

Lučki i obalni radari

Števanja, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:118470>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

IVAN ŠTEVANJA

LUČKI I OBALNI RADARI

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

LUČKI I OBALNI RADARI

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:
Dipl. ing. Zoran Mikelić

STUDENT:
Ivan Števanja
(MB: 0171276220)

SPLIT, 2020.

SAŽETAK

U ovome završnom radu detaljno je opisan radar te povijesni razvoj ne samo radara već i svih njegovih funkcija. Riječ radar predstavlja skraćenicu od početnih slova engleskoga naziva *Radio Detection and Ranging* - 'radarsko otkrivanje i mjerenje'. To je elektronski uređaj koji se na temelju refleksije elektromagnetskih valova koristi za otkrivanje i određivanje pozicije objekata u moru, na kopnu i u zraku. Od 1904. godine (kada je Hulsmeyer patentirao svoj izum) radar prolazi buran tehnološko-funkcionalan razvoj od krute izvedbe (čak i antenskoga sustava) do mogućnosti upravljanja i izbora (u određenim granicama) načina rada svih sklopovskih sastavnica. Osim navedenoga, rad donosi i opis obalnih i lučkih radara te njihovih funkcija.

Ključne riječi: *radar, obalni, lučki, pozicija, funkcije*

ABSTRACT

This final paper presents the detailed description of the radar along with all of its functions and its historical development. The term RADAR stands for *Radio Detection and Ranging*. It is an electronic device developed as a mean of detecting and determining the positions of target objects in the sea, on land and in the air by using the reflections of electromagnetic waves. Since 1904 (when Hulsmeyer patented his invention) radars have undergone a turbulent technological-functional development from their rigid design (even the antenna system) to the possibility of controlling and selecting (within certain limits) the mode of operation of all circuit components. In addition, coastal and port radars along with their functions are explained and described.

Key words: *radar, coastal, port, position, functions*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. RADAR – RAZVOJ, DIJELOVI I PRINCIP RADA	2
2.1. RAZVOJ RADARA.....	2
2.2. PRINCIPI RADA RADARA	2
2.2.1. Radarske frekvencije	4
2.2.2. Domet radara	7
2.3. DIJELOVI RADARA.....	9
3. UPOTREBA RADARA	12
3.1. GLAVNE KONTROLE RADARA.....	12
3.2. SEKUNDARNE KONTROLE	13
3.3. POSEBNE KONTROLE RADARA	21
3.4. GRAFIČKE OZNAKE KONTROLA RADARA	21
4. OBALNI RADARI	23
4.1. RADARSKA MREŽA „MORE“	23
4.2. VRSTE OBALNIH RADARA.....	27
4.2.1. SPEXER 2000 DA	27
4.2.2. MR-10M1E	29
5. LUČKI RADARI	31
5.1. SLUŽBA NADZORA I UPRAVLJANJA POMORSKIM PROMETOM (VTS – VESSEL TRAFFIC SERVICE).....	32
5.2. VRSTE LUČKIH RADARA.....	34
5.2.1. SCANTER 5000 radar.....	34
5.2.2. <i>SharpEye</i> SBS-900.....	35
6. ZAKLJUČAK	37
LITERATURA	38
POPIS SLIKA	40
POPIS TABLICA	41
POPIS KRATICA	42

1. UVOD

Radar je elektronski uređaj koji se na temelju refleksije elektromagnetskih valova koristi za otkrivanje i određivanje pozicije objekata u moru, na kopnu i u zraku. Skraćenica RADAR nastala je od engleskoga izraza *Radio Detection and Ranging*, što znači ‘radarsko otkrivanje i mjerenje’. U današnje je vrijeme upotreba radara mnogostruka i neizbježna u zrakoplovstvu, pomorstvu i meteorologiji. Potreba za uvođenjem radara u pomorstvu javila se kao posljedica brojnih pomorskih nesreća u prošlosti. Naime, radar predstavlja izuzetno važan uređaj ne samo za detekciju objekata i njihovo praćenje već i za sigurniju plovidbu. Osim što se koristi na brodu, upotrebljava se i u lukama za nadzor pomorskoga prometa u svrhu izbjegavanja sudara i smanjivanja gužvi te prilikom loših vremenskih uvjeta, kao što je magla. Štoviše, koristi se i za nadzor pomorskoga prometa uz obalu, u akcijama traganja i spašavanja te zaštitu državnoga integriteta.

Cilj je ovoga rada upoznati se s radarom i svim njegovim dijelovima i funkcijama te utvrditi koja je njegova važnost u lukama i na obali.

Nakon uvoda objašnjeno je što je radar, kako je došlo do njegova razvoja te kada se počeo prvi put primjenjivati. Osim navedenoga, pobliže su opisani i dijelovi radara i njegov princip rada, tj. na koji se način emitiraju impulsi te kako prepoznaje objekte i prikazuje ih na zaslonu. Nadalje, proučeno je i koje sve vrste frekvencija postoje te što je doomet radara, kako se izračunava i koje vrste dometa radara postoje.

U trećemu poglavlju navedene su kontrole radara, tj. objašnjeno je koje se sve vrste kontrola koriste. Štoviše, zasebno je opisana i svrha svake kontrole.

Četvrto poglavlje rada obrađuje obalne radare. Objašnjeno je što su obalni radari i kakvu funkciju imaju. Nadalje, opisana je radarska mreža „More“ u Hrvatskoj te su navedene i sve vrste obalnih radara.

Peto poglavlje donosi prikaz lučkih radara. Objašnjeno je što su lučki radari i njihova funkcija. Uz navedeno, objašnjeno je i što predstavlja VTS (engl. *Vessel Traffic Service*) te koje vrste lučkih radara postoje.

U šestome poglavlju, odnosno zaključku, objedinjeni su svi glavni zaključci teme.

2. RADAR – RAZVOJ, DIJELOVI I PRINCIP RADA

Radar predstavlja kraticu nastalu od početnih slova engleskoga izraza *Radio Detection and Ranging* - 'radarsko otkrivanje i mjerenje'. To je elektronski uređaj koji se na temelju refleksije elektromagnetskih valova koristi za otkrivanje i određivanje pozicije objekata u moru, na kopnu i u zraku. U navigaciji upotrebljava se za određivanje udaljenosti i azimuta te kao pomoćno sredstvo za sigurniju plovidbu, a na kopnu služi za praćenje pomorskoga prometa, akcije traganja i spašavanja te za sigurnost i nadzor obale.

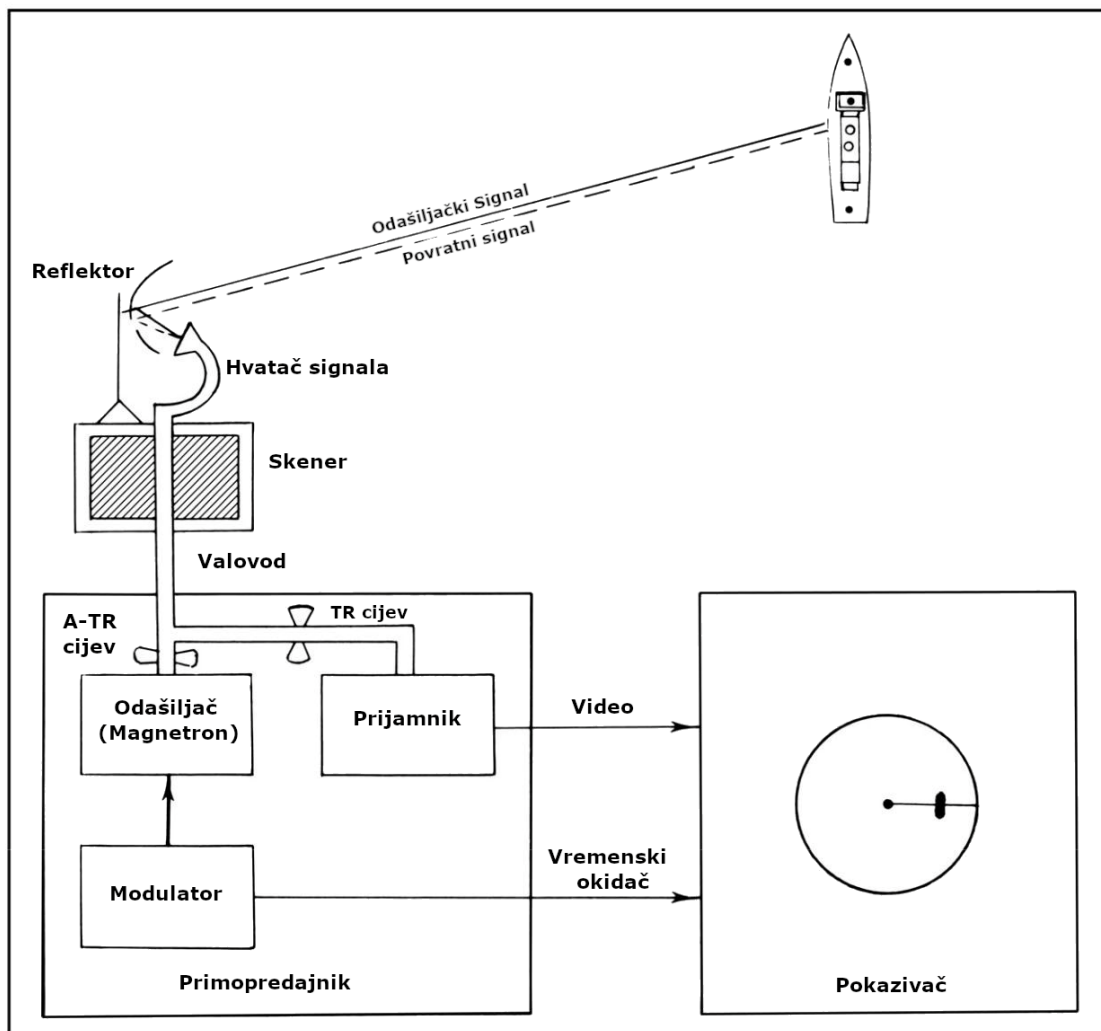
2.1. RAZVOJ RADARA

Već je odavno poznato da se radiovalovi odbijaju od raznih objekata i da se prema tome mogu koristiti za mjerenje udaljenosti. Krajem 19. stoljeća (1886. godine) Heinrich Hertz započeo je pokuse koji su pokazali da se radiovalovi odbijaju od metalnih objekata, na čemu se temelji rad radara. Nadalje, njemački inženjer Christian Hülsmeyer patentirao je 1903. godine napravu *telemobiloscope* koja je otkrivala metalne prepreke, no doomet nije bio veći od jedne milje i zbog toga se nije primjenjivala u praksi. Intenzivniji razvoj radara započeo je u Sjedinjenim Američkim Državama, Velikoj Britaniji i Njemačkoj tijekom 30-ih godina 20. stoljeća. Štoviše, ubrzo se uvidjela i izvanredna važnost te raznolikost primjene radara pri upravljanju brodovima. U skladu s navedenim, početkom Drugoga svjetskog rata ubrzan je rad na njihovome daljnjem razvijanju i usavršavanju. Naime, kada je rat izbio u rujnu 1939. godine, i Velika Britanija i Njemačka imale su već razvijene radarske sustave. U Velikoj Britaniji nazivali su ga RDF (engl. *Range and Direction Finding*), dok se u Njemačkoj koristio naziv *Funkmeß* ('radiomjerenje'). Potom je 1940. godine izum magnetrona sa šupljim rezonatorima omogućio primjenu centimetarskih valova te na taj način znatno utjecao na daljnji razvoj brodskih i zrakoplovnih radara. Štoviše, rad na razvoju radara nastavio se i nakon rata. 1960. godine započelo je novo razdoblje razvoja prijamnih dijelova sustava koji se temelje na teoriji statističke obrade signala ugradbom računala za obradu radarskih signala u digitalnome obliku.

2.2. PRINCIPI RADA RADARA

Rad radara zasniva se na utvrđivanju protekloga vremena između emisije impulsa i povratka odbijene jeke. Kratki impuls elektromagnetske energije odašilje se, tj. emitira u

prostor, odbija se od objekta i vraća do prijemnoga dijela uređaja. Povratna jeka znak je da se u okolici našega radara nalaze drugi brodovi i objekti. Radarski modulator pobuđen impulsima iz sinkronizatora formira vrlo kratak i visokofrekventan elektromagnetski impuls koji potom odašiljač u uskom snopu odašilje u prostor preko antenske preklopke. Elektromagnetni valovi (dužine 3000 cm do 10 000 cm) prostiru se pravocrtno (slično svjetlosnim zrakama), a zatim se nakon nekog vremena odbijeni vraćaju u radarsku brodsku antenu, a antenski preklopnik odvodi te elektromagnetske valove u prijamnik odakle pojačan i demoduliran impuls stiže u radarski pokazivač. Pokazivač mora što točnije prikazati taj reflektirani impuls na zaslonu katodne cijevi. Preko položaja svijetlih mrlja (jeka) određuje se azimut i udaljenost do opaženoga objekta.



Slika 1. Princip rada radara [2]

„Uz pretpostavku konstante brzine širenja elektromagnetskog vala i jednake brzine svjetlosti ($c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) vrijeme potrebno da signal prevali put do objekta i natrag jednako je: $t = \frac{2d}{c}$. Vrijeme se jednolikim pomicanjem svijetle točke iz centra ekrana prema njegovom rubu, uz pretpostavku da se svijetla točka u trenutku emisije impulsa nalazi u centru ekrana. Ako je brzina gibanja svijetle točke (m/s), udaljenost d' jednaka je:

$$d' = \frac{2v}{c} \times d = k \times d . \text{ Uz } v = \text{const i } k = \text{const, } d' \text{ je mjera udaljenosti objekta u}$$

prirodi. Ako pretpostavka $v = \text{const}$ nije ispunjena, govorimo o nelinearnoj vremenskoj bazi, čija posljedica je netočno mjerenje udaljenosti. Pored toga, navigacijski radar mjeri i pramčani kut (ponekad azimut) objekta sinhronom vrtnjom antene i otklonskih zavojnica koje se nalaze na grlu katodne cijevi. Mjerilo postignute sinhronizacije je položaj pramčаницe na ekranu radara.“ [5]

Radar, da bi udovoljio potrebe navigacije, mora otkrivati objekte na što manjoj udaljenosti, postizati što veći domet (odnosno daljinu otkrivanja), dobro razlikovati objekte po azimutu i udaljenosti te smanjivati odnosno poništavati atmosferske smetnje i smetnje koje se javljaju zbog odbijanja od morske površine radi odvajanja mrlja pravih objekata, a posebice mrlja malih objekata na videozaslonu radarskoga pokazivača.

2.2.1. Radarske frekvencije

Spektar elektromagnetskih valova ima frekvencije do 1024 Hz. Taj vrlo veliki pojas dijeli se na različite podjedinice zbog različitih fizičkih svojstava. Podjela frekvencija na različite pojaseve prethodno se dijelila prema povijesno razvijenim kriterijima i sada je zastarjela, pa je stvorena nova klasifikacija frekvencijskih pojaseva. U NATO-u koristi se novija klasifikacija frekvencijskih pojaseva. U različitim su frekvencijskim pojasevima granice prilagođene tehnologijama i mogućnostima mjerenja. Gotovo su logaritamski raspoređeni i sustav je otvoren za velike frekvencije. U ovome se sustavu u budućnosti lako mogu definirati daljnji rasponi frekvencija do raspona THz-a. Danas se frekvencija radara kreće od oko 5 MHz do oko 130 GHz. Različite su vrste frekvencijskih pojaseva, a to su:

- *A- i B-Band* (HF- i VHF-radar): to su radarski pojasevi ispod 300 MHz. Prvi radari razvijeni su prije i za vrijeme Drugoga svjetskog rata. Raspon frekvencija odgovarao je visokofrekventnim tehnologijama. Kasnije su se koristili za radare

ranog upozorenja takozvanih ekstremno dalekih radara iznad horizonta (engl. *Over The Horizon - OTH*). Ti radari ne mogu udovoljiti zahtjevima visoke točnosti jer točnost određivanja kuta i kutne rezolucije ovisi o omjeru valne duljine naprama veličini antene. Antene tih radara izuzetno su velike i mogu biti dugačke nekoliko kilometara u kojima djeluju posebni, nenormalni uvjeti širenja što povećavaju dometa radara na štetu točnosti. Propusni opseg tih radara relativno je malen s obzirom da su ti frekvencijski pojasevi gusto zauzeti komunikacijskim radioslugama.

- *C-Band* (UHF-radar): za navedeni frekvencijski pojas (300 MHz do 1 GHz) razvijeni su specijalizirani radari. Zbog vrlo laganoga prigušivanja vremenskih pojava ove frekvencije mogu dosegnuti velike domete.
- *D-Band* (*L-Band* radar): ovaj pojas idealno je prilagođen za moderne radare u svrhu nadzora većih površina do dosega od 250 nautičkih milja (≈ 400 km). Oni prenose impulse velike snage, široke propusnosti i intrapulsne modulacije za postizanje još dužih dometa. Međutim, zbog zakrivljenosti zemlje dometa koji se praktički može postići ovim radarima mnogo je manji na malim visinama jer te objekte zatamnjuje radarski horizont.
- *E/F-Band* (*S-Band* radar): u frekvencijskom pojasu od 2 do 4 GHz atmosfersko je prigušenje veće nego u D-opsegu. Radari zahtijevaju mnogo veću snagu impulsa za postizanje dugoga dometa. Koristi se najviše za vrijeme ružnoga vremena.
- *G-Band* (*C-Band* radar): za ovaj frekvencijski pojas koriste se mobilni vojni radari kratkoga i srednjega dometa. Antene su dovoljno male da se mogu brzo instalirati s velikom preciznošću za kontrolu oružja. Utjecaj vremenskih pojava vrlo je velik, a zbog toga su vojni radari obično opremljeni antenama s kružnom polarizacijom. U tom se frekvencijskom rasponu većina vremenskih radara koristi i za umjerenu klimu.
- *I/J-Band* (*X-* i *Ku-Band* radari): između 8 i 12 GHz. S relativno malim antenama može se postići dovoljna kutna točnost, a navedeno pogoduje vojnoj upotrebi kao zračni radar. Taj se frekvencijski pojas uglavnom koristi za pomorsku navigaciju u civilnim i vojnim radarima. Male, jeftine i brzo rotirajuće antene omogućavaju dovoljne domete s vrlo dobrom preciznošću. *X-band* radari prikazuju slike s više detalja i koriste se na manjim dometima.

- *K-Band* (*K-* i *Ka-Band* radari): kako se emitirana frekvencija povećava, prigušenje u atmosferi raste, no pritom se povećava i moguća točnost i razlučivost raspona. Veliki rasponi više se ne mogu postići.
- *V-Band*: elektromagnetski valovi trpe vrlo veliko prigušenje zbog molekularnoga raspršivanja atmosfere. Primjena radara ograničena je na domet od nekoliko desetaka metara.
- *W-Band*: ovdje se mogu primijetiti dvije pojave prigušenja atmosfere, maksimalno prigušenje na oko 75 GHz i relativno minimalno na oko 96 GHz.
- *N-Band*

Tablica 1. Radarske frekvencije [22]

Band	Frekvencija [GHz]	Valna duljina [cm]
VHF	0,03-0,3	1000-100
UHF, P	0,3-1	100-30
L	1-2	30-15
S	2-4	15-7,5
C	4-8	7,5-3,75
X	8-12,5	3,75-2,4
Ku	12,5-18	2,4-1,7
Ka	18-40	1,7-0,75
V	50-75	0,60-0,40
W	75-111	0,40-0,27

2.2.2. Domet radara

Domet radara ovisi o radarskome horizontu i konstrukciji izvedbe uređaja. Radarski horizont veći je od optičkoga. Radarski horizont iznosi:

$$D = 4,06\sqrt{H_{\text{ant}}} + 4,06\sqrt{H_{\text{obj}}} \quad (1)$$

D = udaljenost radarskoga horizonta (izražena u kilometrima)

H_{ant} = visina antene

H_{obj} = visina objekta

Domet određen konstrukcijskom izvedbom uređaja ovisi o frekvenciji, kvaliteti komponenti od kojih je radar izrađen, ali i o vanjskim faktorima.

$$r = \sqrt[4]{\frac{1}{4} \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} \frac{A^2}{\lambda^2}} \delta \mu \quad (2)$$

r = domet

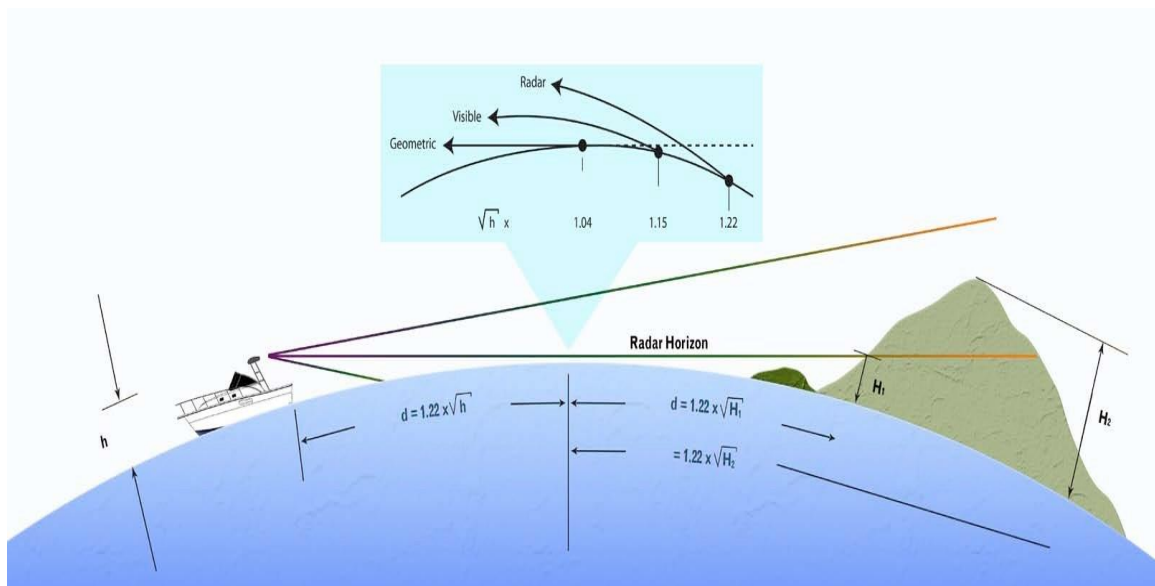
P_{min} = minimalna osjetljivost prijavnika

A = površina antene

λ = valna duljina

δ = površina objekta

μ = koeficijent odbijanja



Slika 2. Radarski horizont [24]

Najveći domet radara ovisi o:

- broju impulsa odaslanih u jedinici vremena: što je veći domet radara, to je poželjno poslati što veći broj impulsa u jedinici vremena jer onda postoji veća mogućnost povratne jeke od udaljenih objekata.
- vrsti, veličini i visini antene: antene s prorezima učinkovitije su u usmjeravanju snopa na objekt, a gustoća energije veća je na mjestu udaljenijeg objekta. Što je antena veća, to je i učinak veći. Visinom antene iznad površine mora raste i radarski horizont te se time povećava i radarski domet.
- najvećoj emitiranoj snazi: ako se emitira veća snaga, to će biti jača jeka s udaljenijih objekata.
- valnoj duljini: što je veća valna duljina, to je veći i radarski domet.
- značajkama objekta: domet radar ovisi o položaju, tvari, obliku i ostalim svojstvima objekta.

Prema IMO (engl. *International Maritime Organization*) *Resolution A.477(XII)* propis o najvećem dometu *X-band* radara zahtijeva da taj radar pri visini antene od 15 m iznad mora i radarskoj slici bez odjeka s valova i padalina ima jasan prikaz slike :

- obalne crte:
 1. obalne crte visoke 60 m na udaljenosti od 20 M
 2. obale visoke 6 m na udaljenosti od 7 M
- površinskih objekata:
 1. broda od 5000 BT na udaljenosti od 7 M
 2. broda duljine 10 m na udaljenosti od 3 M
 3. objekta nadomjesne površine od 10 m kvadratnih, na udaljenosti od 2 M (stožasta plutača druge kategorije ima nadomjesnu površinu od 10 m kvadratnih. Ako se njezin odraz na radaru vidi u najmanje 50 % osvjetljavanja, radar ispunjava navedeni propis).

Najmanji domet radara. Objekt A nalazi se u području koje nije osvjetljeno radarom, odnosno mrtvoj zoni radara, te se slika objekta A ne može prikazati na njegovu ekranu. Objekt B nalazi se izvan mrtve zone radara i osvjetljen je radarom. IMO propis o najmanjemu dometu odnosi se na objekt B i glasi da se površinski objekti moraju jasno

vidjeti na udaljenosti od 50 m do 1 M bez ikakvoga podešavanja radara, izuzevši promjenu dometa radara. Na najmanjemu dometu od 0,25 M radar se vrlo rijetko koristi zbog toga što tu ima puno smetnji, a malo je manevarskoga prostora i vremena da bi se izbjegla opasnost.

2.3. DIJELOVI RADARA

Radarski sustav ima odašiljač koji emitira radiovalove, tj. radarske signale u unaprijed određenim smjerovima. Kada dođu u kontakt s objektom, obično se odbijaju ili raštrkaju u mnogim smjerovima. Radarski signali koji se odbijaju prema odašiljaču najvažniji su zbog toga što pomoću njih radari rade. Radari odašilju usmjerene mikrovalne radiosignale u krugu od 360° oko antene.

Uređaj za napajanje. Sastoji se od motor-generatora i upravljačke kutije. Motor dobiva električnu energiju iz brodske mreže te time pokreće generator. Izmjenična struja brodske mreže vrlo je nestabilnoga napona, pa zbog toga generator proizvodi stabilizirane napone odgovarajuće frekvencije za rad pojedinih dijelova radara.

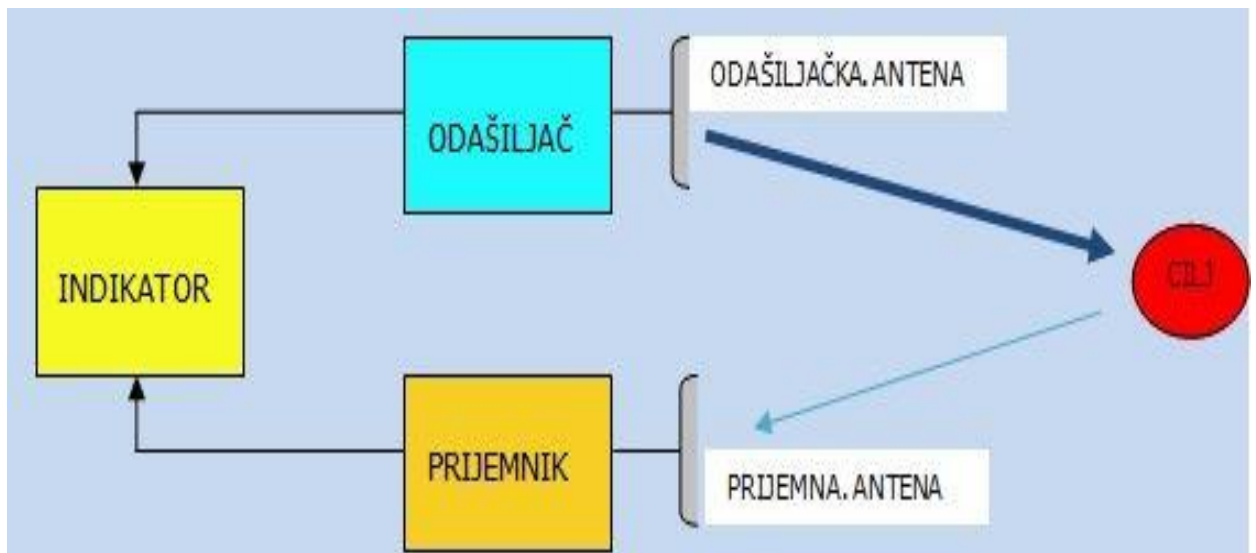
Odašiljač. Odašiljač pretvara elektromagnetnu energiju u vrlo kratke i točno određene impulse velike jačine i visoke frekvencije koji se preko valovoda vode do antene. Glavni dijelovi odašiljača su: uređaj za napajanje, impulsni generator, magnetron, impulsni transformator i modulator. Impulsni generator sinkronizira početak odašiljanja impulsa s početkom gibanja vremenske osnovice na videozaslonu tako što stvara oštre impulse kojima se sinkronizira i usklađuje rad svih sklopova radara. Magnetron je dioda u kojoj se generiraju vrlo jaka magnetska i električna polja. Kratki impuls iz modulatora dobiva vrlo visoku frekvenciju pri prolasku kroz magnetron. Impuls jake snage i visoke frekvencije iz magnetrona preko valovoda odlazi u antenski sklop. Modulator je elektronički preklopnik koji upravlja radom magnetrona i u modulatoru se impulsi oblikuju u impulse visokoga napona i kratkoga trajanja te odlaze u magnetron koji pobuđuju na rad.

Antenski sklop. Antenski sklop sastoji se od antene, motora i okretne antene, mikrovalne rotirajuće spojnice ili naponskog poluvodički upravljana oscilatora, vodiča za napajanje i vodećega selsina. Antenski sklop odašilje i prima radarske impulse. Antena

pretvara električni impuls iz magnetrona u elektromagnetski val i odašilje ga u prostor u svim smjerovima. Odbijeni impulsi, koji se vrte u antenu, odlaze u prijamnik. Svi navigacijski radari imaju jednu antenu. T/R skretnica izmjenično i sinkronizirano prikopčava antenu na odašiljač i prijamnik te ujedno i štiti prijamnik od visokoga napona koji emitira odašiljač.

Valovod. Riječ je o bakrenoj četverokutnoj cijevi čije dimenzije ovise o radnoj valnoj duljini. Prolaskom kroz valovod elektromagnetski se val ne rasipa i ne slabi jer su dimenzije šupljih rezonatora (valovoda) sinkronizirane s valnom duljinom impulsa. Valovod odvodi impulse velike jačine i visoke frekvencije od odašiljača do antene. Obrnutim putem vodi reflektirane signale od antene do prijamnika.

Prijamnik radara. Preko kristalnoga mješaća i niza međufrekvencijskih videopojačala prijamnik pojačava slabo primljene radarske jeke, a zatim ih pretvara u videosignale i vodi u pokazivač. Kristalni mješać najvažniji je dio prijamnika. Pomoću lokalnoga oscilatora, tzv. klistrona, snižava frekvenciju jeke kako bi pojačao slabu jeku i pretvorio je u videosignal. Klistron proizvodi svoju frekvenciju koja se miješa s frekvencijom jeke i tako dobiva posve novi impuls male snage i niske frekvencije. Međufrekventno pojačalo pojačava signal radarske jeke nakon miješanja. Na završetku toga pojačanja signal jeke s izmjeničnom karakteristikom pretvara se u istosmjerni i zatim pojačava u videopojačalu. Videopojačalo pojačava signal radarske jeke kako bi se mogao pokazati na zaslonu katodne cijevi. Pokazivač prijamnika, kojemu je glavni dio katodna cijev, prikazat će na videozaslonu na temelju primljenih i obrađenih signala radarske jeke te motrenih objekata i položaja radarske antene svijetle žute tragove koji donose panoramsku sliku objekata na horizontu.



Slika 3. Glavni dijelovi radara [23]

3. UPOTREBA RADARA

Radar se koristi kao pomoćno navigacijsko sredstvo za vođenje broda. Drugim riječima, uglavnom se upotrebljava za smjerenje udaljenosti i azimuta do nekog objekta te za izbjegavanje sudara. Radar se koristi preko kontrola koje mogu biti glavne, sekundarne ili posebne. Za opis navedenih kontrola upotrebljavaju se engleski nazivi u priručnicima i na uređajima.

3.1. GLAVNE KONTROLE RADARA

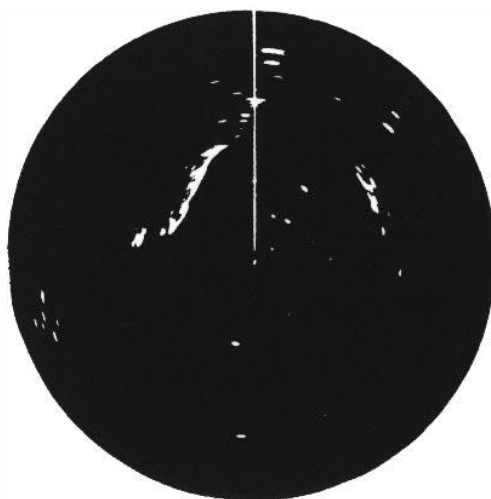
START-STOP ili ON-OFF prekidač. To je glavni prekidač pomoću kojega se pokreće motor-generator. Nakon uključivanja ovoga prekidača radar dobiva napone koji zagrijavaju elektronske cijevi, ali ne dobiva visoki napon koji mu je potreban za rad sklopova. Nakon što prođe jedna do dvije minute, aktivira se termički prekidač što znači da je radar spreman za rad. U ovoj fazi nema generiranja impulsa; antena miruje i nema slike na radarskome pokazivaču.

SCANNER ON-OFF. Navedeni se prekidač koristi za uključivanje i isključivanje radarske antene. Kod većine se uređaja antena automatski uključuje u rad pritiskom na TRANSMIT. Ovaj prekidač može biti od koristi kada se radar nalazi u stanju STAND BY pa se preko prekidača antena uključi u rad kako bi se izbjeglo njezino zaleđivanje.

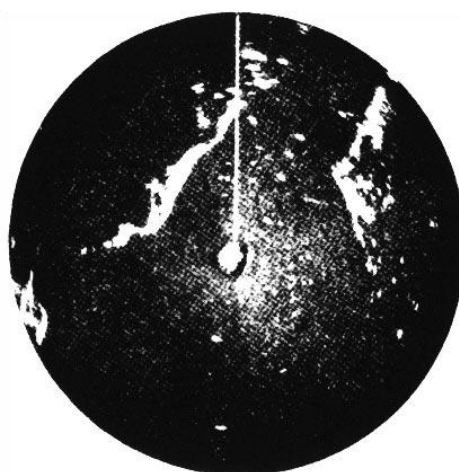
STAND BY-RUN ili STAND BY TRANSMIT. Kada se radar nalazi u položaju STAND BY, cijevi i termički prekidač zagrijani su i radar je spreman za rad. U ovoj fazi još trenutačno nema generiranja impulsa ni slike na pokazivaču, antena još miruje jer nema kolektorskih napona odnosno anodnih napona, a omogućuje se trenutačno stavljanje radara u rad. Utrošak energije vrlo je malen. Iskopčavanje je uređaja (prelazak na STAND BY) automatsko. Kada se radar ne koristi, preporuča se držati uređaj u položaju STAND BY. Štoviše, navedena preporuka odnosi se i na situaciju kada se radar namjerava ugasiti na kraće vrijeme jer će se na taj način znatno smanjiti radarske interferencije sa susjednim radarima. Neki radari imaju PRESS TO VIEW komandu koja omogućuje uključivanje radara na nekoliko minuta. Da bi se radar ugasio, pritisne se kontrola STAND BY I POWER istovremeno ili se sklopka vrati u položaj ON/OFF.

3.2. SEKUNDARNE KONTROLE

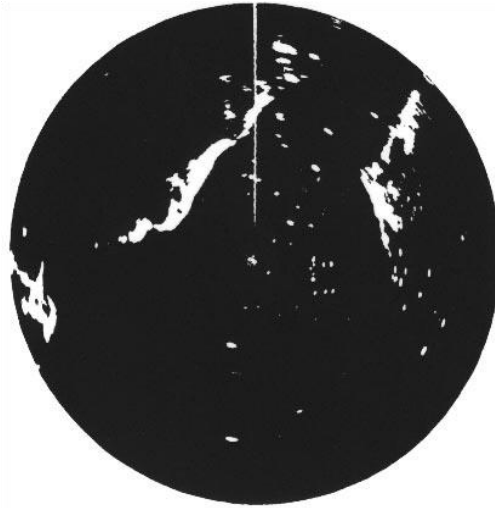
GAIN. Zakretanjem gumba u desnu stranu dolazi do pojačavanja prijarnika i kontrasta slike. Time dolazi do povećavanja svjetline objekata, ali i do pojačavanja šuma. Na zaslonu radara počinju se pojavljivati smetnje u obliku sitnih zrnaca, tzv. „snijeg“, ako je pojačanje prijarnika preveliko. Ta pojava veća je kod većih dometa. Iz toga se razloga preporučuje podešavati GAIN na većim dometima tako da se dugme zakreće u desnu stranu do pojavljivanja šuma, nakon čega se dugme malo vrati ulijevo.



Slika 4. Premalo GAIN-a [2]



Slika 5. Previše GAIN-a [2]



Slika 6. Normalan GAIN [2]

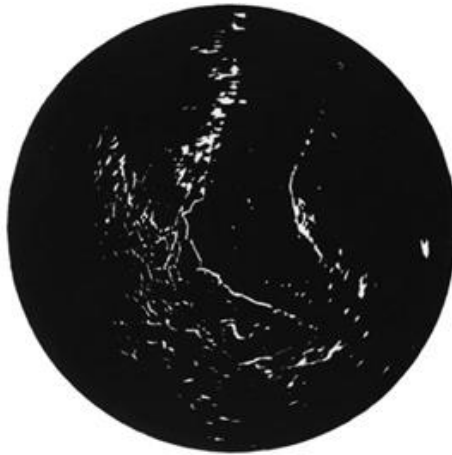
BRILLIANCE ili VIDEO CONTROL. Navedena kontrola na radaru služi za podešavanje osvjtljenja radarske slike. Naime, podešavanje osvjtljenja radarske slike izvodi se na način da se zakreće kontrolno dugme udesno sve dok rotirajuća svijetla crta ne postane vidljiva. Nakon toga dugme se vrati malo ulijevo sve dok rotirajuća svjetleća crta ne nestane, a ostane vidljiva granica između tamnijega i svjetlijega zaslona. ARPA (engl. *Automatic Radar Plotting Aid*) i slični uređaji imaju DAYLIGHT zaslone s pojačanim osvjtljenjem. Ti zaslone imaju drugačiju organizaciju vremenske baze te bolji premaz zaslona (fosforescentni sloj). Problemi koji nastaju zbog prevelike sjajnosti slike su: zamor očiju, prevelika razlika u svjetlini manjih i većih objekata i oštećen zaslon (osobito u centru gdje se mlaz elektrona najviše zadržava). Nakon promjene područja slika se predugo zadržava na zaslonu (AFTER GLOW) što dovodi do defokusiranja, a pokretni objekti (i kopno kod relativne slike) ostavljaju trag na zaslonu što čini sliku nejasnom i nerazumljivom za promatranje.



Slika 7. Preslab BRILLIANCE [2]



Slika 8. Prejak BRILLIANCE [2]



Slika 9. Normalan BRILLIANCE [2]

FOCUS CONTROL. Na modernim se uređajima fokusiranje slike izvodi automatski, a najlakše se provjerava na kalibracijskim prstenovima uz malo pojačan BRILLIANCE.

SHIFT ili CENTERING. Ovom kontrolom na radaru dovodi se elektroničko i geometrijsko središte slike u istu točku. Točka kroz koju prolazi mehanički kursor geometrijsko je središte zaslona, a točka u kojoj se nalazi vlastiti brod elektroničko je središte. Ta dva središta moraju se nalaziti u istoj točki kako bi se mogao izmjeriti kut. Potrebno je često provjeravati podešenost slike zbog toga što promjena magnetskoga polja na mostu (promjena kursa broda) te vibracija broda (pomak SHIFT potencijometara) izazivaju pomak slike.

Slika će se postaviti u središte zaslona tako što se smjeralo prvo postavi u 0° ili 180° i funkcijom HORIZONTAL SHIFT ili SHIFT središte se slike dovede ispod kursora. Da bi se slika okomito podesila, smjeralo se pomakne na 90° ili 270° i ponavlja se prethodno opisani postupak. Na manjim dometima središte slike zamračeno je djelovanjem emisijskoga impulsa, pa je podešavanje teže. Manji pomak središta slike iz središta zaslona neće znatno utjecati na mjerenje kuta, ako radar ima električno smjeralo.

PICTURE ROTATE, AUTOTRIM PICTURE ALIGNMENT ili COMPASS REPEAT CONTROL, TURN PICTURE CONTROL. Kada se želi kompasom dobiti stabilizirana slika (NORTH UP RELATIVE MOTION PICTURE), onda se koriste navedene kontrole. Radarski kompasni ponavljač mora se kao i drugi kompasni ponavljači ručno podesiti jednom od navedenih kontrola. Neki radari imaju kontrole HEADING MARKER (LINE) COURSE SWITCH i HEADING MARKER (LINE) FINE CONTROL koje poluautomatski podešavaju. Kod nekih tipova radara kompasni ponavljač može zakretati azimutnu skalu (skalu sa stupnjevima) umjesto cijele slike. Pramčanica pokazuje kurs broda, ali je raspored objekata na zaslonu ostao isti kao i raspored objekata koji se može vidjeti kroz prozor.

HL ALIGNMENT prekidač ne bi trebalo zamijeniti s opisanim kontrolama čijim se aktiviranjem pramčanica broda dovodi u okomiti položaj. Kod većine radara odmah se nakon uključivanja antene ovaj postupak obavlja automatski.

HL MARKER OFF SWITCH. Pritiskom na ovu kontrolu preklopka s oprugom privremeno briše pramčanicu, ako se želi provjeriti nalazi li se ispod pramčanice slika nekog objekta. Nakon otpuštanja prekidača opruga se vraća u početni položaj, odnosno u „uključeno“.

CLUTTER, ANTI CLUTTER SEA, ANTI CLUTTER, SWEEP GAIN ili SENSITIVITY TIME CONTROL (STC). Ovom se kontrolom smanjuju smetnje koje nastaju kada se povratni signal odbije od valova, a to se postiže tako što se smanji pojačanje prijavnika u prvim trenucima njegova rada nakon što prestane raditi odašiljač. Pri korištenju navedene kontrole treba biti vrlo oprezan jer se može vrlo lako potisnuti jeka nekog vrlo malenog objekta u okolici vlastitoga broda, ako se pretjerano smanji pojačanje. Cilj ove kontrole nije da se u potpunosti izbrišu smetnje koje nastanu od povratnoga valnog

signala, već da se te smetnje smanje do granice na kojoj se mogu jasno raspoznati objekti unatoč pojavi tih smetnji. Štoviše, preporuča se stalno mijenjanje razine prigušenja smetnji jer se na taj način povećava vjerojatnost detekcije nekog manjeg objekta u okolici broda koji je bio zamaskiran smetnjama. Korištenje CLUTTER kontrole ne djeluje na smetnje koje su na većim udaljenostima.

DECCA CLEARSCAN radari opremljeni su posebnim procesorima za obradu signala. Sustav VP1 mjeri razinu šumova preko kojih postavlja granicu prigušivanja što omogućava zaslon bez smetnji, a jeka s objekata i obale prigušena je vrlo malo. VP2 sustav eliminira signale čija je snaga ispod određene razine. Signali koji se nalaze iznad te određene razine pojačavaju se do jednolike svjetline. Slike manjih objekata produžuju se radi lakšega uočavanja na ekranu na dometima većima od 12 M. Svi sustavi za brisanje smetnji, uključujući i automatizirane sustave, mogu također izbrisati i jeke s manjih objekata, pa treba voditi računa o tome.

RAIN SWITCH, ANTI RAIN CLUTTER, DIFF, FAST-TIME CONTROL (FTC). Uključivanjem ove kontrole brišu se jeke s padalina koje dolaze na zaslon diferenciranjem signala. Umjesto da se promatrani objekt vidi u punoj širini, radar će samo pokazati njegovu brid, a slika na radarskome zaslonu postat će zrnata. Pojačanjem impulsa smanjujemo površinu koju prekriva pojedini objekt na radarskome zaslonu. Kružnom polarizacijom emisijskoga signala možemo također obrisati smetnje uzrokovane padalinama. Odbijanjem od kapljica kiša kružno polarizirani val mijenja svoju polarizaciju. Antena radara teško prima valove promijenjene polarizacije, pa je zbog toga dolazna jeka s kišnih kapljica vrlo jako potisnuta.



Slika 10. Korištenje ANTI CLUTTER SEA [2]



Slika 11. Smetnje na radarskome zaslonu [2]

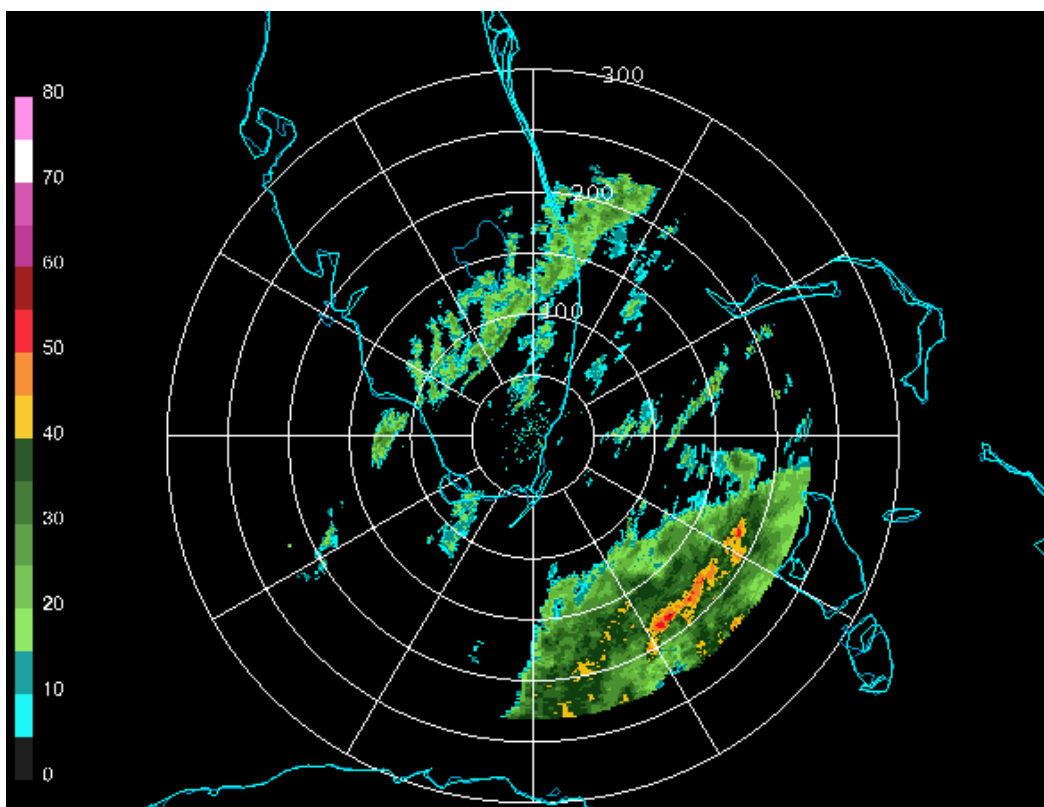
LONG-SHORT predstavlja prekidač kojim se mijenja dužina emitiranoga impulsa. Duži impulsi koriste se na većim udaljenostima jer oni sadrže veće količine energije, a kraći impulsi koriste se na manjim dometima jer oni daju oštriju sliku s više detalja i dobro razdvojenim objektima. Ako nisu prevelike smetnje na radarskome zaslonu, skraćivanjem impulsa može se zamijeniti ANTI CLUTTER kontrola.

TUNING CONTROL. Radarska kontrola kojom se sinkronizira frekvencija magnetrona (predajnika) s frekvencijom klistrona (prijamnika) na način da njihova razlika uvijek bude jednaka frekvenciji na kojoj su podešena pojačala radara. TUNING se namješta prema nekom indikatoru obično grafičkoga izgleda u obliku crte ili crtica koje trepere kada se koristi RX MONITOR. Osim preciznih TUNING kontrola, radari mogu

imati i manje precizne TUNING kontrole na odašiljaču i još manje precizne na klistronu. Radari s AFC (engl. *Automatic Frequency Control*) nemaju ručne TUNING kontrole.

RANGE, RANGE SELECTOR SWITCH i SCALE INDICATOR. Treba brzo mijenjati područja preklopkom za promjenu dometa radara. Ako se preklopka sporo zakreće, može doći do iskrenja na njezinim kontaktima. Višestruka promjena područja treba se izvoditi sporo zbog toga što se radar treba podesiti za rad na tim područjima. Kod promjene područja moramo imati u vidu zadržavanje stare slike, koja će ovisiti o položaju kontrole BRILLIANCE. Svjetlina slike bit će manjega intenziteta zbog brže vremenske baze i kraćega vremena ispisivanja slike na nižim područjima.

CALL RING, FIXED RANGE RINGS. Ovim prekidačem uključuju se prstenovi za mjerenje udaljenosti. Obično se na radaru generira 6 prstenova, ali kod nekih tipova radara taj broj prstenova može se udvostručiti. Na manjim će dometima prstenovi biti deblji i kod nekih tipova radara mogu se mijenjati osvjetljenja tih prstenova.



Slika 12. Radarski prstenovi [25]

RANGE MARKER, VARIABLE. Ovim prekidačem uključuje se daljinar za mjerenje udaljenosti. Procjena udaljenosti može biti analogna ili digitalna. Da bi se mogao izmjeriti relativni pomak objekta, objekt se mora postaviti u sjecište daljinara i smjerala.

EXPANDED CENTRE SWITCH. Uključivanjem ovoga prekidača vremenska baza počinje od određene vrijednosti napona. Prazan kružni prostor promjera nekoliko centimetara javlja se u središtu zaslona. Iako se domet radara smanjuje za taj iznos, bliži su objekti sad udaljeniji od središta zaslona, pa se lakše uočavaju i može se točnije izmjeriti njihov azimut. Navedeni prekidač koristi se kada se plovi plovnim putovima označenima plutačama, prilikom dokovanja noću ili u plovidbi uskim kanalima.

EBL (engl. *Electronic Bearing Line*), EBM SWITCH (engl. *Electronic Bearing Marker*). Riječ je o prekidaču kojim se uključuje elektronički kursor. Ovo smjeralo polazi od električnoga središta slike, tj. vlastitoga položaja broda u obliku isprekidane crte. Korištenjem EBL-a izbjegavaju se greške slike pomaknute iz središta i paralaksa.

MONITOR, RX MONITOR, TX MONITOR. Ovom kontrolom provjerava se rad prijarnika i predajnika. Uključivanjem preklopke RX MON izvlači se metalna osovinica iz rezonancijske šupljine smještene u odašiljaču, koja je kao titrajni krug na visokim frekvencijama. Trag emitiranoga impulsa, koji ulazi u rezonancijsku šupljinu kroz otvor valovoda, potiče u njoj titranje koje se i nakon prestanka rada odašiljača nastavlja s prigušenim amplitudama. Kada je prijarnik u funkciji, titranje se vraća u valovod i on prolazi cijeli prijarni put signala. Ako je prijarnik ispravan, te će se oscilacije na radarskome zaslonu pojaviti u obliku svjetlećih krugova oko središta zaslona. Na rad prijarnika ili njegovo „razdešavanje“ ukazuje smanjivanje promjera kruga. Uključivanjem preklopke TX MON dovodi se napon na tinjalicu koja je smještena uz antenu prema krmi broda. Ako je ispravan odašiljač, priključeni napon i energija iz antene upalit će tinjalicu koja će se tada ponašati kao zatvorena preklopka.

3.3. POSEBNE KONTROLE RADARA
























Posebne kontrole imaju će radari koji imaju TRUE MOTION sliku uz relativnu. Kontrole su:

- **SPEED SWITCH.** Ovaj prekidač koristit će se u slučaju da se podatak o brzini ne može dobiti od brodske brzinske; podatak o brzini unosit će se ručno.
- **TIDE, TIDE CORRECTION.** Kontrola koja služi za ručno unošenje kursa i brzine plimne struje. Ako se kopno na TRUE MOTION slici sporo pomiče, to znači da podatak o struji treba korigirati.
- **PRESENTATION SWITCH.** Ova kontrola služi za izbor oblika radarske slike, a to su: TRUE MOTION, RELATIVE MOTION – HEAD UP, RELATIVE MOTION – NORD UP.
- **RESET** predstavlja prekidač kojim se slika prenosi na početni položaj prije nego što se automatski prenese.

3.4. GRAFIČKE OZNAKE KONTROLA RADARA

Iz opisanih kontrola može se zaključiti da različiti proizvođači radara koriste različite nazive za iste funkcije radara, a zbog toga može nastati problem, pogotovo kada pomorci prelaze s jednog tipa radara na drugi tip. U skladu s navedenim, IMO donosi prijedlog da se uz radarske kontrole umjesto njihovih naziva koriste grafički simboli prikazani na slici 13.

IMO simboli za radarske kontrole

							
anti-clutter rain minimum	anti-clutter rain maximum	anti-clutter sea minimum	anti-clutter sea maximum	radar on	radar stand-by	aerial rotating	north-up presentation
							
scale illumination	display brilliance	range rings brilliance	Variable range marker	ship's head up presentation	heading marker alignment	range selector	short pulse
							
bearing marker	transmitted power monitor	transmit receive monitor	off	long pulse	tuning	gain	

Slika 13. Grafičke oznake kontrola radara [26]

4. OBALNI RADARI

Obalni radar glavni je senzor integriranoga nadzornog obalnog sustava (engl. *Integrated Coastal Surveillance System - ICSS*). Radar može otkriti brodove koji su kraći od 20 metara, kao što su gumenjaci i ribarske brodice, pri teškim vremenskim uvjetima. Radar je u službi cijelo vrijeme, tj. nikada se ne gasi. Djeluje u X pojasu, a u S pojasu koristi se za vrijeme nepovoljnih vremenskih uvjeta. Dizajniran je prema IALA specifikacijama s dometom od 50 km. Ovi radari vrlo su modernizirani i precizni te mogu pratiti gusti ribarski promet u blizini obalnoga područja. Štoviše, mogu pratiti i do 1500 objekata istovremeno. Informacije o objektu prenose se do upravljačkih stanica. Radar je modularnoga dizajna tako da se može postaviti na toranj, postojeće svjetionike ili bilo koju odgovarajuću građevinu. Navedeni se radari koriste za nadzor pomorskoga prometa u blizini obale, za pomoć u akcijama traganja i spašavanja, u prevenciji ekoloških incidenata te za sprječavanje neželjenih posljedica protuzakonitih djelovanja.

4.1. RADARSKA MREŽA „MORE“

U sklopu projekta „More“ prije desetak godina obavljena su testiranja radarskoga sustava *Enhanced Peregrine*. Taj sustav trebao bi štititi teritorijalni integritet i suverenitet te pravni poredak Republike Hrvatske u obalnome moru. Štoviše, navedeni sustav trebao bi nadzirati pomorski promet, sigurnosti plovidbe te pomoći u spašavanju i traganju na moru, kao i u prevenciji ekoloških incidenata te otklanjanju posljedica u slučaju tih incidenata. Osim toga, koristi se i u svrhu sprječavanja neželjenih posljedica protuzakonitih djelovanja na teritoriju Republike Hrvatske. Naime, zbog nedovoljnoga nadzora nad morskim i zračnim prostorom otvaraju se mogućnosti za razna kriminalna djela, kao što su krijumčarenje ljudi, oružja, droge, razne robe i slično. Hrvatskim dijelom Jadrana često se prevozi štetni teret, a ni zračni prostor iznad Hrvatske nije u potpunosti zaštićen, pa se nadzorom pokušava spriječiti oštećenje hrvatskoga morskog okoliša i zračnog prostora. Radarski sustav *Enhanced Peregrine* koristi se radi motrenja morske površine i zračnoga prostora na malim i srednjim visinama. Taj radarski sustav nalazi se u sklopu složene strukture motriteljskoga sustava Hrvatske ratne mornarice (HRM) koji je namijenjen motrenju cijele zone interesa Republike Hrvatske na Jadranskome moru. Radari se nalaze na Lastovu, Visu i na Dugom otoku, a trebao bi biti i još jedan radar na Mljetu. Ukupni troškovi projekta „More“ iznosili su 44.557.722,70 USD-a.



Slika 14. Područja motrena radarima *Peregrine* s: Lastova, Visa i Dugog otoka [11]

S velikih visina radarskim motrenjem mogu se motriti velike morske površine između obale i granice gospodarskoga pojasa. Veliki broj obalnih zemalja niskoga obalnog ruba moraju obavljati daleko motrenje iz aviona, koji pak dugotrajno pretražuju određenu površinu. Stacionarnim balonima postiže se jeftiniji način povećanja radarskoga obzora. Naime, prethodno spomenuti baloni podižu radar na visinu s koje se može motriti određena površina. Carinska služba SAD-a koristi balone duge 71 m koje podižu otprilike na visinu od 3000 m iznad obale ostvarujući tako obzor na oko 240 km. Takvi baloni u stacionarnome položaju mogu neprekidno ostati u zraku 30 dana, a radar i drugi uređaji u njemu mogu normalno funkcionirati i pri brzini vjetra od 60 čvorova. Podaci iz radara koji se koriste u svrhu praćenja situacije na motrenome području automatski se prenose u zemaljsku postaju na obali.

Hrvatska može motriti cijeli gospodarski pojas znatno jeftinije zbog visokih planinskih lanaca uzduž obalnoga ruba. O namjeni sustava ovisi izbor položaja radarskoga sustava, odnosno o njegovu dometu otkrivanja određenih objekata na morskoj površini i iznad nje. Osim toga, ovisi i o rasporedu elemenata drugih sustava motrenja uzduž obale

(mreža radara za zračno motrenje ili mreža radara i elektrooptičkih sustava za motrenje teritorijalnoga mora) koji zajedno čine sustav motrenja.

Od američkoga proizvođača *Metric Systems Corporation* s Floride nabavljeni su radari *Falcon-Peregrine* posebno namijenjeni za motrenje površinskih i niskoletećih malih objekata u prostoru do visine oko 3000 m iznad morske površine i udaljenosti do 100 km. Unutar gospodarskoga pojasa takvi radari moći će otkriti gotovo sve plovne objekte i to od najmanjih (ribarske brodice, jahte, jedrilice, glisera, brodske olupine i sl.) do onih velikih (putničkih, teretnih i ratnih brodova) i to ne samo danju i noću već i u nepogodnim meteorološkim uvjetima velikoga mora, magle i kiše.

Mreža „More“, koja ima velike domete s radarima *Falcon*, posebno je važna zbog toga što sprječava eventualne zle namjere prema interesima Republike Hrvatske tako što rano otkriva nenajavljena plovila. Osim brodova i drugih plovila, tom se mrežom otkrivaju i male niskoleteće letjelice - uljezi, koji će se možda neprimjetno pokušati približiti obali uz morsku površinu. Štoviše, navedenom se mrežom mogu navoditi ne samo vlastite letjelice za identifikaciju otkrivenih objekata i njihovo praćenje već i letjelice koje sudjeluju u traganju i spašavanju. Radar *Peregrine* nije najsuvremeniji obalni radar jer nema ugrađene neke suvremene funkcije, posebno one za zaštitu od namjernih elektroničkih ometanja, tj. elektroničke mjere suzbijanja (engl. *Electronic Counter Measures* - ECCM). Ipak, radar *Peregrine* omogućit će vrlo djelotvorno motrenje gospodarskoga pojasa.

U petlji nadzora i upravljanja najvažniji dio, koji je senzorski dio mreže, čine optimalno raspoređeni radari *Peregrine*. Otkrivene pomorske situacije mreže „More“ bile bi nedjelotvorne bez učinkovite identifikacije i interpretacije. Vrlo brzo nakon detekcije treba obavljati identifikaciju otkrivenih objekata u stvarnome vremenu. Operatori na radarskim postajama mogli bi s niskom pouzdanošću obavljati identifikaciju plovnih i zračnih objekata. Radari *Peregrine* imaju prema dvama operativnim središtima ugrađena dva izlaza za protok informacija u realnome vremenu o otkrivenim objektima. Štoviše, i operativna središta iz drugih izvora imat će na raspolaganju baze podataka o plovnim objektima i informacije o pomorskoj situaciji. Operativna središta trebala bi identificirati otkrivene objekte s visokom pouzdanošću tako što će povezivati i uspoređivati sve raspoložive informacije. Dobronamjerne objekte jednostavno je identificirati putem

izravne radiokomunikacije s otkrivenim objektom preko odgovarajućih institucija na obali. Preko jake infrastrukture moguća je identifikacija nepoznatih objekata na moru i u zraku.

Tijekom ljetnoga razdoblja, npr. oko otoka Visa, u krugu promjera 200 km operatori će imati stalno popunjen zaslon radara s velikim brojem simbola praćenih objekata, vektora i tekstualnih informacija zbog više od stotine plovnih objekata raznih veličina i brzina. Raščlamba te složene situacije traži od operatora dobro poznavanje funkcija radara, visoku koncentraciju te psihičku i fizičku izdržljivost uz odgovarajuću primjenu raspoloživih alata koji olakšavaju interpretaciju radarske slike.

Skupi će sustavi u mreži „More“ biti nedjelotvorni ukoliko pred radarskim zaslonima budu sjedili izmoreni operatori i njima ne bude pridružen podsustav za identifikaciju. Kako bi cijeli sustav bio djelotvoran, potreban je novac i vrijeme, i što je najvažnije, sposobni i motivirani ljudi. Uvođenjem mreže „More“ u upotrebu napraviti će se veliki tehnološki skok od jednostavnih radara prema visokosofisticiranim i složenim radarskim sustavima. Problem je pronalazak velikoga broja osposobljenih operatora. S tim problemom suočavaju se i mnogo bogatije zemlje od Republike Hrvatske.

U uskim morima, priobalju, tjesnacima i plitkim vodama najugroženija je sigurnost pomorskoga prometa, ekologija i zakonito ponašanje sudionika na moru, pod morem i uz obalu. Jadransko more ubraja se u skupinu vrlo uskih mora sa svim obilježjima litoralnoga mora (ugrozama i ljepotama).

U stalnome je porastu pomorski promet Jadranskim morem. Putnički i trgovački brodovi, tankeri, ribarski brodovi, turistički brodovi i vojni brodovi raznih država ulaskom u Jadransko more donose potencijalnu opasnost morskome svijetu (flori i fauni), stanovništvu koje živi uz more i od mora, gospodarstvu, turizmu itd. Štoviše, mogu nastati velike katastrofe (potapanja, sudari, nasukavanja i sl.) s dugotrajnim i teško popravljivim posljedicama, ako samo nekolicina brodova koji istodobno plove Jadranom ne udovoljavaju tehničkim standardima brodske strukture i opremljenosti, nemaju odgovarajuće osposobljenu posadu ili se pak ne ponašaju u skladu s propisanim pravilima plovidbe po određenim plovnim putovima. Brodovi koji imaju svu odgovarajuću opremu i udovoljavaju svim zahtjevima i ponašaju se u skladu s pravilima i propisima također

moraju stalno pratiti situaciju oko sebe jer uz hrvatsku obalu veliki je broj hridi i otočića koji predstavljaju potencijalnu opasnost.



Slika 15. Radarski sustav *Enhanced Peregrine* [11]

4.2. VRSTE OBALNIH RADARA

4.2.1. SPEXER 2000 DA

SPEXER 2000 DA jedini je dostupni radar na tržištu koji može otkriti vrlo male i sporo pokretne asimetrične prijetnje s kojima se susreće pomorstvo (npr. plivači). To je

optimalno rješenje za obalni nadzor s istodobnim nadzorom mora i kopna. Radari djeluju na *X-band* frekvenciji. Mogućnosti navedenoga radarskog sustava su:

- nadgledanje velikih područja / velikih udaljenosti
- vrlo rano upozorenje / visoka razina situacijske svijesti
- otkrivanje i praćenje čak i malih pomičnih morskih ciljeva, poput plivača ili gumenjaka
- detekcija ciljeva preko horizonta
- izvršavanje više zadataka odjednom i mogućnost četverostrukoga snopa: jedan kompaktni svestrani uređaj SPEXER 2000 DA osigurava nadzor nad morem i kopnom
- vrlo visoka točnost otkrivanja ciljeva (u dometu i azimutu).

SPEXER radari predstavljaju prve operativne obalne radare za nadzor mora, zraka i kopna; koriste se širom svijeta koji sadržavaju AESA (engl. *Active Electronically Scanned Array*) tehnologiju. Zbog korištenja tehnologije aktivnoga faznog polja operativni učinak mnogo je veći u usporedbi s konvencionalnim radarima koji imaju reflektorske antene. Na temelju upotrebe AESA tehnologije, SPEXER 2000 DA pruža mogućnost četverostrukoga snopa koji nudi napredno otkrivanje cilja prilikom visokih CLUTTERA. Njegove su značajke sljedeće:

- vrlo visoka stopa ažuriranja
- suzbijanje visokih CLUTTERA
- sučelje za jednostavnu integraciju u C2 sustav
- vrlo niska prosječna snaga zračenja: 16 W
- mogućnost degradacije (kruti T / R moduli) i vrlo visoki MTBCF zbog elektroničkoga umjesto mehaničkoga skeniranja
- niski troškovi održavanja radara zbog elektroničkoga skeniranja umjesto stalno rotirajuće antene.



Slika 16. SPEXER 2000 DA radar [12]

4.2.2. MR-10M1E

Stacionarni obalni radar MR-10M1E namijenjen je otkrivanju, praćenju, koordinaciji i identifikaciji brodova i malih brzih objekata. MR-10M1E omogućuje pilotiranje brodovima ne samo u uskim kanalima već i u unutarnjoj i vanjskoj luci. Ovaj radar omogućava identifikaciju brodova i dobivanje podataka o praćenim objektima u relativnim (logičkim) i geografskim koordinatnim sustavima. Uz navedeno, omogućava i prijenos podataka za automatsko prikupljanje i obradu podataka. Domet je radara od 50 km do 150 km. MR-10M1E može se montirati na visinama do 2000 m nadmorske visine. Radar pruža:

- otkrivanje objekta u dometu od 256 km sa skokovima frekvencije
- visoku razlučivost, preciznost u otkrivanju objekata bliskih objekata i rješavanje navigacijskih zadataka
- otkrivanje i preuzimanje objekata u automatskom načinu rada u dvije zaštitne zone koje je postavio operator
- mogućnost gledanja prošlog kretanja objekta
- gušenje/suzbijanje buke zbog obrade signala

- mogućnost unosa i spremanja podataka te prikaz grafikona.
- Radar se sastoji od:
- skupine uređaja koji se nalaze u modularnome odjeljku (ili kućištu)
 - skupine uređaja koji se nalaze u uređajima i modularnim odjeljcima
 - stupa za ugradnju antene
 - vodiča valova
 - dva dizelska agregata AD-30T / 230-M2 (osnovni i rezervni), smještena u odjeljak za dizel.



Slika 17. MR-10M1E radar [13]

5. LUČKI RADARI

Trgovačke luke koje imaju veliki promet trebaju biti opskrbljene lučkim radarskim stanicama. Te radarske stanice pomoći će u lukama da bude što manje sudara, odnosno da ne dođe do sudara, te su vrlo korisne za smanjivanje gužve. Pogotovo su korisni u lukama u kojima ima puno magle. Kako je u zrakoplovstvu potreban radar, tako je i radar potreban u pomorstvu. Sve veće luke opremljene su lučkim radarima, a teži se tome da i manje luke budu opskrbljene. Osim što koriste radare za regulaciju prometa, luke preko radara i „upravljaju“ brodovima. Radar je izrazito potreban na ušćima rijeka gdje zbog struja, plima i oseka dolazi do oscilacija u visini razine mora.

Sirene, zvona, radiofarovi i drugi radiouređaji te ostala sredstva za signalizaciju pomažu brodovima tijekom magle u lukama. Međutim, od svih tih sredstava najvažniji su radari, zato što oni pružaju najviše informacija o brodovima, a prijenosom podataka putem radija možemo stupiti u kontakt s brodovima i navoditi ih, što je osobito važno u magli.

Lučki radari imaju dvije funkcije: olakšavaju vođenje broda prilikom magle te se koriste za nadgledavanje i upravljanje prometom u lukama. Prednosti lučkih radara su:

- radarsko promatranje bolje je s kopnenih radara nego s broda, zato što nema kretanja. Kvadranti su uvijek u stanju mirovanja i ne pomiču se promjenom kursa, kao što je slučaj na brodu. Očitavanje azimuta i udaljenosti puno je brže i preciznije nego na brodu.
- ekonomičnost prilikom upotrebe pilotskih čamaca i brodova jer na radaru odmah vidimo kojemu brodu trebamo uputiti pilota.
- brzo pružanje pomoći u području koje je zahvaćeno radarom.
- preko radara mogu se pratiti svi objekti u luci koji se pomiču zbog struja, plima i oseka kako ne bi došlo do sudara.

Na zaslonima radara vrlo je bitno da se prikažu plutače i sve navigacijske oznake jer one, iako su male, mogu predstavljati opasnost velikim brodovima u luci. U malim lukama dovoljan je jedan radarski uređaj. Međutim, u većim lukama potreban je po jedan za svaki lučki odsjek. Obično se toranj s antenom smješta tako da svi radarski snopovi

obuhvate luke i sidrišta pred njom. U podnožju tornja nalaze se radarski uređaji u posebnim prostorijama.

5.1. SLUŽBA NADZORA I UPRAVLJANJA POMORSKIM PROMETOM (VTS – VESSEL TRAFFIC SERVICE)

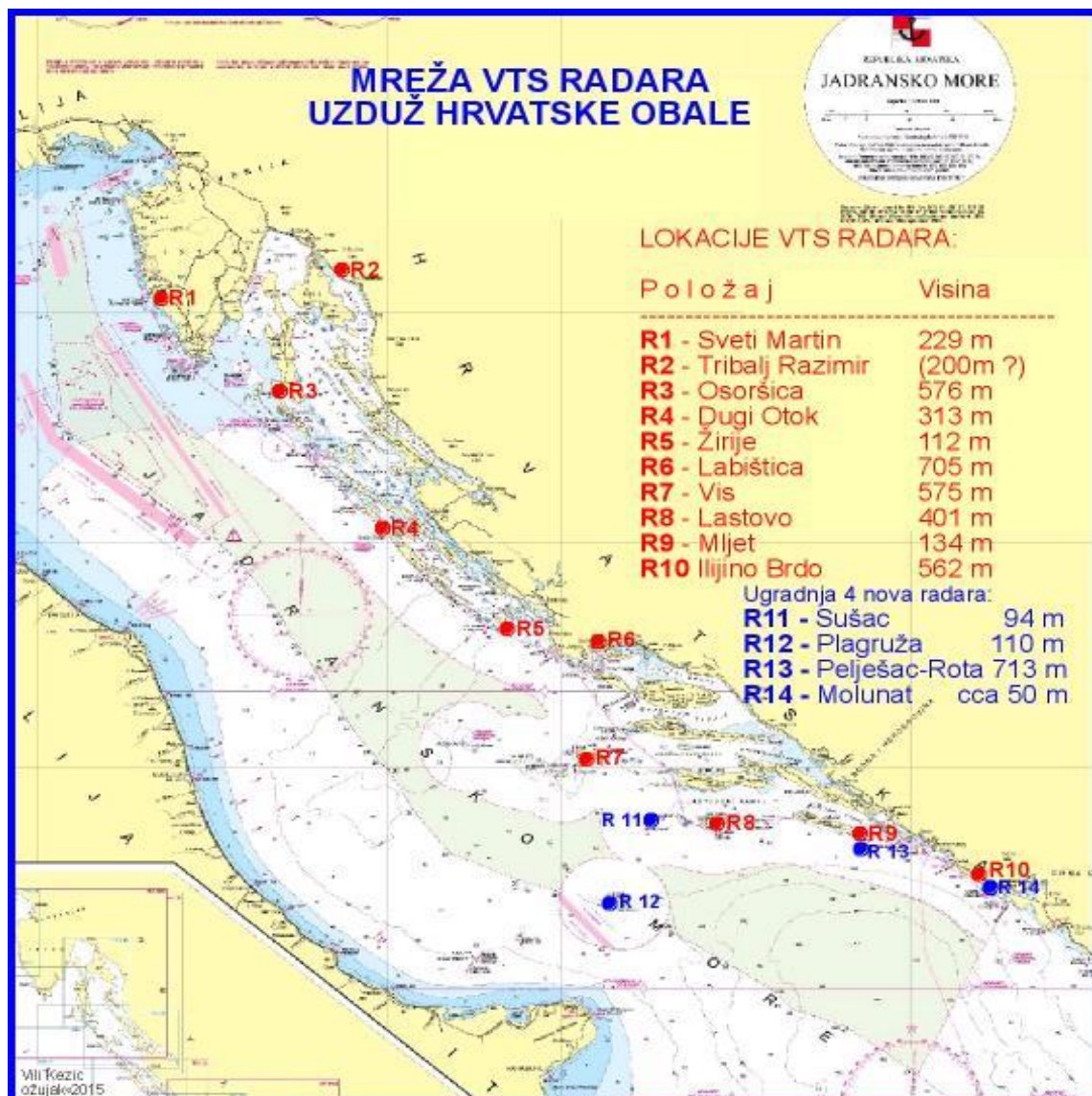
Razvojem radija krajem 19. stoljeća radiokontakti postali su važniji, no razvojem radara tijekom Drugoga svjetskog rata omogućeno je precizno nadgledanje i praćenje brodskoga prometa. Prvi svjetski lučki nadzorni radar predstavljen je u Liverpoolu u Engleskoj 1948. godine. Prvi takav radarski sustav za nadzor u Sjedinjenim Američkim Državama predstavljen je u Long Beachu u Kaliforniji 1950. godine. Sposobnost obalne vlasti da prati brodski promet radarima u kombinaciji s infrastrukturom za prijenos poruka o navigaciji prema tim brodovima predstavljala je prvi formalni VTS sustav.

IMO je prvi put prepoznao vrijednost VTS-a u sigurnosti plovidbe u rezoluciji A.158 (ES.IV). Preporuka o lučkim savjetodavnim sustavima usvojena je 1968., ali kako je tehnologija postajala sve modernija, a oprema za praćenje brodskoga prometa sofisticiranija, moralo se riješiti pitanje standardizacije VTS-a. Trebalo se riješiti pitanje kada se VTS može uspostaviti i kako može utjecati na zapovjednikovu odgovornost. Kao rezultat toga, 1985. IMO je usvojio rezoluciju A.578 (14).

Na VTS sustavu temelji se sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom. Preporuke IALA organizacije slijedi većina pomorskih administracija u odnosu na tehničku opremljenost sustava nadzora. Pri izboru VTS opreme treba voditi računa o postojanju opasnosti za plovidbu, gustoći prometa, lokalnim klimatskim uvjetima i topografiji područja koje se želi nadzirati.

Sustav mora imati visoku pouzdanost, osobito radari kao glavni senzorski dio. Senzorska se oprema koristi za dobivanje integrirane slike pomorskoga prometa u realnome vremenu. Radarski VTS sustav sastoji se od mreže radarskih postaja koji su postavljeni na mjestima gdje se daje najbolja radarska slika nadziranoga područja. Podatkovnim vezama na servere u VTS centrima šalju se podaci s radarskih postaja odakle se dobiva slika na radnim konzolama VTS operatera. Sustav omogućuje lokaciju

objekta u prostoru, određivanje udaljenosti među objektima i određivanje parametara kretanja objekata (smjer i brzinu). Posebno računalo obrađuje prikaz radarske slike koji ovisno o kvaliteti instaliranoga programa operateru daje razne mogućnosti korištenja. Posebno je važna vrlo rana detekcija brodova koji se nalaze u sudarnim kursovima i mogućnost simulacije stanja u prometu u budućemu vremenu. Uzduž hrvatske obale nalazit će se 10 VTS radara na lokacijama Sveti Martin (Rovinj), Razromir (Tribalj - Vinodol), Osorščica (Mali Lošinj), Vela Straža (Dugi otok), Žirije, Hum (Vis), Pleševo brdo (Lastovo), Gruj (Mljet), Labinščica (Trogir) i Ilijino brdo (Konavle).



Slika 18. Mreža VTS radara uzduž hrvatske obale [27]

5.2. VRSTE LUČKIH RADARA

5.2.1. SCANTER 5000 radar

Od početka 90-ih godina 20. stoljeća tvrtka Terma isporučila je i instalirala brojne radarske sustave širom svijeta. U početku bili su prilagođeni za VTS za luke i plovne putove veće gustoće brodskeg prometa kako bi se u tim područjima poboljšao nadzor, uglavnom iz ekonomskih i sigurnosnih razloga. Kasnije su lučke vlasti bile prisiljene pooštriti zahtjeve za nadzor s ciljem povećanja sigurnosti.

SCANTER 5000 u VTS-u koristi se za nadzor:

- svih plovila
- plutača i drugih fiksnih objekata
- u operacijama traganja i spašavanja.

Opcija TRACKER na SCANTER 5000 radarima pruža otkrivanje i praćenje brzih, okretnih i malih objekata u teškim vremenskim uvjetima i istovremeno pouzdano slijedi sporo pokretne objekte. Karakteristike SCANTER 5000 radara su:

- povećana razlučivost
- veća raznolikost frekvencija i vremenska raznolikost koje omogućuju bolje otkrivanje malih objekata
- visoka otpornost na smetnje
- podesivi prijenos snage
- radarska videodistribucija na LAN-u
- izuzetno visoka pouzdanost (vrlo niski troškovi održavanja)
- kratki domet i niska razina zračnoga nadzora koji pružaju podršku pri akcijama traganja i spašavanja.



Slika 19. SCANTER 5000 radar [19]

5.2.2. *SharpEye* SBS-900

Radari od kompanije *Kelvin Hughes* posebno su dizajnirani da bi odgovarali svim zahtjevima što se tiče nadzora pomorskoga prometa u lukama. Štoviše, ti se radari koriste i za zaštitu obalnoga i primorskoga pojasa.

Sustav SBS-900 radara od izrazito visoke je pouzdanosti. Dizajniran je tako da osigurava cjelovit paket radarskih senzora za integratore sustava koji udovoljavaju zahtjevima nadzora obalnoga sustava ili VTS sustava kao što je definirano u smjernicama IALA. Primopredajnici radarskoga sustava SBS-900 smješteni su u zasebnome kućištu dizajniranome za smještaj na otvorenom blizu antene. Štoviše, pritom nije potrebna ugradnja ventilacijskoga sustava u blizini vrha jarbola. Takav način dizajna značajno smanjuje integraciju sustava i troškove infrastrukture. Svi su radari SBS *SharpEye* standardno opremljeni RDU-om. RDU uključuje dvostruko napajanje. Primopredajnici *SharpEye* u potpunosti su koherentni pružajući veću sposobnost i situacijsku svijest pomoću kompresije digitalnoga impulsa, Dopplerove impulsne obrade i frekvencijske raznolikosti. Veća dostupnost frekvencijskih kanala omogućuje izvrsnu interoperabilnost s drugim radarima koji se nalaze u blizini instalacije. Dvostruka redundancija omogućuje

prelazak s jednoga primopredajnika na drugi naponski primopredajnik za jednu sekundu u slučaju kvara. Sustav se daljinski kontrolira, ali može i lokalno.

Glavne prednosti sustava SBS-900:

- niski troškovi vlasništva
- izuzetno visoka pouzdanost i dostupnost
- neosjetljivost na CLUTTER
- smještenost na jarbolu - smanjena integracija sustava i troškovi infrastrukture
- povećavajuća sposobnost
- višestruke mogućnosti antene.

Značajke sustava SBS-900:

- mala izlazna snaga
- kontinuirano praćenje
- otvorena arhitektura
- potpuna koherentnost
- lokalni ili daljinski upravljač
- zatamnjenje sektora.



Slika 20. *SharpEye* SBS-900 radar [28]

6. ZAKLJUČAK

Prošlo je više od osamdeset godina od prve primjene radara u pomorskoj navigaciji. U početku radari nisu bili veoma pouzdani pa tako nije bila ni obaveza broдача da njima opremaju svoje brodove. Naime, radari nisu davali točne podatke, imali veliki domet, a niti su dovoljno dobro razlikovali objekte po azimutu i udaljenosti. Međutim, potreba za razvijanjem radara povećala se s vremenom zbog brojnih pomorskih nesreća. U skladu s navedenim, radar se u navigaciji počeo upotrebljavati za određivanje udaljenosti i azimuta te kao pomoćno sredstvo za sigurniju plovidbu.

U današnje vrijeme radari se u lukama koriste u svrhu izbjegavanja sudara i smanjivanja gužvi te prilikom loših vremenskih uvjeta. Postali su izuzetno važni jer su doveli do smanjenja pomorskih nesreća te omogućili brže i uspješnije poslovanje pomorskih luka. Štoviše, lučki radari danas su jedni od najvažnijih senzora VTS sustava za promatranje pomorskoga prometa.

Nadalje, i obalni radari dobili su na velikoj važnosti jer se koriste za nadzor pomorskoga prometa u blizini obale, u akcijama traganja i spašavanja, u prevenciji ekoloških incidenata te za sprječavanje neželjenih posljedica protuzakonitih djelovanja. Drugim riječima, obalni radari štite teritorijalni integritet države. Štoviše, izuzetno su važni i u hrvatskoj mreži „More“ koja štiti teritorijalni integritet i suverenitet te pravni poredak Republike Hrvatske u obalnome moru.

Sve u svemu, radari su u današnje vrijeme vrlo modernizirani i bitni u pomorstvu, a njihova je primjena vrlo velika. Međutim, pogreške, poput ljudskih pogrešaka u mjerenju udaljenosti, u prikazu podataka itd., nisu isključene. Stoga, od izuzetne je važnosti poznavati prirodu tih pogrešaka i znati ih prepoznati kako bi se navigator koji upravlja radarom znao postaviti u toj situaciji. Nadalje, obavezno je i stalno praćenje tih radarskih uređaja kako bi se mogle kontrolirati prethodno navedene pogreške. Štoviše, ne bismo se smjeli u potpunosti pouzdati samo u radare, već u svakome trenutku treba imati i neke druge izvore podataka.

LITERATURA

- [1] Čorić, D., Šantić, I. 2012. *Nadzor sigurnosti plovidbe i utvrđivanje prekršajne odgovornosti*. Rijeka. Preuzeto s file:///C:/Users/Ivan/Downloads/coric_santic.pdf (8. lipnja, 2020.)
- [2] National imagery and mapping agency, 2001. *Radar navigation and maneuvering board manual*. Bethesda, Maryland. Preuzeto s https://www.sliderulemuseum.com/Manuals/Pub1310_RadarNavigationAndManeuveringBoardManual.pdf (4. travnja, 2020.)
- [3] Simović, A. T. 2000. *Elektronička navigacija*. Zagreb: Element.
- [4] Sušan, J. 1987. *Priručnik za tečaj radarskog osmatranja*. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.
- [5] Sušan, J. 2006. *Navigacijski radar*. Rijeka: Pomorski fakultet u Rijeci.
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_radar (4. travnja, 2020.)
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Radar_in_World_War_II (4. travnja, 2020.)
- [8] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Radar> (4. travnja, 2020.)
- [9] <https://www.radartutorial.eu/07.waves/Waves%20and%20Frequency%20Ranges.en.html> (10. travnja, 2020.)
- [10] https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20180409_122427_sakan_4.EN.Karakteristike.radarskih.valova.2018.pdf (28. travnja, 2020.)
- [11] http://www.unizd.hr/portals/1/nastmat/elektronicka/predavanje_3.pdf (28. travnja, 2020.)
- [12] <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=25524.0> (5. lipnja, 2020.)
- [13] <https://www.hensoldt.net/products/radar-iff-and-datalink/spexer-2000-da-security-radar-for-coastal-surveillance/> (6. lipnja, 2020.)
- [14] <https://www.granit-electron.ru/en/products/military-products/sea-air-and-ground-based-radioelectronic-warfare-systems/mr-10m1e.php> (6. lipnja, 2020.)
- [15] <https://www.blighter.com/products/c400-series-coastal-security-radars/> (6. lipnja, 2020.)
- [16] <https://hrcak.srce.hr/file/309732> (8. lipnja, 2020.)
- [17] https://www.drdo.gov.in/sites/default/files/inline-files/107-5CIR-107_CAT-A_CSR.pdf (10. lipnja, 2020.)

- [18] <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/VesselTrafficServices.aspx> (10. lipnja, 2020)
- [19] <https://www.terma.com/surveillance-mission-systems/radar-systems/vessel-traffic-services/> (10. lipnja, 2020)
- [20] https://www.terma.com/media/328492/brochure_with_hyperlinks_security_surveillance_radar_scanner_5000_series_-_vts_coastal_surveillance_radar_letter.pdf (11. lipnja, 2020.)
- [21] <https://cdn.kelvinhughes.com/upload/pdf/brochures/sbs-900.pdf> (11. lipnja, 2020.)
- [22] https://www.researchgate.net/figure/1-Typical-radar-frequency-bands_tbl1_289197299
- [23] <https://sites.google.com/site/profesorzclub/AZujic/vf-1/radari>
- [24] <https://www.boatus.com/magazine/2011/april/diy.asp>
- [25] https://www.ssec.wisc.edu/mcidas/doc/mcv_guide/current/quickstart/RadarLevelIII.html
- [26] <http://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Radartex/Radartex.htm>
- [27] <https://obris.org/wp-content/uploads/2015/04/2-OBRIS-JADRAN-S-VTS-RADARIMA.jpg>
- [28] <https://www.everythingrf.com/News/details/3450-Unique-Shore-Based-Radar-Solution-Operates-in-Both-X-Band-and-S-Band>

POPIS SLIKA

Slika 1. Princip rada radara [2].....	3
Slika 2. Radarski horizont [24].....	7
Slika 3. Glavni dijelovi radara [23]	11
Slika 4. Premalo GAIN-a [2].....	13
Slika 5. Previše GAIN-a [2]	13
Slika 6. Normalan GAIN [2]	14
Slika 7. Preslab BRILLIANCE [2].....	14
Slika 8. Prejak BRILLIANCE [2]	15
Slika 9 Normalan BRILLIANCE [2].....	15
Slika 10. Korištenje ANTI CLUTTER SEA [2]	18
Slika 11. Smetnje na radarskome zaslonu [2].....	18
Slika 12. Radarski prstenovi [25]	19
Slika 13. Grafičke oznake kontrola radara [26].....	22
Slika 14. Područja motrena radarima <i>Peregrine</i> s: Lastova, Visa i Dugog otoka [11]	24
Slika 15. Radarski sustav <i>Enhanced Peregrine</i> [11]	27
Slika 16. SPEXER 2000 DA radar [12]	29
Slika 17. MR-10M1E radar [13].....	30
Slika 18. Mreža VTS radara uzduž hrvatske obale [27].....	33
Slika 19. SCANTER 5000 radar [19].....	35
Slika 20. <i>SharpEye</i> SBS-900 radar [28].....	36

POPIS TABLICA

Tablica 1. Radarske frekvencije [22].....	6
---	---

POPIS KRATICA

RADAR (engl. <i>Radio Detection and Ranging</i>)	radarsko otkrivanje i mjerenje
RDF (engl. <i>Range and Direction Finding</i>)	traženje dometa i smjera
OTH (engl. <i>Over The Horizon</i>)	iznad horizonta
ARPA (engl. <i>Automatic Radar Plotting Aid</i>)	uređaj za automatsko plotiranje
FTC (engl. <i>Fast-Time Control</i>)	brza kontrola vremena
AFC (engl. <i>Automatic Frequency Control</i>)	automatska kontrola frekvencije
IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i>)	Međunarodna pomorska organizacija
EBL (engl. <i>Electronic Bearing Line</i>)	elektroničko smjeralo
EBM (engl. <i>Electronic Bearing Marker</i>)	elektronička oznaka azimuta
HRM	Hrvatska ratna mornarica
AESA (engl. <i>Active Electronically Scanned Array</i>)	Aktivni elektronski skenirani niz
VTS (engl. <i>Vessel Traffic Service</i>)	Služba nadzora i upravljanja pomorskim prometom
ECCM (engl. <i>Electronic Counter Measures</i>)	Elektroničke mjere suzbijanja