

Upotreba i pouzdanost navigacijske opreme u područjima polarne navigacije

Jurki, David

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:187:722697>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



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

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

DAVID JURKI

**UPOTREBA I POUZDANOST NAVIGACIJSKE OPREME U
PODRUČJIMA POLARNE NAVIGACIJE**

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2020.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

**UPOTREBA I POUZDANOST NAVIGACIJSKE OPREME U
PODRUČJIMA POLARNE NAVIGACIJE
USAGE AND RELIABILITY OF NAVIGATIONAL
EQUIPMENT IN POLAR NAVIGATION AREAS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Integrirani navigacijski sustavi

Mentor: doc. dr. sc. David Brčić

Student: David Jurki

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112071590

Rijeka, rujan 2020.

Student: David Jurki

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112071590

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Upotreba i pouzdanost navigacijske opreme u područjima polarne navigacije izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Davida Brčića.

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

Suglasan sam s trajnom pohranom završnog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te Nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:

a) rad u otvorenom pristupu

b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH

c) pristup korisnicima matične ustanove

d) rad nije dostupan

Student

Jurki David

SAŽETAK

Pomorska polarna navigacija daleko je zahtjevnija od ostalih vrsti pomorske navigacije te uključuje mnogo veću spremnost posade za upravljanje i održavanje broda. Zahtjeva drugačiji način rada i održavanja navigacijskih uređaja na brodu. Radi sigurnosti ljudi i posade na brodu unutar međunarodne konvencije o sigurnosti života na moru donesen je poseban kodeks koji se zove kodeks o plovidbi polarnim područjima. U njemu su sadržane upute kako pripremiti brod za polarno putovanje. Ovaj rad predstavlja uvid u plovidbu polarnim rutama, načinu i pojedinostima rada navigacijskih uređaja, izazovima koje zadaje led na moru te postavlja i razrađuje pitanje o pouzdanosti navigacijskih karata, kao najosnovnijoj opremi na brodu, izrađenim po standardnim Merkatorovim kartografskim projekcijama.

Ključne riječi: polarna navigacija, polarna područja, navigacijska oprema, kodeks o plovidbi polarnim područjima, pomorske navigacijske karte

SUMMARY

Sea polar navigation is far more demanding comparing to other types of sea navigation and involves much more crew readiness to steer and maintain the ship. It requires a different way of work and maintenance with navigational equipment. For the sake of safety of both people and crew on board, a specific Code for voyages in polar areas in adopted within International Convention on Safety of Life at Sea (SOLAS). It is called Polar Code and it gives special instructions on how to prepare the ship for navigation in polar waters. This paper presents an insight into navigation in polar waters, modes and features of navigational equipment, and challenges caused by ice on sea. As well, it raises and elaborates the reliability of navigational charts as the most basic equipment on ship made according to the Mercator projection.

Keywords: polar navigation, polar areas, navigational equipment, Polar Code, navigational charts

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. POMORSKA NAVIGACIJA	2
2.1. OPĆENITO O POMORSKOJ NAVIGACIJI	2
2.2. PODJELA POMORSKE NAVIGACIJE.....	3
2.2.1. <i>Podjela pomorske navigacije prema sredstvima za dobivanje položaja broda</i> ... 3	
2.2.2. <i>Podjela pomorske navigacije prema području plovidbe</i>	4
2.3. NAVIGACIJSKA OPREMA ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA.....	6
2.3.1 <i>Oprema za kontrolu brzine</i>	7
2.3.2 <i>Oprema za kontrolu kursa</i>	8
2.3.3 <i>Oprema za kontrolu dubine</i>	9
2.3.4 <i>Oprema za određivanje položaja broda</i>	10
2.3.4.1 Pomorske navigacijske karte	11
2.3.4.2. Globalni navigacijski satelitski sustav	12
2.3.5 <i>RADAR</i>	14
2.3.6 <i>OPREMA ZA PRIBAVLJANJE METEOROLOŠKIH PODATAKA</i>	15
3. POMORSKA NAVIGACIJA POLARNIM PREDJELIMA	16
3.1. POMORSKA POLARNA NAVIGACIJA KROZ POVIJEST – OD ZAČETAKA DO DANAS	17
3.1.1 <i>POČETCI POMORSKE POLARNE NAVIGACIJE</i>	17
3.1.2. <i>POMORSKA POLARNA NAVIGACIJA U 21. STOLJEĆU i STATISTIKA PROLASKA POLARNIM RUTAMA</i>	19
3.3. IZRADA PLANA PUTOVANJA POLARNIM PODRUČJIMA	20
3.4. BRODOVI ZA POLARNU NAVIGACIJU PREMA KODEKSU O PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA	21
3.4.1 <i>LEDOLOMCI</i>	22
3.4.2. <i>SREDSTVA I OPREMA ZA SPAŠAVANJE NA BRODOVIMA NAMJENJENIM PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA</i>	23
3.5. LED KAO OGRANIČENJE U POLARNOJ NAVIGACIJI.....	24

4. NAVIGACIJSKA OPREMA NA BRODOVIMA ZA PLOVIDBU U POLARNIM PODRUČJIMA	27
4.1 POSEBNOST NAVIGACIJSKE OPREME NA BRODOVIMA ZA POLARNA PUTOVANJA	27
4.2. POUZDANOST POMORSKIH KARATA POLARNIH PODRUČJA.....	30
5. RAZMATRANJA	34
6. ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA	36
POPIS SLIKA.....	38
PRILOG	39
POTVRDA ZA BRODOVE KOJI PLOVE POLARNIM PODRUČJIMA I ISPUNJAVAJU UVJETE DANE U KODESKU O PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA	39

1. UVOD

Pomorska polarna navigacija zabilježena je od ranih dana ljudske potrebe za pomorstvom, međutim radi primitivnih navigacijskih uređaja, nerazvijenosti tadašnjih brodova i manjkom znanja o vremenskim prilikama i ledu nije bila učestala. Prvi pohodi na polarna mora često su završavala tragično. Razvojem tehnologije navigacijske opreme na brodovima, konstrukcije brodova i potrebom novih puteva iz Europe ka Aziji postepeno se sve više počela prakticirati. S vremenom donesene su posebne regulative i zakoni za brodove koji plove polarnim morima kako bi se što učinkovitije i s velikim uspjehom moglo ploviti morima ekstremno hladnih vremenskih uvjeta.

Polarni krajevi područja su koja okružuju Zemljin Sjeverni te Zemljin Južni pol. Sjeverni pol zove se Arktik, a Južni Antarktik. Arktik je polarna regija smještena na najsjevernijem dijelu Zemlje. Sačinjena je od plutajuće formacije leda okružena oceanom. Južni pol zove se Antarktik i područje je oko starog kontinenta Antarktika okruženog oceanom. Sjevernim morima oko Sjevernog pola najprije se počelo ploviti dok je južnim polarnim morem brod zaplovio tek mnogo kasnije.

U ovom radu kroz šest poglavlja detaljno će se analizirati polarna navigacija, potrebe posade i uređaja na brodovima za takva putovanja, kako se sa iznimno hladnim vremenskim uvjetima nositi i vitalnim održavati brod tokom cijelog putovanja.

Isprva će se predstaviti pojam *pomorske navigacije*, rastumačiti podjela te navesti koju navigacijsku opremu treba imati jedan komercijalni brod 21. stoljeća.

Zatim će se analizirati navigacija polarnim predjelima, njen povijesni prikaz te problemi i ograničenja s kojima se susreće pomorac prolazeći polarnim predjelima. U idućem djelu sagledati će se navigacijska oprema u brodovima za polarna putovanja i postaviti pitanje pouzdanosti karata polarnih područja.

Naposljetku će biti postavljena osobna razmatranja te zaključak.

2. POMORSKA NAVIGACIJA

Cilj i zadatak svake pomorske navigacije je da se brod na siguran i učinkovit način dopremi do mjesta odredišta. Tijekom putovanja posada se mora koristiti uređajima razne namjene koji se skupno nazivaju navigacijski uređaji i kojima je u cilju praćenje položaja broda u svakome trenutku tijekom plovidbe. Pomorska navigacija danas se odvija preko svih oceana i mora uključujući i polarnih koja su dugi niz godina bila nedostupna za plovidbu.

Pomorska navigacija najčešća je vrsta navigacije jer se brodovima svakodnevno prevozi iznimno puno tereta među državama. Odgovor o tome zašto se najviše teret prevozi morem ekonomske je naravi; pomorska razmjena dobara među državama najjeftinija jer osim ulaganja prihvatnih terminala i opreme samog broda nije potrebno ulagati u pomorske puteve.

2.1. OPĆENITO O POMORSKOJ NAVIGACIJI

Pomorska navigacija (lat. *Navigare*, kretanje) skup je vještina i tehnika kojima se brod od jednog mjesta meteorološkim izabranim rutama i uporabom brodskih, danas ponajviše električnih instrumenata različite specifične namjene, dovodi ka drugom mjestu. Uz korištenje instrumenata, za određivanje plovnog puta uzimaju se čimbenici geometrije puta, ekonomski, politički i geostrateški te vojni čimbenici¹.

Pomorskom navigacijom čovjek se bavi od najranijih razdoblja ljudskog čovječanstva. Jednostavne karte, jednostavna opažanja okoline, Sunca, mjeseca i zvijezda bila su prvi elementi kojima se moreplovac koristio ploveći morima. Kasnijim razvojem znanosti razvila su se sofisticiranija pomagala, metode i detaljnije karte, a danas je to velikom većinom unutar jednog računalnog i elektroničkog sustava koji pomorcu u značajnoj mjeri olakšava plovidbu i dobivanje položaja.

Pomorsku navigaciju možemo podijeliti u nekoliko različitih povijesnih razdoblja. Predkompasno razdoblje je prvo povijesno razdoblje u kojemu se pomorac koristio metodama opažanja okoline i praćenjem zvijezda. Isprva je plovio isključivo danju radi sigurnosti i činjenice da se oslanjao samo na svoj vidokrug oko broda. Kasnije je primijenio spoznaje o astronomiji te plovio prateći zvijezde. Drugo razdoblje jest kompasno razdoblje i definira ga pojava kompasa koja je označavala revoluciju pomorske navigacije. Kompas se od onda nipošto ne izostavlja s broda i predstavlja neizostavan dio navigacijske opreme. Poslije pojave kompasa, pojavljuje se kronometar koji je pokrenuo novu eru pomorstva. Pojavom kronometra omogućen je izračun geografske dužine što je bilo od ogromnog značenja za daljnja geografska otkrivanja i lociranje novootkrivenih zemalja. Dovodjenjem radiogoniometra na prvi radiofar, pomorstvo je zakoračilo u razdoblje elektronske navigacije. Postepeno se zajedno s radiofarom na brodove uvode i računala te automatizacija višeg stupnja. Iduće razdoblje počinje pojavom prvog satelitskog sustava. U ovom razdoblju

¹ Kos S., Zorović D., Vranić D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 19.

pomorstvo je doseglo visoki stupanj sigurnosti i povezanosti s kopnom. Posljednje razdoblje pomorstva je autonomna navigacija. Autonomna navigacija temelji se na daljinskoj i senzornoj tehnologiji te omogućuje da se brod u potpunosti bez posade upravlja s kopna.²

2.2. PODJELA POMORSKE NAVIGACIJE

Pojam pomorske navigacije može se podijeliti u nekoliko kategorija. Može se podijeliti kojim područjem brod plovi, na kojoj udaljenosti od obale ili kojim predjelom Zemlje i kojim se sredstvima i instrumentima posada služi za dobivanje položaja.

U prvim danima pomorske navigacije, pomorska navigacija mogla se podijeliti na obalnu i preookeansku navigaciju vođenu astronomski i terestričkim markantnim objektima, no razvojem tehnologije i znanosti u svijetu koja se prožela kroz pomorstvo, pojam pomorske navigacije može se svrstati u neusporedivo više kategorija.

Potreba je današnjice da se pojam pomorske navigacije kategorizira i odjeljuje kako bi se stručnije svakoj kategoriji individualno pristupilo i time ju što više i unaprijedilo. Primjerice, individualni pristup samo kategoriji brodova polarnih područja dat će kao rezultat mnogo više u otklanjanju postojećih problema nego da se generalno pristupa svim brodovima i na taj način rješavaju i otklanjaju problemi.

2.2.1. Podjela pomorske navigacije prema sredstvima za dobivanje položaja broda

Da bi čovjek na moru mogao točno ili barem približno znati gdje se nalazi i kojim smjerom ploviti može praćenjem jednog ili više objekta na obali. Azimut nazivamo kutnu udaljenost na odabrani objekt, a navigacija koja se temelji na praćenju kutne udaljenosti zove se terestrička navigacija. Terestrička navigacija jest prva metoda navigacije kojom su se pomorci koristili pri plovidbi morem pošto ne zahtjeva mnogo; ispravna pomorska karta, kompas, navigacijski pribor (trokut, šestar, paralelno ravnalo) i „dobro oko“ časnika. Također služi kao podloga drugim, recentnijim metodama dobivanja položaja.

Položaj broda može se dobiti osmatranjem nebeskog tijela pomagalom koji se naziva sekstant. Sekstant (lat. *Sexstans*) je ručni instrument koji služi za određivanje kuta između horizonta i astronomskih objekata za astronomsko vođenje broda u navigaciji. Taj način navigacije zove se astronomska navigacija.

Kada navigator dobiva položaj putem uređaja koji očitava elektromagnetske valove, radi se o elektroničkoj navigaciji. Elektronička navigacija pripada suvremenim načinima plovidbe. Skup računala koji dobivaju tim putem položaj danas su neizostavan dio svakog zapovjedničkog mosta. Za takvu vrstu navigacije na brodu potrebna je velika količina

² Radman I.: *Razvoj autonomnih brodova i komunikacijskih sustava za autonomiju*, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2019., p. 5.

opreme počevši od samog izvora struje do modernih računala. Iako neizostavna i česta u uporabi, plovidba elektroničkim putem treba se koristiti s velikom pažnjom radi mogućih grešaka unutar samog sustava. Jedna greška primjerice unutar integriranih elektroničkih karata može dovesti do katastrofalnih posljedica u samoj plovidbi.

Naposljetku položaj broda možemo dobiti i koristeći prethodni položaj dobiven uz uporabu brzinomjera, dubinomjera, daljinomjera i pretpostavljenih hidrometeoroloških uvjeta. Na prethodan položaj uračunat će se uvjeti kojima brod plovi te dobiti novi položaj. Na taj način navigator „zbraja“ uvjete te dolazi do novog položaja. Takav oblik navigacije zove se zbrojena navigacija i može ju obavljati elektronički uređaj automatizmom ili sam časnik u plovidbi.

2.2.2. Podjela pomorske navigacije prema području plovidbe

Ovisno o području navigacije pomorska navigacija može biti: obalna, oceanska ili polarna³

Obalna navigacija je vrsta navigacije u kojoj brod plovi uz obalu. Plovidbom broda na cijelom putovanju vidljiva je obala i objekti na njoj. Brod koji plovi obalnom navigacijom pod konstantnim je nadzorom od strane obalne države kako bi se spriječilo kršenje ikakvih zakona dotične države⁴.

Oceanska navigacija jest plovidba preko oceana, odnosno samim oceanom. Brod većinu svojeg putovanja nema doticaja sa unutrašnjim vodama država već plovi isključivo otvorenim morem, kojemu pripadaju većinski dijelovi oceana. Oceansku plovidbu karakterizira manji broj luka doticaja za vrijeme putovanja u odnosu na obalnu navigaciju.

Polarna navigacija smatra se plovidbom područjima Zemljinog Južnog te Sjevernog pola. Plovidba tim predjelima zahtjeva posebne regulative, zahtjevniju opremu broda i posebnu obuku časnika u plovidbi. Polarna navigacija mnogo je rizičnija i zahtjevnija nego ostale vrste navigacije. Polarna područja naziv su za Zemljin Sjeverni te Južni pol. Polovi su točke na vrhu zamišljene osi oko koje se vrti Zemlja. Sjeverni pol ili Arktik (grč. *Arktos*, sjever) područje je oko najsjevernijeg dijela Zemlje. Geografski je određen područjem iznad sjeverne polarnice koja se nalazi na 66° 33' sjeverne geografske širine i predstavlja centar sjeverne polutke na Zemlji. Dok je Južni pol konkretno kopno na kontinentu Antarktike, Sjeverni jest plutajuća formacija leda u Arktičkom Oceanu. Led na sjevernome polu nema uvijek istu veličinu; dok je u ljetnim mjesecima formacija leda najveća (u kolovozu) u proljetnim mjesecima je ona najmanja (u veljači) radi nagiba Zemlje čime povezujemo priljev topline različit tijekom mjeseca u godini. Zato se na polarnim područjima poznaju samo dva godišnja doba - ljeto i zima. Na sjevernoj polutci Sunce je konstantno iznad horizonta tokom ljetnih mjeseci i konstantno ispod horizonta tijekom zimskim mjeseci. Tijekom dugih zimskih noći koji počinju od travnja kada je Sunce ispod horizonta i vlada

³ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 21.

⁴ Luttenberger, A.: *Osnove međunarodnog prava mora*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006., p. 41.

potpuni mrak (polarna noć) temperatura na Sjevernom polu ima niske vrijednosti ispod nule i varira od -30°C do -40°C , a tokom ljetnih dana kada je sunce iznad horizonta (polarni dan) temperatura raste te dolazi do otapanja leda⁵. Trenutno Sjeverni pol nije pod teritorijem niti jedne države koja ga okružuje, a okružuju ga Rusija, Kanada, SAD i Greenland. Samo 200 nautičkih milja od obala koje ga okružuju smatra se njihov ekonomski pojas, dok je ostatak pod upravom međunarodnog zakona i vrijede međunarodna pravila (engl. *International law*). Na Sjevernom polu nije konstatirana ni utvrđena niti jedna vremenska zona pa se u praksi uzima ona koja je najpraktičnija, primjerice srednje vrijeme po Greenwichu (engl. *Greenwich Mean Time - GMT*).

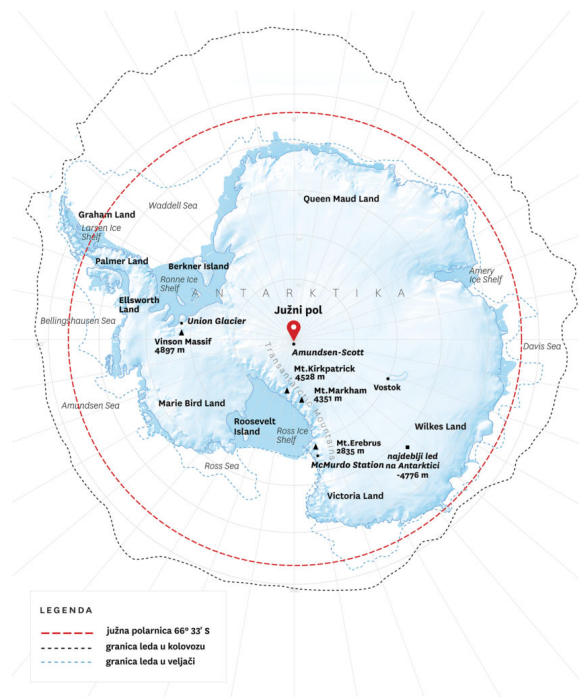


Slika 1. Područje Sjevernog pola

Izvor : <https://www.kek.hr/uvod-u-polarne-krajeve/>

Južni pol ili Antarktik (grč. *Anti* i *Arkos*, anti-sjever) područje je određeno granicom južne polarnice koja se nalazi na 66° i $33'$ južne geografske širine i predstavlja centar južne Zemljine polutke. Južni pol smješten je kontinentu istoga imena koji je pokriven ledom.

⁵ Gelo, B.: *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Odjel za promet i pomorstvo, Zadar, 2010., p. 358.



Slika 2. Područje Južnog pola

Izvor : <https://www.kek.hr/uvod-u-polarne-krajeve/>

Čak 98 % površine cijelog kontinenta pokriveno je ledom i ta površina leda čini oko 85 % ukupnog leda u svijetu. Južni pol je vrh visine od 2835 m dok je Sjeverni zamišljena točka. Iznad kopna pokrivenog snijegom ili ledom temperature zraka su znatno niže i približavaju se najnižim vrijednostima na Zemlji⁶. Zimske temperature čestu su ispod -60° . Najniža temperatura na Zemlji izmjerena je na Antarktiku i iznosi čak -89° . Razlog zbog kojega su temperature zraka niže na Antarktici nego na Sjevernom polu, je taj što more služi kao skladište topline. Zato Sjeverni pol ima više temperature nego Južni pol kojemu je „baza“ kopno. Na Južnom polu također ne postoje vremenska zona. Iako ne postoji niti jedan *a priori* razlog zašto bi se ono tamo uvodilo, u praksi se uzima Novozelandsko vrijeme (UTC +12).

2.3. NAVIGACIJSKA OPREMA ZAPOVJEDNIČKOG MOSTA

Praćenje gdje se brod i na koji način kreće, kojom brzinom plovi ili koji mu je trenutni položaj odvija se uz pomoćnu uređaja smještenih na zapovjedničkome mostu. Danas je točno međunarodnim pravilima donesenima od strane Međunarodne pomorske organizacije (engl. *International Maritime Organization* - IMO) definiran standardni minimum navigacijske opreme sa ciljem da se smanji rizik od moguće pogibelji na moru. Navigacijska oprema nekada je bila samo kompas, karta i sekstant, ali razvojem tehnologije danas je ta oprema

⁶ Gelo, B.: *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Odjel za promet i pomorstvo, Zadar, 2010., p. 358.

mnogobrojnija, ali i daleko zahtjevnija. Oprema se uglavnom zasniva na elektronici. Znanje pomorca nadilazi osnovna znanja o vođenju broda te zahtjeva da se osoba koja će tom opremom rukovati dodatno obrazuje. Iako dovođenjem sofisticiranije opreme na brod zahtjeva mnogo, u pogledu sigurnosti ona je itekako pridonijela i pridonosi konstantnim ažuriranjem i poboljšanjem.

Koliko će konkretno imati opreme prvenstveno ovisi o bruto tonaži samog broda. Svaki brod neovisno o bruto tonaži obavezan je imati uređaj za kontrolu brzine, kursa, dubine, uređaje za dobivanje položaja broda te opremu za dobavu meteoroloških podataka s kopna.

2.3.1 Oprema za kontrolu brzine

Brzina je najznačajnija karakteristika broda. Podatak o brzini mora stalno tijekom putovanja biti dostupan. Dva su osnovna pojma brzine: brzina preko dna i brzina kroz vodu. Brzina kroz vodu jest brzina izravno povezana sa vrtnjom propelera. To je brzina koju bi brod postigao s odgovarajućim brojem okretaja u mirnoj vodi. U proračun te brzine ne uzimaju se vanjski utjecaji kao što su valovi, struje ili vjetar. Brzina preko dna jest brzina koju brod prijeđe uz sve uračunate vanjske utjecaje, odnosno rezultanta brzine kroz vodu i utjecaja valova, struja i vjetrova. Osnovni čimbenici koji utječu na brzinu broda su: snaga brodskih motora, trenje koje djeluje na podvodni trup broda, deplasman i dubina u kojoj plovi.

Brzinomjeri su uređaji za kontrolu i izračun brzine, a u ovisnosti od izmjerene brzine mogu se podijeliti na apsolutne i relativne. Apsolutni mjere brzinu preko dna, a relativni brzinu kroz vodu. Po principu rada dijele se na rotirajuće, hidrodinamičke, električne, elektromagnetske i ultrazvučne.



Slika 3. Zaslom uređaja za kontrolu brzine

Izvor: <https://www.furuno.com/en/merchant/dopplerspeedlog/>

Rotirajući brzinomjer izveden je od tkanoga užeta u obliku pletenice sa spojenim malim propelerom na kraju. Okretaji na propeleru se prenose na užu. S užeta se to prenosi na mehanizam koji bilježi prevaljeni put. Potom se preko prevaljenog puta izračunava brzina

broda ⁷. Električni brzinomjer je mala turbina na trupu broda koja preko brzine strujanja vode daje podatak o brzini. Najpoznatije izvedbe električnih brzinomjera su Forbesov i Chernikijev. Hidrodinamički brzinomjer je smješten na dnu broda blizu kobilice i dobiva podatak o brzini na temelju razlike hidrostatičkih tlakova na dnu broda i u vodi na toj dubini. Elektromagnetski zasniva se na senzoru i elektrodama kojima se mjeri indukcija prouzrokovana strujanjem vode koje mijenja inducirani napon. Posljednji, ultrazvučni brzinomjer mjeri brzinu broda na temelju Dopplerovog efekta. Ultrazvučni tip brzinomjera najprecizniji je tip te je u stanju pokazati brzinu, ne samo vožnjom naprijed, već krmom i bočno.

2.3.2 Oprema za kontrolu kursa

Održavanje i kontrola kursa i orijentacija na moru glavni su zadatci pomorca. Održavanje kursa ostvaruje se kormilom i kormilarskim uređajem, a kontroliranje kursa može se obavljati na dva načina: astronomski i kompasno. Kurs je horizontalni kut s vrhom u šiljku ruže kompasa između sjevera odnosno meridijana pravog i uzdužnice broda u smjeru pramca.⁸ Ruža kompasa je stupanjaska podjela počevši od sjevera (N) kojemu je dodijeljen nulti stupanj (0°) sve do 360°. Istok nalazi se na 90°, jug na 180°, a zapad na 270°.

Astronomski se kurs prati i održava praćenjem astronomskih objekata golim okom ili instrumentom koji se zove sekstant. Astronomski pratiti kurs značilo bi postaviti kut na astronomski objekt (primjerice zvijezdu ili zvijezde) te održavati kormilom kurs na taj astronomski objekt.

Kompasno kontrolirati kurs znači pratiti odklon igle na ruži kompasa za vrijeme plovidbe. Kompas je osnovni i najstariji navigacijski instrument. Razne su vrste kompasa, ali strane IMO organizacije obavezne su dvije vrste: magnetski kompas i žirokompas. Na brodovima za polarna područja dodatno se mora nalaziti i izvedba kompasa u koji je integriran s tehnologijom globalnog navigacijskog satelitskog sustava.

Magnetski kompas sačinjen je od kompasne igle te kompasne ruže. Kompasna igla pod utjecajem je magnetskih silnica planete Zemlje te se uvijek otklanja u smjeru silnica i pokazuje magnetski sjever Zemlje, a ne geografski⁹. Magnetski polovi Zemlje su točke na Zemlji gdje su silnice magnetskog polja Zemlje okomite na Zemljinu površinu, a geografski polovi su točke na Zemljinoj površini gdje ih siječe rotacijska os Zemlje. Budući da radi na principu silnica, nema izvor napajanja te je od njega neovisan. Radi utjecaja feromagnetskog materijala i električnih instalacija kompasna igla ima određeni odklon te ne pokazuje pravi sjever, već kompasni, a ne magnetski meridijan. Taj efekt zove se devijacija. Uz to i radi promjene cjelokupne raspodjele magnetskog toka, odnosno magnetskih polova Zemlje,

⁷ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 210.

⁸ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 31.

⁹ *Magnetic compass*, 26.6.2020., online: <https://www.britannica.com/technology/magnetic-compass> (10.8.2020.)

javlja se i deklinacija kompasne igle. Deklinacija je kut između pravog (geografskog) i magnetskog meridijana.



Slika 4. Magnetski kompas

Izvor: <http://hr.china-compass.net/magnetic-compass/cpl-190-magnetic-compass-vertical-type-liquid.html>

Žirokompas (eng. *gyro – compass*) jest sačinjen od žiroskopa koji se rotira velikom brzinom oko osi simetrije spojenog zajedno sa kompasom. Os žiroskopa ovješena je i podešena tako da se uvijek okreće prema sjeveru. Za razliku od magnetskog kompasa, žirokompas je spojen sa napajanjem na brodu. Na njega radi izvedbe s žiroskopom ne utječu silnice magnetskog polja niti metal na brodu.

2.3.3 Oprema za kontrolu dubine

Oprema kojom se kontrolira dubina naziva se dubinomjer. Dubina je jedan od najznačajnijih elemenata o kojem se mora voditi računa. Podatak o dubini često je ograničavajući čimbenik, stoga je u svakome trenutku potrebno da on bude dostupan primjerice radi ulaska u luku ili pak sidrenja. Isprva, do dovođenja moderne tehnologije na brod, dubina se mjerila jednostavnom metodom plovka. Na užad pričvrstio bi se plovak od olovnog materijala koji se spuštao do dna. Uže bi bilo baždareno i nakon što se izvukla iz mora, očitala bi se dubina. Moderna izvedba dubinomjera je na temelju ultrazvučnih valova po čemu je i dobio ime - ultrazvučni dubinomjer ili sonar. Ultrazvučni dubinomjer je smješten na dnu broda. Iz njega se emitiraju određeni ultrazvučni valovi koji putuju do dna te se od njega reflektiraju nazad. Zvučni valovi najbolje se emitiraju kroz vodu za razliku od primjerice svjetla ili elektromagnetskih valova. Sonar emitira do 600 kratkih impulsa koji se reflektiraju od dna ili leda te na temelju vremena koje je potrebno da se vrati u prijammnik izračunava dubinu¹⁰. Podatak koji se izračuna prikazuje se na računaru koji se nalazi na zapovjedničkom mostu broda.

¹⁰ Cult of Sea: *Echo Sounder*, online: <https://cultofsea.com/bridge-equipment/echo-sounder/> (1.9.2020.)



Slika 5. Zaslون uređaja za mjerenje dubine mora

Izvor: <https://www.furuno.com/en/products/echosounder>

2.3.4 Oprema za određivanje položaja broda

Kako bi pomorac mogao što preciznije odrediti položaj, za to mu nije potrebno samo „dobro oko” već i oprema. Osnovna oprema za prikaz položaja broda je pomorska karta. Na nju će se, ako karta nije elektroničkog oblika ručno ucrtavati pozicije koje se očitaju tijekom plovidbe. Prvo i najjednostavnije položaj broda možemo dobiti koristeći široko dostupan dalekozor. Njime se s broda odabere jedan, dva ili pak više terestričkih objekata. Na karti se ti terestrički objekti pronađu i identificiraju te se ucrtaju azimuti. U sjecištu azimuta dobije se trenutna pozicija. Zatim, pozicija broda može se dobiti sekstantom, metodom pozicijske astronomije. Putem matematičkih formula dobiva se položaj nebeskih tijela na nebeskoj sferi pa tako i koordinate motritelja¹¹. Pomorska karta, dalekozor i sekstant pripadaju ručnim metodama dobivanja pozicije. Danas su u uporabi mnogo više elektro-računalski sustavi najčešće povezani sa satelitskim sustavom koji u iznimno kratkom vremenu dobivaju točnu poziciju broda. Neke od elektro-računalne opreme za dobivanje i kontrola pozicije broda su: radar, ARPA i ECDIS. Radar (engl. *Radio Detection And Ranging*, otkrivanje i određivanje udaljenosti) dobiva položaj broda putem elektromagnetskih valova koji se emitiraju iz radarske antene. Elektromagnetski valovi reflektiraju se od obale i radarski uređaj na temelju odsjeka „iscrtava“ sliku na zaslonu računala. Na temelju dane slike određuje se položaj broda. ARPA (engl. *Automatic Radar Plotting Aids*, automatizirano pomagalo za plotiranje) računalno je radarsko pomagalo kojemu je svrha da otkriva okolne brodove te ih kontinuirano prati. ARPA ponajviše služi za dobivanje podataka o položaju okolnih brodova, no na temelju njih može se izračunati i dobiti položaj vlastitog broda. Informacijski sustav i prikaz elektroničkih karata (engl. *Electronic Chart Display and Information System – ECDIS*) sustav je koji je nastao objedinjavanjem elektroničkih navigacijskih karata unutar geografskog informacijskog sustava (engl. *Geographic Information System - GIS*) i globalnog sustava za određivanje položaja (engl. *Global Positioning System - GPS*). Na

¹¹ Kitarović, I.: *Navigacijska astronomija*, Visoka pomorska škola, Rijeka, 2000., p. 9.

elektroničkim kartama u svakome trenutku prikazan je položaj broda. Danas se suvremeni pomorac radi dinamike posla više oslanja na korištenje elektroničkih sustava nego ručnih metoda za dobivanje položaja.

2.3.4.1 Pomorske navigacijske karte

Temeljna oprema koju svaki brod treba imati je pomorska navigacijska karta. Dvije su osnovne vrste pomorskih karata: papirnate i elektroničke. Svaka pomorska karta treba biti ažurirana radi promjena nastalih u okolini. Elektroničke karte se ažuriraju automatski ili ručno na računalu, dok se papirnatu mora fizički ispraviti ili zamijeniti. Iako je papirnata karta propisana da mora biti na brodu, sve se više razmatra o uvođenju samo elektroničkih karata. Time je pomorstvo zakoračilo u *paperless* eru plovidbe.

Papirnata karta grafički je prikaz plovno-pomorskog područja. Izdana je od strane hidrografskih instituta. Na sebi imaju niz informacija te se na temelju toga mogu klasificirati u 3 velike skupine: navigacijske, pomoćne i informativne¹². Prva velika skupina pomorskih papirnatih karata jesu navigacijske namijenjene za navigaciju; ucrtavanje pozicija i unošenje kursova glavna im je zadaća. Prikaz su plavo obojanih plovnih područja, sa mrežom meridijana i paralela za ucrtavanje položaja broda. Najčešće je prikazan samo jedan dio obale, ali ne cijeli, za razliku od standardnih topografskih koji prikazuju cjelokupno kopneno područje. Razlog je tome što nije potreba imati ucrtano cijelo kopneno područje već samo dio uz plovni put. Najčešće su izrađene na temelju Merkatorove projekcije. Radi svoje specifičnosti u izvedbi Merkatorova projekcija ne koristi se za izradu karata za plovidbu polarnim područjima.

Karata ima mnogo jer je jedna karta namijenjena za jedno područje. Dodatno se mogu kategorizirati na temelju mjerila u kojemu su izdane – od generalnih karata koje pokrivaju velika morska prostranstava do karata krupnijih mjerila za planove primjerice luka ili zaljeva. Druge, informativne karte služe informiranju pomorca tokom plovidbe. Informativne karte su primjerice karte struja, karte leda za polarna područja, klimatološki atlas ili pak karte vezova za pojedine luke. Posljednje, pomoćne karte koriste se za rješavanje raznolikih navigacijskih zadataka. Bijela karte i slijepe karte okosnice neke su od primjera pomoćnih karti. Bijele karte najčešće su uporabi jer se koriste za ucrtavanje stajnica za astronomsku ili zbrojenu navigaciju. Ažuriranja karata vrši se ili fizičkom zamjenom karte ili ručnim unošenjem ispravaka. Časnik je informaciju o ispravci ili promjeni dobio u oglasu za pomorce (engl. *Notice to Mariners*) i putem regionalnih centara za koordinaciju.

¹² Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2010., p.177.



Slika 6. Primjer papirnate navigacijske karte

Izvor: <http://www.hhi.hr/catalogmaps/viewmap/75>

Pojavom geografskog informacijskog sustava pojavljuju se elektroničke karte. Elektroničke karte digitalni su oblik papirnatih karata čija je uloga na brodu jednaka papirnatim – praćenje plovidbe, prikaz položaja broda te vođenje navigacije. Dobivanje položaja se ne odvija ručno već automatizmom unutar računalnog programa spojenog na navigacijsku opremu. Za uporabu digitalne kartografije na brodu potreban je niz preduvjeta kao što je stalan dotok struje i niz računalne opreme na kojima će se prikazivati podatci o položaju broda. Elektroničke karte dijele se u dvije posebne kategorije: rasterske i vektorske. Međusobno se razlikuju u načinu na koji su u sustav unesene. Rasterske karte nisu ništa više nego skenirane papirne karte dok su vektorske mnogo složenije. Vektorizacija je postupak prijenosa podataka iz analognog u digitalni oblik¹³. Rasterska karta zumiranjem daje mutnoću na slici, dok se vektorska algoritamski mijenja i prilagođava. Vektorska karta još se i naziva slojevita karta jer daje mogućnost da se na sliku na zaslonu dodatno postavljaju informacije koje bi mogle pomoći u plovidbi. Ažuriranje elektroničkih karta znatno je lakše i jednostavnije nego kod papirnatih. Kod elektroničkih se to odvija automatski putem prijenosnog medija ili telekomunikacijskim putem. Ispravke izdaje regionalni centar za koordinaciju elektroničkih navigacijskih karata (engl. *Regional Electronic Navigational Chart Coordinating Centre*). Danas je tendencija da se sve više upotrebljava digitalna kartografija radi sveukupne dinamike posla na brodu, jednostavnosti i sigurnosti.

2.3.4.2. Globalni navigacijski satelitski sustav

¹³ Kos S., Zorović D., Vranić D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 185.

Globalni navigacijski satelitski sustav (engl. *Global Navigational Satellite System - GNSS*) je vrsta sustava za dobivanje položaja koji je na brodove došao polovicom 20. stoljeća i uporabi je do danas. GNSS sustavi uključuju skupove satelita u Zemljinoj orbiti koji odašilju podatke putem signala u zemaljske GNSS prijavnike. U GNSS pripada Europski Galileo, Globalni sustav za određivanje položaja Sjedinjenih Američkih Država (engl. *Global Positioning System - GPS*), Ruski *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikova Sistema* (engl. *Global Navigation Satellite System - GLONASS*) i Kineski *BeiDou Navigation Satellite System*¹⁴.

Za određivanje položaja satelitskim navigacijskim sustavima najčešće se koristi GPS sustav. GPS navigacijski je sustav koji vrlo precizno određuje koordinate praćenog objekta, unutar moguće greške od čak 10 metara što je na moru zanemariva vrijednost. Priljev informacija jest stalan, 24 sata na dan. Osnovna konstelacija sastoji se od 24 satelita koji kruže na visini od oko 20335 km iznad Zemljine površine raspoređenih u 6 orbitalnih ravnina. Orbitalne ravnine imaju inklinaciju (nagib prema Zemljinu ekvatoru) od približno 55°. U svakoj orbitalnoj ravnini nalazi se 4 satelita. Za navigacijske svrhe i dobivanje položaja broda potrebne su informacije odašiljane od minimalno 4 satelita koje prijarnik odabire automatski koristeći informacije o efemeridama. Podatke o efemeridama odašilju sateliti. GPS sustav sastoji se od 3 komponente: svemirske komponente, kontrolne komponente i korisničke komponente, uz prisustvo prijenosnog medija. Kontrolni segment nalazi se na kopnu i kontrolira rad sustava. Sateliti na sebi imaju vrlo stabilne atomske satove. GPS prijarnik precizno izračunava poziciju na temelju vremena koje je potrebno da signal stigne od satelita do prijarnika. Signali GPSa za mjerenje udaljenosti emitiraju se na dvije frekvencije. Prva frekvencija iznosi 1572,42 MHz, a druga iznosi 1227,6 MHz¹⁵. Najčešće su brodovi imaju jednu antenu i koriste frekvenciju od 1572,42 MHz. Prijarnik također može raditi na dvije frekvencije te imati dvije ili više antena. Sustav koji radi s dvije antene naziva se *satelitskim kompasom* radi vrlo preciznog izračunavanja kursa preko satelita za razliku od primjerice magnetskog kompasa kojeg prate greške radi magnetskih silnica. Atmosferski uvjeti mogu djelovati na brzinu signala koji se odašilje iz satelita približnom brzinom svjetlosti. Signal odašiljan iz satelita radi atmosferskih utjecaja može se usporiti. Atmosferski utjecaji koji utječu na brzinu signala su ionosfersko i toposfersko kašnjenje. Ionosfersko kašnjenje uzrokovano je radi slobodnih elektrona u ionosferi. Radi elektrona emitirani val se ne širi brzinom svjetlosti, nego manjom koja je proporcionalna s brojem slobodnih elektrona u ionosferi. Problem ionosferskog kašnjenja rješava se izvedbom prijarnika koji može raditi na dvije frekvencije, odnosno modeliranjem pri jednofrekvencijskim prijarnicima. Troposfersko kašnjenje nastaje u troposferi radi promjene relativne vlažnosti, tlaka te temperature. Svaki signal odašiljan sa satelita sadrži informaciju o efemeridama satelita, vrijeme sustava, informacije o satu te identifikacijski kod satelita kako bi se znalo koji satelit odašilje te informacije.

Za komunikaciju putem satelitskog sustava odgovorna je Međunarodna Pomorska Satelitska Organizacija (engl. *International Maritime Satellite Organization- INMARSAT*)

¹⁴ European Global Satellite System Agency: *What is GNSS?*, 2017., online: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss> (10.8.2020.)

¹⁵ Kos S., Zorović D., Vranić D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010., p. 492.

koja radi prema pravilima izdanih od strane SOLAS Konvencije. INMARSAT raspolaže sustavom satelita postavljenim u geostacionarnim orbitama. Problem koji se javlja radi geostacionarnih satelita je nedovoljna pokrivenost Sjevernog i Južnog pola. Kontrola satelita i prijenos informacija pod kontrolom je zemaljskih stanica. Unutar INMARSAT sustava pripada i svjetski sustav sigurnosti i pogibelji (engl. *Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS*) čija je zadaća osigurati pouzdanu komunikaciju radi sprječavanja nezgoda na moru; postaviti načela u komunikaciji u slučaju pogibelji na moru, komunikacija tijekom traganja i spašavanja, prijenos pomorskih informacija i komunikacija između brodova i kopna¹⁶.

2.3.5 RADAR

Uz mnogobrojnu opremu na zapovjedničkom mostu nalazi se i radar. Radar (engl. *Radio Detection And Ranging*, otkrivanje objekata i određivanje udaljenosti) je elektronički uređaj koji putem radiovalova otkriva objekte na horizontu. Vođenje broda, praćenje plovidbe, izbjegavanje sudara na moru, dobivanje položaja broda u plovidbi i za vrijeme manevriranja zadaće su radara na brodu. Postoje dvije vrste radara koji se razlikuju na temelju frekvencije na kojoj rade: X band radar i S band radar. Frekvencija X band radara iznosi 9GHz, a frekvencija S band radara 3GHz.

Putem elektromagnetskih valova koji se emitiraju iz radarske brodske antene, koja je smještena iznad zapovjedničkog mosta, približnom brzinom svjetlosti otkriva objekte na horizontu. Odašani val širi se u okolni prostor te se od objekta (primjerice drugi brod) reflektira nazad u brodsku antenu. Vrijeme koje je potrebno da se odašiljani val nazad reflektira u brodsku antenu jest parametar koji određuje stvarnu udaljenost nekog objekta koji na radarskom zaslonu biva iscrtan. Vrijeme koje je potrebno da elektromagnetski signal pređe put do brodske antene i natrag može se iskazati pomoću formule:

$$t = \frac{2d}{c}$$

gdje je:

t=vrijeme potrebno da se elektromagnetski val reflektira od objekta nazad u radarsku antenu (sek)

d= udaljenost između radarske antene i objekta (km)

c=300 000 (km/sek)

Brodska antena ne miruje, već se rotira oko svoje osi kutnom brzinom (istom brzinom rotira se i pokazivač na radarskom zaslonu) i ta rotacija daje drugi podatak, a to je na kojem se azimutu nalazi detektirani objekt. Svaki radarski uređaj sastoji se od: napajanja, predajnika, antene, prijamnika i pokazivača. Radarski uređaj nije otporan na vanjske

¹⁶ Zec, D.: *Sigurnost na moru*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001., p.148.

utjecaje atmosfere primjerice kiše ili utjecaje valova. Te pojave apsorbiraju energiju i smanjuju jeku vala koja je odaslana iz radarske antene. Radarska se slika radi tih pojava zamućuje. Da bi se zamućenje slike smanjilo, radar ima mogućnost smanjenja smetnji od kiše i mora takozvanim *clutter*ma. Pri nestabilnim vremenskim uvjetima potrebno je smanjiti jačinu intenziteta odraza (engl. *Gain*) na ekranu i jačinu impulsa (engl. *Pulse*) odaslanog iz radarske antene.



Slika 7. Radarski zaslon na zapovjedničkom mostu

Izvor: <https://www.furuno.com/en/merchant/radar/>

Težnja je modernih radarskih sustava da u što kraćem vremenu i na što većoj udaljenosti otkrivaju objekte na morskoj površini zanemarujući pritom sve vanjske atmosfere utjecaje i fizičke utjecaje kao što su to primjerice visoki valovi.

2.3.6 OPREMA ZA PRIBAVLJANJE METEOROLOŠKIH PODATAKA

Podatak o meteorološkom stanju iznimno je bitan za svaku plovidbu i trebao bi biti poznat tijekom cijele plovidbe, a i ranije. Naravno, preciznost vremenskih prilika nije uvijek stopostotna, no za potrebe pomorstva bitan je grubi pregled vremena jer je brod plovilo namijenjeno svim vremenskim prilikama osim onih ekstremnih. Podatak o meteorološkim uvjetima atmosfere brod dobiva od obalnih stanica. Brod može i sam za svoje potrebe izvesti prognoziranje za bližu budućnost. To može putem instrumenata koji se nalaze na brodu, a to su: termometar (instrument za mjerenje temperature zraka), barometar (instrument za mjerenje tlaka zraka), ombrometar ili kišomjer (instrument za mjerenje količine oborina), psihrometar ili vlagomjer (instrument za mjerenje vlažnosti zraka) i anemometar (instrument za mjerenje jačine vjetra). Tim instrumentima brod može u slučaju kakve pogreške u električnim uređajima za dobivanje meteoroloških podataka sam na kratkoročno predvidjeti vremenske uvjete.

Informacije o hidrometeorološkim podatcima na brod pristižu putem faksimila ili na uređaj koji se zove NAVTEX (engl. *Navigational Telex*). Faksimil jest razmjena pomorskih meteoroloških karata. To je foto- i/ili električni- i/ili mehanički postupak koja je moguća

žičanim ili bežičnim putem.¹⁷ Vremensku kartu, koja se odašilje iz centra kao skup impulsa, brod dobiva na faksimil koji radi na određenoj frekvenciji. Stoga se rad odvija na dvije frekvencije, ovisno dobu dana – noćna i dnevna. Uz dobivenu vremensku kartu, meteorološke služba izdaje i pripadne obavijesti.

NAVTEX navigacijski je uređaj za slanje i primanje sigurnosnih informacija. Najprije je zasnovan samo na telegrafiji, a tijekom vremena dodijeljena mu je i telefonija, a dovođenjem GNSS sustava i satelitski sustav. NAVTEX poruke odašiljane od strane sudionika pomorskog prometa su na frekvenciji od 518 kHz, a ukoliko ih šalju državne NAVTEX službe su na frekvenciji od 490 kHz ili 4209,5 kHz. NAVTEX poruke podijeljene su u tri velike kategorije: *vital* (ukoliko je u opasnosti život posade), *important* (potencijalne opasnosti na moru) i *routine* (rutinske obavijesti). NAVTEX uređajem služi za slanje navigacijskih i meteoroloških upozorenja i obavijesti, izvješća o ledu, informacija u vezi pogibelji na moru ili piratstva, pilotskih obavijesti, informacija o identifikacijskim podacima drugih brodova i obavijesti o ostalim navigacijskim uređajima.

3. POMORSKA NAVIGACIJA POLARNIM PREDJELIMA

Polarna klima i polarni uvjeti pripadaju ekstremnim uvjetima te plovidba ovim područjima uvelike se razlikuje od onih standardnih. Ploviti ovim područjem znači opremiti brod znatno drugačije i obučiti posadu kako se nositi sa ekstremnim plovidbenim i životnim uvjetima.

Brodsko oplata treba biti znatno drugačije izvedbe, oprema sidrenja i privezivanja također, a navigacijska oprema na zapovjedničkom mostu postavljena za rad u polarnim područjima. Pomorske rute moraju pomno biti odabrane. Za odabir jedne rute ulazi u obzir mnogo parametra kao što su: debljina leda, mogućnosti broda da ide tom rutom, meteorološka prognoza, temperatura narednih dana plovidbe, koji je dio godine (je li polarni dan ili polarna noć), uzimanje ledolomaca i slično. Na brodovima koji plove polarnim područjima mora se imati dodatna straža časnika koja će pratiti samo stanje leda na moru. Proces traganja i spašavanja također se odvija na drugačiji način. Standardne metode traganja i spašavanja onemogućene su radi okoline i leda.

Prolaznost broda kroz led kojim plovi može se iskazati stupnjem prohodnosti putem skale koja se zove *skala prohodnosti kroz led*¹⁸. Skala je sačinjena od 7 stupnjeva, počevši od nule. Kada je brodu dodijeljen nulti stupanj (0) znači da plovi među komadićima leda te da ne treba mijenjati kurs. Prvi stupanj (1) znači da brod plovi kroz led s malom promjenom kursa, da lako zaobilazi velike komade leda i ne mijenja brzinu. Drugi stupanj (2) označava da brod plovi manevrirajući između komada leda te da s vremenom mijenja brzinu. Treći stupanj (3) znači da brod plovi uz česta manevriranja i mijenjanja brzine i hoda pogonskog stroja. U četvrtom stupnju (4) brod plovi ne pridržavajući se kursa. Mijenja i brzinu, udara

¹⁸ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010, p. 342.

o led i odstranjujući ga polako se kreće. U petom stupnju (5) brod napreduje iznimno sporo. Napredovanje se mjeri dužinom broda. U posljednjem šestom stupnju (6) brod pokušava napredovati, ali bezuspješno. Šesti stupanj znači potpunu zarobljenost ledom.

Kako bi brodovi sigurno plovili polarnim područjima 2014. godine donesen je Kodeks o plovidbi Polarnim područjima (engl. *Polar Code*). Kodeks o plovidbi polarnim područjima izdan je od strane IMO organizacije. U njemu su sadržane upute o konstrukciji brodova namijenjenim za plovidbu polarnim područjima, koju navigacijsku opremu treba imati brod pri plovidbi u polarnim područjima te mjere o zaštiti okoliša izazvane onečišćenjem s brodova.

3.1. POMORSKA POLARNA NAVIGACIJA KROZ POVIJEST – OD ZAČETAKA DO DANAS

Istraživanja polarnih područja i područja Sjevernog i Južnog pola, nisu tekla istovremeno.

Sjevernim morima ljudi su zaplovili još prije Krista, u nadi za pronalaskom novih resursa i novih alternativnih pomorskih pravaca prema Aziji. Razlog zbog kojega su se tražili alternativni pravci ka Aziji preko Sjevernog pola je dužina puta. Sjevernim rutama mnogo je kraće doći do Azije iz Europe, nego preko obale Afrike ili Amerike. Na primjer, plovidba iz Norveške za Kinu preko sjevernih polarnih ruta iznosi oko 6500 nautičkih milja, dok ruta preko Sueskog kanala iznosi oko 12500 nautičkih milja. Sjeverna polarna ruta je oko 50 % kraća nego ruta koja vodi obalom Afrike. Južnim polarnim morima čovjek nije pristupio sve do 19. stoljeća.

Mnoge ekspedicije koje su se vodile, uspješne pa tako i neuspješne, dale su odličan temelj i prenesla mnoga znanja za daljnja istraživanja, korištenje polarnih ruta i iskorištavanjem mogućnosti koje nam ono nudi. Mnogi istraživači ostavili su veliki opus o iskustvima plovidbe polarnim predjelima i pridonijeli znanosti kao što su kartografija, geografija i oceanografija. Upravo radi ekspedicija i pokušaja osvajanja Sjevera i Juga danas je poznato kako ploviti tim morima, kako se nositi sa svim nedaćama koje nam ono nosi te kako pravilno opremiti brod.

3.1.1 POČETCI POMORSKE POLARNE NAVIGACIJE

Prvo polarno područje koje bilo posjećeno jest Sjeverni pol, dok je područje Južnog pola pohodeno tek stoljećima kasnije¹⁹. O polarnoj navigaciji, pisalo se prvo u antičkoj grčkoj. Jesu li stari Grci bili samo zaintrigirani sjevernim i južnim polarnim morima ili su zaista zaplovili polarnim vodama - teško je dokazati. Iako za pohode na polove i polarnim vodama nismo sigurni, interesantno je kako se polarna navigacija spominje tako rano u

¹⁹ *Polar region*, 17.3.2009., online: <https://www.britannica.com/science/polar-region> (15.8.2020)

čovječanstvu. Putovanje ka sjevernom polu, tada je vrlo bilo moguće s obzirom da su Grci raspolagali iznimnim znanjem astronomije i astronomske navigacije. Nakon Grka, iduća civilizacija koja se usko povezuje sa pohodima na sjeverna mora su Vikinzi. Vikinzi su stara civilizacija smještena najviše na Skandinavskom poluotoku. Za njih također nije stopostotno utvrđeno jesu li ikada zakoračili na sjeverni pol, no da su se susreli sa uvjetima polarne navigacije – to definitivno jest. Vikinzi pod vodstvom Erika Crvenog 982. godine poslije nove ere prvi put zakoračili na Grenland i time postali prva civilizacija koja je iskusila plovidbu ekstremno hladnim uvjetima. Brodovima kojima su plovili ka sjeveru bili su uski i dugački i drveni sa visokim jedrim te veslima na bokovima. Ponajviše su se služili terestričkom navigacijom i njihovim jedinstvenim metodama praćenja leta ptica i k tomu slično.

Do 15. i 16. stoljeća najviše do kuda se plovilo bilo je do sjevera Kanade. Nije se išlo sjevernije sve dok nije bilo potrebe tražiti alternativne sjeverne rute prema Kini. Prve osobe koje se danas smatraju pionirima polarne navigacije su James Cartier, John Cabot i braća Gaspar i Miguel Corte- Real. Oni su bili prvi koji su tražili sjeverne alternativne rute i došli samo do počeka Arktičkih voda. Prva osoba koja je konkretno nakon njih zakoračila Arktičkim vodama bio je Sir Martin Frobisher istraživši more sjeverno od Kanade. Kada su počele potraženje alternativnih ruta 1585. Engleski pomorac, John Davis prvi je započeo polarnu ekspediciju pokušavši naći put prema Kini preko sjevera Kanade. Do Kine nikada nije došao već samo do kuda je došao jest Baffinov otok (ili Baffinova zemlja). Deset godina kasnije, 1594. godine, Nizozemski navigator William Barents zaplovio je polarnim vodama tražeći novi put do Kine suprotnom stranom, ploveći sjeverom Europe i Azije²⁰. Plovio je u 3 navrata. U prvom navratu krenuo je s dva broda. Došao je do područja Novaya Zemlya (smještene u Rusiji) no radi ekstremno hladnih uvjeta morao se okrenuti nazad. Drugi puta išao je iste godine, no sa 7 brodova te došao samo do Vaygach Otoka, južnije od Novye Zemlye. Treći puta krenuo je 1596. godine te došao do Svalbarda. Došavši do tamo, zamele su ga ekstremne vremenske prilike i hladnoća te je završio kobno zaledivši se. Desetak godina kasnije, nakon tragično završene ekspedicije, Henry Hudson nastavlja 1607. godine tražiti nove pravce prema Kini i Japanu sjevernim vodama. Nažalost Hudson nikada nije uspio doći do Kine i Japana i završiti svoje putovanje kako je prvotno namijenio.

Do 19. stoljeća, nije bilo pretežito značajnijih polarnih plovidbi. U 19. stoljeću odvile su se mnoge značajne plovidbe koje su uvelike pridonijele području pomorstva za polarna područja, ali i znanosti općenito. Početak 19. st. obilježila su dva iznimno važna navigatora – Sir John Franklin i William Parry²¹. Sir John Franklin ostao je zabilježen radi velikoga opusa koji je ostavio nakon svojih ekspedicija na sjever, dok je William Parry ostao upamćen po tome da je postavio tada rekord došavši najbliže Sjevernom polu nego itko drugi (čak do 82° sjeverne geografske širine). Sir John Ross, nekoliko godina kasnije, 1829., kreće na polarno putovanje i otkriva revolucionaran podatak o lokaciji Zemljinog magnetskog pola. Nakon njega, George Washington De Long 1873. na jednim od svojih putovanja također iznosi otkriće koje je uz John Rossa mnogo pridonijelo znanosti. Naime njegovo putovanje nije proteklo mirnim putem, pa je za vrijeme plovidbe uočio stalna kretanja broda nakon

²⁰ *William Barents*, 20.7.1998., online: <https://www.britannica.com/biography/Willem-Barents> (30.8.2020.)

²¹ *Polar region*, 17.3.2009., online: <https://www.britannica.com/science/polar-region> (15.8.2020.)

kojih je ustanovio da se radi o stalnim oceanskim strujama u području Zemljinog sjevernog pola. Adolf Erik koji se krajem 19. stoljeća zaputio u plovidbu polarnim područjem ostao je zapamćen po tome što je prvi brodom razbio led. Time je doprinesao ideji i postavio temelje današnjim brodovima namijenjenima za razbijanje leda – ledolomcima.

Robert Peary zajedno sa Hersonom Matthewom i Ralphom Plaistedom obilježili su 20. stoljeće polarne navigacije²². Uz njih trojicu spominje se i Friedrich Cook, no oko njegova putovanja zavela se kontroverza stoga nije sigurno je li uopće plovio polarnim morima. Robert Peary i Herson Matthew prve su osobe koje su brodovima uspjeli doći na Sjeverni pol, a Ralph Plaisted osoba koja je brodom stigla na Sjeverni pol te ga površinski prešla.

Južni pol i južno polarno područje ne prati toliko puno ekspedicija iz razloga što su uglavnom civilizacije starog kontinenta Europe više naginjale istraživanju sjevera i sjevernih alternativnih ruta zato što im je bilo neusporedivo bliže i jednostavnije ići ka sjeveru. Prva osoba koja je plovila južnim polarnim morem i koja je osvojila južni kontinent bio je Norvežanin Roald Amundsen 1911. godine. Time je postao jedan od glavnih simbola suvremene polarne navigacije.

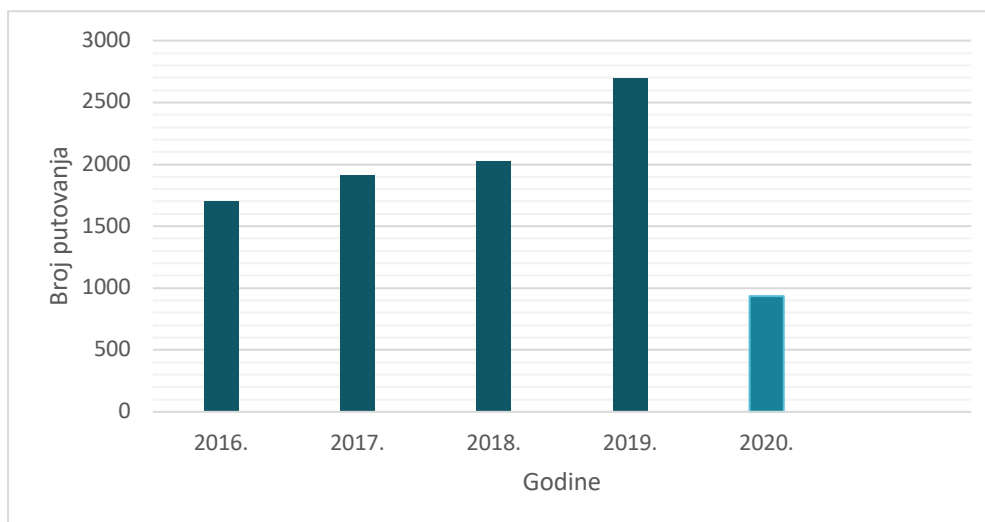
3.1.2. POMORSKA POLARNA NAVIGACIJA U 21. STOLJEĆU I STATISTIKA PROLASKA POLARNIM RUTAMA

Nakon otkrivenih novih pravaca i osvojenih polova suvremenom čovjeku otvorile su se nove mogućnosti plovidbe. Pomorskoj industriji otvorena su nova vrata – vrata polarne navigacije i omogućeno da upravo tim pravcima posluje. Tendencija je da se ponajviše posluje i plovi sjevernim rutama s obzirom da je južna polarna ruta puno duža te nema neke konkretne potrebe da se industrija njom kreće osim u službi istraživanja starog kontinenta ili svojevrsnog turizma. Sjeverna, za razliku od južne polarne rute, značajnije skraćuje put ka istočnim zemljama Azije. To za sobom povlači ekonomsko pitanje. Skraćivanjem rute kompanije mnogo više broje uštedu, ali i k tome zaradu. Danas polarnim rutama, sjevernim i južnim, plove razne vrste brodova: tankeri, brodovi za prijevoz generalnog tereta, brodovi za prijevoz kontejnera, ledolomci, brodovi za krstarenja te ostali, kojima pripadaju brodovi istraživači i njima slični.

Statistike²³ iz 2020. ukazuju na porast u korištenju sjeverne rute gledano na ranije godine. Porast u pogledu putovanja i brodova koji se njime koristi. U razdoblju od siječnja do srpnja 2020. godine (prva polovina godine) broji se sveukupno 935 putovanja u čiju statistiku ulaze brodovi za prijevoz LNG-a, kontejnera, generalnog tereta, tankeri, ledolomci te ostali.

²² Robert Peary, 20.7.1998., online: <https://www.britannica.com/biography/Robert-Edwin-Peary>

²³ NORD University: *Overall NSR related voyages statistics 2016-2019*, 26.6.2020., online: <https://arctic-lia.com/overall-nsr-related-voyages-statistics-2016-2019/> (16.8.2020.)



Slika 8. Statistika prolaska brodova sjevernom polarnom rutom kroz godine²⁴

Izvor: <https://arctic-lio.com/nsr-shipping-traffic-activities-in-january-june-2020/>

Južne rute uglavnom ne postoje jer nije potrebno putovati toliko južno brodovima. Putovati tako južno brodovima značilo bi potpuno prenamijeniti uobičajene brodove za polarno putovanje što za sobom vuče mnogo troškova, a ujedno i produljuje vrijeme putovanja što nije nikome u interesu. Južna polarna ruta koristi se uglavnom za konkretan odlazak na Antarktiku.

3.3. IZRADA PLANA PUTOVANJA POLARNIM PODRUČJIMA

Prije svakog putovanja na kojeg kreće brod s posadom potrebno je pripremiti plan putovanja. Priprema se kako bi posada mogla unaprijed znati i u velikoj većini pripremiti za sve što će ih na putovanju dočekati.

Za izradu plana potrebno je prije svega, pratiti procedure izdane u priručniku za plovidbu polarnim morima (engl. *Polar Water Operation Manual - PWOM*). Uzimaju se u obzir sva ograničenja hidrografske prirode koja su moguća na putovanju, sva pomagala za plovidbu i sva moguća mjesta za skloniti se u slučaju opasnih situacija. Sve informacije o veličini, vrsti i količini leda iznimno su važni čimbenici koji se uzimaju u obzir pri izradi plana. Uz to sagledava se statistika o ledu i temperaturama prijašnjih godina. Trenutno stanje o migriranju i staništima životinjskog svijeta moraju biti također proučene prije izrade. Naposljetku u obzir se uzimaju dopuštene brzine u pojedinim područjima, regulaciju prometa na tim rutama i kako se odvijaju akcije traganja i spašavanja u tim, pomalo zabačenim, područjima.

²⁴ Statistika prikazuje prolaz polarnom sjevernom rutom od siječnja do prosinca osim 2020. godine čija je statistika samo od siječnja do lipnja

3.4. BRODOVI ZA POLARNU NAVIGACIJU PREMA KODEKSU O PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA

Prvi brodovi koji su se okušali u plovidbi za polarnu navigaciju nisu bili ništa previše drugačiji od onih za uobičajena putovanja. To ukazuje činjenica da je mnogo brodova nije moglo „preživjeti“ iznimno hladne uvjete. Danas postoji niz pravila kako bi jedan brod koji se sprema na polarno putovanje trebao izgledati i kako bi trebao biti opremljen. Nakon što je brod ispunio uvjete kodeksa o plovidbi polarnim područjima izdaje mu se svjedodžba koja to potvrđuje.

Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima kategorizira brodove u tri kategorije: kategorija A, B i C. Brodovi kategorije A smatraju se onima koji mogu normalno ploviti polarnim morima srednjim prvogodišnjim²⁵ ledom debljine od 70 do 120 cm. B kategorija su svi oni brodovi koji mogu ploviti polarnim morima s tankim prvogodišnjim ledom debljine 30 – 70 cm . U tu kategoriju ne uključuju se oni iz kategorije A. Posljednja kategorija C su brodovi koji mogu normalno ploviti u manje ozbiljnim uvjetima na polarnim morima nego onim navedenim pod kategorijom A i B.²⁶

Struktura brodske oplata treba biti takva da može izdržati na iznimno niskim temperaturama. Treba biti u mogućnosti izdržati sva naprezanja brodske strukture pod niskim temperaturama. Ta regulativa vrijedi za sve kategorije brodova.

Brod bi trebao zadržati stabilnost tijekom cijelog putovanja u čitavom stanju i u slučaju oštećenja na brodskoj strukturi. Brodovi kategorije A i B, izgrađeni nakon prvog siječnja 2007. godine trebaju imati dovoljnu dodatnu stabilnost u slučaju oštećenja ledom i biti u mogućnosti pretrpjeti naplavlivanje izazvano oštećenjem leda o brodsku oplatu. Dodatno, propisuju se koliko je dozvoljeno maksimalno srastanje leda (kg/m²) nakon kojeg prijeti narušavanje brodske stabilnosti. Na palubama i prolazima dozvoljeno je maksimalno 30 kg/m², a na svakim bočnim lateralnim površinama broda do 7.5 kg/m² iznad vodene površine. Brodovi koji plove polarnim područjima gdje je velika mogućnosti srastanje leda moraju biti izrađena na način da je to srastanje u velikoj mjeri minimizirano i opremljeno opremom za uklanjanje istog. To su primjerice električni i pneumatski uređaji i posebna oprema kao što je drveni čekić. Ukoliko brod pretrpi oštećenje za vrijeme plovidbe, dan je poseban propis. Brodska vrata, vrata na raznim uređajima (primjerice vrata od kutija u kojima je smještena dodatna oprema i sl.) moraju se održavati na način da su uvijek operativna i da se na njima ne skuplja led. Isto vrijedi i za vrata koji su zasnovana na hidrauličkoj izvedbi. S obzirom da je posada na brodu uvijek slojevito obučena i pruža dodatan otpor pri radu, vrata moraju biti lako upravljiva.

Instalacije i strojevi trebaju bez obzira na nedaće koje donosi hladno vrijeme ispunjavati svoju prvobitnu funkciju. Kod hladnih uvjeta moguće je da unutar instalacija i strojeva prihvaća led, da se povećava viskoznost raznih tekućina i da dođe do naglog strujanja temperature između leda i instalacija. Svaku vrstu instalacije i stroja potrebno je često pregledavati održavati, suzbiti zaleđivanje i održavati viskoznost tekućina. Ukoliko

²⁵ Nomenklatura prema Svjetskoj Meteorološkoj Organizaciji (engl. *World Meteorological Organization-WMO*)

²⁶ Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima (engl. *Polar Code*), Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization – IMO*), 2017., p.11.

potrebna instalacija radi na principu da mu je potreban usis vode, konstrukcija istoga mora se dizajnirati na način da je zamrzavanje ili usis leda onemogućen. Dodatno, ako su instalacije i strojevi prvobitno napravljene da rade na nižim temperaturama, kao takve bi trebale bez komplikacija raditi bez prevelikih preventivnih mjera.²⁷

Kako bi protupožarna zaštita ispravno radila te u svakom trenutku posadi bila dostupna za rad moraju se sve komponente te opreme biti očišćene od leda, posebice one izložene vanjskim utjecajima. Također trebaju pravilno biti poslagane kako bi se zaštitile od zamrzavanja. Sustav protupožarne zaštite treba biti izrađen i osmišljen da vanjski utjecaji u nikakvoj mjeri ne štete u načinu rada. Posebna pažnja treba se usmjeriti na mlaznice koje se nalaze na sustavima i na materijal od kojeg su izrađena sredstva za spašavanje. Ventili protupožarnog sustava (primjerice *pressure/vacuum* ventili) trebaju se redovito kontrolirati radi nakupljanja leda te mogućeg onemogućavanja aktiviranja istih. Posude ili prostori u kojima se nalazi sredstvo za suzbijanje požara mora biti smješteno na mjestima u kojima ne dolazi do smrzavanja. Protupožarna odijela i mobilna protupožarna zaštita trebaju biti smještena na mjestima koja su lako dostupna, ali izolirana od hladnoće.

3.4.1 LEDOLOMCI

Ledolomci su brodovi posebne namjene za probijanje leda i održavanje plovih zaleđenih puteva²⁸. Prvi ledolomci bili su izgrađeni u Njemačkoj i Rusiji. Danas Rusija ima najveću flotu ledolomaca.



Slika 9. Ledolomac

Izvor: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=35806>

Ledolomci mogu biti: morski (za polarna područja), jezerski i riječni te u službi neke luke i pomoćni. Ledolomci pripadaju kategoriji A po kodeksu o plovidbi polarnim područjem te moraju imati svu navigacijsku opremu koja je sadržana u kodeksu. Konstrukcijski imaju ojačani trup, osobito u pramčanom dijelu. U usporedbi sa običnim

²⁷ Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima (engl. *Polar Code*), Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization- IMO*), 2017., p. 17.

²⁸ Hrvatska enciklopedija: *Ledolomac*, online: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=35806>

brodom ima prošireni krmeni dio radi zaštite propelera i radi rezervne istisnine. Na krmi ima i dodatan rog. Rog štiti kormilo obzirom da često mora voziti krmom. Pramac im je posebne izvedbe jer led lomi na način da se pramcem popne na led i time ga slomi. Gaz ledolomca treba biti što veći kako bi propeler više uronio. Trup mu je bez ravnih ploha kako bi se smanjilo trenje između oplata i leda na moru i da bi se moglo što lakše osloboditi u slučaju nasukanja na led. Radi mogućeg zastoja i nasukanja u ledu ima pretežne i zatežne tankove na pramcu i krmi i središnje koji mu pomažu u tim otežanim situacijama. Veliki ledolomci imaju najčešće dva ili više propelera, dok mali imaju samo jedan. Smješteni su na krmi jer pri lomljenju leda sa pramcem, pramčani propeler bi se oštetio. Stabilnost ledolomca je vrlo velika. Velika je radi konstrukcije, odnosno širine broda. Svaki ledolamac opremljen je uređajem za tegljenje s užadi koja je smotana na vitlu.

Uobičajena pravila međunarodne konvencije o nadvođu (engl. *International Convention on Load Lines*) ne obuhvaćaju brodove posebne namjene za razbijanje leda. Veće nadvođe potrebno je radi sigurnosnih aspekta ledolomca. Konvencija propisuje posebna pravila za ledolomce i navodi da nadvođe mora biti barem toliko visoko da pri bočnom nagibu od 25° ne dođe pod vodu. Kodeks o plovidbi polarnim područjima zahtjeva da u slučaju mehaničkog oštećenja oplata ledom i naplavljivanja ledolamac zadrži dovoljnu nepotopljivost.

3.4.2. SREDSTVA I OPREMA ZA SPAŠAVANJE NA BRODOVIMA NAMJENJENIM PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA

Sva sredstva za spašavanje trebaju, bez obzira na niske temperature, normalno funkcionirati i biti u mogućnosti da se njima pravilno rukuje. Svi evakuacijski prolazi na brodovima kojima se posada kreće u slučaju nesreća moraju biti sigurni i u velikoj mjeri prolazni kako bi se evakuacija odvila u što manjem kraćem roku. Na brodovima za polarna područja svih kategorija uvijek se nalazi dodatna termalna odjeća, i prema kodeksu, za svaku osobu na brodu trebala bi biti dostupna. Odjeća je namijenjena da pri iznimno niskim temperaturama čovjeku zadržava tjelesnu toplinu.

Brodice i splavi za spašavanje i ostala sredstva za spašavanje trebaju neprestano biti omogućena za korištenje tako da u slučaju nezgoda ili pogibelji posada može prema SOLAS uputama adekvatno njima rukovati. Brodice za spašavanje moraju biti samo potpuno zatvorenog tipa i moraju biti opremljene svjetlima za komunikaciju²⁹.

²⁹ Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima (engl. *Polar Code*), Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization-IMO*), 2017., p. 34.



Slika 10. Zatvoreni tip brodice za spašavanje

Izvor: <https://keelsolution.com/portfolio/lifeboat/>

Ukoliko dođe do uporabe istih, mora se uzeti u obzir raznolike vremenske neprilike koje polarni krajevi donose. Svjetlima se koristi po pravilima međunarodnog kodeks o signalizaciji (engl. *International Code of Signals* - ICS). Na brodovima za spašavanje oprema koja se nalazi mora biti kapaciteta 110 %. Uz opremu koja je standardna na brodicama za spašavanje, ukoliko se radi o putničkom brodu, moraju biti dodatni letci sa instrukcijama koje se daju svakom putniku. Na brodovima za spašavanje nalazi se i komunikacijska oprema koja služi za komunikaciju brod – kopno i emitiranje posebnih obavijesti o lokaciji u slučaju pogibelji na 121.5 i 123.1 MHz. Od opreme za spašavanje na brodicama za spašavanje nalaze se: zaštitna odjeća, sunčane naočale, zviždaljka, čaša, krema zaštitnog faktora protiv sunca, nož, hrana, vodič za preživljavanje polarnim područjima, torba. Uz to nalazi se i šator, termozaštitna odjeća, vreće za spavanje, madraci, lopata, sanitetska oprema, oprema za pripremanje hrane (plamenik i gorivo za plamenik), svjetiljka, šibice, signalno ogledalo, spremnici s vodom, zviždaljka i vodonepropusna kutija koja može plivati na vodu za opremu³⁰.

3.5. LED KAO OGRANIČENJE U POLARNOJ NAVIGACIJI

Glavno ograničenje s kojim se brod susreće za vrijeme plovidbe polarnim područjima je led koji se javlja smrzavanjem mora, kako na samome moru tako i na brodu i brodske navigacijske opremi. Led je čvrsto agregatno stanje vode i nastaje smrzavanjem vode, u ovom slučaju slane morske vode. Dok je u plovidbi, na dnevnoj bazi, na brodu odašilju dva puta dnevno kratkoročne prognoze o ledu na rutama. Kratkoročne prognoze vrijede za 24 sata od odašiljanja obavijesti. Odašilju se i dugoročne prognoze koje vrijede za dva tjedna od trenutka kada je dana obavijest. Također podatke o prisutnosti leda hidrometeorološke službe prenosi *Hydrographic bulletin – ice supplement*. Uz fiksna javljanja putem radija na brodu, prema SOLAS konvenciji svaki brod treba pri samostalnom otkrivanju leda na moru obavijestiti okolne brodove putem uređaja koji rade na vrlo visokim frekvencijama (engl.

³⁰ Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima (engl. *Polar Code*), Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization-IMO*), 2017., p.34.

Very High Frequency - VHF) od 156 do 174 MHz. Obavijest treba sadržavati podatke o kojem se tipu leda radi te datum i vrijeme i koordinate na kojima se nalazi. Tijekom perioda godine od ožujka do srpnja, to je iznimno bitno jer velike mase leda dosežu niske geografske širine.

Kada se govori o ledu na moru, može ga se podijeliti na dvije vrste: ledene sante i led na smrznutom moru. Ledene sante označavaju veliku opasnost na moru, dok led smrznutog mora manji rizik i opasnost.

Led na moru ima nekoliko oblika. Prvi oblik jest oblik ledene kaše. Ledena kaša promjera je oko 5 cm i ne ulazi u potencijalnu opasnost za brod. Drugi oblik leda naziva se ledeni tanjur i promjera je 2 metra. Treći jest ledena ploča i može imati promjer do 10 metara. Zadnji i najopasniji oblik leda u moru jest ledena santa i promjer joj može doseći čak 100 metara. Ukoliko je većeg promjera naziva se i ledena gromada. Ledena gromada može biti promjera čak 5 nautičkih milja³¹.

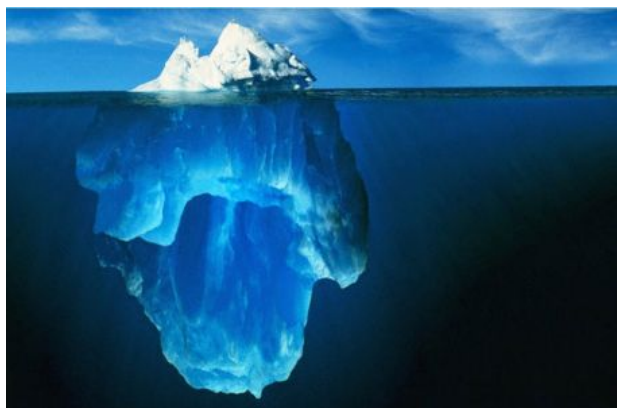


Slika 11. Ledene ploče na moru

Izvor: <https://www.carbonbrief.org/arctic-sea-ice-summer-minimum-in-2018-is-sixth-lowest-on-record>

Ledena santa može nastati na moru na dva načina, a to je otkidanjem komada zaleđenog mora i u slučaju loma velikih ledenjaka (koju se još nazivaju i glečeri). Ako je led u smrznutom moru i na velikoj površini (čak do nekoliko milja) radi se o ledenome polju.

³¹ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010, p. 336.



Slika 12. Santa leda

Izvor: <https://geek.hr/e-kako/znanost/kako-nastaju-sante-leda/>

Debljina leda u ledenome polju može varirati od 2 centimetra do 2 metra. Ledena polja putuju morskim strujama od sjevera ka jugu. S obzirom da ledeno polje može biti izrazito značajne debljine, savladavanje i pomicanje leda obavlja se ledolomcima. Ledena santa odlomljeni je komad obalnog ili putujućeg leda. Debljina mu može varirati, ali je najčešće do 2 metra i pod utjecajem je vjetera i struje stoga putuje poput ledenih polja, dnevno čak i do 12 kilometara. Ledene sante radi gustoće pluta na način da je otprilike 1/9 sante iznad vode, dok je ostatak pod vodom. Ostatak koji je pod vodom radi nepreglednosti sa broda stvara potencijalnu opasnost od sudara. Nagomilane sante leda koje plutaju u skupinama nazivamo ledene gromade. Led iz glečera naziva se ledeni brijeg. Ledeni brijeg može biti dužine do 10 NM i visine do 70 m. Ledeni brijezi na južnoj hemisferi uz Antarktiku plosnatijeg su oblika i mnogo većih dimenzija; do 100 m dužine, nekoliko nautičkih milja širine i visine do 100 m. Ledeni brijezi najopasniji su za plovidbu.

Brod kada plovi područjem u kojem je led u moru, u što većoj mjeri biti u pokretu kako se ne bi smrznuo. Ploviti bi trebao zajedno sa kretanjem leda i što manjom brzinom. Velikom brzinom izazvao bi veća oštećenja nego sporijom brzinom. Sidrenje bi se trebalo izbjegavati. Trebalo bi se izbjeći djelovanje na led silom broda te po noći voziti sa reflektorima kako bi što bolje mogli uočiti led. Ukoliko brod zapne unutar leda, trebao bi zatražiti hitnu pomoć ledolomca.

Ako je koncentracija leda u moru veća, a brodovi koji plove nisu namijenjeni za putovanja polarnim predjelima, plovidba se može odviti u obliku konvoja. Konvoj je skup od 3 ili pak 4 brodova u kojima više sposobniji i podobniji području voze iza ledolomca, a oni manje sposobniji iza njih ili u sredini. Grupne naredbe o kursu, brzini i ostalim pojedinostima izdaje zapovjednik konvoja. Uobičajena brzina u konvojima iznosi 8 čvorova. Uz svu opremu koju zahtjeva konvencija o plovidbi polarnim područjima, dodatno je obavezno imati užad za tegljenje. Ukoliko dođe do situacije da je potrebno tegljenje svaki brod upoznat je sa rasporedom koji im je prije putovanja dan.

Led u navigacijskim uređajima može izazvati nefunkcionalnost u njihovom radu. Led koji se nakuplja na primopredajnicima mora se kontrolirati te uklanjati. Taloženjem leda na radarsku antenu može prouzročiti prestanak rada samog radara te smanjiti daljinu emitiranog

vala³². Vrtnja antene može se u potpunosti zaustaviti i time će radar postati neupotrebljiv. Ukoliko se nakupi velika količina leda na prijammnicima kao posljedica će se rad istih biti usporen. Na uređajima za mjerenje brzine mora postojati mogućnost da se led ne smrzne oko senzora (ako se primjerice radi o električnom brzinomjeru) te da onemogući strujanje vode o senzor na temelju kojeg se računa brzina broda. Unutrašnje jedinice navigacijskih uređaja (zasloni na kojima se prikazuju podatci iz navigacijskih uređaja) smještene na zapovjedničkom mostu moraju biti izolirane od vanjskih utjecaja. Ukoliko dođe do nakupljanja leda na zaslonima postati će nefunkcionalni te se podatci neće moći očitati.

4. NAVIGACIJSKA OPREMA NA BRODOVIMA ZA PLOVIDBU U POLARNIM PODRUČJIMA

Polarna područja obiluju opasnostima koja se ne mogu vidjeti golim okom posebice za vrijeme noći stoga navigacijska oprema igra značajnu ulogu u sigurnosti plovidbe. Brodska navigacijska oprema mora biti ažurirana i biti u mogućnosti primati najnovije informacije koje se šalju s kopnenih stanica, posebice informacije o stanju leda i vremenskoj prognozi. Navigacijska oprema mora podešena za rad na visokim geografskim širinama te biti u funkciji 24 sata dnevno. Posada koja njima rukuje mora biti upoznata sa posebnostima rada navigacijske opreme u polarnim područjima. Oprema je izložena vanjskim utjecajima stoga se mora stalno pregledavati i čistiti od naslaga leda koji se nakuplja na primopredajnicima i antenama smještena iznad zapovjedničkog mosta i na oplati broda.

4.1 POSEBNOST NAVIGACIJSKE OPREME NA BRODOVIMA ZA POLARNA PUTOVANJA

Koju navigacijsku opremu, posebnost i način rada navigacijske opreme sadržano je u poglavlju 9 i 10 kodeksa o plovidbi polarnim područjima.

Navigacijska oprema na brodu mora biti izrađena na način da može normalno raditi i funkcionirati pod vremenskim uvjetima polarne navigacije. Ako se radi o konvoju, tegljenju ili slično, brod mora imati svjetlosne uređaje za jasno pokazivanje svojeg stanja za vrijeme plovidbe (plovi li ili je stao i zaustavio motore). Za prikaz o stanju plovidbe koristi se crveno svjetlo smješteno na krmi čija se svjetlina vidljiva najmanje 2 nautičke milje. Sve ostala pravila za svjetlo na krmi mora biti u skladu međunarodnog pravilnika o izbjegavanju sudara na moru (engl. *International Regulations for Preventing Collisions at Sea* - COLREG).

Svaki brod izrađen nakon 1. siječnja 2007 godine čiji je trup izrađen po pravilima kodeksa o plovidbi polarnim područjima treba imati dva posebna uređaja (koji rade na ultrazvučnim valovima - sonare) za mjerenje dubine i detekciju podvodnog leda ili samo jedan, ali spojen o dva posebna samostalna transduktora (pretvornika, primopredajnika)³³. Korisno je da se led otkriva sonarom radi toga što je volumen leda znatno veći nego na

³² Dubois, C.: *The limits of Satellite Navigation: GPS Challenges in the Arctic*, 24.8.2018., online: <https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/>

³³ Međunarodni kodeks o plovidbi polarnim područjima (engl. *Polar Code*), Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization* - IMO), 2017., p. 23.

površini. Radi leda i niske temperature mora uređaj za mjerenje dubine može pokazivati pogrešku izazvanu višestrukim vraćanjem emitiranog ultrazvučnog vala u prijamnik. Također na zaslonu uređaja može se prikazati kriva dubina radi leda koji samo prolazi ispod uređaja. Radi toga što led samo prolazi ispod broda, odaslani val će se o njega odbiti i vratiti u uređaj i tako krivo prikazati podatak o dubini.

Za određivanje brzine broda u polarnim područjima na brodu je potrebno imati najmanje dva uređaja. Jedan uređaj mora biti namijenjen za prikupljanje podataka o brzini preko dna, dok drugi mora biti namijenjen za prikupljanje podataka o brzini kroz vodu. Radi leda koji može prouzročiti nefunkcionalnost senzora te se radi toga preporuča se da se brzina broda dobiva putem GPS sustava koji radi na dvije frekvencije jer nije pod velikim utjecajem atmosferskih vremenskih neprilika i jer je nakupine leda teško odstraniti sa brzinomjera.

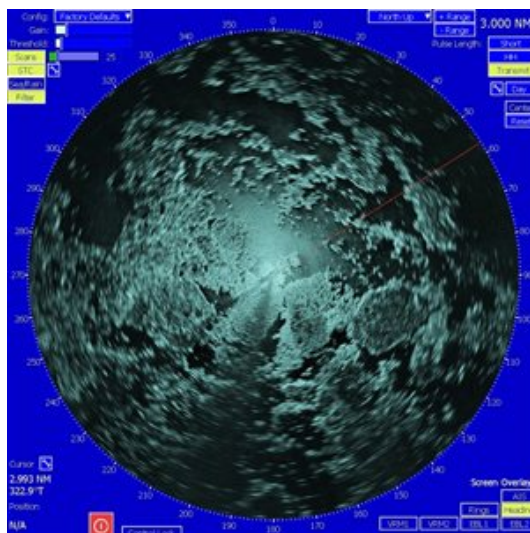
Na brodu trebaju se nalaziti dva uređaja nemagnetske prirode za utvrđivanje i prikaz kursa kojim brod plovi i dva žirokompasa. Kako brod plovi i iznad 80° geografske širine, mora imati barem jedan satelitski kompas (ili uređaj sličnog načina rada). Kako magnetski kompas radi na principu da se otklanja u smjeru silnica magnetskih polova Zemlje, na zemljopisnim polovima silnice nisu paralelne te radi toga magnetski kompas ne može pokazivati sjever te postaje neupotrebljiv. Kompasna igla počinje naglo rotirati. Žirokompas radi žiroskopa i neovisnosti o magnetskim silnicama Zemlje uvijek pokazuje prema pravome sjeveru. Jedini problem je kada se žirokompas primjerice nađe na sjevernom polu. Igla se neće otkloniti te će i dalje pokazivati u smjeru sjevera, odnosno smjer u kojem pokazuje biti će uperen prema Južnom polu. Stoga se prema priručniku za plovidbu polarnim morima savjetuje da ga se isključi i koristi navigacijski satelitski sustav.

Na polovima, unutar GPS GNSS prijarnika postoji također mogućnost od pogreške izazvano troposferskim kašnjenjem i/ili ionosferskom refrakcijom unutar auroralnog područja. Auroralno područje (engl. *Auroral zones*) područja su unutar atmosfere koja se prostiru iznad polarnog područja poznata po pojavama *Aurori Borealis* i *Aurori Australis*. Troposfera nije jednaka iznad ekvatora i u polarnim područjima. Na polovima „debljina“ troposfere iznosi oko 6-8 km, temperature su iznimno niske, a vlažnost oko 80-90 %³⁴ te radi toga se može izazvati kašnjenje signala koji je odašiljan iz satelita. U auroralnim zonama unutar ionosfere nastaju solarne oluje koje mogu remetiti odašiljan signal iz satelita koji putuje prijarniku. Problem ionosferskog kašnjenja izveden je na način da je na brod ugrađen dvofrekvencijski prijarnik koji eliminira pogrešku izazvanu procesima unutar ionosfere. Također problem koji se javlja na polovima jest nedovoljna pokrivenost polova satelitima za dobivanje položaja broda. Razlog tomu je elevacija satelita. Elevacija GPS satelita iznosi oko 55°, 56° Galilea, a 64° GLONASS satelita, a polovi i područja kojima plovo brodovi su iznad 66°. Sateliti radi elevacije uopće ne obilaze područja iznad polove stoga je mogućnost greške u položaju veća. Problem nedostatka satelita je samo za dobivanje položaja broda, za komunikacijske svrhe postoje sateliti koji normalno oblijeću polarne krajeve. Takvi sateliti su primjerice Iridium sateliti.

Za dobivanje položaja i udaljenosti od leda i obale i za identifikaciju ledenih masa koristi se radar (najčešće X band) ili radar novije izvedbe namijenjen samo plovidbi

³⁴ Gelo, B.: *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Odjel za promet i pomorsvo, Zadar, 2010., p. 106.

područjima leda (engl. *ice radar*). Uobičajeni radar velike komade plutajućeg leda otkriva već na udaljenosti od 12 do 20 nautičkih milja. Pokidane mase leda i ledene brjegove otkriva već na udaljenosti do 5 nautičkih milja, a ostale male mase leda na udaljenosti do 2 nautičke milje. Radar, iako se često koristi, ne preporuča se da se striktno samo na njega oslanja. Radar u polarnim područjima radi na istom principu kao i na ostalim dijelovima Zemlje. Zapreka s kojom se može susresti jest vlaga u zraku. Vlaga u zraku može skratiti ili produljiti duljinu emitiranog vala. Jedini pravi problem s kojim se može susresti posada jest interpretacija slike koja može biti dosta varljiva. Uz radar, usko je vezan i Automatski identifikacijski sustav (engl. *Automatic Identification System* - AIS) koji je u polarnim područjima iznimno koristan. Radi velike koncentracije leda na moru, ponekad je teško otkriti druga plovila. Stoga, korištenje AIS sustava je od iznimne važnosti. Radar najbolje očitava okolinu na udaljenosti do 3 nautičke milje. Naime, radarski odsjek koji se emitira od leda nije toliko „kvalitetan“ kao što je od nekog objekta čvrstog materijala. Elektromagnetski valovi ne reflektiraju se od leda radi njegove molekularne građe te veliki postotak toga vala prođe kroz njega. Također, dodatni čimbenik koji igra ulogu u otkrivanju leda jest njegov profil. Led glađeg profila ne može se tako dobro detektirati te postavlja dodatan rizik za plovidbu. Takav led na radarskoj slici uopće nije ocrtan te zavarava da se na tom području ne nalazi išta. Led koji se nalazi uz obalu isto tako ne može biti pravilno ili čak uopće, detektiran. Efektivnost radara ovisi i o valnoj dužini i frekvenciji na kojoj radi. Stoga, radar se mora stalno tokom putovanja podešavati. Pri plovidbi potrebno je podesiti intenzitet odraza na radarskom ekranu te smanjiti trajanje impulsa. Uz to, kako bi se najbolje kontrolirala udaljenost od obale, potrebno je koristiti funkciju promjenjive daljinske kružnice (engl. *Variable Range Marker* - VRM).



Slika 13. Radarska slika u područjima leda

Izvor: <https://www.ccg-gcc.gc.ca/publications/icebreaking-deglacage/ice-navigation-glaces/page05-eng.html>

Radarski za polarna područja vrsta je radara koja mnogo bolje raspoznaje ledene mase u okolini tako da kroz emitira valove kroz duži period vremena. Kroz duži period vremena „skuplja“ podatke te daje puno jasniju sliku leda. Također može biti i izveden zajedno s

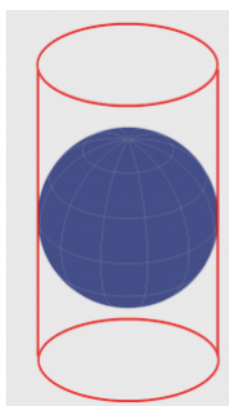
infracrvenom kamerom za bolju detekciju leda. Moderne izvedbe ovog radara imaju i mogućnost detekciju i praćenje kretanja čak 300tinjak ledenih masa istovremeno³⁵.

Tokom plovidbe polarnim područjima potrebno se služiti i raznim priručnicima koji daju dodatne informacije o ledu. Ti priručnici su: Pilot, Mjesečne karte leda, Lloyds lista za dnevna kretanja ledenjaka, atlas za sjeverno područje, pilotska karta, lista oceanskih ruta i ostale publikacije o ledu i njihovim kretanjima koje izdaju instituti.

4.2. POUZDANOST POMORSKIH KARATA POLARNIH PODRUČJA

Pri izradi pomorskih karata postoji nekoliko koraka koji se rade i uzimaju u obzir prije same izrade karte. Izrada se sastoji od pregleda područja koji će se kartografski projicirati, koju kartografsku projekciju pritom koristiti te kako točno projektirati taj dio Zemljine površine. Kartografska projekcija je pojam koji označava konstrukciju mreža meridijana i paralela.

Kartografskih projekcija ima nekoliko koje se međusobno dijele po deformacija, a to su: konformne, ekvivalentne, ekvidistantne i proizvoljne. Konformne kartografske projekcije poznaju se po tome što su kutovi na karti jednaki kutovima u prirodi. Ekvivalentne kartografske projekcije su one koje su na karti sačuvale jednakost površina. Ekvidistantantnim projekcijama zadržana je jednakost duljina u jednome smjeru. Posljednje, proizvoljne, su one koje ne pripadaju niti jednoj kartografskoj projekciji i izvedene su na slobodan, proizvoljan način. Uz kartografsku projekciju, potrebno je razlučiti pojam projekcije Zemlje. Zemlja kao kugla (pojednostavljeno) može se projicirati na tri načina: cilindrično, konusno te perspektivno. Cilindrično projicirati Zemljinu kuglu znači Zemljinu površinu „iscrtati“ na cilindar čiji je promjer i visina dimenzije Zemlje.

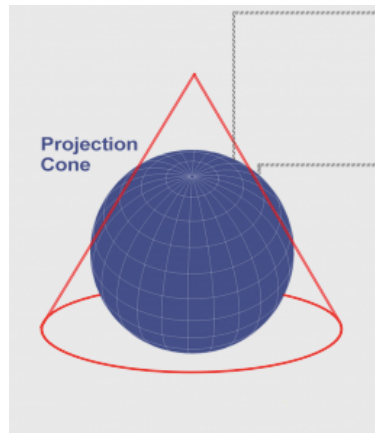


Slika 14. Prikaz cilindrične kartografske projekcije

Izvor: <https://gisgeography.com/cylindrical-projection/>

³⁵ Rutter, Sea Beyond: *σ6 Ice Navigator: Detection and Navigation System*, online: <https://rutter.ca/ice-navigation/> (1.9.2020.)

Konusno projicirati Zemlju znači iscrtati površinu Zemlje o bazni dio konusa koji opisuje neki dio Zemljine površine. Konusno, za razliku od cilindričnog, može zahvatiti mnogo manju površinu Zemlje.

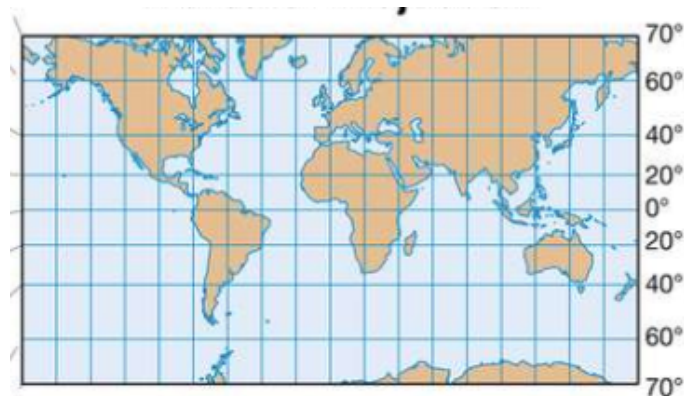


Slika 15. Prikaz konusne kartografske projekcije

Izvor: <https://gisgeography.com/conic-projection-lambert-albers-polyconic/>

Posljednja, perspektivna projekcija je ona koja nastaje kada se Zemljina površina projicira na ravninu. Ona po izvedbi može biti gnomonska (kada je projekcija iz središta Zemlje), stereografska (ako se projicira iz točke koja je na suprotnoj strani od dodirne ravnine) vanjska projekcija (ako se projicira iz točke koje se ne nalazi na Zemlji) te ortografska (točka koja se projicira ide u beskonačnost).

Pri izrađivanju pomorske navigacijske karte ponajviše se koristi Merkatorov standard izrade projekcije karte. Gerardus Mercator, flamanski kartograf, osmislio je cilindričnu kartografsku projekciju koja je danas postala standard pri izradi karata za nautičke svrhe. No, iako se koristi kao standard pri izradi, nije idealan tip kartografske projekcije, posebice za područja polarne navigacije. Merkatorova projekcija izrađena je na način da su paralele i meridijani ravne linije, međusobno okomite jedna na drugu numerički označeni stupnjevima. Nedostatak te projekcije jest rastezanje karte od sredine prema krajevima, odnosno polovima. Na merkatorovoj projekciji, Sjeverni i Južni pol linearno su rastegnuti u beskonačnost.



Slika 16. Prikaz Merkatorove kartografske projekcije

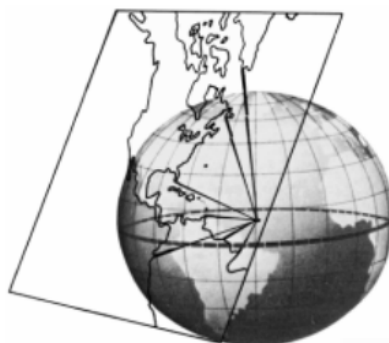
Izvor: <https://www.britannica.com/science/Mercator-projection>

Ta nepravilnost upravo je razlog zašto ta vrsta projekcije nije pogodna za plovidbu polarnim krajevima. Karte izrađene na konusnoj projekciji, također nisu pogodne. Paralele na karti pojavljuju se kao lukovi kruga, a ne kao puni krugovi. Pol Zemlje u sredini kružnice također nije konstruiran kao točka nego također kao luk kružnice.

Svaka karta koja će se koristiti za putovanje polarnim područjima mora se zasnovati na osnovnim načelima. Osnovna načela su: konformnost, prikaz velike kružnice oko polova, pogodna skala, prikaz meridijana i limiti. Prikaz velikih kružnica na visokim geografskim širina moraju biti pravilnog oblika, a prikaz meridijana u obliku ravnih linija. Skala treba biti kontinuirana na cijeloj karti. Na temelju tih načela, projekcije koje se koriste za prikaz polova i polarnih područja su: modificirana konformna Lambertova, gnomonska, stereografska te azimutalna ekvidistantna. Sve vrste prikaza karte su konformne s kružnicama pravilna oblika.³⁶

Lambertova konformna konusna projekcija jest konformna cijelim zahvaćenim područjem Zemlje koji se nalazi na karti bez ikakvih iskrivljenja. Udaljenosti i ucrtavanje smjerova moguće je na toj vrsti projekcije. Tek nakon 30° od pola iskrivljenja rastu rapidno te na tim područjima nije moguće točno ucrtavati podatke.

Na gnomonskoj projekciji kružnice su prikazane normalno, pravilnim linijama. Jedini problem koji prati gnomonsku projekciju jest taj da se ne može kompletna hemisfera na njoj prikazati. Radijus od 90° od centra na karti bi se prikazao kao beskonačno velik.



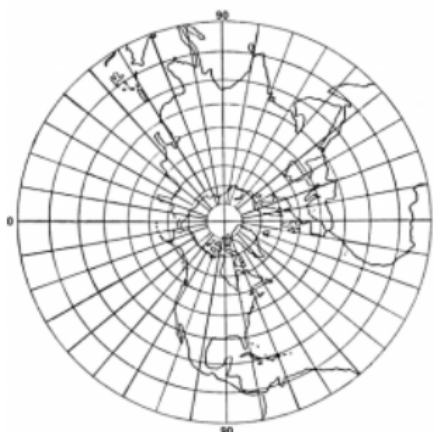
Slika 17. Prikaz gnomonske kartografske projekcije

Izvor:

http://geocenter.survey.ntua.gr/main/labs/cartographic/academic/persons/bnakos_site_nafp/documentation/american_practical_navigator.pdf

Stereografska polarna projekcija konformna je cijelim područjem. Iskrivljenost slike postoji, no na većoj udaljenosti nego na Lambertovoj projekciji.

³⁶ Bodwitch N.: *The American practical navigator: An epitome of navigation*, National Imagery and mapping agency, Bethesda, Maryland, 1995.p. 32.

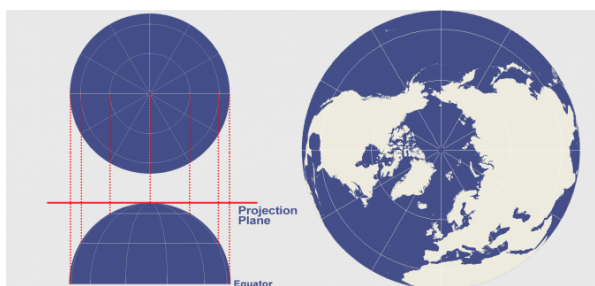


Slika 18. Prikaz stereografske kartografske projekcije

Izvor:

http://geocenter.survey.ntua.gr/main/labs/cartographic/academic/persons/bnakos_site_nafp/documentation/american_practical_navigator.pdf

Azimutalna projekcija iznimno je korisna kada se želi prikazati veliko područje na karti, primjerice kompletna sfera Zemlje. No iako pokriva veliku površinu zemlje, nije konformna te se udaljenost ne može točno izmjeriti u niti jednom smjeru osim u smjeru sjever- jug.



Slika 19. Prikaz azimutalne kartografske projekcije

Izvor: <https://gisgeography.com/azimuthal-projection-orthographic-stereographic-gnomonic/>

Za polarna područja ne postoji idealan tip kartografske projekcije. Svaki tip kartografske projekcije na sebi ima određenu pogrešku. Pri korištenju karata moraju se uzeti u obzir ograničenja koja ima svaka kartografska projekcija te ih razumjeti kako bi se njima moglo pravilno koristiti. Upravo radi ograničenja i pogreški kartografskih projekcija potrebno je koristiti svu propisanu navigacijsku opremu za praćenje položaja broda te je potrebno pratiti oglas za pomorce radi izdavanja ispravaka karti i obavijesti o kartama za polarna područja.

Elektroničke karte samo, zato jer su u digitalnom obliku, nisu više pouzdanije nego papirnate. Elektroničke karte većinom su rasterske. Uz rasterske karte, u upotrebi su i vektorske kojih ima u jako malom broju. Na sebi imaju veliki niz pogrešaka i ograničenja

poput papirnatih radi kartografskih projekcija stoga se plovidba mora odvijati uz navigacijske uređaje kako bi se dobivala informacija o položaju broda.

5. RAZMATRANJA

Radi ograničenja u navigacijskim kartama polarnih područja i izazova u radu navigacijskih uređaja posada treba biti jasno upućena i disciplinirana u način rada i način održavanja svake pojedine komponente kako bi se rizik od pogibelji sveo na minimum. U radu navigacijskih uređaja velika je razlika ako brod plovi u području polova i primjerice Sredozemljem. Radar mnogo bolje radi na višim temperaturama, nema mnogo radarskih odsjeka te se radarska slika može mnogo bolje protumačiti za razliku od one na polovima. Brodovi na slici biti će jasnije iscrtani od onih na polovima gdje se ponekad ne može dokučiti radi li se o drugome brodu ili pak ledu iste veličine. Rad dubinomjera biti će stabilniji jer nema toliko podvodnih objekata koji će reflektirati emitirani val. Neće biti nakupljanja leda o brzinomjer te će se moći pravilno očitati brzina strujanje vode kako bi se dobila brzina. GPS uređaj će se radi elevacije, koja je ograničavajući faktor na polu, pravilnije raditi u područjima oko ekvatora. Razmjena informacija iz satelita u prijammnik teče puno brže, područje je pokriveno satelitima te nema velikih kašnjenja izazvanim atmosferskim utjecajima kao što je to na polovima. Na polovima ne možemo se osloniti samo na primjerice rad jednog ili dva navigacijska uređaja; kako bi se položaj broda mogao ustanoviti te pratiti, potrebno je koristiti sve navigacijske uređaje zbog leda koji svakom uređaju može stvoriti grešku te radi navigacijskih karata koje nisu pouzdane u polarnim krajevima. Stoga koristimo sve uređaje paralelno te pratimo stanje i položaj broda. Zahvaljujući međunarodnom kodeksu o plovidbi polarnim područjem, danas postoje niz konkretnih smjernica u kojima su sadržane mjere kojih se brod i posada mora držati za vrijeme plovidbe polarnim područjima. Uz to, uvijek imamo i čimbenik iznenađenja na koji se mora dodatno pripaziti za vrijeme plovidbe. Kako će se postupiti u određenim situacijama, ne može se jasno konkretizirati. Za takve situacije, posada je ta koja je odgovorna.

Trend polarne navigacije, gledajući kroz niz proših godina naglo se povećao i još uvijek se povećava. Prije dvije godine, 2018. bilo je oko 500-njak plovidbi sjevernim predjelom u prvoj polovici godine, a u 2020. ta brojka je za skoro duplo veća. Razlog tomu jest primarno tehnološki napredak koji se odvija u pomorstvu. Dobivanje položaja broda više se ne zasniva na već pomalo arhaičnom načinu, primjerice putem astronomske navigacije, već uz naprednu tehnologiju GNSSa. Komunikacija je isto omogućena s kopnom što daje dodatan osjećaj sigurnosti tijekom plovidbe. Brodovi i tehnologija su u stalnom napretku, pogotovo ona za dobivanje položaja i komunikaciju s kopnom te će se moći implementirati na brodove za polarnu navigaciju. Time će brod moći mnogo lakše savladavati polarne ekstreme.

Zašto polarna navigacija u 21. stoljeću doživljava rast može još zahvaliti, ne tako dobrom fenomenu, a to jest globalno zatopljenje. Globalno zatopljenje *de facto* je u službi čišćenja polarnih područja. Iako on za sobom vuče i učestalost santi leda u moru i njihovo kretanje morem (što brodu predstavlja problem jer mu postaje prepreka na putu) gledano na budućnost ona otvara velika vrata brodarskim društvima da posluju tim morima i da „svoja

kormila“ usmjere preko polarnih ruta. Prema statistikama izvedenim na studijima u Americi na *American Association for the Advancement of Science* led na polovima mogao bi se rastopiti toliko da bi brodovima put bio prohodan za plovidbu.

6. ZAKLJUČAK

Plovidba morem, ljudska je potreba. Globalizacija je znatno pridonijela da se pomorstvo dodatno proširi u svome radu, ali i navela da počne istraživati nove rute kako bi se razmjenjena dobara u što znatnijoj mjeri povećala. Polarnim rutama mnogo je kraće doći do određenih dijela Zemlje, što je brodarima dovoljan razlog da svoje poslovanje započne i tim predjelima.

Prije tehnološkog napretka koji se odvio u sferama pomorstva koji je na brodove donesao navigacijske uređaje za mjerenje dubine mora, dobivanje brzine broda te kursa i položaja broda na koje se danas u velikoj mjeri oslanjamo, odlučiti se na plovidbu polarnim predjelima postavljalo je pitanje mogućeg preživljavanja i egzistencije. Hoće li brod uspjeti u svojim naumima da preživi ploveći neistraženim morima, nije bilo moguće odrediti. Posebice bez ikakve konkretne komunikacije i ikakvih navigacijskih uređaja. Otići i zaploviti, značilo je prepustiti se silama više prirode i na temelju stečenog znanja iz prijašnjih plovidbi pokušati se oprijeti i preživjeti u tim uvjetima.

Unatoč tehnologiji koja danas radi na impresivnoj razini, polarna navigacija i dalje pripada kategoriji visokorizičnih plovidbi. Led, neuravnotežene vremenske prilike i iznimno niske temperature znatno utječu na rad navigacijskih uređaja. Iako bez njih, plovidba polarnim morima ne bi bila ovakva kakvu poznajmo danas, uređaji realno gledajući ne rade besprijekorno. Za identificiranje okoline, posada se ne može osloniti samo na rad navigacijskih uređaja već uz to mora budno pratiti i na temelju svojeg znanja i svojih zapažanja djelovati. Za dobivanje položaja moraju se jasno znati ograničenja karata. Posada na brodu koja rukuje navigacijskim kartama i navigacijskim uređajima mora biti upoznata sa načinom rada kako bi se položaj broda mogao što preciznije odrediti. Led se također rapidno otapa pa se isto tako ne može unaprijed sa sigurnošću reći gdje će se on kretati i hoće li smetati u plovidbi. Navigacijski uređaji stoga i dalje predstavljaju pomoćno pomagalo u navigaciji na koju se možemo osloniti u velikoj većini, ali ne i u potpunosti.

LITERATURA

1) KONVENCIIJE

Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization-IMO*), Kodeks o plovidbi polarnim područjem (engl. *Polar Code*), London, 2017.

Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization-IMO*), Međunarodna konvencija o sigurnosti ljudskih života na moru (engl. *International Convention on the Safety of Life at Sea-SOLAS*), London, 2020.

2) KNJIGE

Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

Luttenberger, A.: *Osnove međunarodnog prava mora*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Gelo, B.: *Opća i pomorska meteorologija*, Sveučilište u Zadru, Odjel za promet i pomorstvo, Zadar, 2010.

Kitarović, I.: *Navigacijska astronomija*, 4. Izdanje, Visoka pomorska škola, Rijeka, 2000.

Bodwitch, N.: *The American practical navigator: An epitome of navigation*, National Imagery and mapping agency, Bethesda, Maryland, 1995.

3) DIPLOMSKI RADOVI

Radman I.: *Razvoj autonomnih brodova i komunikacijskih sustava za autonomiju*, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet, Split, 2019.

4) ČLANCI U ČASOPISIMA

North Pole, 20.7.1998., <https://www.britannica.com/place/North-Pole> (30.8.2020.)

Van der Watt L.: *Antarctica*, 26.7.1999., online: <https://www.britannica.com/place/Antarctica> (30.8.2020.)

William Barents, 20.7.1998., online: <https://www.britannica.com/biography/Willem-Barents> (30.8.2020.)

Robert Peary, 20.7.1998., online: <https://www.britannica.com/biography/Robert-Edwin-Peary> (30.8.2020)

Rafferty J.P.: *Polar region*, 17.5.2009., online: <https://www.britannica.com/science/polar-region> (15.8.2020.)

Dubois C.: *The limits of Satellite Navigation: GPS Challenges in the Arctic*, 24.8.2018., online: <https://www.allaboutcircuits.com/news/navigating-the-arctic-why-gps-might-fail-you/>(10.8.2020.),

Magnetic compass, 2020. online: <https://www.britannica.com/technology/magnetic-compass> (10.8.2020.),

5) INTERNETSKI IZVORI

Ice navigation in anadian waters, Icebreaking program, Maritime Services Canadian Coast Guard, Ontario, 2012., <https://www.ccg-gcc.gc.ca/publications/icebreaking-deglacage/ice-navigation-glaces/page01-eng.html> (10.8.2020.)

NORD University: *NSR Shipping Traffic – Activities in January – June 2020*, 2020., <https://arctic-lio.com/nsr-shipping-traffic-activities-in-january-june-2020/> (16.8.2020.)

NORD University: *Overall NSR related voyages statistics 2016-2019*, 26.6.2020., online: <https://arctic-lio.com/overall-nsr-related-voyages-statistics-2016-2019/> (16.8.2020.)

European Global Satellite System Agency: *What is GNSS?*, 2017., online: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss> (10.8.2020.)

Advanced Navigation: *Satellite Compass with Inertial Navigation*, online: https://info.advancednavigation.com/gnss-compass/?gclid=CjwKCAjwzIH7BRAbEiwAoDxxToYYQFja-8xq-nz88UUitgMQ_Gr9pN6rKyTAo6xFXKipSJTSmXOPhBoC_dYQAvD_BwE (10.9.2020.)

Rutter, Sea Beyond: *σ6 Ice Navigator: Detection and Navigation System*, online: <https://rutter.ca/ice-navigation/> (1.9.2020.)

Cult of Sea: *Echo Sounder*, online: <https://cultofsea.com/bridge-equipment/echo-sounder/> (1.9.2020.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Područje Sjevernog pola.....	5
Slika 2. Područje Južnog pola	6
Slika 3. Zaslون uređaja za kontrolu brzine	7
Slika 4. Magnetski kompas	9
Slika 5. Zaslون uređaja za mjerenje dubine mora.....	10
Slika 6. Primjer papirnate navigacijske karte	12
Slika 7. Radarski zaslون na zapovjedničkom mostu	15
Slika 8. Statistika prolaska brodova sjevernom polarnom rutom kroz godine	20
Slika 9. Ledolomac.....	22
Slika 10. Zatvoreni tip brodice za spašavanje.....	24
Slika 11. Ledene ploče na moru.....	25
Slika 12. Santa leda.....	26
Slika 13. Radarska slika u područjima leda.....	29
Slika 14. Prikaz cilindrične kartografske projekcije.....	30
Slika 15. Prikaz konusne kartografske projekcije.....	31
Slika 16. Prikaz Merkatorove kartografske projekcije	31
Slika 17. Prikaz gnomonske kartografske projekcije.....	32
Slika 18. Prikaz stereografske kartografske projekcije	33
Slika 19. Prikaz azimutalne kartografske projekcije	33

PRILOG

POTVRDA ZA BRODOVE KOJI PLOVE POLARNIM PODRUČJIMA I ISPUNJAVAJU UVJETE DANE U KODESKU O PLOVIDBI POLARNIM PODRUČJIMA

MEPC 68/21/Add.1
Annex 10, page 44

APPENDIX 1

Form of Certificate for Ships operating in Polar Waters

POLAR SHIP CERTIFICATE

This Certificate shall be supplemented by a Record of Equipment for the
Polar Ship Certificate

(Official seal)

(State)

Issued under the provisions of the

International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended

under the authority of the Government of

(name of the State)

by _____
(person or organization authorized)

Particulars of ship²²

Name of ship.....
Distinctive number or letters.....
Port of registry.....
Gross tonnage.....
IMO Number²³.....

²² Alternatively, the particulars of the ship may be placed horizontally in boxes.

²³ In accordance with *IMO ship identification number scheme* adopted by the Organization by resolution A.1078(28).

THIS IS TO CERTIFY:

- 1 That the ship has been surveyed in accordance with the applicable safety-related provisions of the International Code for Ships Operating in Polar Waters.
- 2 That the survey²⁴ showed that the structure, equipment, fittings, radio station arrangements, and materials of the ship and the condition thereof are in all respects satisfactory and that the ship complies with the relevant provisions of the Code.

Category A/B/C²⁵ ship as follows:

Ice Class and Ice Strengthened Draft Range

Ice class	Maximum draft		Minimum draft	
	Aft	Fwd	Aft	Fwd

- 2.1 Ship type: tanker/passenger ship/other⁴
- 2.2 Ship restricted to operate in ice free waters/open waters/other ice conditions⁴
- 2.3 Ship intended to operate in low air temperature: Yes/No⁴
- 2.3.1 Polar Service Temperature:°C/Not Applicable⁴
- 2.4 Maximum expected time of rescuedays
- 3 The ship was/was not⁴ subjected to an alternative design and arrangements in pursuance of regulation(s) XIV/4 of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended.
- 4 A Document of approval of alternative design and arrangements for structure, machinery and electrical installations/fire protection/life-saving appliances and arrangements⁴ is/is not⁴ appended to this Certificate.
- 5 Operational limitations
The ship has been assigned the following limitations for operation in polar waters:
 - 5.1 Ice conditions:
 -
 - 5.2 Temperature:
 - 5.3 High latitudes:

²⁴ Subject to regulation 1.3 of the International Code for Ships Operating in Polar Waters.

²⁵ Delete as appropriate.

Annual survey: Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Endorsement to extend the certificate if valid for less than 5 years where regulation I/14(c) of the Convention applies²⁸

The ship complies with the relevant requirements of the Convention, and this certificate shall, in accordance with regulation I/14(c) of the Convention, be accepted as valid until.....

Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Endorsement where the renewal survey has been completed and regulation I/14(d) of the Convention applies⁷

The ship complies with the relevant requirements of the Convention, and this certificate shall, in accordance with regulation I/14(d) of the Convention, be accepted as valid until.....

Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Endorsement to extend the validity of the certificate until reaching the port of survey or for a period of grace where regulation I/14(e) or I/14(f) of the Convention applies⁷

This certificate shall, in accordance with regulation I/14(e)/I/14(f)⁷ of the Convention, be accepted as valid until.....

Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

²⁸ Delete as appropriate.

Endorsement for advancement of anniversary date where regulation I/14(h) of the Convention applies²⁹

In accordance with regulation I/14(h) of the Convention, the new anniversary date is

Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

In accordance with regulation I/14(h) of the Convention, the new anniversary date is

Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

²⁹ Delete as appropriate.

Record of Equipment for the Polar Ship Certificate

This record shall be permanently attached to the
Polar Ships Certificate

RECORD OF EQUIPMENT FOR COMPLIANCE WITH THE INTERNATIONAL CODE
FOR SHIPS OPERATING IN POLAR WATERS

1 Particulars of ship:

Name of ship:.....
Distinctive number or letters:.....

2 Record of equipment

2.1 Life-saving appliances

1	Total number of immersion suits with insulation:	.....
1.1	for crew	.....
1.2	for passengers	.....
2	Total number of thermal protective aids	.....
3	Personal and Group Survival Equipment	.....
3.1	Personal survival equipment – for number of persons	.....
3.2	Group survival equipment – for number persons	.....
3.3	Total capacity of liferafts in compliance with chapter 8 of the Polar Code	.....
3.4	Total capacity of lifeboats in compliance with chapter 8 of the Polar Code	.....

2.2 Navigation equipment

1	Two independent echo-sounding devices or a device with two separate independent transducers	.....
2	Remotely rotatable, narrow-beam search lights controllable from the bridge or other means to visually detect ice	.....
3	Manually initiated flashing red light visible from astern (for ships involved in icebreaking operations)	.....
4	Two or more non-magnetic independent means to determine and display heading	.....
5	GNSS compass or equivalent (for ships proceeding to latitudes over 80 degrees)	.....

2.3 Communication equipment

1	Sound signaling system mounted to face astern to indicate escort and emergency manoeuvres to following ships as described in the International Code of Signals (for ships intended to provide ice breaking escort).	.....
2	Voice and/or data communications with relevant rescue coordination centres.	.....
3	Equipment for voice communications with aircraft on 121.5 and 123.1 MHz.	.....
4	Two-way voice and data communication with a Telemedical Assistance Service (TMAS).	.....
5	All rescue boats and lifeboats, whenever released for evacuation, have a device (for ships certified to operate in low air temperature):	
5.1	for transmitting vessel to shore alerts;	.....
5.2	for transmitting signals for location;	.....
5.3	for transmitting and receiving on-scene communications.	.....
6	All other survival craft have a device:	
6.1	for transmitting signals for location; and	.....
6.2	for transmitting and receiving on-scene communications.	.....

THIS IS TO CERTIFY that this Record is correct in all respects

Issued at.....
(Place of issue of the Record)

.....
(Date of issue) (Signature of duly authorized official issuing the Record)

(Seal or stamp of the issuing authority, as appropriate)

This certificate is valid until subject to
the annual/periodical/intermediate surveys in accordance with section 1.3 of the Code²⁶

Completion date of the survey on which this certificate is based:
(dd/mm/yyyy)

Issued at
(Place of issue of certificate)

.....
(Date of issue)

.....
(Signature of authorized official
issuing the certificate)

(Seal or stamp of the issuing authority, as appropriate)

Endorsement for annual, periodical and intermediate surveys⁶

THIS IS TO CERTIFY that, at a survey required by regulation 1.3 of the Code, the ship was found to comply with the relevant requirements of the Code.

Annual survey: Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Annual/Periodical/Intermediate²⁷ survey: Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Annual/Periodical/Intermediate⁶ survey: Signed:
(Signature of authorized official)

Place:

Date:
(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

²⁶ Delete as applicable.

²⁷ Delete as appropriate.