

---

---

# SADRŽAJ

---

---

<b>Predgovor .....</b>	<b>1</b>
<b>Uvodna razmatranja.....</b>	<b>3</b>
Istorijski razvoj elektronske navigacije .....	4
<b>I – PROSTIRANJE ELEKTROMAGNETNIH TALASA.....</b>	<b>7</b>
1. Elektromagnetni talasi .....	7
1.1. Karakteristike elektromagnetnih talasa.....	8
1.2. Pravac prostiranja elektromagnetnih talasa .....	9
2. Slojevi jonosfere .....	10
3. Načini prostiranja elektromagnetnih talasa .....	11
3.1. Direktan talas.....	11
3.2. Odbijeni talas.....	11
3.3. Površinski talas.....	11
3.4. Prostorni talas .....	12
3.5. Talas difuzije ili disperzija troposfere .....	12
4. Zona suprotnih efekata (interferencija) .....	13
5. Način prostiranja talasa prema frekvenciji .....	14
<b>II – OPŠTI POJMOVI O SISTEMIMA RADIONAVIGACIJE.....</b>	<b>17</b>
1. Različiti tipovi sistema .....	17
1.1. Direktni sistemi .....	17
1.2. Kružni sistemi.....	17
1.3. Hiperbolički sistemi .....	18
2. Karakteristike navigacionog sistema .....	18
3. Princip hiperboličkih sistema .....	20
3.1. Princip .....	20
3.1.1. Mreža hiperbola .....	20
3.1.2. Tačka.....	21

3.2.	Impulsni sistemi .....	21
3.3.	Sistemi za merenje fazne razlike .....	22
3.3.1.	Princip .....	22
3.3.2.	Kanal .....	23
3.3.3.	Dvosmislenost .....	25
3.4.	Domot – preciznost .....	25
3.4.1.	Uticaj frekvencije .....	25
3.4.2.	Domot .....	26
3.4.3.	Uticaj geometrije: divergencija hiperbola .....	26
3.4.4.	Preciznost hiperboličkih sistema .....	28
3.4.5.	Dilema domot-preciznost .....	28
4.	Preciznost .....	29
4.1.	Greške .....	29
4.2.	Sistematske greške .....	30
4.3.	Neizvesne greške .....	31
4.3.1.	Varijacije merenja oko srednje vrednosti .....	31
4.3.2.	Srednja vrednost .....	32
4.3.3.	Srednje kvadratno odstupanje .....	32
4.4.	Tačka u preseku dve linije pozicija .....	33
4.4.1.	Jednostavan slučaj kada je $\sigma_1 = \sigma_2$ i $\beta = 90^\circ$ .....	34
4.4.2.	Elipsa greške, bilo koji $\beta$ i $\sigma_1$ različit od $\sigma_2$ .....	34
4.4.3.	Mogući krug greške (CEP) i srednje kvadratna udaljenost (DRMS) .....	35
4.4.4.	Slučaj zajedničke stanice za dve mreže .....	36
4.4.5.	Najneizvesniji pravac: DWF .....	36
4.5.	Konvencija .....	37
4.6.	Zaključak .....	37
5.	Perspektive .....	37
5.1.	Potrebe pomorske navigacije .....	38
5.2.	Različiti sistemi: .....	38
5.3.	Zaključak .....	41

### III – RADIO NAVIGACIJA ..... 43

1.	Goniometrija .....	43
2.	Radio goniometar .....	43
2.1.	Princip .....	43
2.2.	Princip rada okvirne antene .....	44
2.3.	Otklanjanje sumnje .....	45
2.4.	Radio goniometri sa tražiocem Bellini i Tosi .....	47
2.5.	Prijemnik .....	48
2.6.	Pomorske frekvencije .....	48
3.	Automatski radio goniometar .....	48

3.1. Radio goniometar sa katodnom cevi .....	48
3.2. Automatski radio goniometar - Radiokompas .....	50
4. Greške goniometrije .....	52
4.1. Opšti pojmovi .....	52
4.2. Regulacija .....	52
4.3. Neodređenost .....	53
4.4. Instrumentalne greške .....	54
4.4.1. Greška podešavanja antene .....	54
4.4.2. Efekat katarke .....	54
4.4.3. Greške trupa broda .....	55
4.5. Greške širenja .....	57
4.5.1. Obalna greška .....	57
4.5.2. Noćni efekat .....	57
4.6. Kratak pregled grešaka i njihovih uzroka .....	58
5. Radiofar .....	59
5.1. Kružni radiofar .....	59
5.1.1. Nezavisni radiofar .....	59
5.1.2. Grupisani radiofarovi .....	60
5.2. Direktni radiofar .....	60
5.3. Rotirajući radiofar .....	61

#### **IV – RADARSKA NAVIGACIJA..... 63**

1. Uvod .....	63
2. Princip rada radara .....	64
2.1. Osnovni delovi radara .....	64
2.2. Karakteristike radarskih talasa .....	66
2.2.1. Domet i radarski horizont .....	66
2.2.2. Najmanja radarska udaljenost .....	68
2.2.3. Frekvencija i tačnost merenja .....	69
2.2.4. Tačnost merenja udaljenosti .....	70
2.2.5. Tačnost merenja azimuta .....	71
2.3. Radarske smetnje i lažni odjeci .....	71
2.3.1. Radarske smetnje usled vremenskih uslova .....	72
2.3.2. Mrtvi sektori i sektori radarskih senki .....	73
2.3.3. Indirektne i višestruke jeke .....	73
2.3.4. Jeke bočnih lepeza .....	74
2.3.5. Radarska interferencija .....	74
3. Primena radara u navigaciji .....	74
3.1. Pomoćna radarska sredstva i uređaji .....	75
3.2. Određivanje pozicije radarom .....	76
3.3. Izbegavanje sudara radarom (ARPA sistem) .....	76

<b>V – HIPERBOLIČKA NAVIGACIJA .....</b>	<b>77</b>
1. Fazni hiperbolički sistemi.....	77
1.1. Sistem DECCA.....	77
1.1.1. Opšti pojmovi.....	77
1.1.2. Lanac Decca.....	78
1.1.3. Princip rada prijemnika.....	80
1.1.4. Otklanjanje sumnje.....	81
1.1.5. Rad sa uređajima.....	82
1.1.6. Sistem L.I. Multipuls.....	82
1.1.7. Domet.....	84
1.1.8. Preciznost.....	85
1.2. Sistem OMEGA.....	87
2. Impulsni hiperbolički sistemi .....	88
2.1. Sistem Loran A.....	88
2.2. Sistem Loran C.....	89
2.2.1. Uvod.....	89
2.2.2. Opšte karakteristike sistema Loran C.....	90
2.2.3. Numeracija mreže hiperbola.....	92
2.2.4. Indeksacija.....	94
2.2.5. Prijemnik Loran C jednostavne verzije.....	94
2.2.6. Domet, preciznost, pokrivenost.....	97
<b>VI – SATELITSKA NAVIGACIJA .....</b>	<b>99</b>
1. Zemljini veštački sateliti.....	101
1.1. Uvod.....	101
1.2. Razvoj veštačkih satelita .....	102
1.3. Kretanje satelita oko Zemlje.....	104
1.3.1. Pozicija satelita u prostoru .....	104
1.3.2. Procedure dobijanja položaja i brzine satelita .....	107
1.3.3. Elevacija i azimut satelita.....	108
1.4. Klasifikacija veštačkih satelita .....	110
1.5. Faktori koji utiču na orbite .....	111
1.6. Prednosti i mane orbita.....	111
1.6.1. Niske orbite (LEO).....	111
1.6.2. Srednje orbite(ICO):.....	111
1.6.3. Geostacionarne orbite (GEO):.....	112
1.6.4. Visoke orbite (HEO): .....	112
1.7. Osnovni princip satelitske komunikacije.....	113
2. Satelitski sistem “Transit” .....	115
2.1. Komponente satelitskog sistema .....	116
2.2. Princip određivanja pozicije .....	118
2.3. Greške i odstupanja sistema .....	120

---

3. Satelitski sistem GPS.....	121
3.1. Opis sistema .....	121
3.1.1. Kosmički segment.....	122
3.1.2. Kontrolni segment.....	124
3.1.3. Korisnički segment.....	126
3.2. Karakteristika signala satelita.....	127
3.2.1. Kod C/A (coarse/acquisition).....	128
3.2.2. Kod P (precision) .....	128
3.2.3. Poruka navigacije.....	128
3.3. Princip merenja pozicije putem pseudo-udaljenosti .....	130
3.3.1. Identifikacija satelita i merenje udaljenosti.....	131
3.3.2. Princip proračuna .....	134
3.3.3. Problem vremena .....	135
3.3.4. Inicijalizacija.....	135
3.3.5. Geografske pozicije.....	136
3.3.6. Izračunavanje vremena.....	136
3.3.7. Merenje brzine .....	137
3.4. Preciznost .....	137
3.4.1. Selektivna raspoloživost.....	137
3.4.2. Greške merenja.....	138
3.4.3. Greška geometrije i DOP (Dilution Precision).....	140
3.4.4. Problem karte .....	143
3.4.5. Eliminacija jonosferske greške.....	145
3.5. GPS prijemnik .....	146
3.5.1. Različiti tipovi prijemnika.....	146
3.5.2. Antena .....	147
3.5.3. Funkcionalnost .....	148
3.5.4. Alarmi .....	148
3.5.5. Druge razlike među prijemnicima.....	148
4. Diferencijalni GPS (DGPS).....	149
5. GPS i fazno merenje .....	151
6. Satelitski sistem GLONASS.....	152
6.1. Svemirski segment .....	153
6.2. Zemaljski segment.....	154
6.2.1. Signal .....	155
6.2.2. Preciznost.....	155
6.3. Diferencijalni GLONASS .....	155
7. Globalni navigacioni sistem GNSS .....	155
7.1. Sistem WAAS .....	156
7.2. Svetski sistem navigacije GNSS1.....	158
7.3. Svetski sistem navigacije GNSS2.....	159
8. Kombinovani satelitski sistemi.....	160

8.1. Sistem Eurofix .....	161
8.2. Očekivani razvoj.....	162
Dodatak 1 (Proračun pozicije).....	163
Dodatak 2 (Ublažavanje preciznosti DOP).....	167
Dodatak 3 (Modulacija nosača L1 i korekcija kodova).....	168

## **VII – HEKSAGONALNI SISTEMI ..... 171**

1. Sistem Rana .....	171
1.1. Opšta organizacija .....	172
1.2. Princip rada .....	172
1.2.1. Uticaj pokretanja prijemnika .....	173
1.2.2. »Procenjena tačka«.....	173
1.3. Pokrivenost.....	174
1.4. Domet-Preciznost .....	174
2. Sistem Toran.....	174
2.1. Princip rada .....	174
2.2. Različiti modeli .....	177
2.3. Domet.....	177
2.4. Preciznost .....	177
2.5. Pokrivenost.....	178
3. Sistem Syledis.....	178
3.1. Princip rada .....	179
3.1.1. Signali .....	179
3.1.2. Hiperbolički način.....	179
3.1.3. Kružni način.....	180
3.2. Domet – preciznost.....	181
3.3. Pokrivenost.....	181

## **VIII – ELEKTRONSKE NAVIGACIONE KARTE I ECDIS ..... 183**

1. Kartografija.....	184
1.1. Sadržaj pomorske papirne karte .....	185
1.2. Merkatorova navigaciona karta .....	187
2. Elektronska kartografija .....	187
2.1. Uvodne napomene.....	188
2.2. Elektronske karte za navigaciju .....	189
2.3. Karakteristike elektronske navigacione karte.....	190
2.3.1. Preciznost.....	190
2.3.2. Rezolucija.....	190
2.3.3. Preciznost i kompletnost digitalizacije.....	190
2.4. Podela elektronskih navigacionih karata .....	191

2.4.1. Rasterske (skalarnе) elektronske karte .....	191
2.4.2. Vektorske elektronske karte .....	193
2.4.3. Hibridne karte .....	195
2.4.4. Prednosti i mane različitih formata .....	195
2.4.5. Ispravljanje elektronskih navigacionih karata .....	196
2.4.6. Standardni sadržaji u saobraćaju .....	197
3. ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).....	197
3.1. Uvodne napomene .....	198
3.2. Definicija namena i opis .....	199
3.3. Organizacija sistema ECDIS .....	203
3.4. Komponente sistema ECDIS .....	204
3.5. Standardi kojima podleže ECDIS.....	205
3.5.1. Standardi S-52.....	205
3.5.2. Standardi S-57.....	206
3.5.3. Norma OMI.....	206
3.6. Funkcionisanje jednog ECDIS-a .....	207
3.7. Konstituisanje ECDIS-a .....	209
Dodatak VIII.1 koordinatni sistemi i njihove transformacije .....	209
1. WGS84 – World Geodetic System 1984 koordinatni sistem.....	210
2. ECEF – Earth Centered Earth Fixed koordinatni sistem .....	211
3. NED - North East Down koordinatni sistem .....	211
4. ECI - Earth Centered Inertial koordinatni sistem .....	212
5. Transformacije koordinatnih sistema .....	213
5.1. ECI i ECEF .....	213
5.2. ECEF i WGS 84.....	214
5.3. ECEF i NED.....	215
<b>POPIS SKRAĆENICA .....</b>	<b>217</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>227</b>
<b>BELEŠKA O AUTORIMA .....</b>	<b>229</b>