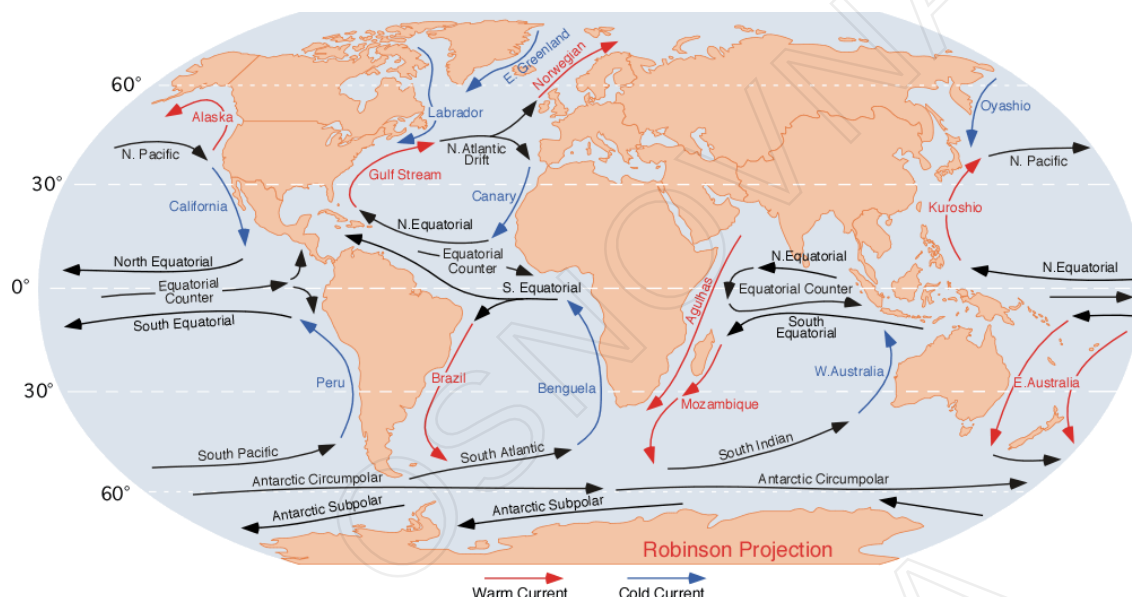
SPOREDNA LUKA	GEOGRAFSKE KOORDINATE		POPRAVAK VREMENA		POPRAVAK VISINE			
	Širina N	Dužina E	Visoka voda	Niska voda	Sizigij	Kvadr- atura	Sizigij	Kvadr- atura
	(° ')	(° ')	(h min)	(h min)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
KORČULA LASTOVO-UBLI	Glavna luka: DUBROVNIK (str. 81)							
	42 58	17 08	+0 13	+0 13	- 1	- 1	- 1	- 1
	42 45	16 50	+0 13	+0 11	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
	Glavna luka: SPLIT (str. 57)							
ZLARIN SUČURAJ MALI STON	43 42	15 50	+0 43	+0 24	+ 4	+ 3	0	+ 1
	43 08	17 12	-0 23	-0 20	+ 1	0	- 1	0
	42 50	17 42	-0 13	-0 11	+ 3	+ 2	+ 1	+ 2
NOVALJA BAŠKA CRES	Glavna luka: MALI LOŠINJ (str. 33)							
	44 33	14 53	-0 28	-0 29	- 3	- 3	- 3	- 3
	44 58	14 48	+0 14	+0 14	+ 2	+ 2	- 3	- 2
	44 58	14 25	+0 8	+0 6	+ 5	+ 3	- 4	- 2
PULA	Glavna luka: ROVINJ (str. 9)							
	44 53	13 51	-0 13	-0 15	- 11	- 7	- 3	- 5

Slika 54. Tablica morskih mijena 2

12. Morske struje

Morske struje su horizontalno kretanje vodenih masa, a određene su smjerom i brzinom. Mogu se podijeliti na:

- struje morskih mijena,
- struje gustoće - gradijentske struje (nastaju zbog različitog prostornog rasporeda gustoće mora, odnosno temperature i slanosti (npr. Gofska struja),
- struje vjetra (struje drifta).



Slika 55. Raspored morskih struja

I struje morskih mijena mogu biti poludnevnog, dnevnog i mješovitog tipa i u tom ciklusu mijenjaju smjer i brzinu.

Smjer struje čistog poludnevnog tipa morskih mijena se mijenja približno svakih šest sati. Promjena smjera struje nastaje nešto poslije vremena nastupa visoke odnosno niske vode kod stajnog vala. Brzina struje se postupno povećava i najveću brzinu postiže približno tri sata poslije nastupa visoke vode (struje oseke), odnosno tri sata poslije nastupa niske vode (struja plime).

Ovaj se ciklus izmjeni u poludnevnog tipa za 12.4 sata, a za dnevnog tipa za 24.8 sati

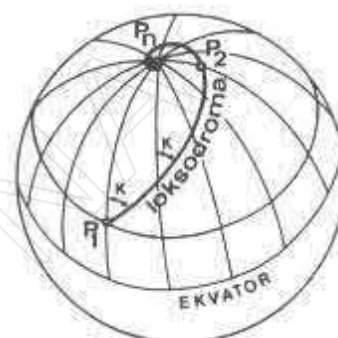
13. Loksodroma i ortodroma

13.1 Loksodroma

Loksodroma je krivulja uvojitog (spiralnog) oblika, koja prolazi dvjema točkama na Zemljinoj površini (sferi) i sve meridijane siječe pod jednakim kutom. Postupno se približava polu, ali ga nikada ne dostiže.

Između dviju pozicija na sferi može se povući neizmjereno mnogo loksodroma, ovisno o polaznom kutu, ali za navigaciju ima vrijednost samo najkraća loksodroma, tj. ona koja iz jedne pozicije (P_1) izravno prolazi kroz drugu poziciju (P_2).

Kurs u kojemu brod plovi po loksodromi naziva se loksodromski kurs. Najveća manjkavost loksodrome je što je ona duži put između dvije točke na Zemlji. Prednost loksodrome je što se na Merkatorovoj pomorskoj karti prikazuje kao pravac.



Slika 56. Loksodroma

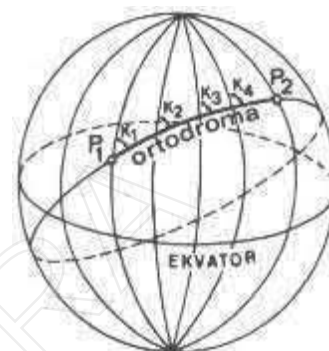
Loksodroma je praktičan izbor pri plovidbi na manjim udaljenostima, zatvorenim morima, prolazima, tjesnacima i kanalima.

13.2 Ortodroma

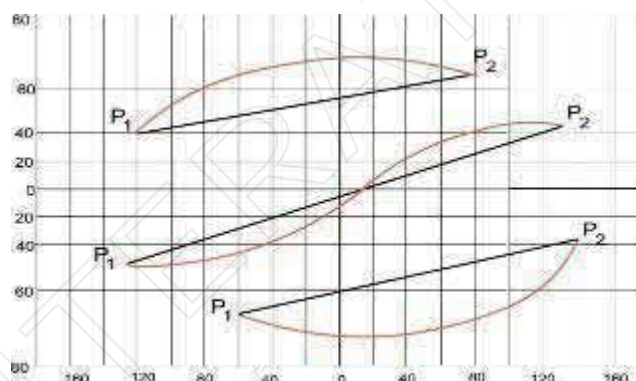
Ortodroma je kraći luk velike kružnice koja prolazi dvjema pozicijama na sferi, odnosno to je najkraći put između dvije pozicije na Zemlji, a sve meridijane siječe pod različitim kutom.

Pri plovidbi po ortodromi brod neprestano mora mijenjati svoj kurs. Najveća manjkavost ortodrome je što dovodi brod u velike zemljopisne širine.

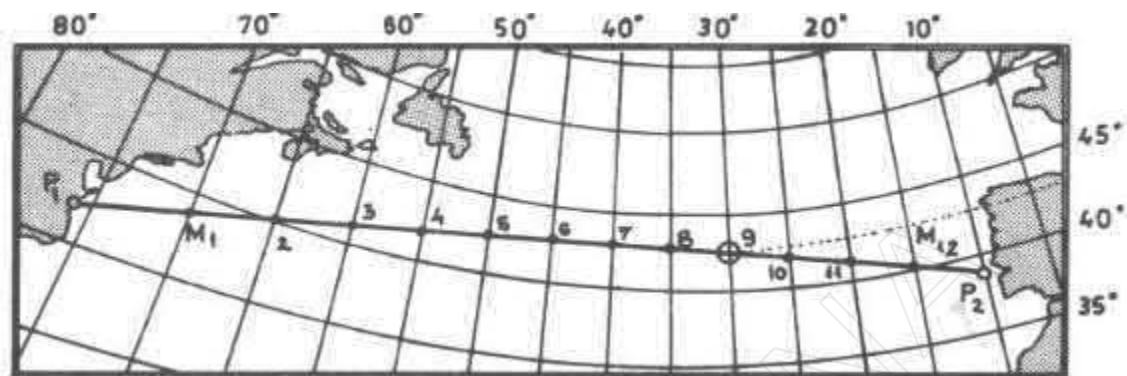
Prednost ortodrome je što ona predstavlja najkraći put između dvije pozicije na Zemlji, iz čega teoretski proizlazi da bi brod plovidbom po ortodromi stigao iz jednog mjesta u drugo vremenski najbrže.



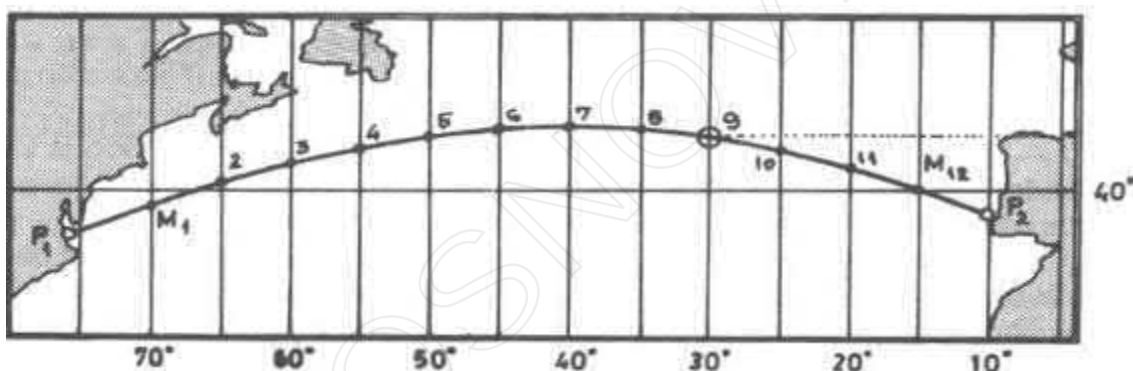
Slika 57. Ortodroma



Slika 58. Na Merkatorovoj karti, loksodroma pravac – ortodroma krivulja



Slika 59. Ortodroma na gnomonskoj karti - određivanje među točaka



Slika 60. Ortodroma na Merkatorovoj karti - ucrtavanje među točaka

14. Elektronički navigacijski sustavi i uređaji

Elektroničke navigacijske sustave i uređaje može se podijeliti u:

- sustavi za određivanje smjera
- sustavi za mjerenje brzine i dubine
- sustavi za mjerenje vremena
- sustavi kormilarenja
- sustavi pozicioniranja:
 - goniometarski sustavi
 - hiperbolni sustavi
 - inercijalni sustavi
 - satelitski sustavi
 - sustavi malog dometa-radarski, hidroakustički, laserski
- radarski i ARPA sustavi
- ECDIS sustav
- integrirani sustavi
- računalni sustavi, automatizacija

14.1 Radar

Naziv dolazi od engleskog RADIO DETECTING AND RANGING (radio lociranje i određivanje udaljenosti). To je uređaj za otkrivanje i određivanje položaja objekata (udaljenosti, azimuta i elevacije) na moru i u zraku na temelju odbijanja elektromagnetskih valova. Navigacijski radar je uređaj za navigaciju koji se koristi za otkrivanje objekata, mjerenje kutova i daljina te izbjegavanja sudara na moru.

Osnovni dijelovi radara su:

- uređaj za napajanje,
- predajnik (impulsni generator, magnetron, modulator),
- prijemnik radara,
- antena

Predajnik broskog radara je oscilator koji generira impulse SHF (Super High Frequency) valnih dužina od dva do deset centimetara (frekvencija od 3 GHz do 15 GHz) vrlo velike snage (do 100 kW). Glavni su mu dijelovi: multivibrator, modulator i magnetron.

Prijemnik broskog radara je sklop koji jeke vrlo slabe snage (do 5 mW) pojačava i na ekranu prikazuje kao videosignale od kojih se formira panoramska slika područja na određenom dometu. Glavni su mu dijelovi: mješač frekvencija, pojačalo, limiter i katodna cijev s pokazivačem.

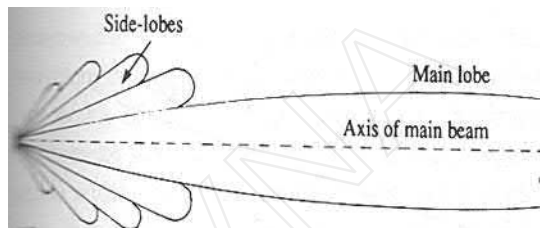
Antenski sklop broskog radara je uređaj koji omogućava ravnomjerno emitiranje u prostor impulsa super visoke frekvencije i velike snage, te prijem jeke male snage. Glavni su mu dijelovi: antena, valovod i sinhromotor (servomotor ili selšin).

Prema IMO Rezoluciji definirano je šest relevantnih karakteristika radara i definirane su njihove minimalne i maksimalne vrijednosti:

- maksimalni domet radara,
- minimalni domet radara,
- točnost mjerenja udaljenosti,
- točnost mjerenja kuta,
- razdvajanje objekata po udaljenosti,
- razdvajanje objekata prema kutu.



Slika 61. Vertikalna širina impulsa
(obično između 15°-30°)



Slika 62. Horizontalna širina impulsa
(obično između 1°-2°)

U navigaciji se koriste najčešće dva tipa radara:

- X radari – λ oko 3 cm, odnosno frekvencija oko 10 GHz,
- S radari – λ oko 10 cm, odnosno frekvencija oko 3 GHz.

Radari S valne duljine manje su osjetljivi na smetnje pa se sukladno koriste za pretraživanje većih udaljenosti i u lošijim vremenskim uvjetima. Ako se kombinira zajednički rad S i X radara uvijek je potrebno S radar podesiti na veću, a X radar na manju udaljenost.

X - radar								
Domet (M)	0,25	0,75	1,5	3	6	12	24	60
Duljina (μs)	0,025	0,05	0,05	0,05	1,0	1,0	1,0	1,0
PRF (imp/s)	3200	3200	3200	1600	1600	800	800	800
S - radar								
Domet (M)	0,25	1,5	3	6	12	24	48	64
Duljina (μs)	0,06	0,06	0,06	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
PRF (imp/s)	3600	3600	3600	1800	1800	900	900	900

Slika 63. Prosječne vrijednosti odašiljačkog impulsa

Domet radara može se približno izračunati iz formule:

$$R = 2.2 \cdot (\sqrt{h_{ant}} + \sqrt{h_{ob}})$$

gdje je: hant-visina antene, hob-visina objekta.

Stvarni domet radara ovisi o sljedećim čimbenicima:

- visina antene, veća visina antene veći domet,
- visina objekta, veća visina objekta veći domet,
- veličina objekta, veći objekt veći domet,
- veličini reflektirajuće površine, veća površina veći domet,
- površina objekta, glatka površina povećava refleksiju,
- materijalu od kojeg je impuls odbija, najbolje željezo i slično, najgore plastični, drveni i slični materijali,
- obliku objekta, najbolje ravna ploha, a najnepovoljniji kuglasti (sferni) oblik
- vremenskim uvjetima,
- obliku(širini) snopa, radarski snop uža veća daljina otkrivanja.

14.1.1 Prikaz radarske slike

Radarska slika, odnosno kretanje objekata na zaslonu radara može biti relativno (sva kretanja promatraju se u odnosu na vlastiti brod koji je uvijek u istoj točki na zaslonu i nema kretanje) i pravo.

S druge strane slika može biti orijentirana prema:

- uzdužnici broda (Head Up),
- prema sjeveru (North Up),
- prema kursu broda (Course Up).

14.2 ARPA (Automatic Radar Plotting Aid)

ARPA je radarski uređaj za automatsko plotiranje. Najvažnija funkcija ARPA sustava je otkrivanje i praćenje objekata.

ARPA sustav omogućava jednostavno i brzo alfanumeričko i grafičko očitavanje pravih brzina i kurseva ciljeva, njihovih relativnih pozicija u odnosu na vlastiti brod kao i elemenata procjene opasnosti od sudara (CPA, TCPA). Kretanje brodova (objekata) prikazuje se vektorima.

Standarde kojima mora udovoljavati navedeni su u IMO Rezoluciji A.422(11) a odnose se na radare postavljene do 01. siječnja 1997. godine i rezoluciji A.823(19) za radare postavljene nakon 01. siječnja 1997. godine. ARPA radar mora navigatoru za svaki plotirani objekt prikazati sljedeće navigacijske parametre:

- identifikaciju tj. broj plotiranog objekta,
- kurs pravi plotiranog objekta,
- brzinu pravu plotiranog objekta,
- azimut plotiranog objekta,
- udaljenost do plotiranog objekta,
- vrijeme do točke minimalne udaljenosti mimoilaženja (TCPA),
- minimalnu udaljenost mimoilaženja (CPA).

Pored ovih funkcija ARPA radar omogućuje simulacije izbjegavanja, postavljanje raznih alarma, vođenje zbrojene navigacije, crtanje karata, unos planiranih ruta, itd.

IMO tehničke karakteristike ARPA radara:

- mogućnost ručnog (najmanje 10 ili automatskog -najmanje 20) prihvaćanja i plotiranja objekata čija je relativna brzina do 75 čvorova,
- prihvaćanje i plotiranje objekata kod kojih je od 10 okretaja antene jasno vidljivo barem 5 uzastopnih odraza
- ARPA radar mora u vremenu od najviše 1 minute prikazati tendenciju smjera kretanja objekta, a u periodu od najviše 3 minute i očekivano kretanje objekta na temelju linearne ekstrapolacije prethodnih snimaka
- točnost ARPA sustava provjerava se za četiri (1,2,3,4) scenarija navedena u Rezoluciji nakon što je objekt prihvaćen za 1 odnosno 3 minute, (95% vjerojatnost)
- ako je antena radara postavljena na visini od 15 m iznad razine mora, bez korištenja sustava za brisanje smetnji (clutter) na display-u radara mora se dobiti jasan prikaz obalne linije na udaljenosti od 20 NM za obalu nadmorske visine do 60 m, te do 7 NM za obalu nadmorske visine do 6 m,

CPA– Closest Point of Approach– najmanja udaljenost mimoilaženja dva broda.

TCPA– Time to Closest Point of Approach – vrijeme kada će dva broda biti najbliže jedan drugom.

BCR– Bowcrossrange– Najmanja udaljenost mimoilaženja brodova po pramcu izražena u M

TBCR– Time to bowcrossrange– vremenski period do dolaska na točku najmanje udaljenosti mimoilaženja brodova po pramcu izražen u minutama.

- ako je antena radara postavljena na visinu od 15 m iznad razine mora za otkrivanje površinskih objekata zahtijevaju se sljedeće performanse: otkrivanje broda od 5000,00 BT na 7 NM udaljenosti bez obzira na aspekt, otkrivanje malog broda od 10 m duljine na 3 NM te otkrivanje navigacijske plutače čija je efektivna odrazna površina cca 10 m² na udaljenosti od 2 NM,
- minimalna horizontalna udaljenost otkrivanja objekata na 50 m od antene do 1 NM bez promjene podešavajućih parametara osim sektora udaljenosti
- pogreška pramčanice unutar sektora od $\pm 1^\circ$,
- pogreška očitavanja azimuta pomoću EBL (electronic bearing line) manja od $\pm 1^\circ$,
- mogućnost izvođenja paralelnog indeksiranja,
- pravilan i pouzdan rad kod valjanja i posrtanja od $\pm 10^\circ$,
- najmanje 20 okretaja/min antene i pouzdan rad antene do relativne brzine vjetra od 100 čv. – azimutalnu stabilizaciju,
- ako je antena na visini od 15 m iznad mora uz uključen sustav za brisanje smetnji od mora otkriti standardni radarski reflektor na udaljenosti od 3,5 NM,
- radar koji radi na frekvenciji od 9 GHz (X band) mora biti u stanju otkriti i prikazati signal sa SART uređaja (engl. "Search and Rescue Transponders"),
- mogućnost stabilizacije slike kroz vodu i preko dna-pravi i relativni prikaz kretanja,
- mogućnost orijentacije slike kao "North up", "Head up" i "Course up".

14.3 Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (Global Navigation Satellite System – GNSS)

Napredak tehnologija za istraživanje Zemlje iz satelita omogućio je razvoj satelitskih sustava za pozicioniranje i navigaciju. Globalni Navigacijski Satelitski Sustav zajednički je naziv za sve takve sustave. Svrha tih satelitskih sustava je omogućiti pozicioniranje i navigaciju u realnom vremenu bilo gdje i bilo kada na i blizu zemljine površine.

Osnovne funkcije satelitskog navigacijskog sustava:

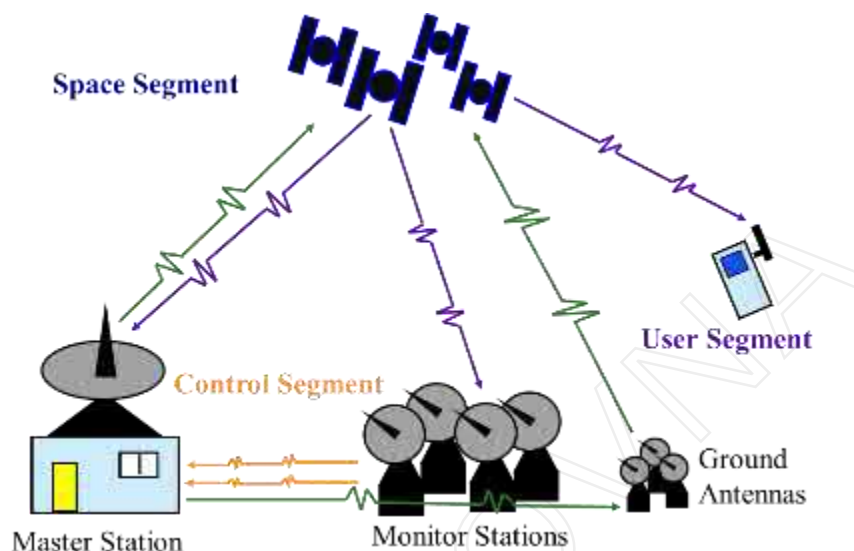
- položaj i koordinate,
- udaljenost i smjer između bilo koje dvije putne točke, ili položaja i putne točke,
- izvješća o napretku putovanja,
- točno mjerenje vremena.

Tablica 3. Satelitski navigacijski sustavi

	GLONASS	GPS	GALILEO	BeiDou	IRNSS
Zemlja	Rusia	USA	EU	Kina	India
Broj nominalnih satelita	24	32	30	35	7
Broj orbitalnih ravnina	3	6	3	3	
Nagib orbite	64°8'	55°	56°	55°	55°
Visina orbite (km)	19.140	20.180	23.222	21.528	36.000
Period revolucije	11h 15m	11h 58m	14h 22m		
Lansiranje satelita	Baikonur/ Plesetsk	Cape Canaveral	Kourou (F. Guiana)	Xichang	
Datum prvog lansiranja	02/10/82	22/02/78	2005	2010	2013
Potpuno operativno	Da	Da	Da	Da	Da
Sateliti za lansiranje	1/3	1	2	24	3
Datum	PZ-90.11	WGS-84	GTRF		

14.3.1 GPS (Global Positioning System)

Globalni sustav pozicioniranja sastoji se od tri segmenta: orbitalni, kontrolni i korisnički.



Slika 64. Tri segmenta GPS sustava

Orbitalni segment sastoji se od 32 satelita u 6 orbita. Orbitalna visina je 20200 km a nagib orbite iznosi 55 stupnjeva. Period rotacije satelita je $\frac{1}{2}$ zvjezdanog dana (12h 4 min). Osnovni zadatak ovog segmenta je odašiljanje radio signala pomoću kojih se mjere udaljenosti. Dijelovi satelita su: radio odašiljač, atomski satovi, računalo, dva solarna panela i propulzivni motori.

Glavna zadaća kontrolnog segmenta je praćenje satelita u svrhu određivanja orbita i vremena, sinkronizacija vremena satelita i odašiljanje poruka satelitima.

Glavna kontrolna stanica u Colorado Springs Falcon, Colorado sakuplja podatke s opažачkih stanica o praćenju satelita, računa putanje (orbite) satelita i parametre satova, proslijeđuje podatke zemaljskim stanicama radi slanja prema satelitima, te vrši kontrolu satelita i kompletnu operacionalizaciju sustava.

Korisnički segment se sastoji od GPS prijemnika.

14.3.2 Osnovni princip rada GPS sustava

GPS mjerenja zasnovana su na "konceptu jednostrukog puta signala" uz primjenu dva sata, jednog na satelitu i drugog u prijemniku. Mjerena udaljenost dobije se iz mjerenja vremena ili faznih razlika na temelju usporedbe između primljenog signala i u prijemniku generiranog signala.



Slika 65. Orbitalni segment



Slika 66. Satelit GPS sustava

Za 2D pozicioniranje, prijemnik mora imati signal sa 3 satelita a za 3D pozicioniranje – najmanje 4 satelita.

Vremenski interval potreban da signal odaslan sa satelita stigne do prijemnika određuje se iz razlike očitavanja sata na satelitu i u prijemniku.

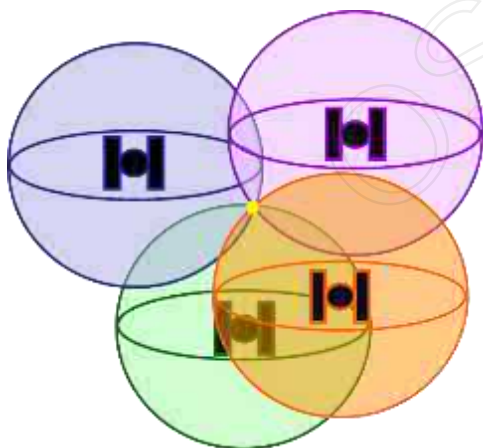
Pomnožimo taj vremenski interval s brzinom svjetlosti dobijemo traženu udaljenost.

Ako znamo udaljenost od jednog satelita (npr. 21000 km), naš položaj je negdje na obodu ove zamišljene sfere radijusa $r=21000$ km.

Ako znamo i da udaljenost do drugog satelita (npr. 22000 km), postoji samo jedna kružnica u svemiru udaljena 21000 km od jednog i 22000 km od drugog satelita. Naš položaj je negdje na ovoj presječnoj kružnici.

Ako u isto vrijeme znamo i udaljenost do trećeg satelita, naš položaj može biti na samo dva mjesta u svemiru. Jedno od ta dva mjesta nije na Zemlji.

Teoretski, tri su mjerenja dovoljna za određivanje položaja točaka na Zemlji. Kako mi određujemo 3 nepoznanice (X,Y,Z), potrebno je istovremeno pratiti najmanje 3 satelita čiju poziciju znamo u svakom trenutku.



Slika 67. 3D satelitsko pozicioniranje

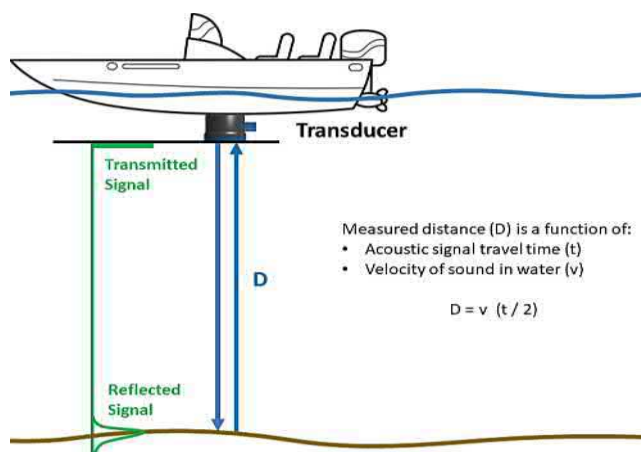


Slika 68. Samsung GPS/GLONASS prijemnik

Svjetlost putuje brzinom 299792,458 km/s. Ako su satelit i prijemnik neusklađeni za 0,01 sekundu, može se pogriješiti u određivanju položaja za oko 3000 km. Pogrešku sata uređaja uključujemo kao četvrtu nepoznanicu koju moramo odrediti. Mjerenjem duljine (opažanje) do najmanje 4 satelita istovremeno možemo odrediti položaj. Dakle, četvrto mjerenje ispravlja netočnost sata (možemo koristiti manje točne satove u uređajima).

14.4 Ultrazvučni dubinomjer

Mjeri vrijeme potrebno da ultrazvučni impuls prijeđe put od broda do dna mora i da se jeka vrati do broda. Na osnovu tog vremena i poznate brzine širenja zvuka kroz vodu može se odrediti dubina mora.



Slika 69. Princip mjerenja dubine



Slika 70. Furuno dubinomjer

Brzina zvuka kroz morsku vodu iznosi 1500 m/s pri temperaturi mora od 16°C i salinitetu 30 promila ili 3%. Zvuk generira piezo električni, kvarcni vibrator, u čijoj izradi se koristi više kristala složenih u obliku kružnog mozaika između dvije čelične ploče. Obično je proizvedeni zvuk frekvencije 10-100 kHz, valne duljine 14-1,4 cm. Dovođenjem izmjeničnog impulsa struje na vibrator kristali kvarca mehanički zatitraju, to titranje se preko ploče koja je u moru prenosi na morsku vodu i usmjerava prema dnu. Odbijeni valovi s dna mora udaraju u donju čeličnu ploču čime se mehanički djeluje na kvarc na čijim stranicama se javlja napon a dobivena struja se nakon pojačanja vodi na indikator dubinomjera.

Ovi vibratori su vrlo osjetljivi na vibracije i udare različitog porijekla (sudar, nasukanje,...), a najčešći kvarovi su zbog loše izolacije izazvane povećanom vlagom. Jedan piezo električni vibrator obično služi kao predajni i prijemni pa je time pogreška u mjerenju dubine zbog polovine udaljenosti između vibratora dubinomjera svedena na nulu.



Slika 71. Garmin GPSMAP 188 Sounder



Slika 72. GARMIN GPSMAP 188 Sounder

Kao primjer, GARMIN GPSMAP 188 Sounder, kombinira GPS ploter i fishfinder u jednom uređaju. Omogućuje pored GPS navigacije na detaljnim nautičkim kartama i mjerenje dubine mora. Ima internu memoriju od 3000 točaka. Može pohraniti 50 reverzibilnih ruta s 50 točaka. Ugrađena kartografija: bazna cestovna i nautička karta Europe. Dodatna kartografija: BlueChart nautička kartografija.

14.5 Ultrazvučni Dopplerov brzinomjer

Mjeri brzinu broda po Dopplerovom pomaku frekvencije akustičkog signala emitiranog s broda koji se nakon odbijanja od morskog dna prima antenskim sustavom brzinomjera. Davač na brodu emitira uski snop akustičkih signala usmjerenih od horizontalne ravnine plovljenja prema dnu mora pod kutom α . Valna dužina signala usmjerenog prema dnu mora mijenja se zbog kretanja broda.

Dopplerov efekt je pojava promjene frekvencije emitiranog signala zbog kretanja predajnika ili prijemnika. Opaža se kod svakoga valnoga gibanja kao povećanje, odnosno smanjenje frekvencije kada se izvor valova i prijemnik međusobno približavaju, odnosno udaljavaju. Umjesto frekvencije izvora f_0 , opaža se frekvencija $f = f_0 (1 \pm v/c)$, gdje je v relativna brzina izvora i prijemnika, c brzina širenja valnoga gibanja; predznak $+$ vrijedi za približavanje, a $-$ za udaljavanje. Ako ni odašiljač ni prijemnik nemaju vlastito kretanje, prijemnik će primiti taj signal s istom valnom dužinom.



Slika 73. Sperry UZ brzinomjer

- Water tracking from 3 meters (Meets IMO A.824 (19) and DNV Watch-1)
- Excellent low speed precision for docking and maneuvering
- Simultaneous water and bottom tracking to 200 meters
- Profiles water speed in 2 meter current layers to 50 meters
- Transducer fits into existing SRD-421S gate valves
- Built-in self test and speed integrity monitoring

Performance

ACCURACY:

Bottom

<2 knots \pm .01 knots

>2 knots \pm .05 knots

Water

<10 knots \pm .01 knots

10-25 knots \pm .025 knots

25-50 knots \pm .1 knots

Distance accuracy >0.5%

RANGE:

Fore/Aft Speed: -20 to 50 knots

Port/Stbd. Speed \pm 10 knots

Slika 74. Svojstva Sperry UZ brzinomjera

14.6 AIS – Automatski identifikacijski sustav (Automatic Identification System)

AIS je autonoman i kontinuiran sustav emisije podataka koji radi na veoma visokim frekvencijama (engl. Very High Frequency – VHF) pomorskoga mobilnog opsega. To je sustav za obalno kratko dometno praćenje brodova i pomorskog prometa koji omogućava automatsku razmjenu podataka između dviju ili više AIS postaja. Pod AIS postajom podrazumijeva se bilo koji objekt koji ima instaliran AIS uređaj. To mogu biti brodovi, zrakoplovi, razne kopnene službe i drugo. Sustav je u stanju upravljati mnoštvom izvještaja uz veliku brzinu ažuriranja poruka.



Slika 75. AIS prijemnik

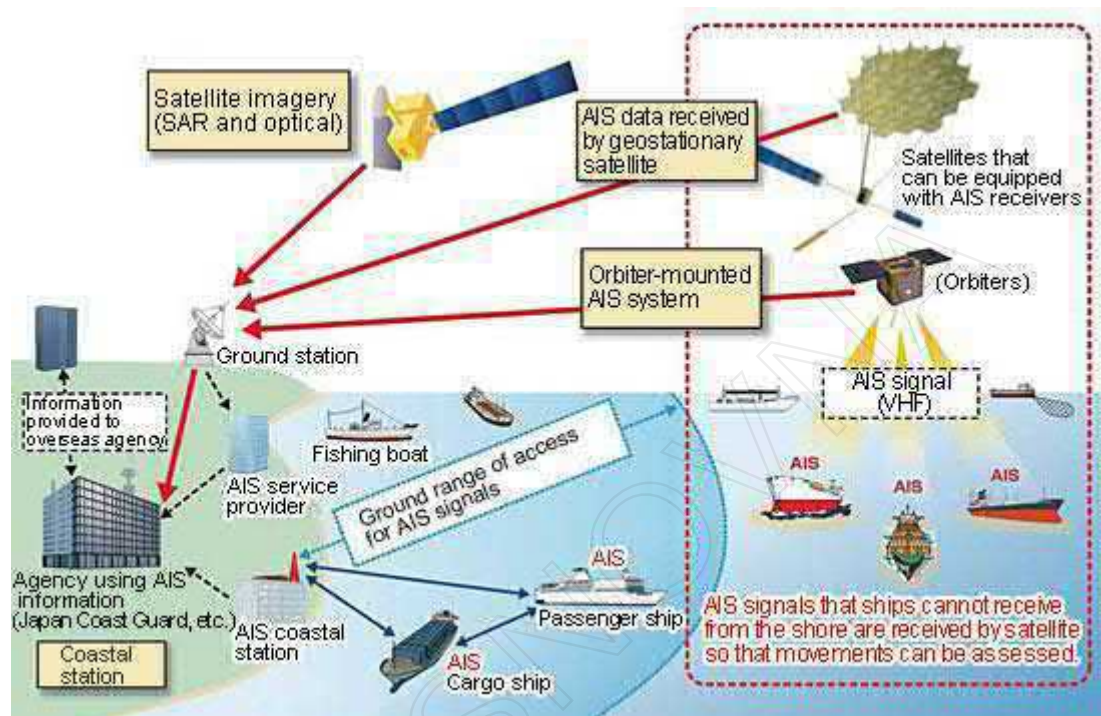
Značenje uspostavljanja sustava može se promatrati iz aspekta. S jedne strane su brodovi, kojima on omogućuje unapređenje svjesnosti o ukupnoj situaciji u trenutnom okruženju, posebno u izbjegavanju sudara na moru, što je tema ovoga rada, a s druge strane su obalne postaje i unapređenje njihove kontrole određenoga područja i povećanje učinkovitosti njihova rada.

Pomoću AIS-a brodovi međusobno razmjenjuju podatke (zastava broda, vrsta, status, brzina, smjer, dužina i širina broda, gaz, destinacija, vrijeme). Također, brodovi i sa lukama razmjenjuju ovakve podatke. Osim brodovima i lukama, AIS je dostupan i svakom korisniku interneta.

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) zahtijeva da svaki brod mase iznad 30 tona treba imati ugrađen AIS, kao i svaki putnički brod. Osim za razmjenu podataka, ovaj sustav vrlo dobro služi i za izbjegavanje sudara.

Ciljevi koji su vidljivi na radarskom zaslonu, sada mogu biti u potpunosti identificirani u pogledu njihovih osnovnih podataka (ime broda, pozivni znak, IMO broj i sl.). U pomorskoj praksi nije rijetko da brodovi moraju komunicirati, i uzajamno se dogovarati o izbjegavanju sudara. U područjima gdje nema velikog prometa brodova to je lagan i jednostavan zadatak. Međutim, u područjima velikog prometa to može biti veoma ozbiljan problem. Slaba vidljivost ili tamna noć stvaraju, gotovo, nepremostive prepreke ispravnoj komunikaciji.

U tim okolnostima, do pojave AIS-a, časnik je „vidio“ drugi brod na radarskom ekranu u obliku radarske mete, bez identifikacijskih podataka. Ako je želio komunikaciju s odabranim brodom, morao ga je pozvati koristeći se glasovnom komunikacijom na za to određenim radio kanalima. Da bi ga mogao identificirati i da bi brod kojemu je poziv upućen mogao odgovoriti, morao se u tom pozivu „prepoznati“.



Slika 76. AIS prikaz komunikacije

To prepoznavanje obavljalo se s pomoću dosta neodređenih termina kao što su: „Brod s moje desne/lijeve strane, udaljen..., plovi u kursu..., brzinom..., na poziciji... itd.“ Takvim načinom pozivanja željenog broda, u većini slučajeva, časnik koji poziva brod, dobivao bi nekoliko istovremenih odgovora od različitih brodova koji su se, na osnovi njegova poziva, smatrali pozvanima. Takve su situacije redovite u područjima gustoga brodskog prometa, u blizini prometnih plovnih puteva, a dodatnu komplikaciju donose relativno male udaljenosti između brodova i njihovi kursevi koji se minimalno razlikuju zbog istoga, utvrđenog toka plovidbe.

Takav način identifikacije je nesiguran i zahtijeva mnogo vremena, što može biti presudno u izbjegavanju sudara. AIS instaliran na brodu nadvladava takve poteškoće jer časnik u službi sada zna ime broda i ostale podatke, pa ga može veoma jednostavno pozvati i postići dogovor za buduće akcije.

14.7 NAVTEX

NAVTEX sustav spada u komunikacijska sredstva predaje upozorenja. Sastoji se od sustava obalnih stanica i posebnog namjenskoj prijemnika na brodovima. Sustav radi na frekvenciji srednjeg vala (MF) od 518 kHz. NAVTEX se koristi za automatsko emitiranje lokaliziranih podataka o pomorskoj sigurnosti (MSI) koristeći Radio Telex.

Doseg sustava je obično oko 200 nautičkih milja od odašiljača.

NAVTEX stanice jedna za drugom emitiraju poruke primljene od nadležnog koordinatora prema vremenskom rasporedu utvrđenom za sve stanice u nekom NAVAREA području. Svaka stanica označena je jednim slovom engleske abecede, tako je u jednom NAVAREA području može biti do 25 stanica podijeljenih u grupe. Udaljenost stanica označenih istim slovom i smještenih u susjednim NAVAREA područjima morala bi biti takva da nijedan brod ne može biti u dometu obje stanice. U pravilu, svaka stanica predaje poruke 6 puta na dan prema odrađenom rasporedu. Domet emisije svake stanice trebao bi biti oko 400M.

Svaka poruka označena je rednim brojem od 01 do 99. Budući da će poruke s oznakom 00 biti uvijek ispisane, trebaju se koristiti samo za slanje iznimno važnih upozorenja (npr. inicijalne poruke pogibelji).

NAVTEX sustav ima tri tipa poruke:

- ROUTINE – predaju se pri sljedećem emitiranju,
- IMPORTANT – predaju se neposredno nakon prijema u vremenu u kojem niti jedna druga stanica u danom području ne emitira,
- VITAL – prethodi znak drugim NAVTEX stanicama da prestanu emitirati.

Između ostalih, poruke koje se emitiraju su: navigacijske obavijesti i upozorenja, meteorološke obavijesti i upozorenja, izvješće o ledu, obavijesti o pomorskom traganju i spašavanju, obavijesti o radu satelitskog navigacijskog sustava i obavijesti za ribare.



Slika 77. Furuno NAVTEX prijemnik

14.8 Zapisivač podataka o putovanju broda (Voyage Data Recorder – VDR)

U istragama zrakoplovnih nezgoda već gotovo pola stoljeća se koriste podaci dobiveni iz uređaja koji zapisuje relevantne podatke, tzv. „crna kutija“. Ti podaci su se pokazali ključnim u rekonstrukciji događaja prije nezgode. Stoga je i pomorska industrija prihvatila sličan sustav. Taj sustav je VDR. Iako se VDR počeo primjenjivati na neke brodove kada se pojavila i zrakoplovna crna kutija, tek je u 2000-ima IMO donio pravne aktove kojim se obvezuje implementacija VDR-a na gotovo se brodove.

VDR sustavi moraju biti izvedeni tako da kontinuirano vrše zapis propisanih podataka. Zapisivanje podataka se mora vršiti na tvrdi disk (HD) postavljenim u zaštitne kapsule koje su jarko obojane i sa ugrađenim uređajem koji pomaže njenoj lokaciji. Tvrdi disk u zaštitnoj kapsuli pričvršćen je hidrostatskom kukom na otvorenoj palubi, obično iznad kormilarnice (zapovjedničkog mosta). U slučaju potonuća broda, hidrostatska kuka oslobađa kapsulu od broda, koja zatim ispliva na površinu i počinje emitirati signal lokacije.



Slika 78. Spajanje VDR-a na navigacijskom mostu



Slika 79. Fiksna zaštitna kapsula s tvrdim diskom (HD) na palubi iznad kormilarnice

VDR je sustav koji zapisuje određene podatke o brodskom putovanju. Sastoji se od sljedećih dijelova:

- glavne jedinice,
- napajanja,
- jedinice za prikupljanje podataka (neobavezno),
- jedinica za reprodukciju (neobavezno),
- plutajuća jedinica za prikupljanje podataka (neobavezno),
- zaštitna kapsula,
- mikrofoni,
- jedinica za daljinsko upravljanje (neobavezno) i
- jedinica za prikupljanje ulaznih podataka.

Svi gore navedeni dijelovi, znači cijeli VDR sustav se nalazi na mostu ili u blizini njega. Jedino se zaštitna kapsula nalazi vani, na što višem dijelu broda. Podaci se obavezno moraju zapisivati na tvrdom disku koji se nalazi u zaštitnoj kapsuli. Neobavezno se mogu zapisivati na tvrdi disk jedinice za prikupljanje podataka ukoliko se nalazi u sustavu. Slika 80 prikazuje način spajanja VDR sustava na druge brodske sustave.



Slika 80. VDR sustav

Podaci koji se moraju zapisivati za VDR sustav su:

- datum i vrijeme – datum i vrijeme, po UTC-u, bi se trebali uzimati sa vanjskog izvora ili sa brodskog sata; način zapisivanja bi trebao biti takav da se može izvesti vremenski tijek prije nezgode,
- brodska pozicija – zemljopisna širina i dužina bi se trebali uzimati sa elektroničkog uređaja za određivanje pozicije (najčešće sa GPS-a),
- brzina – brzina preko vode ili preko dna bi se trebala uzimati sa brodskog uređaja za mjerenje brzine i prijednog puta,
- kurs – kurs bi se trebao uzimati preko brodskog kompasa,
- zvučna snimka sa mosta – jedan ili više mikrofona bi se trebali postaviti unutar mosta
- tako da razgovor može primjereno zapisati; također mikrofoni bi trebali moći uhvatiti interfon, sustav javnog obavješćivanja i zvučne alarme,
- VHF komunikacije – VHF komunikacije koje se tiču brodskih operacija bi se trebali snimiti,

- podaci sa radara – trebali bi uključivati informacije sa jednog od brodskog radara kako se prikazuju na radarskoj slici; način zapisivanja bi trebao biti takav da se na reprodukciji vidi vjeran prikaz radarske slike prije nezgode,
- dubinomjer – trebalo bi uključivati dubinu ispod kobilice i ostale bitne informacije,
- glavni alarmi – trebalo bi uključivati stanje obveznih alarma na mostu,
- naredbe i odaziv kormila – trebalo bi uključivati stanje i postavke automatskog pilota ukoliko je primijenjen,
- naredbe i odaziv brodskog stroja – trebalo bi uključivati sve položaje ručice telegrafa ili direktnog upravljanja brodskog stroja i propelera te stanje pramčanih porivnika ukoliko ih brod ima,
- stanje otvaranja brodskog trupa – trebalo bi uključivati sve obvezne informacije koje se moraju prikazivati na mostu,
- stanje protupožarnih i vodonepropusnih vrata – trebalo bi uključivati sve obvezne informacije koje se moraju prikazivati na mostu,
- ubrzanje i naprezanja brodskog trupa – ukoliko je brod opremljen uređajem za mjerenje naprezanja brodskog trupa, svi podaci bi se trebali zapisati,
- brzina i smjer vjetra – ukoliko je brod opremljen uređajem za mjerenje brzine i smjera vjetra, podaci bi se trebali zapisivati; relativna ili stvarna brzina vjetra se može uzimati.

POPIS TABELA

Tablica 1.	Osnovni podatci o zemlji	2
Tablica 2.	Polumjer zemlje u metrima prema različitim izvorima.....	2
Tablica 3.	Satelitski navigacijski sustavi.....	42

POPIS SLIKA

Slika 1.	Elipsoid.....	2
Slika 2.	Korelacija geoida i elipsoida.....	3
Slika 3.	Zemaljski meridijani	3
Slika 4.	Zemaljske paralele	3
Slika 5.	Zemljine koordinate	4
Slika 6.	Odnos kurs – azimut – pramčani kut.....	6
Slika 7.	Horizonti.....	8
Slika 8.	Ruža vjetrova	8
Slika 9.	Smjerni aparat	9
Slika 10.	Smjerna ploča.....	9
Slika 11.	Smjerna ploča-određivanje smjera	10
Slika 12.	Sekstant	10
Slika 13.	Očitavanje sekstanta na bubnjić (29° 42.5')	11
Slika 14.	Pribor za rad na karti	11
Slika 15.	Zemaljski magnetizam.....	12
Slika 16.	Brodski magnetski kompas.....	12
Slika 17.	Magnetski kompasi	13
Slika 18.	Karta Magnetske VARIJACIJE (Var)	14
Slika 19.	Magnetska varijacija i devijacija. Varijacija (Var)-kut između pravog i magnetskog meridijana. Devijacija (δ)-kut između magnetskog i kompasnog meridijana.....	15
Slika 20.	Žiroskop.....	16
Slika 21.	Brodski zvrčni kompas.....	16
Slika 22.	Ponavljajući zvrčni kompas.....	16
Slika 23.	Merkatorova (navigacijska) karta	17
Slika 24.	Generalne karte (izdanje HHI)	18
Slika 25.	Kursne karte (izdanje HHI).....	19
Slika 26.	Primjer navigacijske karte, HHI.....	20
Slika 27.	Prikaz vektorske karte	21
Slika 28.	Integrirani brodski sustav	22
Slika 29.	Oglas za pomorce, HHI	23
Slika 30.	Oglas za pomorce, Admiralty	23
Slika 31.	Primjer oglasa za ispravljanje navigacijskih karata (Tracings).....	24
Slika 32.	Važniji priručnici	25
Slika 33.	Znakovi i kratice, HHI.....	25
Slika 34.	Primjer znakova i kratica, HHI	25
Slika 35.	Označavanje plovni putova IALA sustav pomorskih oznaka	26
Slika 36.	Azimut i udaljenost od jednog objekta	27
Slika 37.	Dva azimuta od dva objekta.....	27
Slika 38.	Dvije udaljenosti od dva objekta.....	27
Slika 39.	Azimut od jednog i udaljenost od drugog objekta	27
Slika 40.	Dvije udaljenosti i azimut od dva objekta	28
Slika 41.	Tri azimuta od tri objekta	28
Slika 42.	Pozicija u razmaku vremena I.....	28
Slika 43.	Pozicija u razmaku vremena II.....	28
Slika 44.	Izbor plovidbenog puta i plovidba	30
Slika 45.	Plan putovanja, strana 1.....	31
Slika 46.	Plan putovanja, strana 2.....	32
Slika 47.	Plan putovanja, strana 3.....	32

Slika 48.	Plan putovanja, strana 4.....	33
Slika 49.	Morske mijene	34
Slika 50.	Visina mora.....	34
Slika 51.	Konjunkcija (lijevo) i opozicija (desno).....	35
Slika 52.	Kvadratura	35
Slika 53.	Tablica morskih mijena 1	35
Slika 54.	Tablica morskih mijena 2	35
Slika 55.	Raspored morskih struja.....	36
Slika 56.	Loksodroma.....	37
Slika 57.	Ortodroma.....	37
Slika 58.	Na Merkatorovoj karti, loksodoma pravac – ortodoma krivulja.....	37
Slika 59.	Ortodroma na gnomonskoj karti - određivanje među točaka.....	38
Slika 60.	Ortodroma na Merkatorovoj karti - ucrtavanje među točaka.....	38
Slika 61.	Vertikalna širina impulsa (obično između 15° - 30°).....	40
Slika 62.	Horizontalna širina impulsa (obično između 1° - 2°)	40
Slika 63.	Prosječne vrijednosti odašiljačkog impulsa.....	40
Slika 64.	Tri segmenta GPS sustava	43
Slika 65.	Orbitalni segment.....	43
Slika 66.	Satelit GPS sustava	43
Slika 67.	3D satelitsko pozicioniranje.....	44
Slika 68.	Samyung GPS/GLONASS prijemnik.....	44
Slika 69.	Princip mjerenja dubine.....	45
Slika 70.	Furuno dubinomjer	45
Slika 71.	Garmin GPSMAP 188 Sounder	45
Slika 72.	GARMIN GPSMAP 188 Sounder	45
Slika 73.	Sperry UZ brzinomjer	46
Slika 74.	Svojstva Sperry UZ brzinomjera.....	46
Slika 75.	AIS prijemnik	47
Slika 76.	AIS prikaz komunikacije	48
Slika 77.	Furuno NAVTEX prijemnik	49
Slika 78.	Spajanje VDR-a na navigacijskom mostu	50
Slika 79.	Fiksna zaštitna kapsula.....	50
Slika 80.	VDR sustav	51