

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij
geodezije, Geodezija v inženirstvu

Kandidatka:
Tadeja Škulj

Hidrografske meritve in geodezija

Diplomska naloga št.: 320

Mentor:
izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Na mesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **TADEJA ŠKULJ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
“HIDROGRAFSKE MERITVE IN GEODEZIJA”.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, junij 2010

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.47(043.2)
Avtor:	Tadeja Škulj
Mentor:	izr. prof. dr. Dušan Kogoj
Naslov:	Hidrografske meritve in geodezija
Obseg in oprema:	81 str., 53 sl., 1 pregl., 12 en.
Ključne besede:	hidrografija, globinomer, meritve globin, pomorska karta, navigacija

IZVLEČEK

V diplomski nalogi je bil opravljen pregled hidrografskih meritev od njihovih začetkov, pa do danes. Tovrstne meritve so potrebne tako pri poseganju v vodni prostor, kot tudi pri spremljanju morskega ali rečnega dna. Hidrografsko dejavnost uporabljajo, pri izgradnji vodnih objektov, topografskih izmerah kakšnih močvirnih območij ter pri zagotavljanju varne plovbe. Skozi čas so se razvile različne metode zajemanja ter obdelave podatkov. Starejše metode so zaradi hitrega razvoja zastarele, saj jih skoraj ne uporabljajo več. Danes meritve izvajajo z ultrazvočnimi globinomeri. Podan je princip hidrografskih meritev, ki temelji na določitvi položaja pri merjenju globine. Omenjene so naprave za merjenje globine in njihove značilnosti. Predstavljena je tudi določitev položaja pod vodo, izmera morskega dna in vplivi pri merjenju globin.

Med hidrografske meritve vključujemo vse pridobljene podatke, s katerimi določamo položaj in globino vode. Podatki nam služijo za izdelavo pomorskih kart, varovanje okolja, raziskave ter proučevanje morskega dna.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**UDC:** 528.47(043.2)**Author:** Tadeja Škulj**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Dušan Kogoj**Title:** Hydrographic measurements and geodetic surveying**Notes:** 81 p., 53 fig., 1 graph., 12 eq.**Key words:** hydrography, echosounder, measurements depths, nautical chart,
navigation**ABSTRACT**

The thesis has been made for hydrographic measurements from their beginnings to the present. Such measurements are needed both to interfere in the water space, as well as in monitoring the marine or river bottom. Hydrographic activity used in the construction of water projects, topographic surveying, and some wetland areas to ensure safe operation. Over time have developed different methods of collecting and processing data. Older methods are outdated because of rapid development, as they almost no longer used. Today, measurements are made with ultrasonic sounders. Given the principle of hydrographic measurements based on determining the position of the measurement depth. These are devices for measuring the depth and their characteristics. It is presented as the determination of the position under the water, seabed surveying and measuring the effects of depth.

During the hydrographic measurements included all the information obtained to determine the position and depth of the water. The data are used for the manufacture of our charts, environmental protection, research and study of the seabed.

ZAHVALA

Rada bi se zahvalila mentorju, dr. Dušanu Kogoju, za strokovno svetovanje, potrpežljivost in vzpodbudo pri nastajanju diplomskega dela.

Iskrena hvala staršema za vso podporo pri študiju.

Hvala tudi tebi, Franci, ki me sprejemaš tako, kot sem. Verjel si vame med vzponi in padci, me spodbujal ter mi nesebično pomagal.

Zahvaljujem se tudi podjetju Herpha sea iz Kopra za vse pridobljene podatke, in vsem ostalim, ki ste mi vsa ta leta stali ob strani.

Hvala lektorici Nataši Lavrič, za lektoriranje diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	HIDROGRAFIJA PRI NAS.....	3
3	PRINCIP HIDROGRAFSKIH MERITEV.....	5
4	DOLOČITEV POLOŽAJA PRI MERJENJU GLOBINE.....	6
4.1	Nekoč	6
4.1.1	Grafične metode.....	6
4.1.1.1	Sekstant	7
4.1.2	Računske metode	11
4.1.3	Radijska navigacija	12
4.2	Danes.....	13
4.2.1	Terestična navigacija.....	13
4.2.2	Satelitska navigacija	15
4.2.3	Digitalni kompas	18
5	GIBANJE PLOVILA	22
6	MERJENJE GLOBINE.....	24
6.1	Metode	24
6.1.1	Direktne metode.....	24
6.1.1.1	Ročni globinomer.....	24
6.1.1.1.1	Merska palica.....	24
6.1.1.1.2	Linija svinčnice	25
6.1.1.2	Mehanski globinomer	26
6.1.2	Indirektne metode	24
6.1.2.1	Hidrostatični Thomsonov globinomer	28
6.1.2.2	Ultrazvočni globinomer.....	29
6.2	Naprave	32
6.2.1	Globinomeri	32
6.2.1.1	Enosnopni globinomeri	32
6.2.1.1.1	Resolucija globinomera	33
6.2.1.1.2	Širina merskega snopa	34
6.2.1.1.3	Kalibracija.....	36

6.2.1.2	Večsnopni globinomeri ali multibeam sistem.....	38
6.2.1.2.1	Swath sistem	38
6.2.1.2.2	Sweep sistem	41
6.2.2	Sonar	42
6.2.2.1	Bočni sonar	42
6.2.2.2	Skenirni sonar	44
6.2.3	Laserske metode merjenja globin.....	46
6.2.3.1	ALB sistem.....	46
7	DOLOČITEV POLOŽAJA POD VODO	49
7.1	Inercialni sistemi	49
7.2	Elektromagnetne metode.....	49
7.3	Zvočne metode.....	50
7.3.1	Sistem dolgih baznih linij - LBL.....	51
7.3.2	Sistem kratkih baznih linij - SBL	53
7.3.3	Sistem ultra kratkih baznih linij – USBL	54
7.3.4	Kombinirani sistemi – LSUSBL	55
8	VPLIV MERJENJA GLOBIN.....	56
8.1	Popravki pri merjenju globin	56
8.2	Plimovanje in tokovi	58
8.2.3	Plimovanje ali bibavica.....	58
8.2.1.1	Merjenje plimovanja.....	60
8.2.2	Tokovi.....	64
8.2.3	Valovi.....	66
9	IZMERA VODNEGA DNA	67
9.1	Planiranje in potek meritev.....	67
9.2	Obdelava merjenih podatkov.....	69
9.3	Določitev hidrografske ničle.....	70
10	UPORABNOST PRIDOBLENIH PODATKOV.....	72
10.1	Batimetrijske karte	72
10.2	Snemanje podvodnih plasti z dvofrekvenčnimi sondami	73
10.2.1	Plovni kanali	75
10.2.2	Arheološka najdišča na morskem dnu	75
11	OPIS PRAKTIČNEGA PRIMERA.....	78

12	ZAKLJUČEK.....	82
13	VIRI.....	83

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sistem označevanja po angleških pravilih.....	26
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1:	Elektronska navigacijska karta.....	4
Slika 2:	Shematični prikaz hidrografskih meritev	5
Slika 3:	Notranji urez.....	7
Slika 4:	Prikaz umetnega horizonta	8
Slika 5:	Delovanje sekstanta.....	8
Slika 6:	Sestavni deli sekstanta.....	9
Slika 7:	Uporaba sekstanta	10
Slika 8:	Zunanji urez	11
Slika 9:	Trilateracija	12
Slika 10:	Polarna izmera.....	14
Slika 11:	GPS sateliti.....	16
Slika 12:	Tirnice satelitov.....	16
Slika 13:	Povezava na omrežje stalno delujočih postaj.....	16
Slika 14:	Zemeljsko magnetno polje s prikazom magnetnega in geografskega pola	18
Slika 15:	Prikaz magnetnega azimuta.....	19
Slika 16:	Sestavni deli digitalnega kompasa	20
Slika 17:	Prikaz nagibov.....	21
Slika 18:	Prikaz osi na plovilu.....	22
Slika 19:	Secchi disk	25
Slika 20:	Prikaz odstopanja pri merjenju globine.....	27
Slika 21:	Primer globinomera Hydrotrac.....	29
Slika 22:	Shema glavnih komponent ultrazvočnega globinomera	30
Slika 23:	Prikaz pokritosti območja z enosnopnim globinomerom.....	33
Slika 24:	Prikaz meritev in rezultatov pri merjenju razgibanega morskega dna	34

Slika 25:	Prikaz širokosnopnega in ozkosnopnega globinomera.....	35
Slika 26:	Kalibracija snopa kota	37
Slika 27:	Prikaz pokritosti območja z swath sistemom.....	39
Slika 28:	Prikaz pokritosti območja z sweep sistemom.....	41
Slika 29:	Bočni sonar	43
Slika 30:	Prikaz potopljene ladje	44
Slika 31:	Letalsko snemanje morskega dna	46
Slika 32:	Podvodno določanje položaja z LBL sistemom	52
Slika 33:	Podvodno določanje položaja z SBL sistemom.....	54
Slika 34:	Podvodno določanje položaja z USBL sistemom.....	55
Slika 35:	Vplivi plimovanja	58
Slika 36:	Prikaz plime	59
Slika 37:	Prikaz oseke	59
Slika 38:	Vodomerna lata.....	61
Slika 39:	Mareograf v Kopru	63
Slika 40:	Prikaz itinerarja.....	67
Slika 41:	Prikaz izmerjenih linij.....	68
Slika 42:	Digitalni batimetrični model Blejskega jezera	69
Slika 43:	Upoštevani parametri in razdalja med njimi za določanje globin	70
Slika 44:	Batimetrijska karta Jadrana.....	73
Slika 45:	Prikaz podpovšinskega profila.....	74
Slika 46:	Meritve Fizin pri Portorožu	76
Slika 47:	Odtis ladje Rex	77
Slika 48:	Multi Beam SeaBot 8125.....	78
Slika 49:	Oblak točk.....	79

Slika 50:	Prikaz grida	79
Slika 51:	Prikaz volumnov	80
Slika 52:	Širjenje hitrosti zvoka pozimi	80
Slika 53:	Širjenje hitrosti zvoka pomladi	81

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ADCP	Akustični merilec tokov po principu Dopplerjevega efekta
ALB	Zračna laserska batimetrija
APT	Avtomatsko prepoznavanje tarče
AST	Avtomatsko sledenje tarče
AVT	Avtomatsko viziranje tarče
CIF	Skupna "vprašalna" frekvenca
DOP	Faktor zmanjšane preciznosti
ENC	Elektronska navigacijska karta
EO	Zemeljsko opazovanje
EMV	Elektro magnetno valovanje
ETRS 89	Evropski koordinatni sistem
GALLILO	Evropski globalni navigacijski sistem
GDOP	Mera geometrijskega položaja
GLONAS	Ruski globalni navigacijski sistem
GNSS	Globalni navigacijski satelitski sistem
GPS	Globalni sistem za določanje položaja
HDOP	Mera horizontalnega položaja
IHO	Mednarodna hidrografska organizacija
INS	Inercialni navigacijski sistem
IR	Infrardeč
LBL	Sistem dolgih baznih linij
LIDAR	Detekcija svetlobe in rangiranje
LORAN	Radijski sistem za določanje položaja
NOAA	Oceanska in atmosferska administracija
PDOP	Mera pozicijskega položaja
ROV	Daljinsko upravljanje vozil
RTK	Obdelava opazovanj v realnem času
SAR	Radar z umetno povečano anteno
SBL	Sistem kratkih baznih linij
SIGNAL	SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija

TDOP	Mera časovnega položaja
TPS	Terestični sistem določanja položaja
USBL	Sistem ultra kratkih baznih linij
VDOP	Mera vertikalnega položaja
VRS	Navidezna referenčna postaja
VRU	Vertikalna referenčna enota
WGS	84 - svetovni geodetski sistem iz leta 1984

1 UVOD

Zanimanje je v ljudeh že od nekdaj spodbudilo željo po raziskovanju. Morske plovne poti so nam danes dobro poznane. Ko še niso bile enotno označene, so pomorcem pri plovbi in raziskovanju povzročale velike težave. Hidrografske meritve so temelj za izdelavo pomorskih kart. Danes, ko nas tok življenja vodi k vse modernejši tehnologiji, med katere spada tudi izdelava elektronskih kart, je v navigaciji, še vedno v uporabi klasična karta.

Hidrografija je veda, ki se ukvarja z merjenjem ter opisovanjem značilnosti plovnega dela zemeljskega površja in obalnih področij, s poudarkom na navigaciji. Razvoj hidrografije je povzročil izdelavo kart, ki so bile namenjene uporabi v navtiki.

Glavni cilj hidrografije – **zagotoviti varno in enostavno plovbo** – pa se je ohranil vse do danes. Hidrografija se ukvarja z zajemanjem podatkov morskega dna, obalnih in priobalnih območij, rečnih strug ter jezer. Pridobljeni podatki služijo v prvi vrsti za potrebe navigacije, razne raziskave, varovanje okolja ter spremljanje dogajanja na morju, za kar že več kot 80 let skrbi mednarodna hidrografska organizacija IHO (International Hydrographic Organization).

S hidrografsko meritvijo sočasno pridobimo podatke o položaju točke ter globini vode. Pri tem moramo upoštevati dejavnike plimovanja, valovanja, nagibov plovila ter sond v času izvajanja meritev, hitrosti zvoka v vodi in drugih dejavnikov, ki vplivajo na meritev. Način meritev in izbira inštrumenta, sta odvisna tako od uporabe podatkov, kot tudi terena na katerem bomo meritev izvajali. Do danes so se razvile različne tehnike merjenja. Kljub temu da imamo sodobno tehnologijo za zajem podatkov in zelo dobro programske opremo, s katero jih hitro združujemo in obdelujemo, so hidrografske meritve še vedno ene najzahtevnejših meritev, v kolikor želimo doseči ustrezno natančnost. Področje hidrografije, ter pomorske kartografije ureja Pomorski zakonik. Ta določa, da se zagotovijo hidrografske dejavnosti, tako v teritorialnem morju, kot tudi v notranjosti morskih voda. Področje hidrografije je zelo pomembno v panogah pristaniških dejavnosti, transporta ter turizma, pri pospeševanju pomorskega razvoja, posredovanju podatkov o morju ter obalni liniji uporabnikom, obalnih področij, kar zagotavlja varno ter enostavno plovbo, varovanje morskega okolja in raznih

raziskavah. Vse temelji na varnosti v morskem prometu, saj gre za merjenje, zajem ter obdelavo podatkov o globinah morja, objektih za navigacijo, pristaniški infrastrukturi ter omejitvah in nevarnosti plovbe. Pridobljeni podatki se uporabljajo za izdelavo pomorskih kart in modelov morskega dna. Tovrstne meritve so izjemno pomembne, pri katerih je natančnost in kakovost podatkov ključnega pomena. Prav iz tega razloga je potrebno na terenu zagotoviti zelo visoko raven meritev, kar je mogoče narediti z ustrežno programsko opremo, znanjem ter izkušnjami.

Hidrografske meritve v Sloveniji, izvajajo na morju, jezerih ter rekah, z najsodobnejšo tehnologijo večsnopnih globinomerov, s katerimi vidijo zakopane objekte ali nanose pod morskim dnom. Izmere dna je potrebno opraviti za izdelavo navtičnih kart, za preglede pristopnih kanalov, pomolov v Luki Koper, marinah in mandračih. Določajo volumne izkopov, kvaliteto dna ter iščejo objekte na dnu. Na rekah merijo volumne bazenov, hidroelektrarn, profile rek ter volumne izkopov.

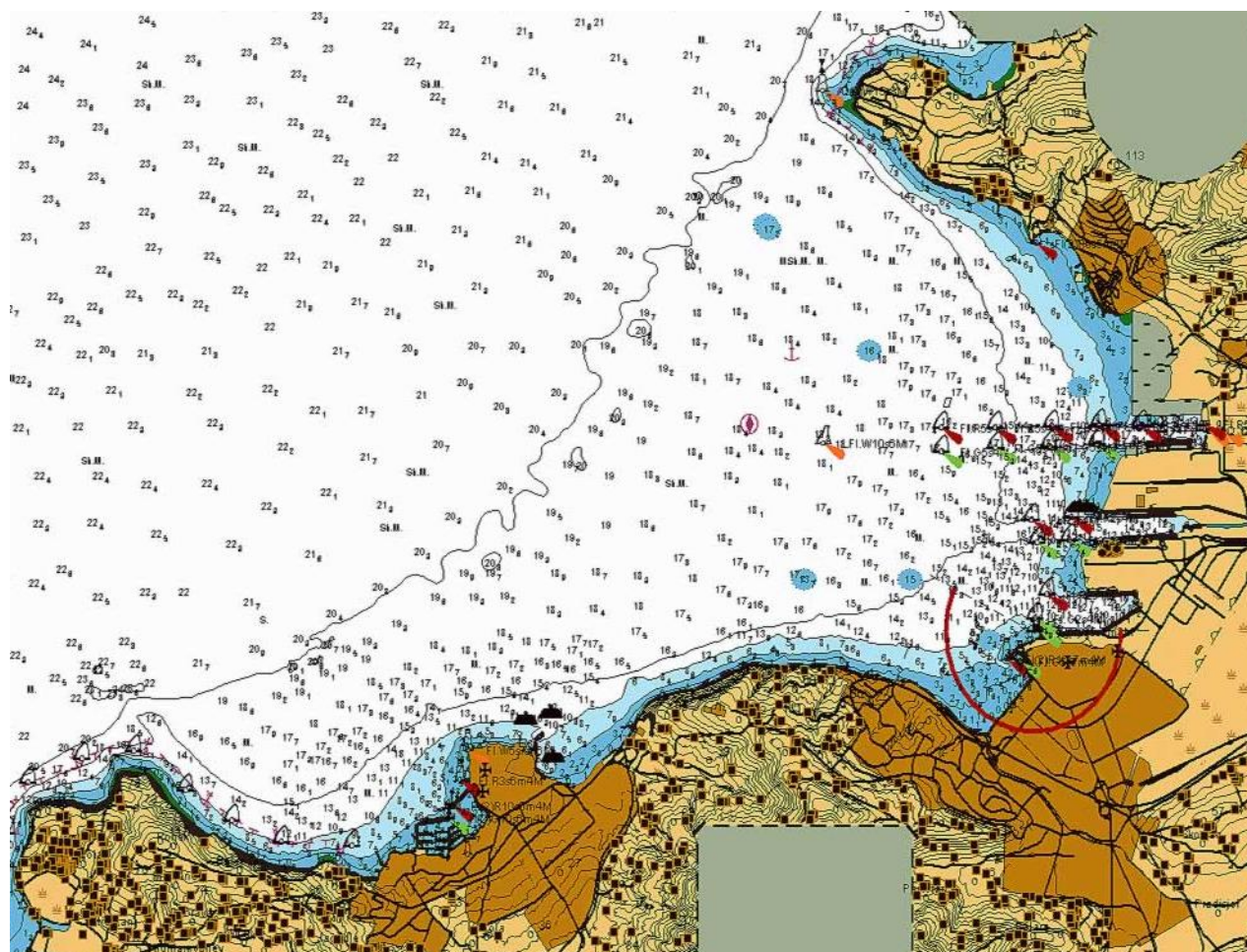
Diplomska naloga zajema celoten pregled hidrografskih meritev, vse od začetka, ko so globine merili še z ročnimi globinomeri, do danes, ko so te zamenjali ultrazvočni. Cilj hidrografije je že od vsega začetka enak – izdelati pomorsko karto. Dobijo jo z obdelavo izmerjenih podatkov. Pri hidrografskih meritvah je velik poudarek na natančnosti dobljenih rezultatov. Kakor pri drugih geodetskih izmerah se tudi tu izvajajo kontrolne meritve. V Sloveniji se izvajajo v Luki Koper in so v pomoč pri zagotavljanju varne plovbe. Rezultat hidrografskih meritev so tudi karte obalnih območjih, ki so primerne za turiste. Izdelujejo se tudi karte jezer (Blejsko in Bohinjsko) in večjih rek (Drava, Ljubljana).

2 HIDROGRAFIJA PRI NAS

Začetki hidrografske dejavnosti v samostojni državi Slovenija segajo v leto 1997. Takrat so na ministrstvu za promet ustanovili direktorat za pomorstvo. Začelo se je aktivno sodelovanje z Geodetskim inštitutom, kar je vzpodbudilo priprave na prve hidrografske meritve pri nas. Prva sodobna hidrografska meritev je bila v Sloveniji opravljena leta 1998. Leto kasneje pa smo dobili prvo karto Koprskega zaliva. Ta je bila izdelana s takrat najboljšo tehnologijo na elipsoidu WGS 84 (World Geodetic System 1984). Slovenski strokovnjaki hidrografije, so kasneje izdelali kartografski ključ znakov ter krajšav, ki so jim služile za označevanje na slovenskih pomorskih kartah.

Leto 2002 predstavlja veliko prelomnico za hidrografske meritve pri nas. Takrat je Slovenija postala članica Mednarodne hidrografske organizacije IHO. Že naslednje leto so izdelali prvo elektronsko navigacijsko karto (ENC – Electronic Navigation Chart) Koprskega zaliva. Leto 2005 je zaznamovalo pridobitev digitalnega batimetričnega modela morskega dna. ENC je karta, izdelana iz baze podatkov, ki ga določa standard za vsebino, strukturo in format zapisa. Zajema vse podatke iz analogne karte, ki so nujno potrebni za navigacijo. Vključuje pa lahko tudi podatke drugih publikacij, za katere menijo, da so pri navigaciji potrebni. Karte se izdelujejo za navigacijske namene. Pri elektronskih kartah gre za najsodobnejšo obliko digitalnih navigacijskih kart. Njihov namen je, da poskrbijo za varnost plovbe ter lažjo navigacijo (Kete, 2002). Uporaba elektronskih kart, ki so danes dostopne že vsem, tako velikim ladjam, kakor majhnim jadrnicam, je neizogibna, saj ima veliko prednosti pred klasično navigacijo.

Pomorščaki, ki uporabljajo pomorske karte, so o stanju plovnih poti ter navigacijskih oznak obveščeni s pomorskimi publikacijami. Ko priplujejo v naše pristanišče, morajo natančno vedeti, kakšna je globina vode (velikokrat se zgodi, da ladja zaradi plitvine našega morja, ne more v pristanišče). Kapitan mora podatke prejeti pravočasno. Ker morajo biti prejeti podatki točni in ažurni, je treba redno vzdrževati ter sproti obveščati uporabnike o nastalih spremembah, ki se pojavljajo na plovnih poteh.



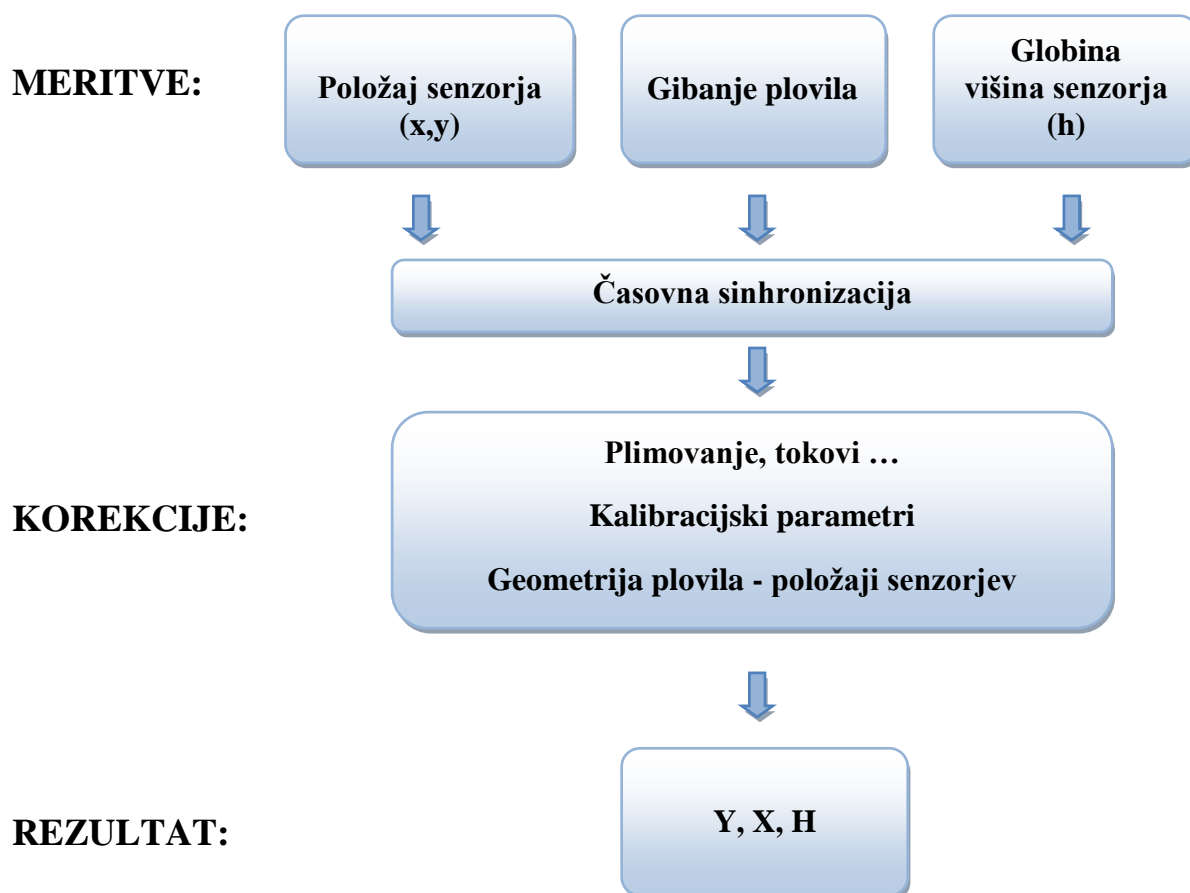
Slika 1: Elektronska navigacijska karta (Geodetski inštitut Slovenije).

Hidrografske meritve so v svetu na zelo visokem nivoju, na kar vplivajo tudi IHO standardi, ki to področje zelo strogo opredeljujejo. Mednarodna organizacija IHO si že vrsto let prizadeva standardizirati ter poenostaviti izgled in kakovost pomorskih kart po celem svetu. Tako tudi v Sloveniji izdelujejo pomorske karte po IHO standardu. V obdobju, ko nas preplavlja vse več navigacijskih pripomočkov, se vse pogosteje uporabljajo elektronske karte, kljub temu pa analogne karte še dolgo ne bodo iz rabe.

Pomorske karte so obvezen del navigacijske opreme na ladji. Glavni cilj je, da tako poklicnim kot tudi ljubiteljskim pomorščakom, omogočijo varno plovbo.

3 PRINCIP HIDROGRAFSKIH MERITEV

Spodaj prikazana hidrografska shema, prikazuje potek hidrografskega postopka, vse od meritev do končnega rezultata. Postopek je podrobneje opisan v nadaljevanju diplomskega dela.



Slika 2: Shematični prikaz hidrografskih meritev.

4 DOLOČITEV POLOŽAJA PRI MERJENJU GLOBINE

Človek je od trenutka, ko je začel raziskovati okolico, želel vedeti, kje se nahaja. Na začetku so položaj določali na bolj enostaven način, s pomočjo Sonca in zvezd. V človeku, pa so rasle želje po bolj natančnem in hitrejšem določanju položaja. Za uresničitev teh možnosti je preteklo kar nekaj časa, da se je zaključilo obdobje sekstanta, ter pričelo obdobje današnje sodobne navigacije.

4.1 NEKOČ

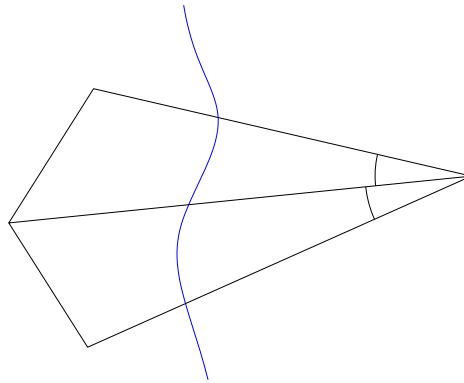
Astronomska navigacija je veda, s pomočjo katere je mogoče določiti položaj plovila z opazovanjem nebesnih teles, kot so: Sonce, Luna, planeti ter zvezde. Položaj so določali s pomočjo sekstanta, ur in navtičnih tablic. S sekstantom so izmerili višino nebesnega telesa, ter zabeležili točen čas. Iz navtičnih tablice, so odčitali nad katerim krajem na Zemlji, je ob zabeleženem času, nebesno telo v zenitu. Opazovalec se je nahajal na krožnici, s središčem v tem kraju. Čez čas so postopek ponovili. Takrat je bilo nebesno telo v zenitu nad drugo točko, s čimer so pridobili nov položajni krog. Tam kjer sta se sekali obe krožnici je bil njihov položaj. Brez navigacijskih pripomočkov si vodenja navigacije ne moremo predstavljati.

4.1.1 Grafične metode

Metode, s katerimi so določali položaj obalne ali priobalne navigacije, se navezujejo na najbližje obalne objekte. Objekti, med katere spadajo svetilniki, večji dimniki, zvoniki, vrhovi izrazitih oblik, ter kakšni drugi objekti, ki so vrisani v pomorsko karto, morajo biti opazni na daljavo. Položaj so določali z osnovnimi navigacijskimi pripomočki, kot so: navigacijski pribor, navigacijski instrumenti ter ostala tehnična sredstva (navtične karte in priročniki, sekstant, kompas, kronometer - naprava za merjenje časa, ...). S pomočjo objektov ter navigacijskih pripomočkov so pridobili podatke, ki so jim služili za določitev položaja plovila (Košir, 2006).

Najpogosteje uporabljene grafične metode so bile:

- metoda s sekstantom: iz čolna merjena dva horizontalna kota med tremi točkami na obali (Slika 3);



Slika 3: Notranji urez.

Notranji urez – stojišče je nova točka:

- dano:
- merjeno:
- iščemo:

- metoda s sekstantom: iz čolna merjen horizontalni kot med dvema točkama in presekom na grafični mizi;
- metoda z dvema presekom na grafični mizi.

4.1.1.1 Sekstant

Sekstant je precizen ročni inštrument, namenjen merjenju višine nebesnih teles nad obzorjem. Za izračun položaja linije potrebujemo dva podatka. To sta kot in čas, v katerem je bil le - ta izmerjen. Sekstant se uporablja za ugotavljanje položaja na morju, pri čemer je potrebna izmerjena višina nebesnega telesa, nad morskim dnom. Višino predstavlja vertikalni kot. To je kot, med očesom opazovalca z odčitanim nebesnim telesom, ter točko na horizontu pod njim. Ko je sekstant v horizontalnem položaju, služi za merjenje horizontalnega kota med dvema objektoma – svetilnikoma, kar tudi omogoča izračun položaja.

Sekstante delimo na:

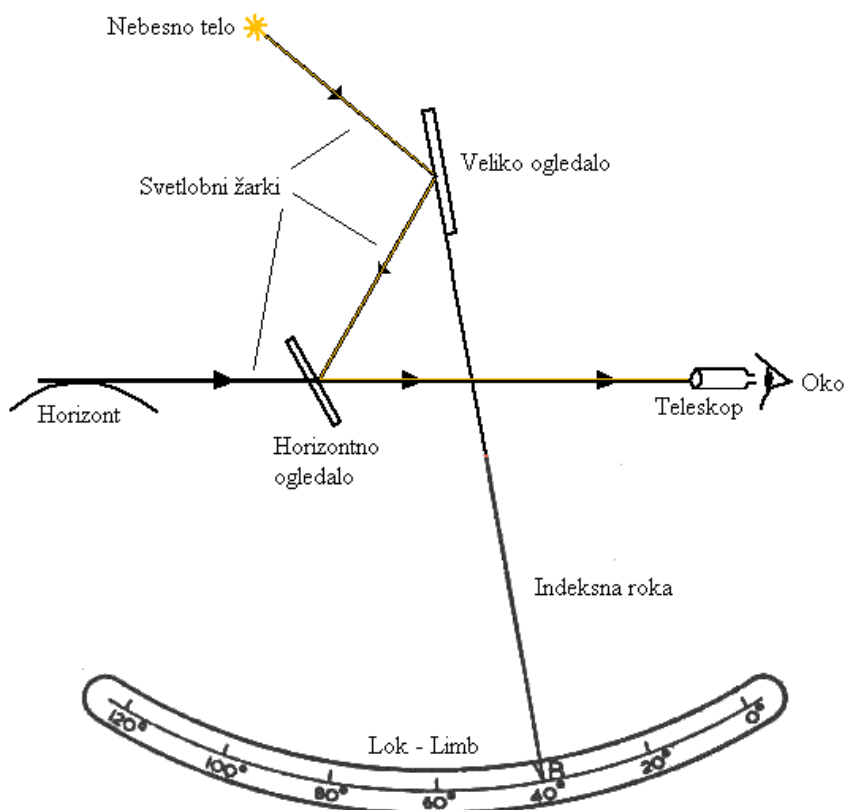
- navadne, pri katerih za meritve uporabljajo morski ali obalni horizont,
- sekstante, ki imajo umetni horizont (letalstvo).



Slika 4: Prikaz umetnega horizonta (sl.wikipedia.org).

Po natančnosti pa jih delimo:

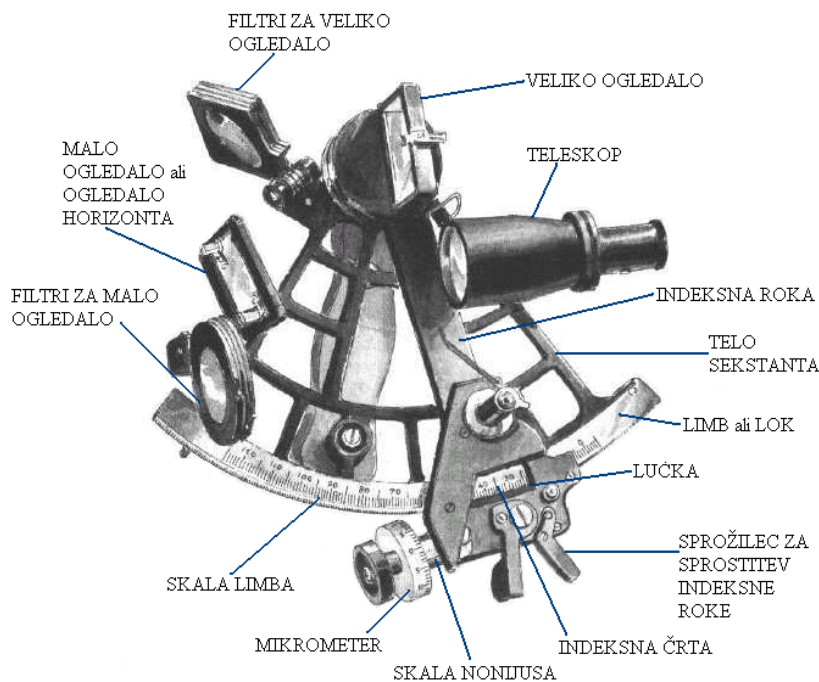
- z nonijevo skalo (so starejši),
- mikrometrsko skalo (se danes največ uporabljajo).



Slika 5: Delovanje sekstanta (Duh).

Sekstant sestavljajo trije glavni deli:

- telo sekstanta,
- dve ravni ogledali,
- teleskop.



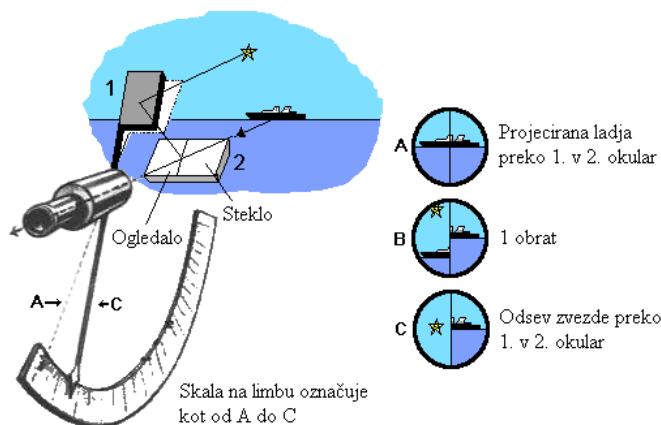
Slika 6: Sestavni deli sekstanta (Duh).

Na spodnjem delu sekstanta se nahaja limb, na katerega je vgravirana skala. Na zgornjem delu je pritrjena drseča indeksna roka, katero lahko v določenem položaju pričvrstimo na telo sekstanta. Odprtina za indeksno črtico in lučka omogočata odčitavanje višine določenega nebesnega telesa, na najbližjo stopinjo. Mikrometer ima 60-minutno razdelbo, ta se z obratom enega vrtljaja mikrometra na indeksni ročici premakne za eno stopinjo. Skala nonijusa leži nasproti mikrometra, ki služi za odčitavanje delov minute.

Med glavne dele sekstanta spadata tudi dve ravni ogledali, veliko in malo. Veliko je pritrjeno na zgornji del indeksne roke, malo fiksno ogledalo pa se nahaja na sprednjem delu sekstanta. Najboljša velikost malega ogledala omogoča, da lahko ob enem vidimo horizont ter opazovano telo. Pri nekaterih sekstantih imajo mala ogledala pritrjeno steklo, tako da v času meritev lahko odčitamo na levi strani horizont, na desni pa nebesno telo. Pred obema

ogledaloma je vstavljen filter, ki opazovanca varuje pred sončno svetlobo ali pred kakšno meglico.

Teleskop je vgrajen vzporedno s telesom sekstanta, v smeri malega ogledala (Lenič, 2009).



Slika 7: Uporaba sekstanta (Duh).

S sekstantom izvajamo meritve na optični način. Usmerimo ga proti horizontu, v smeri nebesnega telesa, ter ga izostrimo. Horizont vidimo na levi strani skozi steklo. Indeksna roka je na ničli. S pritiskom na zaklopko sprostimo indeksno roko. S tem, ko pomikamo indeksno roko, premaknemo nebesno telo do horizonta ter fiksiramo indeksno roko. Z vrtenjem mikrometrске skale popravimo položaj nebesnega telesa, vse dokler se nebesno telo in horizont ne prekrivata. Sekstant zanihamo, in preverimo položaj nebesnega telesa. Sledi odčitek kota na skali in mikrometru. Ko to dosežemo, je potrebno zabeležiti točen čas (sekunde, minute ter uro), ime opazovanega nebesnega telesa ter višino opazovalca. Netočnost vpliva na natančnost. Vrednost štirih sekund, pomeni pri položaju napako ene navtične milje.

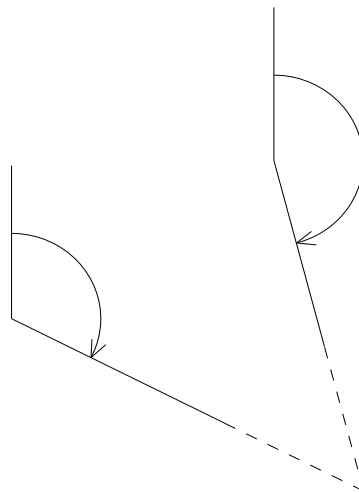
Prednost sekstanta je ta, da je stabilen, kar pomeni, da se obzorje in nebesna telesa pri pogledu skozenj ne premikajo, čeprav opazovanje poteka s krova zibajočega plovila. Sekstant se od drugih navigacijskih naprav razlikuje po tem, da ni odvisen od električne energije ali človeških dejavnikov. Prav zato se še vedno pojavlja na modernih ladjah kot rezervna navigacijska naprava (Lenič, 2009).

4.1.2 Računske metode

Preden so se uveljavili elektronski razdaljemer, so si pri merjenju razdalj ob obali pomagali s sondno žico. Žica je bila dolga od 50 do 200 m, z oznakami na 1 in 0,5 m. En konec žice, so pritrdili na močan kol, na levi breg reke. Drugi konec pa ovili okoli kola, na desnem bregu. Žico so napeli, da je bila horizontalna nad gladino vode. V primeru daljših razdalj je prišlo do povešanja žice, kar so odpravili tako, da so na enem bregu reke, žico napenjali kar z vitlom. Razdaljo so dobili z odčitkom na žici. Na odprtem morju pa so si pomagali s sekstantom. Položaj so določili na osnovi opazovanj nebesnih teles, v bližini kopnega pa s signaliziranimi točkami (Novak, 1975).

Najpogosteje uporabljene računske metode so bile:

- metoda določitve smeri in oddaljenosti (razdaljemer, hidrografska žica), polarna metoda in ortogonalna metoda;
- metoda določitve horizontalnih kotov z dvema teodolitoma, hkrati z dveh geodetskih točk na kopnem (Slika 8).



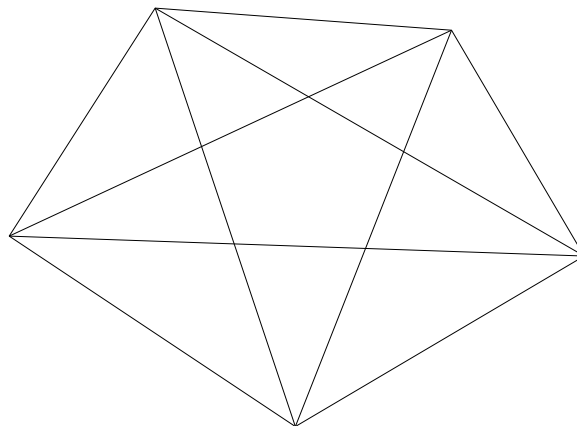
Slika 8: Zunanji urez (predavanja geodezija II).

Zunanji urez – stojišče je dana točka:

- dano:
- merjeno: ,
- iščemo:

4.1.3 Radijska navigacija

Radijska navigacija se je pojavila v dvajsetih letih prejšnjega stoletja. Vse do razvoja elektronskih razdaljemerov, so merili dolžine z merskimi trakovi ter invar žicami. Po prvi svetovni vojni so razvili radar, ki je deloval na impulznem načinu merjenja. Dolžino je določil, na osnovi merjenja časa potovanja EMV. Leto 1930 je zaznamovalo razvoj el. razdaljemerov za potrebe geodezije. Položaj na morju so določali s pomočjo elektromagnetnega valovanja. EMV je časovno in krajevno ponavljanje nihaja, ki se širi v določeni smeri. Ta metoda jim je zagotavljala boljšo natančnost določanja položaja plovila, kot so jo dosegali z uporabo sekstanta. Napredek v tehnologiji je prinesel inštrumente z različnimi frekvencami. Določitev položaja so izvajali na kratkih, srednjih ter velikih oddaljenostih. To pa je vplivalo na podražitev hidrografske opreme na odprtem morju. Potrebno je bilo vzpostaviti mrežo oddajnikov na kopnem in opremiti plovila s prav posebnimi sprejemniki. Razdaljo so določili na ta način, da so merili fazne razlike radijskega signala, ki je bil oddan istočasno ali z minimalnim časovnim zamikom s postaj na kopnem. Položaj plovila so dobili tako, da so znani razdalji dveh oddajnikov, vstavili v geometrično formulo. S tem postopkom so pridobili dve rešitvi. Največkrat so izločili lego na kopnem, za katero so smatrali, da je nesmiselna. V primeru izračuna s treh postaj so dobili nedvoumno rešitev. Kadar pa so pri izračunu uporabili več kot tri postaje, so morali zaradi nadštevilnih opazovanj narediti izravnavo. (Kolenc, 2005)



Slika 9: Trilateracija (predavanja geodezija II).

Trilateracija – merjenje dolžin:

- dano:
- novo:
- merjeno:

4.2 DANES

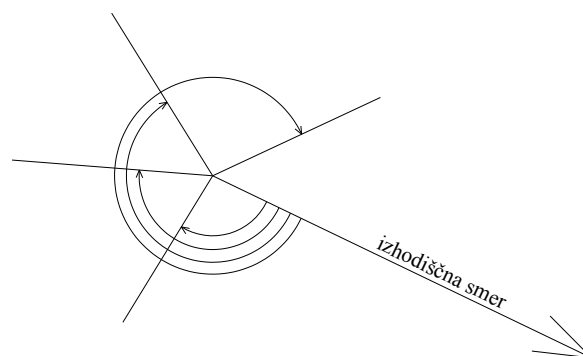
Hiter napredek v tehnologiji je zelo poenostavil določanje položaja. Za napredek so poskrbeli elektrooptični razdaljemerji, motorizirani tahimetri ter GPS tehnologija. Brez GPS tehnologije si danes meritev sploh ne moremo več predstavljati. Zaradi enostavne uporabe in velike natančnosti je izpodrinila radijsko navigacijo. Tahimetri, pa kljub GPS-u, ostajajo v uporabi pri hidrografskih meritvah. So nepogrešljivi zaradi konfiguracije terena pri zajemanju rečnih podatkov, kjer zaraščene brežine ne dopuščajo neprekinjeno delovanje GPS-a. GPS meritve nadomestijo tudi pri meritvah jezov, elektrarn ter večjih ladij v pristaniščih (Kolenc, 2005).

4.2.1 Terestična navigacija

Za izvajanje meritev se danes uporabljajo sodobni merski instrumenti. Večji napredek v razvoju elektronskih tahimetrov predstavlja vgradnja servomotorjev (mehanizem za krmiljenje), ki zagotavljajo samodejno vrtenje zgornjega sestava ter daljnogleda instrumenta. Rezultat vgradnje je motorizirani elektronski tahimeter. Servomotorji bodo, s časoma popolnoma avtomatizirali delovanje tahimetrov. V kolikor motorizirani tahimeter opremimo z ustrežno programsko in strojno opremo, pridemo do zadnje razvojne stopnje oziroma do avtomatskih elektronskih tahimetrov.

Popolno avtomatizacijo elektronskih tahimetrov delimo v dve razvojni stopnji. Prva stopnja predstavlja sistem za *avtomatsko prepoznavanje tarče* (APT). Sistem APT nadomesti ročno fino viziranje tarče, ko se ta že nahaja v vidnem polju daljnogleda, vendar brez ustrezne podpore ne omogoča popolne avtomatizacije merjenja, ter še vedno zahteva prisotnost operaterja. V kolikor ni v vidnem polju sistema APT, je ta ni zmožen poiskati. V tem primeru mora operater grobo navizirati na ciljno točko. APT tehnologija je sestavljena iz dveh sistemov. To sta, sistem za *avtomatsko viziranje tarče* (AVT) ter *avtomatsko sledenje tarče*

(AST). AVT sistem, je temelj sistema APT, saj je za njegovo realizacijo potrebna večina programske in strojne opreme, katero uporablja sistem AST. Sistem AST je programska nadgradnja sistema AVT, ki zagotavlja sledenje, hitro ali počasi premikajoče tarče, katero je predhodno prepoznal s sistemom AVT. AST tehnologijo uporabljajo pri reševanju specifičnih geodetskih nalog, med katere spadajo dinamične meritve. Zelo pomembno je, da je AST naslednja razvojna stopnja, v avtomatizaciji polarne izmere. V kolikor je operater pazljiv pri nošenju tarče, ter ob njenem premikanju, ohranja dogledanje tarče in tahimetra, ter ima ob sebi kontrolno postajo za daljinsko vodenje inštrumenta, meritev že lahko opravlja sam. Pri AST se pojavi problem izgube tarče iz vidnega polja, zaradi objektov in prahu ter nepozornosti operaterja pri premikanju tarče iz ene točke na drugo. Če se operater hoče izogniti tem problemom mora paziti, da s tarčo ne izvaja nepredvidljivih gibov ter, da je reflektor tarče stalno usmerjen proti tahimetru. Druga stopnja služi nadgradnji sistema APT s tehnologijo *avtomatskega iskanja tarče* (AIT). Ta deluje tako, da vizurno os tahimetra grobo navizira proti tarči, ki se nahaja v okolici inštrumenta. Sistem ne zahteva več prisotnosti operaterja. S tehnologijo AIT posredujemo osnovne operacije, ter pregledujemo rezultate s posebno kontrolno enoto na tarči. Ta je z instrumentom povezana preko telematične povezave. Povezava služi pošiljanju podatkov izmerjenih vrednosti. Zaslona kontrolnih enot, tako v instrumentu kot tudi ob tarči delujeta sinhronizirano. Ker zaslon na kontrolni enoti ob tarči prikazuje podatke v realnem času, daljinsko vodenje uporabljajo tudi pri standardnih elektronskih tahimetrih. Vodji izmere omogoča vpogled opazovanj, kljub temu da se ta ne nahaja ob tahimetru. Delo je olajšano, saj ima operater vse podatke pri roki, katere je prej videl samo na instrumentu. To je razlog, da ni več potrebe po stalni komunikaciji med operaterjem in nosilcem tarče (Valh, Marjetič, Ježovnik, Kogoj, 2008).



Slika 10: Polarna izmera (Zupančič, 1984)

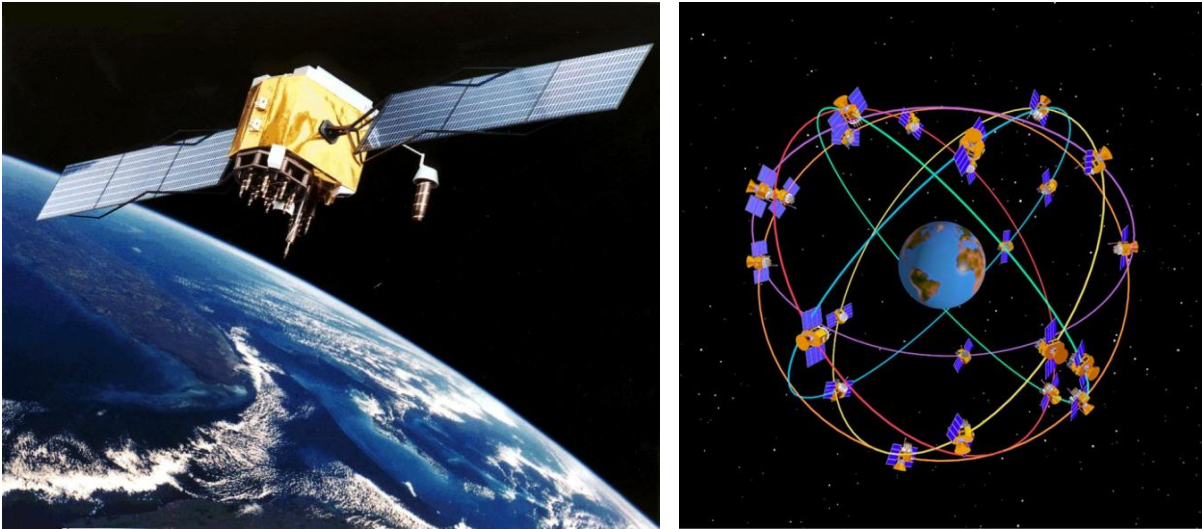
Polarna izmera:

- dano:
- merjeno:
- iščemo:

4.2.2 Satelitska navigacija

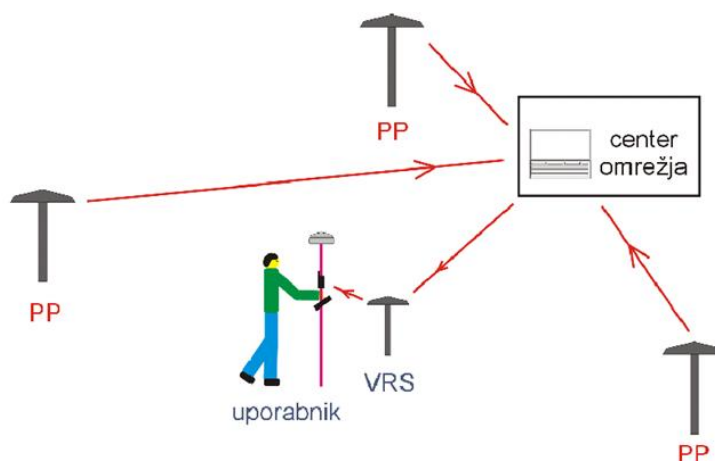
Začetki satelitske navigacije segajo v leto 1973. Takrat je ameriška vojska s projektom NAVSTAR vzpostavila 21 satelitov, ki so obkrožali Zemljo pod imenom GPS. Kmalu za tem se jim je pridružil še ruski GLONAS. Na novo bo leta 2011 začel delovati evropski GALLILEO, ki bo namenjen civilnim potrebam, medtem ko je kitajski BeiDou še v fazi izgradnje. GPS (Global Positioning System) je sistem za določanje položaja objektov in pojavov na Zemlji ter v njeni bližini, ki temelji na uporabi vesoljske radijske navigacije. GPS sestavljajo trije segmenti: vesoljski, kontrolni ter uporabniški.

- **Vesoljski segment** sestavlja 28 umetnih satelitov. Od tega jih je 24 delujočih, ostali 4 sateliti pa so za rezervo. Nahajajo se na višini 20.200 km. Zemljo obkrožijo v 12 urah. Sateliti pošiljajo na Zemljo signale, podatke o svojem položaju, ki so pomembni za izvajanje meritev.
- **Kontrolni segment** obsega tri vrste postaj: glavno kontrolno postajo, 4 opazovalne ter 3 povezovalne postaje. Kontrolne postaje nadzorujejo satelite z merjenjem razdalje. Te pošiljajo podatke v glavno kontrolno postajo, v kateri se odločajo, ali je potrebno spremeniti določitev položaja satelita. Glavna postaja pošlje podatke povezovalnim postajam, te pa jih pošljejo nazaj satelitom. Sateliti prejete podatke o svojem trenutnem položaju in stanju atomske ure (izredno natančne naprave za merjenje časa) oddajajo naprej uporabnikom.
- **Uporabniški segment** sestavljajo uporabniški sprejemniki GPS sistema. Ti na osnovi opazovanega ter sprejetega signala določajo svoj položaj, hitrost gibanja ter pridobivajo podatek o času. Sistem zagotavlja istočasno spremljanje satelitskih signalov neomejenemu številu uporabnikov (Kisovec, 2007).



Slika 11, 12: GPS satelit, tirnice satelitov (www.bug.hr/vijesti/kina-grad-i-svoj-gps/94988.aspx).

S pomočjo vse treh segmentov izračunamo položaj določene točke. Dobimo ga s pomočjo razdalje ter položaja satelitov. Za določitev položaja točke na Zemlji so potrebne minimalno 4 razdalje do satelitov. Razdalja med satelitom in sprejemnikom je pridobljena na osnovi časa potovanja signala. Čas potovanja, ki ga pomnožimo s svetlobno hitrostjo, nam da razdaljo do satelita. Za določitev razdalje med sprejemnikom ter satelitom lahko uporabimo kodni ali fazni način opazovanj, pri čemer je fazni natančnejši od kodnega. Pri določitvi položaja z GPS-om si lahko pomagamo z absolutno ali relativno metodo določitve. S strani izvajanja meritev pa sta to statična ter kinematična metoda izmere (Kozmus, Stopar, 2003).



Slika 13: Povezava na omrežje stalno delujočih postaj (Kozmus, Stopar, 2003).

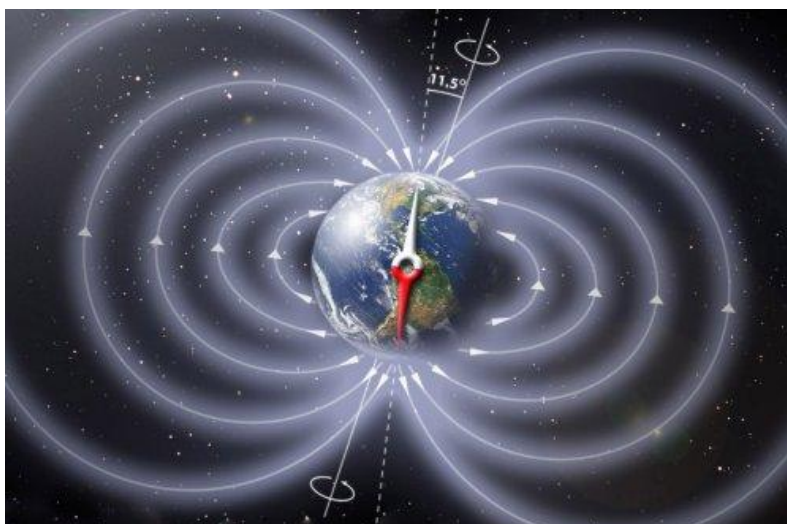
V hidrografiji se izvaja RTK (Real Time Kinematics) metoda izmere v realnem času. Ta omogoča določitev ter pošiljanje podatkov o položaju v programsko opremo v realnem času. Za izvedbo te meritve sta potrebna dva sprejemnika z vzpostavljeno povezavo. Prvi sprejemnik, t. i. referenčni sprejemnik, ima znan položaj, drugi, premični sprejemnik, pa omogoča določanje položaja novim točkam. Določanje položaja temelji na določitvi baznega vektorja med referenčnim ter baznim sprejemnikom. Podatke baznega vektorja dobijo s skupno obdelavo tako kodnih kot faznih opazovanj obeh sprejemnikov. Pri meritvah je pomembna določitev števila celih valov. Ta se opravi v postopku inicializacije na samem začetku izmere (Kozmus, Stopar, 2003).

Pri inicializaciji potrebujemo 5 satelitov, med izvedbo meritev pa zadostujejo 4. V kolikor je med sprejemnikoma vzpostavljena stalna povezava, ta omogoča pridobitev rezultatov v realnem času izmere. Razdalja med sprejemnikoma naj ne bi bila daljša od 10 do 20 km, saj na natančnost vpliva oddaljenost. V primeru doseganja visokih natančnosti je potrebno uporabiti natančne dvofrekvenčne sprejemnike, saj ti omogočajo neomejeno uporabo. V praksi je potrebna zadostna odprtost nad horizontom sprejemnikov izmere, kar omogoča sprejemanje zadostnega števila signalov s satelitov. Prednost te metode je v tem, da med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega dela (Krajnc, 2006).

Pridobljene podatke uporabljamo za navigacijo pri vnaprej določenem načrtu plovbe. Natančnost določitve položaja sonde je odvisna predvsem od fizičnih danostih območja, v katerem se izvajajo meritve, jakosti ter pokritosti signala. Za uspešno izvedbo meritev je potrebna neprekinjena povezava med referenčnim sprejemnikom ter sprejemnikom na plovilu. Natančnost pa je odvisna od števila ter razporeditve satelitov in stanja atmosfere. Pri izvajanju meritev našega morja se za georeferenciranje GNSS-naprav uporabljajo popravki položaja izmerjenih točk, pridobljenih iz referenčnega sprejemnika, pritrjenega na strehi Mestne občine v Kopru.

4.2.3 Digitalni kompas

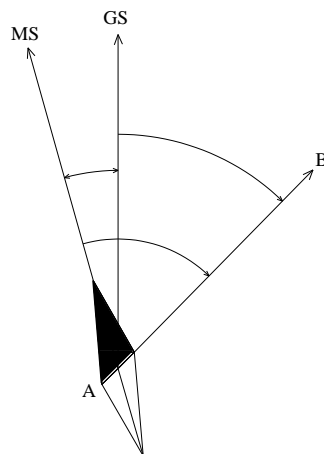
Najpomembnejši del navigacijske opreme pri plovilih je magnetni kompas. Del te opreme, magnetno iglo ter žirokompas je zamenjala elektronika. Prednost elektronskih magnetnih kompasov je v preprosti komunikaciji z ostalimi elektronskimi napravami. Zanje je značilno, da so odporni na sunke ter vibracije. Delujejo na podlagi senzorjev, kateri zaznavajo spremembe v magnetnem polju. Uporabljajo se v navigaciji, pri orientaciji, v medicini, prometu idr.



Slika 14: Zemeljsko magnetno polje s prikazom magnetnega in geografskega pola (www.world-sattv.com).

Magnetni kompas temelji na zaznavanju sprememb Zemljinega magnetnega polja. Magnetno polje si je mogoče predstavljati kot linije, katere so usmerjene od južnega proti severnemu magnetnemu polu. Za silnice je značilno, da so na ekvatorju vzporedne ter na polih pravokotne na Zemljino ploskev. Magnetna ter geografska pola ne sovpadata, kar je razvidno s spodnje slike (Krajnc, 2006)

Poznamo magnetni in geografski sever, ki se ne pokrivata. Lega magnetnega severa se neprestano spreminja, na kar vpliva razporeditev Zemeljnih mas. Magnetni azimut je kot (), med magnetnim severom in smerjo proti neki točki. Ker magnetni azimut ne sovpada z geografskim, nastane med njima kot (), ki ga imenujemo magnetna deklinacija.



Slika 15: Prikaz magnetnega azimuta.

Enačba 1:

MS.....magnetni sever

GS.....geografski sever

B.....izbrana točka

A..... stojišče

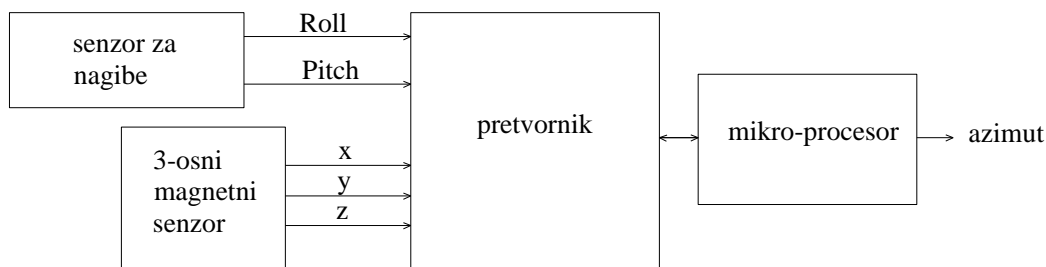
..... smerni kot

.....magnetna deklinacija

.....magnetni azimut

Sestavni deli elektronskega kompasa:

- magnetni senzor,
- enota za upravljanje signala,
- enota za smer,
- prikaz,
- značilnosti.



Slika 16: Sestavni deli digitalnega kompasa (Krajnc, 2006).

Magnetni senzor je namenjen izračunu azimuta. Za izračun kota sta potrebna dva senzorja, katera merita moč horizontalnih komponent magnetnega polja. Prvi meri v smeri gibanja t. i. X-osi, drugi pa s horizontalno komponento, kar predstavlja Y-os. Oba senzorja sta nameščena vzporedno z Zemljino površino. Med seboj sta zarotirana za 90° . Rezultat azimuta, pridobljen po tej metodi, je točen takrat, kadar je kompas v horizontalnem položaju. Kakor pa je kompas izven te lege, mu za zagotovitev natančne orientacije, dodamo dodatne senzorje.

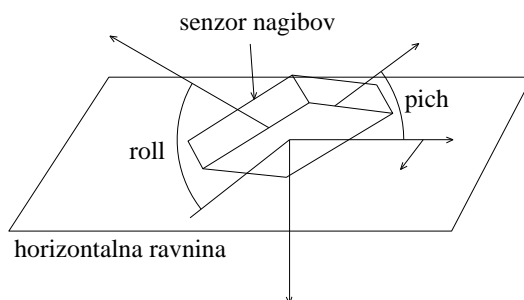
Izračun azimuta poteka na horizontalni ploskvi. S tem ko je kompas v horizontalnem položaju, zagotovimo, da sta obe osi horizontalni. Gre za izračun azimuta z dvoosnim senzorjem. Zgodi pa se, da kompas ni nameščen horizontalno.

V tem primeru nam pomaga kompas, nameščen v tekočino. Kljub temu da nam zagotavlja, da je kompas zaradi gravitacijske sile vedno horizontalen, pride do problemov. Pomagamo si lahko s triosnim senzorjem, saj poleg že podanih dveh komponent meri še tretjo vertikalno komponento. Pri triosnem senzorju ne smemo pozabiti nagiba. Če kompas zaznava nagibe, še ne pomeni, da je postavljen horizontalno. Z izmero dobimo tri kote. Prvi kot je smer, ki poteka v smeri urinega kazalca od severa v horizontalni ravnini. Drugi predstavlja nagib okoli X-osi magnetnega polja (Roll) pozitiven navzdol. Tretji pa poteka okoli Y-osi magnetnega polja (Pitch) pozitiven navzgor. Takrat ko je kompas horizontalen, nagiba predstavljata vrednost nič, sledi izračun azimuta po enačbi (2).

Enačba 2:

—

inkomponenti Zemljinega magnetnega polja



Slika 17: Prikaz nagibov (Krajnc, 2006).

Enota za uravnavanje signala nadzoruje izhodno napetost, saj mora biti ta sorazmerna glede na moč magnetnega polja, katero izmeri senzor.

Enota za smer iz pridobljenih moči polja preračuna azimut.

Prikaz zagotavlja, da je kot viden tako na kompasu kot na kakšni drugi elektronski napravi.

Ostale značilnosti opisujejo elemente kompasa. V primeru da želimo zelo natančne rezultate, je potrebno upoštevati kompenzacijo kompasa za napako magnetnega polja, kompenzacijo nagnjenosti ter popravek za deklinacijski kot (Krajnc, 2006).

5 GIBANJE PLOVILA

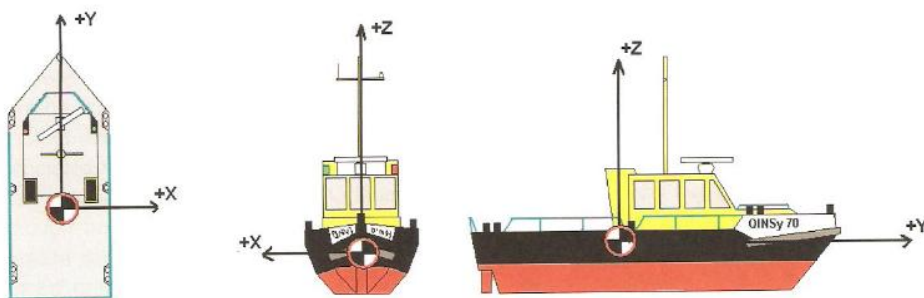
Hidrografske meritve, se izvajajo s plovili opremljeni za tovrstne meritve. V času izvajanja meritev pride do gibanja plovila, čemur se ni mogoče izogniti. Sunkovitost gibanja je odvisna predvsem od tega, kje meritve opravljamo. Na stabilnost in gibanje plovila vplivajo zunanji vplivi vetra ter valov. Na morju je gibanje večje, kot v kakšnem jezeru. Gibanje plovila zaznavajo senzori, namenjeni merjenju zibanja in dviganja plovil. Plovni sistem ima 3 osi (X, Y, Z), okoli katerih se giblje. Te pridobljene vrednosti je potrebno kasneje upoštevati pri izračunu, saj se položaj spreminja z globino. V primeru, da pri izračunu ne upoštevamo nagiba plovila, je položaj točke vodnega dna enak ne glede na izmerjeno globino.

Poznamo 6 načinov gibanja plovila:

- zibanje (gibanje),
- valovanje (gibanje),
- dvigovanje (gibanje),
- dviganje (vrtenje),
- pozibavanje (vrtenje),
- vijuganje (vrtenje).

Za praktično uporabo v hidrografiji se uporabljajo naslednje meritve:

- nagibanje plovila naprej in nazaj,
- zibanje plovila levo in desno,
- dviganje in spuščanje plovila,



Slika 18: Prikaz osi na plovilu (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Nagibanje plovila naprej in nazaj povzroča dvigovanje ter spuščanje plovila.

Zibanje plovila levo in desno predstavlja enakomerno gibanje plovila smeri x-osi.

Dviganje in spuščanje plovila se najpogosteje pojavlja v času razburkanih voda. Dvigovanje plovila ima velik vpliv na kakovost podatkov (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Velikost vplivov je odvisna od tega, kje se meritve izvajajo. Pri merjenju rek so vplivi manjši, kot če merimo na morju. Na zmanjšanje vplivov pa lahko veliko pripomoremo sami, in sicer tako, da izberemo dobro oblikovan čoln. Večja plovila so v splošnem bolj varna in učinkovita. Izvajalci meritev pogosto izberejo plovilo, pri katerem je večji vpliv zibanja plovila levo in desno, kar zmanjša gibanje plovila naprej in nazaj ter dvigovanja in spuščanja. Naprave na plovilu izvajajo meritve. Izmerjene podatke posredujejo naprej na računalnik. Pri izvajanju opazovanj je prisoten tudi časovni parameter, ki zagotavlja, da so vsi podatki pridobljeni v istem trenutku (Krajnc, 2006) .

6 MERJENJE GLOBINE

Poznavanje globine morja je eden najpomembnejših podatkov varne plovbe. Predvsem pri plovbi v bližini obale, plitvih voda, rečnih ustij, slabi vidljivosti nam podatek o pravi globini morja omogoči varnejšo plovbo ter vodenje ladje.

Z merjenjem globine morja se določa vertikalna oddaljenost trenutne višine morja ter morskega dna. Z izvajanjem merjenja globine na istem mestu v različnem času se opazijo spremembe v njenih vrednostih. Do spremembe teh vrednosti pride zaradi plimovanja morja, zato je potrebno izvesti korekcijsko merjenje (Pribičević, 2005). Ločimo dva načina merjenja globin, direktno ter indirektno.

6.1 METODE

6.1.1 DIREKTNE METODE

Te metode so bile že od nekdaj prisotne v navigaciji. Globino so merili s pomočjo merske palice ter spuščanjem uteži, pritrjene na žico ali vrv vse do morskega ali rečnega dna. Še danes pojavljajo v kakšni raziskavi blizu obale, kjer je dostop z ultrazvočnim globinomerom otežen.

6.1.1.1 Ročni globinomer

6.1.1.1.1 Merska palica

Pri tej metodi se kot vrsta inštrumentarija uporablja merska palica, iz lesa ali aluminija, dolžine 5 m ter debeline 4–6 cm. Ima dm razdelbo, z izmenično označeno belo in rdečo barvo. Vsak meter pa je označen z rdečo številko. Na spodnjem delu palice je pritrjena utež, ki ji omogoča, da stoji vertikalno in obenem preprečuje pogrezanje v dno. Merska palica nam omogoča merjenje globine v plitvih vodah do 5 m. Uporablja se predvsem pri plovbi blizu obale ter v vodah z vegetacijo na dnu (Pribičević, 2005).

6.1.1.1.2 Linija svinčnice

Poleg že opisane merilne palice je ročni globinomer eden najstarejših načinov merjenja globin. Sestavljen je iz vrvi ter svinčnice. Svinčena utež je težka 3–10 kg, namenjena za merjenje globine 5–10 m. Da se vrv v vodi ne bi preveč raztegovala, je vanjo vpletena tanka pocinkana žica. Debelina vrvi znaša od 18–20 mm (Pribičević, 2005).

Vrv mora biti označena na najmanj 0,5 m, če je potrebno pa tudi bolj pogosto. Svinčnica je zelo uporabna v vodah, kjer sta na dnu mulj ali ilovica, saj prodre zgornjo plast in se usede na trdna tla ter tako izmeri globino. Običajno ima svinčnica majhno luknjico na dnu, ki je polnjena z mazivom. Ko se svinčnica dotakne dna, se usedlina prilepi na to mazivo, kar hkrati z merjenjem morske globine oblikuje vzorec morske postelje – sestave morskega dna. Po vsakem merjenju pa je potrebno svinčnico očistiti, da lahko pri ponovnem merjenju razberemo sestavo dna. Zgradba modernih svinčnic se razlikuje; pogosta je uporaba diska, ki je velik cca. 15 cm in ima 4 luknje velikosti 2,5 cm, ki med spustom zmanjšajo upor. Secchi disk je naprava za merjenje prosojnosti vode. Nameščen je na palico ali vrv, na kateri je razdelba za čitanje. Ploščo počasi spuščajo v vodo, ter zabeležijo globino na kateri disk ni več viden.



Slika 19: Secchi disk (www.co.carver.mn.us/departments/LWS/volunteer_activities.asp).

Z ročnim globinomerom se največkrat meri globino iz čolna. Postopek merjenja s svinčnico je preprost, z metom svinčnice čez krov v prosti pad, dokler nenaden padec napetosti ne nakaže odbitja na dnu. Ob odčitaniu mora biti linija čim bolj vertikalna, saj že tok z odnašanjem žice povzroči netočnost pri branju globine. Pri merjenju globine vode, kjer je dno mehko, se

globina odčita hitro, 5–10 sekund. Po opravljeni meritvi vnesemo podatke v zapisnik, v katerega vpisujemo globino, vrsto usedline zemeljskega dna, čas in datum merjenja, številko skice ter oznako profila opravljene meritve. Definitivne globine dobimo tako, da izmerjeni globini dodamo korekcije globine v času merjenja ter korekcije pri spremembi globine globinmera. Podatke korekcije morske mere, ki nam služijo pri izračunu, dobimo iz najbližjega mareografa. Razdelba na vrvi se mora redno preverjati, pomembno je, da so označbe na pravih mestih. Tovrstno preverjanje izvedejo na komparatorju pred in po opravljeni meritvi, pri kateri mora biti linija napeta. Ročni globinomer je še zmeraj uporaben za merjenje v plitvinah, ob obali ali v lukah (Pribičević, 2005).

6.1.1.2 Mehanski globinomer

Ročni globinomer se danes zelo redko uporablja, v praksi se največkrat uporablja mehanski globinomer. Sestavljen iz precizno pletene jeklene žice, navite na boben, uteži ter merilca odvite žice. Jeklena žica je debela 8–9 mm ter dolga 50 m, lahko tudi več, odvisno od globine, ki jo bodo izmerili. Za lažje odčitavanje globin je žica označena z oznakami za določanje globin po angleških pravilih.

$$1 \text{ fathom} = 1,8288 \text{ m}$$

Preglednica 1: Sistem označevanja po angleških pravilih

Fathom	oznaka
2	2 usnjena trakova
3	3 usnjeni trakovi
5	bel bombažni trak
7	rdeč flanelast trak
10	kos usnja z luknjo v sredini
13	3 usnjeni trakovi
15	bel bombažni trak
17	rdeč flanelast trak
20	2 vozla v vrvi
25	1 vozle v vrvi
30	3 vozli
35	1 vozle

Postopek merjenja je enak kot pri uporabi ročnega globinmera. Mehanski globinomer je namenjen za merjenje večjih globin, kadar npr. ladja stoji. Pri premikanju ladje lahko izvajamo meritve do hitrosti plovila 10 vozlov (1 vozol = 1,852 km/h). V času mirovanja ladje je merilna žica vertikalna, nanjo pa vpliva samo morski tok. Ta je v zalivih ter pristaniščih zanemarljiv. V času gibanja ladje merilna žica ne ostane v vertikalni legi, to pa povzroči odstopanje od vertikale (kot), ki je posledica hitrosti plovbe. Zaradi tega so merske vrednosti večje. Pri kotu 10° so merske vrednosti večje za 2 %, pri kotu 20° pa za 5–6 % (enačba 3). Na pravilnost merskih meritev vpliva pravilno merjenje globine. Paziti moramo, da vržemo utež daleč naprej v smeri plovbe ladje, tako da ima utež dovolj časa, da se dotakne morskega dna do trenutka, ko je mesto opazovalca navpično nad mestom merjenja globine. S tem postopkom odpravimo napako odklonskega kota merilne vrvi. Glede na to da je utež težka 8 kg, lahko predpostavimo, da se bo potopila s hitrostjo cca. 3 m/s. Meritve lahko izvajamo v dnevnem in nočnem času. Podnevi odčitamo merjeno globino pri gladini, ponoči, pa kjer merilno vrv držimo. Pri tem pa moramo upoštevati še razliko med roko ter vodno gladino. Ta metoda merjenja nam daje relativno natančne rezultate. Kljub temu da jo vse bolj izpodrivajo sodobnejše metode, je na ladjah še vedno nepogrešljiva.

Enačba 3:

—



Slika 20: Prikaz odstopanja pri merjenju globine.

-prava globina
-merjena globina
-kot odstopanja
-izračunano odstopanje

6.1.2 INDIREKTNE METODE

Za indirektne metode je značilno, da se globina vode določi s pomočjo drugih količin, kot pri direktnih metodah. Te količine so: tlak v vodi, časa, v katerem se potopi neko telo do morskega dna ali časa, v katerem prepotuje ultrazvok pot od oddajnika, do morskega dna, se odbije, ter vrne nazaj (Kolenc, 2005).

6.1.2.1 Hidrostatični Thomsonov globinomer

Prvi globinomer, ki je začel opravljati meritve morja ne glede na dolžino merilne vrvi ter dosegel hitrost merjenja več kot 10 vozlov, je Thomsonov globinomer. Globino meri na osnovi hidrostatičnega tlaka in deluje po principu Boyle-Mariottov-ega zakona, ki nas uči, da je zmnožek pritiska in volumna enak. Thomsonov globinomer je sestavljen iz bobna, vrvi iz pocinkanega jekla ter uteži. Vrv premera cca. 1 mm je navita na boben. Poleg uteži z maso od 8 do 10 kg je na vrv pritrjeno še jekleno ogrodje, na katerem je steklena cevka. Cevka je narejena tako, da je na zgornji strani zaprta, na spodnji pa odprta. Vrednost zračnega tlaka na morski gladini znaša 1 bar oz. 1013 mb. Na vsakih 10 m pa se vrednost tlaka poveča za 1 bar. S tem ko potopimo cevko na morsko dno, voda prodre vanjo, pri dvigovanju pa voda iz nje odteče. Tako lahko določimo, kako globoko je voda prodrla v cevko. Da pa to lažje ugotovimo, je notranjost steklene cevke premazana s srebrovim kromatom (Ag_2CrO_4) rdeče barve. Zanj je značilno, da se pri stiku z morsko vodo obarva temno rumeno. Izmerjeno globino moramo, zaradi različnih vplivov na višino vodnega stolpca v cevki na dnu morja, popraviti za vpliv zračnega tlaka, srednje specifične teže vodnega stolpca od gladine do morskega dna in dolžine cevke. Thomsonov globinomer se od mehanskega razlikuje v tem, da je odpravljen vpliv nevertikalnosti žice. Namenjen je za merjenje globin do 100 m ter hitrosti plovbe do 15 vozlov. Kljub novejšim globinomerom, ki delujejo po principu odboja zvoka, je Thomsonov globinomer še vedno predpisan del opreme na ladjah. Uporablja se za določanje koeficienta popravka, katerega izračunamo po enačbi (4);

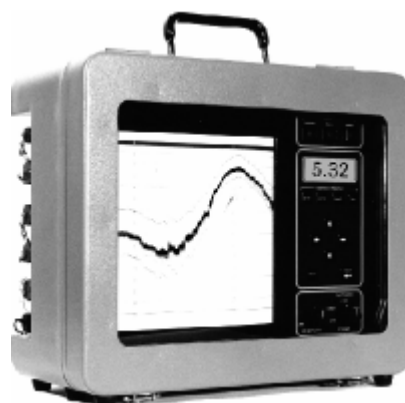
Enačba 4:

—

-koeficient popravka
-merjena globina s Thomsonovim globinomerom
-merjena globina z zvočnim globinomerom

6.1.2.2 Ultrazvočni globinomer

Začetki širjenja zvoka pod vodo segajo že v leto 1804, ko je francoski fizik Dominique Francois Jean Arago predlagal izdelavo inštrumenta za merjenje globine vode, s pomočjo širjenja zvoka. Čeprav se projekt ni takoj uresničil, sta leta 1827 Calladon in Sturm na Ženevskem jezeru izmerila globino po principu izmerjenega časa potovanja zvoka skozi vodo. Do leta 1912 so izvedli veliko meritev globin na podlagi potovanja zvoka. Prelomno leto 1912 pa je prineslo nove spremembe, saj je potopitev Titanika spodbudila Američana R. A. Fassandena k izdelavi močnejšega oddajnika zvoka. Čez nekaj let pa sta Francoza Lengevin in Chilowsky izdelala novo napravo za merjenje globin z ultrazvočno frekvenco. Šlo je za zelo pomembno odkritje. Od takrat naprej se tehnologija ultrazvočnih globinomerov vse skozi izpopolnjuje (Kolenc, 2005).



Slika 21: Primer globinomera Hydrotrac (www.comm-tec.com/prods/mfgs/Odom_Prods.html).

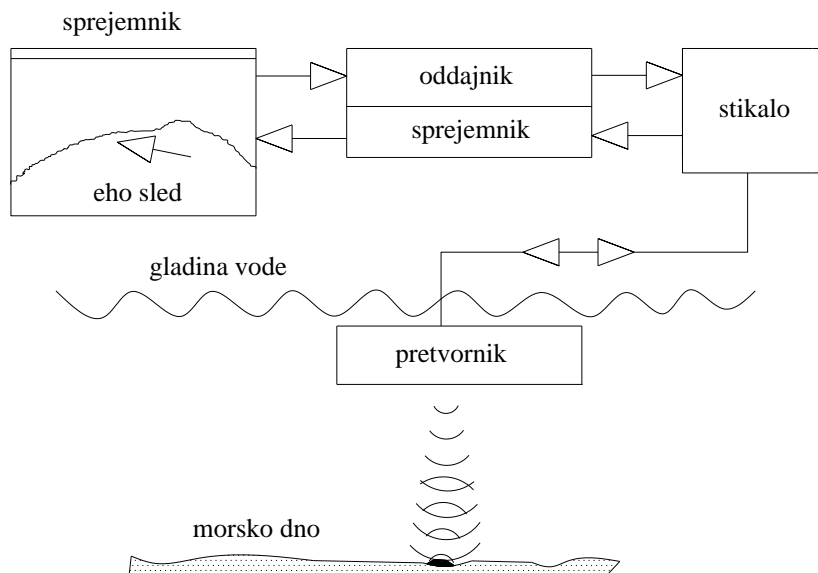
Ultrazvočni globinomer deluje tako, da meri in beleži čas, ki ga zvočni impulz potrebuje za potovanje poti od oddajnika skozi vodo do morskega dna, kjer se odbije, in nazaj do sprejemnika. Hitrost zvoka je odvisna od gostote vode, na katero vplivajo temperatura, slanost ter tlak. Ker tlak najmanj vpliva na gostoto vode, ga pri merjenju globine izpustimo, upoštevamo samo slanost in temperaturo. Globino izračunamo po enačbi (5):

Enačba 5:

—

..... hitrost zvoka v vodi
merjen čas
dvakratno potovanje impulza skozi vodo

Sestavljen je iz:



Slika 22: Shema glavnih komponent ultrazvočnega globinomera (Pribičević, 2005).

Oddajnik ustvarja impulze, opremljen je s kvarčno uro, ki je namenjena za merjenje intervalov odposlanih ter prejetih zvočnih signalov. Novejši globinomeri imajo 2 frekvenci, ki jih delimo na:

- **Nizko frekvenco:** uporaba le-te je v globoki vodi, kljub temu da signal na veliki oddaljenosti ne izgubi veliko moči, zahteva velike pretvornike;

- **Visoko frekvenco:** razdalja je omejena zaradi hitre izgube jakosti zvoka, pretvorniki so manjši.

Stikalo služi za prekinjanje impulzov. Dolžina impulza se giblje med 0,1 in 50 ms. V plitvih vodah znaša vrednost kratkega impulza 0,2 ms. Odposlan ter prejet je pred naslednjim poslanim impulzom. V globokih vodah pa se impulzi različnih dolžin, med 1 in 40 ms, generirajo ter nahajajo v vodi v katerem koli trenutku. Različna dolžina impulza nam služi pri prekrivanju izgube zaradi pešanja signala (Pribičević, 2005).

Pretvornik pošilja v vodo signale ter pretvarja električno energijo v zvočno. Nameščen je na ladijskem trupu, kjer ne ovira delovanja plovila. Ob obalnih plovbah zahtevajo stransko nameščeno konstrukcijo, ker niso na voljo vratne zapornice. V tem primeru je potrebno zaradi globine upoštevati vleko pretvornika. V plitvih vodah mora biti pretvornik nameščen na najvišjo točko plovila. Namestitev pretvornika na sprednji del ladje ali ob strani zmanjša normalno delovanje. Ob namestitvi na sprednji del ladje je plovilo nemogoče uporabiti za napornejše naloge, v kolikor je nameščen ob strani, pa je plovilo mogoče zasidrati le z ene strani.

Pogoji za najugodnejšo namestitev pretvornika so:

- optimalna namestitev pretvornika je nekje na tretjini oz. polovici dolžine plovila,
- inštaliran mora biti čim bližje centralni liniji (efekt zibanja je tako minimaliziran),
- ne sme ga ovirati ladijski trup,
- pozicija pretvornika mora biti čim bolj natančno določena,
- nameščen mora biti čim bolj stran od virov hrupa (propeler, motor, zračenje).

Funkcije pretvornika so naslednje:

- v vodo pošilja zvočni signal,
- sprejme odbit signal,
- zvočni signal pretvarja v električnega,
- električno energijo pretvarja v zvočno.

Električni impulzi, ki prihajajo iz oddajnika, povzročajo vibriranje membrane pretvornika, ki pri stiku z vodo ustvarja zvočne valove. Poznamo tri vrste oddajnikov:

- **Magnetni oddajnik** deluje na principu magnetnega polja, na podlagi katerega menja dolžino. Oblika snopa zvočnega signala se oblikuje z vrsto elementov določenih modelov.
- **Piezoelektrični oddajnik** deluje na principu piezoelektričnega efekta, za katerega so značilni kristali (silicijev oksid, barijev titanat, ...). Kristal je vstavljen med dve kovinski ploščici. Zaradi zunanjih pritiskov ima na eni strani pozitivno, na drugi strani pa negativno napetost. Ko na kristal privedemo izmenično napetost, začne spreminjati svojo dimenzijo v ritmu frekvence dovedene napetosti.
- **Električni oddajnik** deluje tako, da keramika menja dolžino takrat, ko se vzpostavi električno polje. Oblika keramike ni določena.

Sprejemnik povečuje povratni signal, katerega pošlje kontrolni postaji. Snop, ki ga sprejemnik prejme, mora biti tako širok, da prilagodi Dopplerjev efekt, v kolikor pretvornik ni vertikalni (Pribičević, 2005).

6.2 NAPRAVE

6.2.1 GLOBINOMERI

6.2.1.1 Enosnopni globinomeri

Sistemi merjenja z ultrazvočnimi globinomeri temeljijo predvsem na merjenju časa, ki ga signal porabi, da prepotuje razdaljo od oddajnika skozi vodo do morskega dna in nazaj. Vrednost širine enosnopnega globinomera znaša 30° . Do sredine 80-ega leta so se uporabljali ozkosnopni globinomeri, ki so zahtevali elektronsko stabilizacijo oddajnika zaradi redukcije zibanja ladje. Uporaba ozkosnopnih globinomerov je namenjena za:

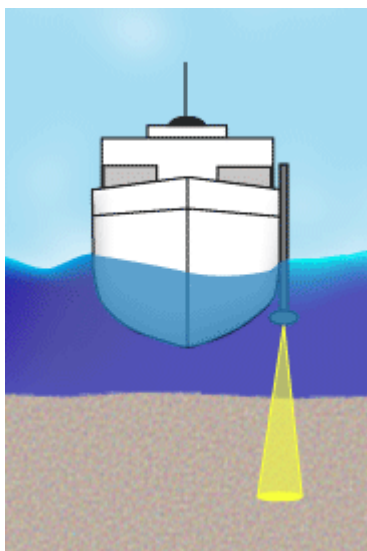
- navpično merjenje globine izpod ladje,
- povečanje kakovosti podatkov o točnosti in resoluciji.

Pri izvedbi ozkega snopa potrebujemo večje oddajnike kot pri širokem snopu. Sama oprema je zelo draga. Rezultati ozkosnopnih globinomerov nam ne dajo podatkov o topografiji s strani ladje, ampak samo o topografiji izpod ladje.

Dva primera značilnih enosnopnih globinomerov:

- Frekvenca od 12 KHz, valovna dolžina = 0,125 m, širina snopa = $2\theta = 2^\circ$
- Frekvenca od 120 KHz, valovna dolžina = 0,0125 m, širina snopa = $2\theta = 2^\circ$

V globini do 100 m lahko doseže natančnost 0,1 m (Pribičević, 2005).

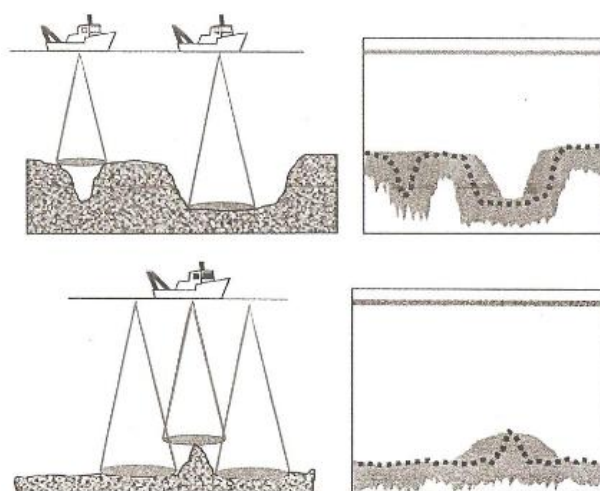


Slika 23: Prikaz pokritosti območja z enosnopnim globinomerom (www.csc.noaa.gov).

6.2.1.1.1 Resolucija globinomera

Resolucija globinomera pokaže sposobnost razločevanja dveh bližnjih točk morskega dna. Poznamo horizontalno ter vertikalno resolucijo.

- **Horizontalna resolucija** je povezana s širino kotnega snopa. Da globinomer lažje razlikuje točki morskega dna, mora biti razdalja med njima najmanj za širino snopa glede na globino izvajanja meritve. Z večanjem globine se resolucija slabša. V primeru da ti dve točki nista dovolj narazen, pride do napak pri merjenju morskega dna (slika 13). Globinomer pri merjenju zajame točki, ki sta blizu skupaj, med njima poveže linijo, morskega dna pa ne izmeri. Kadar je dno širše od širine snopa, nam globinomer ne daje točnih podatkov, saj zaradi širine ne more zajeti robov, ampak jih določi sam. Kadar se na morskem dnu pojavi izboklina, se snop odbije od najvišje točke morskega dna ne glede na njeno obliko, kar prikaže nepravilno obliko dna (Pribičević, 2005).



Slika 24: Prikaz meritev in rezultatov pri merjenju razgibanega morskega dna (Pribičević, 2005).

- **Vertikalna resolucija** je povezana s trajanjem pulza. Razločevanje pulza je omejeno, saj je nemogoče, da bi globinomer oddajal zelo kratke valove. Minimalno razločevanje predstavlja vrednost polovice dolžine oddanega snopa. V primeru da sta dve točki med seboj oddaljeni manj kot polovico dolžine oddanega pulza, ju bo globinomer zaznal kot eno točko, v kolikor pa bosta točki oddaljeni za več kot pol dolžine, bo posnel dve ločeni točki (Krajnc, 2005).

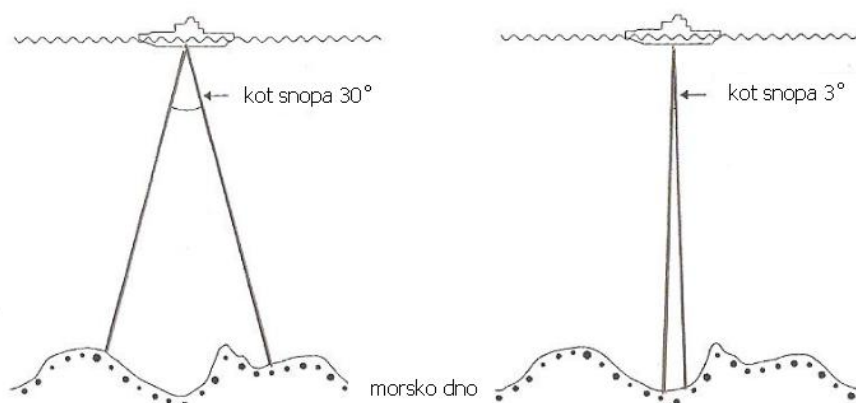
Enosnopni globinomer torej zaradi svoje specifike ne pokaže natančne slike morskega dna. Natančnost je odvisna od širine snopa (večja je frekvenca, ožja je širina snopa), globine vode in kota nagiba.

6.2.1.1.2 Širina merskega snopa

Naloga globinomera je, da pošlje signal, ki se odbije od dna ter vrne nazaj do pretvornika. Vsak globinomer ima določeno širino snopa. Beleži prve signale, ki so prepotovali najkrajšo razdaljo. Najkrajši signali so najhitreje vrnjeni signali, kar pa ne zagotavlja vertikalno izmerjene razdalje. Na to vpliva več dejavnikov, kot so: širina snopa, globina vode ter nagib morskega dna. Poznamo ozkosnopne in širokosnopne globinomere.

Ozkosnopni so namenjeni predvsem merjenju globin pod čolnom. Pri teh snopih ni vpliva napak nagnjenosti morskega dna. Zagotavljajo podatke višje resolucije. Zanje je značilno, da so bolj točni od širokosnopnih globinomerov. Pri tovrstnih meritvah je potrebna redukcija

nagiba čolna, ki se jo opravi z uporabo senzorjev, ki zaznavajo nagibe. Imajo pa tudi slabosti, saj morajo imeti večje oddajnike, kar metodo zelo podraži, opravljene meritve pa zajemajo zelo ozka območja.



Slika 25: Prikaz širokosnopenega in ozkosnopenega globinomera (Pribičević, 2005).

Pri snemanju je pulz usmerjen proti objektu, kar poveča moč ter zagotovi točno razdaljo do objekta na morskem dnu. Struktura snopa, poslanega s sonde, mora zagotavljati vrnjen odgovor, ki ga imenujemo signal. Nadzor strukture je zelo pomemben pri osredotočenju v določeno smer, oviranju povratnih signalov ter redukciji šuma.

Točkasti izvor razporeja energijo na vse smeri. Pri sondah, ki jih uporabljajo za hidrografske izmere, se energija osredotoči na vzdolž osi, navpično na merjeno morsko površino. Sonde so oblikovane tako, da ustvarjajo snope zvočne energije v različnih oblikah. Te so odvisne od velikosti ter oblike sond (Pribičević, 2005). Pri krožnih sondah snop energije predstavlja obliko stožca. Druge sonde imajo svoj pulzni vzorec.

6.2.1.1.3 Kalibracija

Merjenje kota snopa in kota nagiba

Pod zelo natančnimi pogoji, ki zahtevajo visoko kakovost predpisanih podatkov, se lahko opravi preverjanje kota snopa ter kota nagiba na podlagi pretvornika.

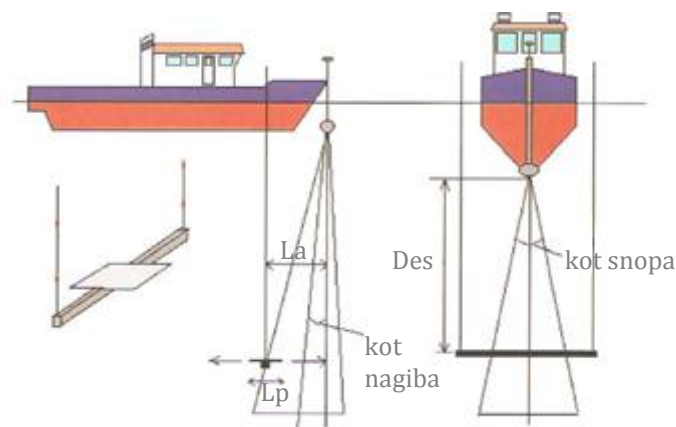
Postopek kalibriranja je sledeč:

- palica (z ali brez tablice), ki jo bomo uporabili, je pravokotne oblike, na obeh koncih pa ima visečo žico s črtno označbo;
- potrebno je izmeriti širino palice (L_p);
- označimo položaj globinmera vzdolž prehoda na plovilu;
- palico obesimo na določeno globino (D_{es}), pod pretvornik (običajno je to 4 m pod pretvornikom);
- palico je potrebno premakniti na dno sprednjega dela plovila ter označiti točko, kjer palica izgine s sledi globinmera;
- sledi izračun po formuli (6,7):

Enačba 6:

Enačba 7:

- sledi ponovitev kalibracije v plitvi vodi, s čimer se določi efekt stranske lopute.



Slika 26: Kalibracija snopa koda (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Ta postopek se izvaja samo v mirnih brezvetrnih področjih.

Hitrost zvoka

Za izračun globine morskega ali rečnega dna sta pomembna dva parametra, čas in hitrost zvoka v vodi. V kolikor se meritve opravljajo na morju, na hitrost zvoka vplivajo trije dejavniki: temperatura, tlak in slanost. Prav zaradi teh dejavnikov je potrebna kalibracija zvoka.

Postopek kalibracije je sledeč:

- v prvem koraku bomo uporabili kovinsko ploščo, ki jo z obeh strani obdaja viseča žica s črtno razdelbo;
- kovinsko ploščo obesimo 2 m pod sondo;
- v sistem je potrebno vnesti globino, na kateri je potopljena sonda;
- kovinsko ploščo premikamo toliko časa, da izmerimo globino 2 m;
- v naslednjem koraku kovinsko ploščo spustimo za 20 m ali več;
- nastavimo hitrost zvoka;
- postopek spreminjanja hitrosti zvoka ponavljamo toliko časa, dokler ni zmerjena globina enaka globini potopljene plošče (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Oba postopka meritev ponovimo tolikokrat, dokler se podana in izmerjena globina ne ujemata. Ko to dosežemo, je globinomer nared za opravljanje meritev med 2 m ter največjo pričakovano globino. Predvidevamo, da širjenje zvoka skozi vodo poteka konstantno hitro.

Pri izvajanju kalibracije se lahko pojavijo napake, na katere lahko vplivajo sledeči dejavniki:

- vodni tokovi in valovi povzročajo premikanje plošče,
- nastavljanje spremembe hitrosti zvoka izven časa opravljanja meritev.

Hitrost zvoka lahko za kontrolo izračunamo ter jo primerjamo s hitrostjo, ki smo jo pridobili s kalibracijo (Krajnc, 2005). Wilsonova enačba (8) za izračun hitrosti zvoka:

Enačba 8:

6.2.1.2 Večsnopni globinomeri ali multibeam sistem

Uporaba večsnopnih globinomerov je namenjena boljšemu pokritju dna ter povečanju produktivnosti. Resolucija ozkosnopnega senzorja je enaka enosnopnemu globinomeru. Točnost merjenja je enaka enosnopnim globinomerom, katerim se točnost manjša s povečanjem vpadnega kota.

Večsnopne globinomere delimo na:

- **Swath sistem,**
- **Sweep sistem.**

6.2.1.2.1 Swath sistem

Možnost bolj detajlne izmere, ki bi nudila najboljšo pokritost zajema morskega dna, je uresničil Swath sistem. Začetki segajo v leto 70 prejšnjega stoletja. Swath sistemi služijo točnemu merjenju določenega območja v globokih vodah, kot so geološka kartiranja, razna znanstvena raziskovanja in meritve pri postavljanju kablov.

Večpasovni globinomeri za plitve vode so se razvili v 90. letih. Uporabljali so se na območjih, ki zahtevajo 100-odstotno pokritost, kot so luke in kanali.

Z letom 1998, ko so se pojavili strogo določeni IHO standardi, se je povečalo število meritev z večsnopnimi globinomeri. Meritve so se izvajale v plitvih vodah (Pribičević, 2005).



Slika 27: Prikaz pokritosti območja s Swath sistemom (www.simrad.com).

Swath sistem ima širok snop, ki se lahko uporablja kot bočni sonar. Uporaba večpasovnih globinomerov je namenjena za merjenje več globin. Značilnosti so sledeče:

- frekvenca je običajno 12–500 kHz,
- širina znaša 90° – 180° (natančnost se z večjo širino zmanjša),
- širina žarka je $0,5^{\circ}$ – 3° ,
- resolucija je odvisna od globine, najboljša je med 1 in 15 cm.

Uporablja se pri skoraj vseh hidrografskih raziskovanjih, vsaka metoda pa le-te uporabi z različnim namenom:

- čiščenje vodnega dna: uporaben za kontrolo pri gradbenih projektih in pri projektih, kjer je potrebna visoka resolucija s 100-odstotnim pokrivanjem;
- oddaljenost z obale: uporaben za pregled cevovoda, pri projektih s cevmi, pregled konstrukcij z ROV (Remotely Operated Vehicle);
- pred-označen pregled združen s smerjo cevovodov in kablov: običajno je načrtovana izvedljiva smer na podlagi površinskega žarka;
- skiciranje: se uporabi na področjih, kjer je potrebno 100-odstotno pokrivanje dna. To je zahtevano od IHO organizacije za pristanišča, plovne kanale in plitva področja z visoko težo prometa. Veliko vladnih organizacij, kot so NOAA (National Oceanic and

Atmospheric Administration - USA), USACE (USA), NPD (Norveška), opravlja skicirne projekte na morju;

- uporaba: pregledovanje jezov, jarkov in pristanišč (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Večsnopni globinomeri se ponavadi uporabljajo za ustvarjanje digitalnih modelov z zelo visoko natančnostjo. Da se doseže natančnost, navedena s strani proizvajalca, je potrebno izpolniti več pogojev:

- Globinomer mora biti natančno nameščen s horizontalno in vertikalno osjo merilne platforme.
- Nameščen mora biti čim dalj stran od predmeta, ki povzroča hrup.
- Imeti mora prosto vidno polje, ne sme biti oviran s strani ladijskega trupa merilne platforme.
- Položaj globinomera mora biti definiran čim bolj natančno.
- Čeprav je namestitev običajno odvisna od tipa raziskave, je potrebno upoštevati, da mora biti globinomer v primeru delovanja v plitkih vodah nameščen bodisi na najvišjo točko plovila bodisi mora imeti možnost, da se ga potegne na najvišjo točko plovila.

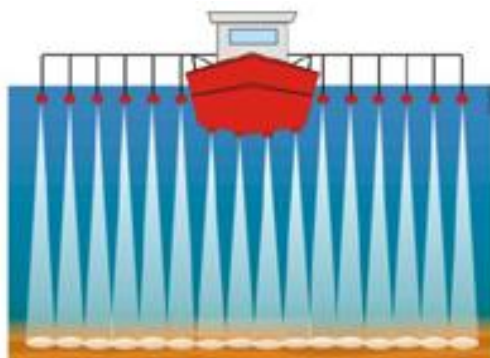
Ti globinomeri se lahko postavljajo na več načinov, kot so kobilica, s strani plovila ali na podvodna vozila, ki imajo možnost daljinskega upravljanja. Postavljeni so lahko trajno ali začasno. Ko je oprema kalibrirana, jo pri predstavitvi na drugo plovilo ne potrebujemo ponovno kalibrirati. Plovilo mora biti tako veliko, da drži oddajnike, ki so za globoke vode veliki tudi do 5 m. Pri merjenju v plitvih vodah pa so ti manjši, tako da jih lahko postavimo tudi na čoln. Swath večpasovni globinomer deluje tako, da pošlje zvočni impulz do morskega dna, od koder se odbije, oddajnik pa sprejme povratni signal. Vsak snop ima dvojni čas potovanja, merjene poševne razdalje in merjeni kot. Razdaljo določimo glede na čas potovanja ter jakosti povratnega signala. Rezultat teh meritev so široki posnetki. Oddajnik deli širok posnetek na več manjših. Širina posnetka se giblje od 1° do n° , odvisna pa je tudi od sestave. S tem načinom merjenja dobimo veliko število merjenih globin, saj za vsak odposlan impulz dobimo podatek. Velika prednost te metode je predvsem v tem, da dosežemo 100-odstotno pokritost območja snemanja, kar je še kako pomembno pri izvajanju meritev v kanalih in lukah. Od globine vode pa je odvisna pokritost v globokih vodah, saj je ta širša in

večja. Ne smemo pozabiti tudi na napako, saj je ta pri izmerjeni globini z velikim Swath kotom večja kakor pri majhnem kotu, zaradi zavijanja plovila ter refrakcije zvočnih valov. Te se pojavijo zaradi odnašanja plovila iz določene smeri. Da bi zmanjšali napake pri merjenju globin, avtomatsko reducirajo kot Swath s povečanjem globine. Parametri, kot so odnašanje plovila, zibanje, vzpenjanje in vertikalno gibanje, morajo biti poznani v realnem času. Za sisteme z visokimi tehničnimi karakteristikami morajo biti parametri zibanja od $0,05^\circ$, vzpenjanja $3'$, pri parametru vertikalnega gibanja plovila pa zahtevana natančnost znaša 5–10 cm. Tako nam GPS sistem daje komponente zibanja in vzpenjanja za določeno natančnost (Pribišević, 2005).

V primerjavi s Sweep sistemom je bolj kompakten, zagotavlja zelo dobro pokritost v plitkih vodah.

6.2.1.2.2 Sweep sistem

Sweep sistem sestavlja večje število enosnopnih globinomerov, nameščenih na liniji, ki je postavljena pravokotno na smer gibanja. Največje število sond v tem sistemu je 32. V kolikor pa je mogoče, je ena ali več sond vgrajenih v dno čolna. Sistem je posebej izdelan za uporabo v kanalih, rekah in drugih plitvih vodah. Dosega 100-odstotno pokritje posnetega dna. Pokritost območja je odvisna od medsebojnega razmaka sond ter same globine vode. Za ta sistem je značilno tudi to, da ustreza IHO standardom, ki zahtevajo 100-odstotno pokritost, točnost ter resolucijo.



Slika 28: Prikaz pokritosti območja s Sweep sistemom (www.zework.co.uk/easweep.htm)

Uporaba:

- odkrivanje naplavin ter drugih nevarnosti za plovbo v pristaniščih, rekah in kanalih;

- spremljanje varne globine plovnih poti;
- spremljanje izkopavanja ali podvodnih dejavnosti (gradbeništvo).

6.2.2 SONAR

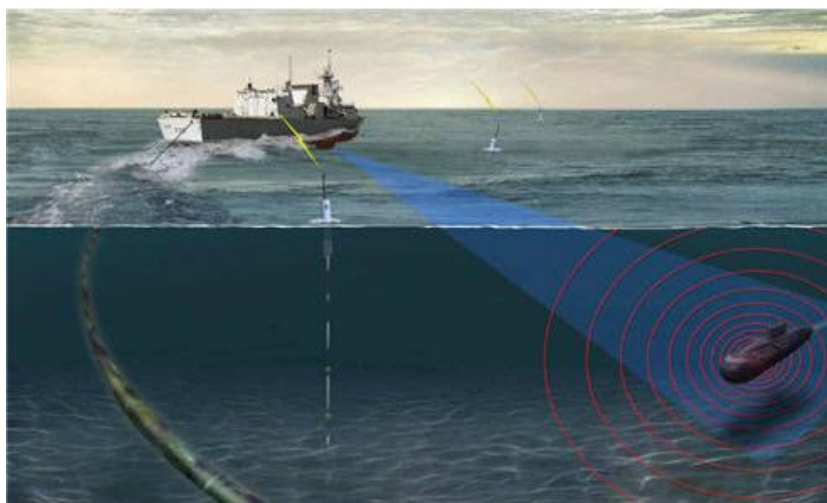
6.2.2.1 Bočni sonar

Sonar je naprava, s katero pridobimo akustične slike morskega dna, t. i. sonogram. Te slike nam dajo relativne višine ter višinske razlike med objekti, ki se nahajajo na morskem dnu. Ne dajo pa nam absolutnih višin objektov. Bočni sonar uporablja oddajnik, ki je postavljen poševno glede na os plovila. Uporablja se za raziskovanje morskega dna v nevarnih plitvih vodah, snemanje dna luk ter kanalov, s katerimi odkrivajo ovire med merilnimi linijami. Meritev opravimo tako, da plovilo, ki vleče sonar, ostane v dovolj globoki vodi, snemanje pa opravi pod poševnim kotom območja morskega dna. V kolikor je na morskem dnu pesek, je energija kontrasta zelo majhna. Pri kamnitem dnu pa je ravno nasprotno, saj ima močan kontrast. Slike bočnega sonarja prikazujejo tudi majhne detajle posnetega morskega dna.

Poznamo enojni in dvojni bočni sonar. Enojni ima en oddajnik postavljen na trupu plovila z ene strani, dvojni pa dva oddajnika, ki sta postavljena 10° izpod horizonta, zaradi boljšega horizontalnega pokritja. Snop žarka je pravokoten, širina snopa je 30° . Za te sonarje je značilno, da pri pokrivanju velikih področij odkrivajo nepravilnosti v topografiji dna. Širina pokritja je odvisna od:

- širine snopa v vertikalni ravnini,
- nagiba osi snopa,
- višine oddajnika iznad morskega dna,
- jakosti zvočnega oddajanja.

Pri merjenju globine se pojavljajo napake zaradi dviganja, zibanja ter vertikalnega gibanja plovila. Velik problem na področju snemanja je tudi zvočna refleksija signalov, ki se zaradi širokega zvočnega snopa odbijajo od plovil ter drugih naravnih ali umetnih struktur. V takih primerih bočne sonarje zamenja Swath sistem.



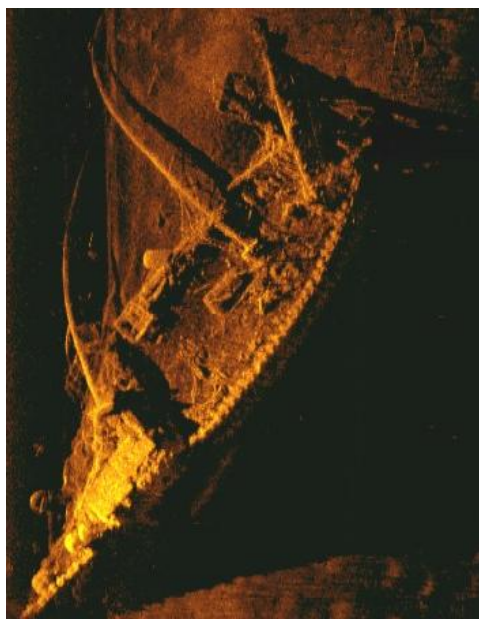
Slika 29: Bočni sonar (www.gdcanada.com).

Resolucija bočnega sonarja je nekaj desetink cm, zaradi česar akustična slika prikaže zelo natančne geološke zgradbe, kot so stene, razpoke, grebeni. V kolikor opravljamo meritev z najsodobnejšim sonarjem, je kakovost sonarnih slik podobna fotografiji.

Prednost bočnih sonarjev je ta, da so lahki, enostavni za transport in namenjeni za snemanje v plitvih vodah z dosegom do cca. 100 m. Enostavna uporaba in kakovost podatkov pa sta pripomogli k temu, da so zelo zaželeni v mnogih raziskovanjih. Pri merjenju v globokih vodah, ko je sonar blizu morskega dna, je potrebna visoka frekvenca, saj nam ta daje zelo dobre rezultate. Zaradi pritiska, ki se pojavi v globokih vodah, morajo biti sonarji narejeni iz odpornih materialov. Imajo električne kable, ki služijo za vleko. Ti kabli so dolgi tudi do nekaj km. Nekateri izdelovalci danes izdelujejo sonarje, ki so opremljeni za določanje položaja. Možno pa je tudi koriščenje nizkih frekvenc, s tem da bočni sonarji niso potopljeni v globoki vodi.

Eden bolj značilnih sonarjev je britanska GLORIA. Ta deluje na frekvenci 6,5 kHz. V ekstremnih primerih zajema območje širine 30–60 km ter dosega resolucijo okoli 60 m.

Bočni sonarji, ki so konstruirani za odslikavanje, temeljijo na interferometrijskih meritvah med dvema postavljenima antenama. Interferometrijski bočni sonar določa smer signala opažene oddaljenosti iz časa potovanja (Pribičević, 2005).



Slika 30: Prikaz potopljene ladje (marinesonic.us).

6.2.2.2 Skenirni sonar

Poznamo dve glavni delitvi skenirnega sonarja:

- horizontalno postavljanje (skenirni sonar),
- vertikalno postavljanje (skenirni prečni prerezovalc).

Horizontalno postavljanje skenirnega sonarja se uporablja za odkrivanje ter izogibanje oviram, prikazovanje pristanišč, odlagališč skal, čistosti dna ter odkrivanje predmetov in razbitin, naplavin, ki so nevarne za plovbo. Krmarjenje ROV daje dodatno možnost, da dobijo sliko okolice, posebno tam, kjer je vidljivost slaba. Sistem se lahko primerja z radarskim, le da se namesto radijskih uporabljajo zvočni valovi. Skenirni sonar je sestavljen iz:

- sonarne glave s spreminjevalcem,
- procesne enote,
- prikazovalnika.

Sonarna glava je sestavljena iz spreminjevalca, motorja na električni pogon in kontrole pozicije glave. Glava je nameščena na navigacijo ROV. Spreminjevalec ima enako pozicijo kot stranski sonarni spreminjevalec s sledečimi značilnostmi:

- frekvenca znaša 100 kHz–3 MHz,
- horizontalna širina znaša 1–4°,
- vertikalna širina 10–60°,
- obseg 100–200 m.

Stopenjski motor ima mehansko resolucijo od 0,2 do 0,6°. V 10–30" skenira kot 360°. Hitrejša kot je hitrost skeniranja, slabša je resolucija posnetka. Kljub temu da so vse sonarne glave mehanske, imajo nekateri modeli elektronsko skenirno glavo. Slabost počasnega skeniranja se z elektronsko skenirno glavo ne reši.

Procesna enota nadzoruje povratne podatke v sliko, ki se kaže na prikazovalniku. Od same uporabe je odvisno, ali sonar postavimo horizontalno ali vertikalno. V primeru merjenja globine, je bolje izbrati horizontalno namestitev. Ko se sonar namesti vertikalno, je smer pogleda izjemno pomembna, upoštevati je potrebno vse možne ovire. Sonarna glava mora imeti prosto vidno polje. Zaradi relativno velike širine snopa mora biti spreminjevalec dovolj daleč pod trupom plovila. V kolikor pa to ni možno, ni mogoče izmeriti odseka. Sonarna glava mora biti poravnana kar se da natančno z osmi plovila. Če to ni natančno narejeno, se informacije, prenesene z senzorja, ne morejo usmeriti s plovila.

Veritkano postavljanje ali skenirni prečni prerezovalci se pogosto uporablja pri načrtovanju cevovodov ter kablov, še posebej, če so položeni v jarkih. Namestitev je identična skenirnemu sonarju. Pri uporabi prečnega prerezovalca je potrebno poznavanje sledečih nastavitvev:

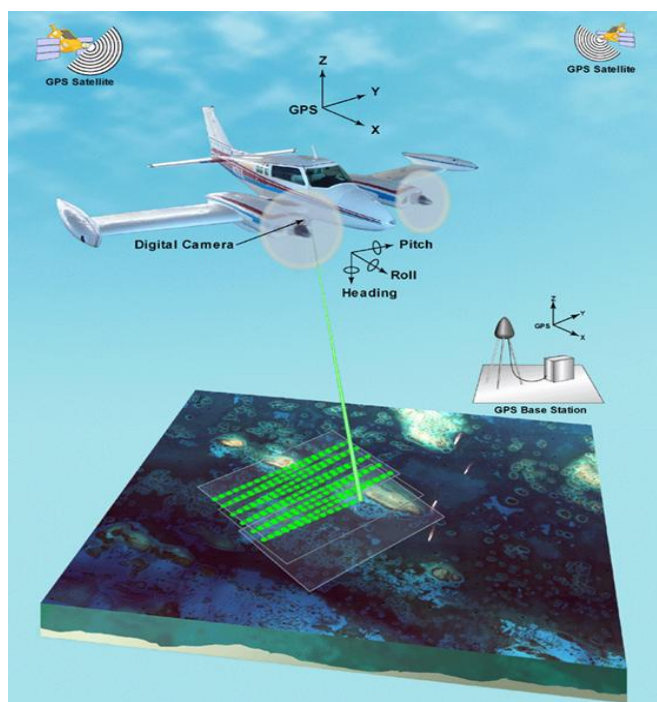
- jačanje: slika se lahko izboljša s spreminjanem jakosti;
- niz: nastavi razdaljo, ki jo bo sonar raziskal;
- hitrost skeniranja: vpliva na stopnjo rotacije sonarne glave;
- velikost odseka: določi kot, ki ga sonar pokriva;
- smer plovbe: določi smer, v katero gleda sonar, z izborom stranskega skeniranja se določi natančna smer, kamor gleda sonar;
- zaslonski način: se uporabi za izbor delovanja skenirnega prečnega prerezovalca. Možno je videti cel krog ali odsek le-tega. Večina prečnih prerezovalcev ima opcijo Side Scan, ki zaklene sonarno glavo v določeno smer. Glava se ne vrti več, kar pomeni visoko stopnjo posodobitve.

Stopnja posodobitve je odvisna od:

- Velikosti odseka: max. je 360° , največkrat uporabljen odsek je ($<180^\circ$). Manjši kot je odsek, višja je stopnja posodobitve.
- Resolucije: npr. $0,9^\circ$, $1,8^\circ$, $3,6^\circ$. pri $0,9^\circ$ je resolucija 400 pixlov na 360° skeniranja.
- Nastavitve niza: daljši je niz, dlje kot signal potuje, da doseže glavo, počasneje se mora glava obračati.
- Hitrosti zvoka.
- Smeri skeniranja: z leve proti desni ali obratno (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

6.2.3 LASERSKE METODE MERJENJA GLOBIN

6.2.3.1 ALB sistem



Slika 31: Letalsko snemanje morskega dna (gulfsci.usgs.gov).

Na svetu je veliko plitvih in globokih območij voda, ki so med seboj pomešane in jih ni mogoče izmeriti s pomočjo čolnov, ladij. Eden takih primerov je Velik morski greben v

Avstraliji. Da se takšno področje lahko označi na karti s pomočjo sonarjev, vodenih z manjših čolnov, je potrebno več let. V takih primerih si pomagamo s sistemom ALB (Airborne Laser Bathymetry), ki za merjenje globin uporablja tehnologijo LIDAR (Light Detection and Ranging). Je ena najbolj obetavnih tehnologij, ki omogoča razpoložljivost podatkov z višine. Za LIDAR je značilno, da uporabi svetlobo namesto zvoka, namesto spreminjevalca pa se vrti ogledalo. LIDAR senzori so lahko nameščeni na letalo ali helikopter. Večinoma se namestijo na helikopterje, ker je namestitev lažja in omogoča večjo natančnost. Namestitev na letalo omogoča daljši raziskovalni čas in poveča raziskovalno učinkovitost. Oddajnik, pritrjen na helikopter, oddaja laserske impulze navpično proti vodi. LIDAR je najpogosteje uporabljen za merjenje višine. To vključuje kartiranje mest, področij okrog linij električne energije ter kartiranje tipa vegetacije. Ravno tako je lahko učinkovit pri oskrbovanju s podatki v območju med kopenskim in batimetrijskim merjenjem, kamor spadajo plaže, jezovi ter raziskovanje plitvin. Omejitev predstavlja globina, do katere LIDAR deluje. Globina je odvisna od prosojnosti vode. V zelo bistrh vodah maksimalna globina lahko doseže 50 m. Natančnost pri merjenju višin je cca. 15 cm, natančnost pri merjenju globine pa krog 30 cm. Kar je še vedno znotraj IHO natančnosti, vendar ne dovolj natančno za konstruktivno delo. Osnovni komponenti LIDAR sistema sta laserski skener in hladilni sistem ter GPS in INS (Inertial Navigation Sistem). Laserski skener je nameščen na letalo in oddaja infrardeče žarke na visoki frekvenci. Skener posname razliko med časom izžarevanja laserskih impulzov ter sprejemanjem odbitih signalov. Ogledalo, ki je nameščeno pred laser, se vrti in povzroča, da se laserski impulzi rahlo odbijejo pod kotom nazaj. Laserski impulz oddaja dva snopa, eden je IR (infrardeč), drugi pa modrozelen. IR predstavlja odboj od vodne površine, valovna dolžina znaša 1064 nm. Modrozeleni pa potuje skozi vodo vse do morskega ali rečnega dna, valovna dolžina znaša 532 nm. Globino vode dobimo iz časovne razlike povratnih signalov, tako površine vode kot morskega dna. Vsako globino je mogoče še dodatno popraviti glede na plimovanje s pomočjo podatkov bližnjega mareografa. Položaj in orientacija letala sta določena z uporabo faznega diferencialnega kinematičnega GPS-a. GPS je nameščen na letalo. Orientacija leta se kontrolira in določa z INS. Dvosmerni potovalni čas laserskih impulzov z letala do tal je merjen in posneti skupaj s položajem in orientacijo leta v času prenosa vsakega impulza. Po letu so vektorji z letala na tla kombinirani s položajem letala v času vsake meritve. Izračunajo se tridimenzionalne koordinate vsake točke na tleh. Sistem lahko funkcionira pri različnih frekvencah in različnih globinah glede na natančnost merjenja.

Z natančnim časovnim usklajevanjem časa dvosmernega potovanja svetlobnih pulzov je možno določiti razdaljo z laserja do tal z natančnostjo 10–25 cm. Podatek dopuščanja hitrosti letenja se giblje od 75 do 250 km/h, višine letenja od 100 do 5000 m, raziskovalni kot do 20°, vrednosti pulzov pa od 2000 do 25000 na sekundo. S hitrim skeniranjem tal od leve proti desni in nazaj vzdolž planirane steze leta se zbere vzorec s pikčastim dviganjem. Laser mora biti dovolj hitro skeniran, da se preprečijo reže vzdolž zunanjih robov letalne steze. Razmik med točkam se giblje med 0,5 in 2,5 m.

Obdelava podatkov po letu kombinira precizne poti letala in informacije o zibanju, guganju in smeri letenja letala. Povezovanje teh podatkov ustvari precizni položaj in vertikalno dviganje za vsak laserski pulz. Vsak pulz je natančno merjen in pozneje razvrščen glede na to, ali gre za tla, vegetacijo, zgradbo, električni vod in drugo. Laser včasih zadene več kot en predmet na svoji poti do zemeljske podlage. Lahko gre skozi vegetacijsko zaveso, se dotakne listov ali vej, preden najde pot do tal. Od sistema je odvisno, ali meri prve, zadnje ali vse podatke. Prvi podatek daje vrh vegetacije, zadnji pa zemeljsko podlago pod njo. Možnost obeh podatkov dovoljuje uporabniku pogled na področje z ali pa brez obstoječe vegetacije in tako ni potrebno dvakrat preleteti območja snemanja.

Področja, na katerih se ta tehnologija najbolj razvija:

- hitro izvajanje meritev, s čimer so zagotovljeni nižji stroški;
- izvajanje meritev na težko dostopnih oz. nedostopnih območjih;
- merjenje plaž in obalnih konstrukcij;
- hitro merjenje na območjih, kjer druge geodetske metode ne pridejo v poštev zaradi varnosti (led);
- hitra ocena škode pri nastanku vremenskih ujm (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Danes se uporabljajo štiri tipi laserskih sistemov: LADS MkII, Larsen 500, SHOALS in Hawk Eye. Vsak ima svojo posebnosti, način pridobivanja globine pa je enak. Vsi navedeni sistemi uporabljajo tehnologijo LIDAR.

7 DOLOČITEV POLOŽAJA POD VODO

7.1 INERCIALNI SISTEMI

Inercialni sistemi so se začeli pojavljati po 2. svetovni vojni. Prvič je bil ta sistem v navigaciji uporabljen leta 1959. Osnovni del sistema je merska enota, sestavljena iz inercialne platforme, povezane s 3 akcelerometri (naprava, namenjena merjenju pospeška pri gibanju vozila v treh smereh: X, Y, Z), 3 žiroskopi, gravimetrom ter računskim programom. Poznamo dve konstrukciji inercialnih sistemov. Prvi predstavlja stalno platformo, ta omogoča stabilnost sistema ter varovanje žiroskopa in akcelerometra pred vplivi gibanja plovila. Drugi, rotacijski, senzorjev ne varuje pred gibanjem plovila, žiroskop pa uporablja za analitičen izračun orientacije. Prednost teh sistemov je, da so samostojni, zelo natančni ter neodvisni od vremenskih razmer. Inercialni sistemi so zelo dragi, v primeru uporabe pa zelo ekonomični. Danes te sisteme uporabljajo skupaj z GPS-om, pri čemer je potrebno izvesti medsebojno sinhronizacijo ter interpolacijo obeh metod. Pomembno je, da se meritve izvajajo v enem definiranem koordinatnem sistemu s tremi osmi. Glavni cilj obeh je, določiti referenčni položaj (GPS) ter orientacijo (inercialnega sistema). Natančnost, ki jo dosežemo s to metodo izmere, je dm, kar zadostuje navigaciji na morju (Pribičević, 2005).

7.2 ELEKTROMAGNETNE METODE

Metode, s katerimi se izvajajo meritve plitvih voda danes, so mnogo hitrejše in cenejše v primerjavi z konvencionalnimi metodami, ki so jih uporabljali včasih. Gre za novejšo tehnologijo EO (Earth Observation), ki omogoča uporabo SAR (Synthetic Aperture Radar) satelitskih podatkov, ki služijo za izdelavo batimetrijskih kart. Z metodami ni mogoče odkrivati objektov na morskem dnu tako kakovostno, kakor to opravijo večsnopni globinomeri. Ker karte niso narejene po IHO standardu, jih ne uporabljajo za zanesljivo navigacijo, temveč za planiranje, nadziranje, obalni management in inženirska dela pri polaganju kablov ter cevovodov. Izdelava kart je hitra in poceni. Vendar pa EO tehnike ne morejo popolnoma zamenjati konvencionalnih metod, saj imajo te metode prednost v uporabi z drugimi tehnikami. Arhivirani SAR podatki so dostopni uporabnikom po celem svetu po

nizki ceni. Arhiv uporabnikom ponuja posnetke podmorske topografije. Satelitski podatki se uporabljajo na vseh koncih sveta, saj nudijo zelo hiter in cenovno ugoden način kartiranja v plitvih vodah. Povpraševanje pa je vse večje v evropskih državah. Uporabljajo jih za inicialna planiranja pri polaganju kablov ter cevovodov, pri obalni infrastrukturi ter za pripravo meritev zanimivih področij. Obalna področja po svetu se vse pogosteje srečujejo z uničenjem tako živalskih kot rastlinskih vrst ter zastrupljanjem vode. Naloga strokovnjakov je, da s pomočjo batimetrijskih kart izdelajo študije vzdrževanja plaž, obal ter kartirajo obalni izvor surovin (Pribičević, 2005).

7.3 ZVOČNE METODE

Zvočne metode ne omogočajo, da bi radiovalovi prodrli vse do zelo globokega morskega dna. Prav iz tega razloga jih ni mogoče uporabljati za določevanje položaja pod vodo. Te valove nadomestijo podvodni zvočni valovi. Pri določanju položaja zajemajo položaj platforme ter položaj plovila. Dinamično določanje položaja plavajočih platform se uporablja za raziskovanje oceanov in naftnih platform. Danes te platforme uporabljajo na globinah, ki presegajo 200 m. Raziskovanja z njimi potekajo več mesecev ali celo let.

Zvočne metode delimo na:

- sistem dolgih baznih linij (LBL – Long Base Line),
- sistem kratkih baznih linij (SBL – Short Base Line),
- sistem ultra kratkih baznih linij (USBL – Ultra Short Base Line),
- različne kombinacije metod,
- spoji ene ali več navedenih metod z drugimi merskimi sistemi.

V praksi se največ uporabljajo kombinirane metode.

Zvočni sistemi za določitev položaja uporabljajo različne načine podvodnega označevanja.

Načini določitve položaja so:

- oddajnik na plovilu (Transducer),
- oddajnik na dnu (Transponder),
- aktivni signal (Pinger),

- pasivni signal (Responder).

Oddajnik na plovilu je nameščen na trupu plovila ali podvodni platformi. Njegova naloga je pošiljanje signala eni frekvenci, da dobi odgovor z druge.

Oddajnik na dnu je nameščen na morskem dnu ali potopljeni platformi. Deluje skupaj z oddajnikom na plovilu. S tem ko sprejme signal ene frekvence, pošlje odgovor drugi. Postane pasiven do naslednjega vprašalnega signala.

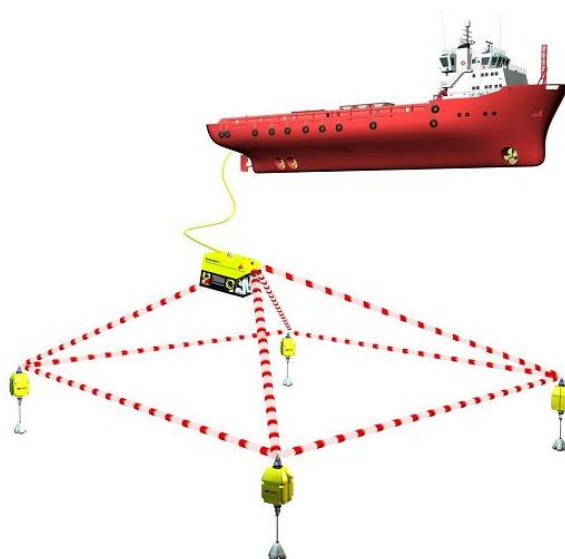
Aktivni signal je najenostavnejši označevalec na morskem dnu ali potopljeni platformi. Njegova naloga je, da v pravilnih razmakih oddaja signal na določeni frekvenci. Ne potrebuje vprašalnega signala.

Pasivni signal je oddajnik, nameščen na morskem dnu ali potopljeni platformi. Ta signal aktivira močan signal zunanje kontrole, ki odpošlje vprašalni signal na plovilo ali hidrofona.

Širjenje zvoka pod vodo motijo različni zvoki iz okolja. Ti moteči zvoki imajo manjšo frekvenco, do 5 kHz. Da bi se izognili motenju signala, mora biti frekvenca, ki se pri tej metodi uporablja, med 7 in 12 kHz. Kakšen pa bo izvor frekvence, je odvisno od dometa, natančnosti, velikosti in stroškov. Vedeti pa je potrebno, da večja kot je frekvenca, krajši je domet, kar zagotavlja večjo natančnost. Natančnost je odvisna od frekvence, izgube pri širjenju zvokov iz okolja ali v samih instrumentih, refrakcije ter refleksije (Robert, 1988). V globoki vodi dosežemo natančnost nekaj metrov. Natančnost je mogoče popraviti na dm, saj imata temperatura in slanost večje vplive na meritve v bolj globokih vodah (Lekkerkerk, Velden, Rodgers, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

7.3.1 Sistem dolgih baznih linij - LBL

Dolgo površinsko podvodno določanje položaja je sistem, ki uporablja svetlobne signale na fiksnih lokacijah morskega dna. Položaj se lahko izračuna z merjenjem razdalj med najmanj tremi svetlobnimi signali. Gre za konstrukcijo, kjer sta potrebni visoka natančnost ter možnost ponovitve v primeru dinamičnega položaja.



Slika 32: Podvodno določanje položaja z LBL sistemom (www.sonardyne.com).

LBL sistem je sestavljen iz dveh delov. Prvi del obsega zvočne svetlobne signale, zasidrane v fiksne lokacije na morskem dnu. Razlike med njimi formirajo "površine", ki jih uporablja sistem. Drugi del vsebuje zvočni spreminjevalec na oddajniku – sprejemniku, ki je običajno začasno nameščen na plovilo. Razdalje med spreminjevalcem in svetlobnimi signali se lahko merijo tako, da se prenašajo hkrati zvočni signali, ki jih zaznava Transponder, in odgovori z zvočnimi signali. Meri se čas, ko se prenese prvi signal in sprejme naslednji odgovor. Tako kot potuje zvok pod vodo z znano hitrostjo, se lahko oceni tudi razdalja med spreminjevalcem in svetlobnim signalom. Proces se ponavlja za preostale svetlobne signale, položaj plovila pa se lahko določi relativno glede na raspored svetlobnih signalov. Navigacijo se lahko doseže z uporabo dveh svetlobnih signalov na dnu morja. V tem primeru pa lahko pride do nejasnosti, na kateri strani je plovilo. Globina in višina spreminjevalca morata biti približno določeni. Prednost LBL razporeditve sta ponovljivost ter relativna natančnost do nekaj cm neodvisno od globine vode. Slabost sistema je, da porabi veliko časa za meritev in kalibracijo.

- Ta sistem ima dva načina delovanja, zaporedno ter simultano. Simultani način se najpogosteje uporablja, kjer imajo Transponderji sprejemnike nastavljene na CIF (Common Interrogation Frequency), pri čemer vsak Transponder odgovori na svojo frekvenco. Oddajnik – sprejemnik te Transponderje simultano sprašuje, vsak Transponder pa odgovarja. Natančnost se lahko izbere glede na specifične zahteve nekega projekta. LBL sistem omogoča rešitev za visoko natančnost določanja položaja

z uporabo mreže kalibriranih Transponderjev (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

LBL sistemi se uporabljajo pri:

- dinamičnem pozicioniranju,
- zvočni metodi prek tuljave,
- določanju položaja cevovoda (za nafto),
- določanju položaja struktur na dnu morja,
- določanju položaja ROV med gradnjo,
- ponovljenem pojavu dvigovanja.

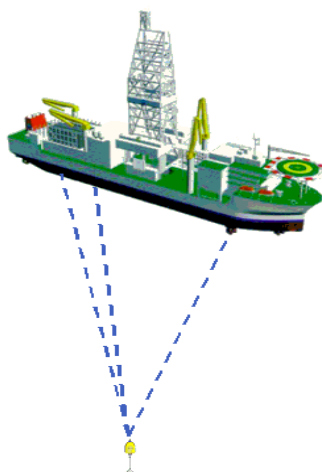
7.3.2 Sistem kratkih baznih linij - SBL

SBL sistem je pričvrščen na plovilo. V obliki trikotnika ali večkotnika je na spodnjem delu plovila nameščenih več spreminjevalcev (najmanj 3, običajno so 4). Razdalje med spreminjevalci so običajno 10 m. Položaj vsakega spreminjevalca je definiran znotraj koordinatnega okvirja, fiksiranega na plovilo. Določen je s konvencionalnimi tehnikami.

SBL sistemi prenašajo z enega, prejemajo pa na vseh spreminjevalcih. Rezultat je meritev ene razdalje in časa. S tem sistemom je koordinatni okvir fiksiran na plovilo, kar je razlog za guganje, zibanje ter vijuganje. To je mogoče odpraviti z uporabo dodatnega orodja, kot je VRU (Vertical Reference Unit, ki služi za merjenje guganja in zibanja, ter girokompasa za merjenje vijuganja. Koordinate svetlobnega signala se matematično transformirajo, s čimer se odstrani rotacijski nagib. Večina teh sistemov kratkih površin so danes zamenjale ultra kratke površine, saj imajo 3 spreminjevalce združene v eno enoto (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).

Sistem se uporablja za:

- določanje položaja plovila,
- določanje položaja, spremljanje platforme ali rib,
- dinamično določanje položaja.

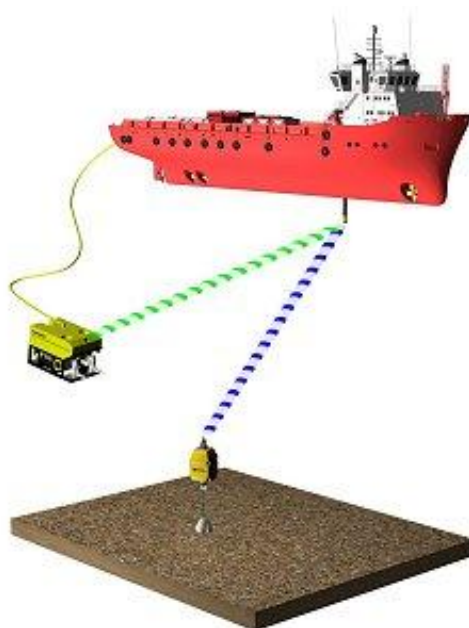


Slika 33: Podvodno določanje položaja s SBL sistemom (commons.wikimedia.org).

7.3.3 Sistem ultra kratkih baznih linij – USBL

Pri USBL sistemu je določanje položaja zelo podobno SBL sistemu, le da so spreminjevalci povezani v en sestav. Razdalje so merjene kot pri SBL sistemu, le da so časovne razdalje tu veliko manjše. Sistemi, ki uporabljajo sinusoidne signale, merijo časovno fazo signala v vsakem elementu. Te časovne fazne razlike so med elementi spreminjevalca izračunane z odbitkom, tako da je sistem enakovreden SBL sistemu. Vpraševalni signal se prenese s plovila, referenčni spreminjevalec do podvodnega Transponderja, ki pošlje signal z odgovorom nazaj do spreminjevalca. V kolikor sta girokompas in površinski navigacijski sistem med ploskvami sistema, je mogoče izračunati severno referenco ter absolutni položaj Transponderja. Nekateri USBL sistemi imajo posebne tehnike krmarjenja svetlobnih signalov, da se zreducira navzkrižje ladijskega trupa in šumenja. Pogosto so spreminjevalci nameščeni kot enote ladijskega trupa, pri čemer je spreminjevalcu dovoljeno, da je nameščen dovolj nizko pod vzdolžnim delom ladje, stran od oksidirane vode. Izbira spreminjevalca je odvisna od zahtev določenega projekta. Sistem se uporablja kot sledilna tarča (npr. ROV). Ker sistem pridobiva podatke iz rangov ter nosilnih meritev, je zelo občutljiv na upogibanje žarkov. Dosežene natančnosti so odvisne od nagnjenosti ranga in varirajo od nekaj centimetrov do nekaj metrov. Sistem se lahko uporablja kot samostojec, lahko pa je združen z navigacijskimi sistemi. Slaba stran je nezmožnost pridobitve nadštevilnih opazovanj drugače kot z večkratnim branjem. Sistemski učinek in natančnost sta zelo odvisna od praktične ureditve

nameščanja kot tudi od operativne izkušnje (Lekkerkerk, Velden, Roders, Haycock, Vries, Jansen, Beemster, 2006).



Slika 34: Podvodno določanje položaja z USBL sistemom (www.sonardyne.com).

7.3.4 Kombinirani sistemi – LSUSBL

LSUSBL je kombinacija USBL, LBL, in SBL načinov. En oddajnik pošlje vprašanje referenčni vrsti, odgovori vseh svetlobnih signalov pa so zbrani na vseh oddajnikih-sprejemnikih. Ena rešitev položaja plovila je ocenjena na podlagi vseh meritev. Ta vsebuje komponente SBL, USBL, in LBL. Območja do vsakega svetlobnega signal so zbrana na vseh oddajnikih-sprejemnikih, s tem pa vodijo SBL komponento do rešitve. Območja, zbrana v tri ali več svetlobnih signalov, določajo LBL rešitev. Smeri so zbrane z enega od oddajnikov-sprejemnikov in uporabljene z območij le-tega, da oskrbijo USBL komponento. LSUSBL uporablja enake pripomočke in se nastavi kot LUSBL, saj uporablja podatke z več oddajnikov-sprejemnikov. Izvajanje meritev s kombiniranimi postopki zagotavljajo pridobitev najboljših rezultatov, saj se z različnimi kombinacijami navedenih metod eliminirajo slabosti vsake posamezne metode .

8 VPLIV MERJENJA GLOBIN

8.1 POPRAVKI PRI MERJENJU GLOBIN

Za merjenje globin je značilno, da morajo biti določene skupaj v vnaprej definiranem geodetskem datumu. Da pridobimo kartirane globine, je potrebno upoštevati popravke, ki so nastali med merjenjem. Ko gre za pridobivanje natančne globine, ne smemo pozabiti na redukcijo vertikalnega gibanja oddajnika. Ta je še kako pomembna v plitvih vodah. Pri "pravilnem" dnu izmerimo profil točno, pri "nepravilnem" (kanali) pa se nihajoče vrednosti meritev ugotavljajo s kotnimi kompenzatorji, ki so del globinomera. Sočasno snemanje vzdolžnega in prečnega profila nam olajša natančno merjenje globine. Ob vsaki seriji opravljenih meritev se izriše kalibracijska krivulja, ki nam daje podatke popravkov. Uporaba le-te je možna na različnih globinah.

Pravo globino dobimo iz:

- opazovanih nekorigiranih globin,
- popravkov inštrumentarija,
- popravkov hitrosti zvoka v vodi,
- popravkov oddajnika:
 - globina mirujočega oddajnika,
 - razlika med gibajočim in mirujočim plovilom,
 - različen položaj v gibanju,
 - popravki plime.

Na hitrost zvoka v morski vodi vplivajo temperatura, slanost ter tlak. Zvok pod vodo potuje tudi do štirikrat hitreje kot v zraku. Hitrost širjenja zvoka se giblje med 1460 in 1560 m/s. Globinomer omogoča meritve od 0°C do 40°C. Za izračun vzamemo najnižjo vrednost pri temperaturi 0°C, ki znaša 1449,2 m/s. Prav zaradi teh vplivov je potrebno globinomere kalibrirati. Korekcijo hitrosti zvoka pri kalibraciji globinomera opravijo na samem mestu merjenja (to je priporočljivo opraviti dvakrat dnevno). Kalibracija je sestavljena iz vzporednosti globine, pridobljene z globinomerom, ter prave globine, ki jo dobimo tako, da

je klene žice s pritrjenimi kovinskimi ploščami spustimo čim bližje dnu. Pri izračunu hitrosti zvoka v morskih vodah moramo biti zelo pozorni na slanost, temperaturo in tlak. V sladkovodnih območjih pa le na temperaturo in tlak.

Enačba po Wilsonu:

- **v morski vodi (9):**

- **v sladki vodi (10):**

–

.....hitrost zvoka v vodi (m/s)

.....temperatura vode (°C)

.....slanost vode (‰)

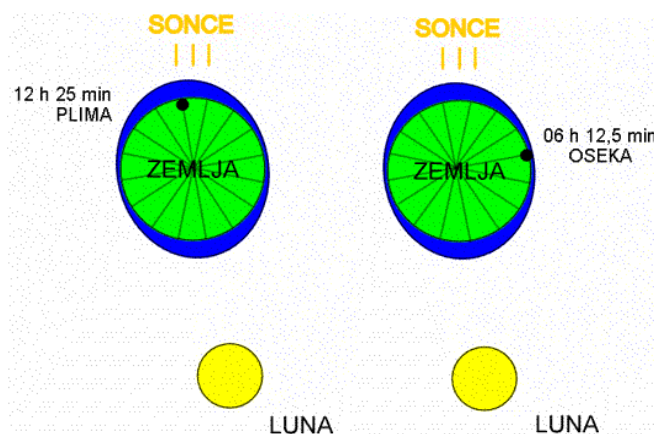
S tem ko se dviguje temperatura morja, se poveča tudi hitrost zvoka. Pri temperaturi do 20°C se z dviganjem temperature za 1°C poveča hitrost zvoka za 3,46 m/s. V primeru gibanja temperature med 20 in 25°C, se z dviganjem temperature za 1°C hitrost zvoka poveča za 2,16 m/s, pri temperaturi nad 25°C pa hitrost zvoka znaša 1,73 m/s. Zvok se lomi in odbija na različno toplih plasteh vode. Najvišja temperatura morja je prav na površju, kjer so spremembe hitrosti zvoka najmanjše. Temperatura in slanost sta odvisni od letnega časa. 90 % vode na svetu ima med 34 in 35 ‰ slanost.

Vrednost globine, ki jo dobimo po korekciji hitrosti zvoka, moramo reducirati zaradi plime. Pridobivanje plimnih korekcij je zelo težavno. Uporaba zanesljivih diagramov, ki so narejeni na mestu opravljenih meritev, omogoča odpravo težav (Pribečević, 2005).

8.2 PLIMOVANJE IN TOKOVI

8.2.3 Plimovanje ali bibavica

Plimovanje je odzivanje trde zemeljske skorje, ozračja in vodovja v težnostnem polju, na katere delujeta privlačni sili Lune in Sonca. Ker pa je odstopanje v zemeljski skorji in ozračju zelo majhno, ga ne upoštevamo. Plimovanje se širi v obliki dolgih valov. Ti valovi povzročajo periodično nihanje morske gladine. Dvigovanje gladine imenujemo plima, upadanje pa oseka. Značilnost obeh pojavov je, da se menjujeta na vsakih 48 ur. Plima in oseka se izmenično ne pojavljata na 6 ur, ampak na 6 ur 12,5 minut. Zamik je posledica Lune na orbiti okrog Zemlje, kar znaša 13° na dan. Skupna zakasnitev celega dneva znaša okoli 50 minut. S tem ko Luna potuje okoli zemlje, povzroči izmenjavo plime in oseke pa vsem svetu. Plimovanje je odvisno od eliptične poti Lune (večja kot je amplituda, bližje bo Zemlji) in Sonca. Čeprav je Sonce precej oddaljeno, ima zaradi velike mase zelo pomembno vlogo pri plimovanju. V času mlaja in ščipa so Sonce, Luna ter Zemlja v isti liniji – govorimo o pojavu visoke plime. Ko pa preide Luna v pravokoten položaj na Zemljo in Sonce, govorimo o nizki oseki.



Slika 35: Vplivi plimovanja (www2.arnes.si).

Na plimovanje vlivata tudi nam najbližja planeta, Mars in Venera. Ker pa je njun učinek zelo majhen, se porazgubi v valovanju morja. Gravitacijska sila Lune povzroča vrtenje Zemlje. Za to silo je značilno, da ni enaka na celi Zemlji. Sila delovanja se povečuje z bližanjem površini, z oddaljenostjo pa se zmanjšuje. Zaradi tega pojava dobimo v enem dnevu dve plimi ter dve oseki. Plimovanje je po svetu različno. Najvišjo razliko plime in oseke imajo na vzhodnem

delu Kanade, kar okrog 14 m. V Kopru je razlika med plimo in oseko okrog 1 m. V Jadranskem morju so te razlike precej manjše. Na južnem delu Jadrana je razlika približno 30 cm, na severnem pa približno 60 cm. Najmanjša razlika plime in oseke je okrog ekvatorja, zaradi nagiba Lunine krožnice (32°).

Ostali dejavniki, ki vplivajo na razliko v višini vode, so:

- konfiguracija obale,
- krajevna globina morja,
- topografija morskega dna,
- veter,
- vreme.

Plimovanje so izkoriščali že v davnih časih. Ob plimi, ko se je nivo vode dvignil, so ladje izplule iz pristanišč in tako plimo izkoristile za plovbo in večja potovanja. Danes izkoriščanje plime skoraj ne pride več v poštev, saj so pristanišča poglobili. Plimovanje izkoriščajo za druge namene, npr. za potrebe elektrarne v Franciji v La Ranceu ob Rokavskem prelivu na polotoku Bretanija. Razlika med plimo in oseko na tem območju znaša več kot 8 m.



Slika 36: Prikaz oseke (sl.wikipedia.org).



Slika 37: Prikaz plime (sl.wikipedia.org).

8.2.1.1 Merjenje plimovanja

Nemogoče je izračunati nivo plimovanja le s pomočjo tabele. Opazovanja s postaj plimovanja so nujna za izračun in preverjanje faktorjev, uporabljenih v tabelah. Najpomembnejša naloga postaj plimovanja pri raziskavi je reduciranje merjenih globin na končni podatek načrta. Redukcija je proces dodajanja/odvzemanja globine v določenem času do/od nivoja plimovanj v tistem času. Da se natančno reducira pregled, so potrebne najmanj tri postaje z merilci plimovanja. V kolikor je nameščena le ena postaja, mora biti nameščena v sredino majhnega področja, da se minimalizirajo napake.

Za določanje srednjega nivoja morja se uporabljajo mareografi, ki so razporejeni na različnih mareografskih postajah in so postavljeni v zidanih hišicah. Pri nas imamo mareograf v Kopru.

Poznamo tri vrste pripomočkov, ki služijo hidrografskim meritvam:

- vodomerna lata,
- mareometer,
- mareograf.

Vodomerna lata

To je najbolj pogost način ročnega odčitavanja plimovanja. Late so včasih izdelovali iz lesa ali kovine, danes pa so narejene iz kakovostne vrste plastike z majhnim razteznostnim koeficientom. Na lati je označena cm razdelba, ki služi lažjemu odčitavanju. Najdemo jih blizu vodnih zapornic, pristanišč ter mostov, skratka na mestih, ki so primerna za odčitavanje z obale. Sama dolžina late je odvisna od območja, na katerem se nahaja. Paziti moramo, da v času nižje vode ne ostane na suhem ter da jo visoka voda ne potopi, saj čitanje potem ni več mogoče. Ne uporablja se za avtomatsko obdelavo podatkov, temveč za hitro preverjanje. Ničla na lati je skladna z lokalnim podatkom načrta.



Slika 38: (Vodomerna lata (www.1meritev.si)).

Značilnost teh merilcev je, da so prisotni v skoraj vseh pristaniščih, mostovih in jezovih. Slabost pa se kaže v neavtomatski registraciji, saj mora biti vedno nekdo prisoten, da lahko odčita podatke.

Odčitavanje gladine morja se izvede na vsakih 15 minut in poteka cel dan. Poleg late je pritrjena prozorna cevka, ki odpravlja napake čitanja, saj razburkano morje onemogoča natančno pridobivanje podatkov.

Mareometer

Mareometer je naprava, sestavljena iz paličice, ki je pritrjena na plovec ter vgrajena v prozorno cev. Paličica ima cm razdelbo. Prozorna cev ima majhno odprtino, kar omogoča pritok vode. Ker je ta cev v vodi, onemogoča morskim valovom vplivati na natančnost čitanja gladine morja. Delovanje tega merilca je lahko ovirano z odpadki, ki blokirajo vstop vode v cev. Uporaben je takrat, kadar potrebujemo bolj natančne podatke, kot jih je mogoče pridobiti z vodomerno lato, saj je sistem zelo zanesljiv in natančen.

Mareograf

Mareograf je inštrument, namenjen zapisovanju morskih men. Način delovanja mareografov je različen. Poznamo mehanske, tlačne, zvočne ter radarske mareografe, ki nam postrežejo z različnimi načini beleženja podatkov: mehničnim, digitalnim ter foto registriranjem.

Mehanski mareografi so bili do nedavnega najbolj razširjeni. Danes pa se vse bolj uporabljajo elektronski mareografi.

Mehanski mareograf

Mehanski mareograf je sestavljen iz bobna, v katerega je vgrajen plovec. Ta se v vertikalni smeri dviguje in spušča (plima, oseka). Jeklena žica prenaša podatke na mehanizem s peresom. Pero označuje gladino morja na papirnat trak. Papir, navit na boben, vrti urni mehanizem. Trak zabeleženih opazovanj je potrebno zamenjati vsakih 7 dni. Po dolžini prikazuje dni in ure, po širini pa na cm natančno izmerjeno gladino vode. Mareografska ničla je določena na najnižjem položaju plovca. Na samem mareografu je ničla na tako nizki horizontalni liniji, da jo pero izpisa nikoli ne doseže, in sicer zaradi varnosti, saj se tako v nobenem primeru ne more zgoditi, da mareograf ne bi registriral vodostaja. Obdelava podatkov je grafična ali avtomatska z računalniškimi programi.

Elektronski mareograf

Zanj je značilno daljinsko in avtomatsko upravljanje pridobljenih podatkov v realnem času. Zabeleženi podatki se preko modema pošljejo v center za obdelavo podatkov. Prednost teh podatkov je, da vsak uporabnik lahko dostopi do podatkov v zelo kratkem času.

Mareograf v Kopru

Sodobna mareografska postaja v Kopru služi določanju srednjega nivoja morja, beleženju temperature in pridobivanju meteoroloških podatkov, kot so: temperatura zraka, zračni tlak, vlažnost in hitrost ter smer vetra. Vzpostavlja neprekinjeno povezavo s permanentne postaje GPS, kar omogoča stalno spremljanje položaja referenčne točke antene GPS-sprejemnika, ki je vgrajen na mareografski postaji.

Podatki mareografske postaje v Kopru: $\varphi = 45^{\circ} 33' N$ $\lambda = 13^{\circ} 44' E$

Čas plimovanja morja je srednjeevropski, zato v poletnem času prištejemo eno uro. Višine morja so prikazane v cm. Predstavljajo odmik od srednjega nivoja morja na mareografski postaji, ki glede na ničlo vodomerne letve znaša 217 cm (primer: pri višini 60 cm znaša

dejanska višina morja na mareografski postaji $217 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 277 \text{ cm}$). Gladina morja na mareografski postaji v Kopru se zvišuje približno 1 mm letno.

Za mareograf so pomembne tri točke:

- **kontaktna točka mareografske postaje:** je višinska točka, na katero je možno navezati mareografska opazovanja;
- **reper mareografske postaje:** je najpomembnejši reper, ki služi kot izhodišče za višinsko navezavo mareografskih opazovanj oziroma predstavlja višinski datum teh opazovanj;
- **referenčna točka GPS antene:** je geodetska točka, ki izpolnjuje zahteve geodetske točke najvišje kakovosti glede stabilnosti, trajnosti dokumentacije z izmerami in dostopnosti.



Slika 39: Mareograf v Kopru

8.2.2 Tokovi

Tokovi predstavljajo vodoravno gibanje morske vode, ki teče v določeni smeri. Lahko so trajni ali začasni. Stalni tokovi se pojavljajo v Atlantskem in Tihem oceanu. Imajo močan vpliv na cel svet. S tem ko prepotujejo več kot tisoč kilometrov, vplivajo na celinska podnebja. Za občasne tokove je značilno, da je njihov vpliv zelo majhen, saj vplivajo le na manjša območja, kamor spadajo obale. Morske tokove delimo na tople ter hladne. Topli potujejo stran od ekvatorja, hladni pa proti ekvatorju.

Tokovi so reakcija oceana ter atmosfere na tok energije tropskih in subtropskih proti subpolarnim in polarnim delom Zemlje. Poznamo več različnih tokov: atlantski, tihooceanski, tokovi Indijskega oceana ter ostali. Tokove povzročajo sile in dejavniki, kot so: veter, temperatura, slanost, vrtenje Zemlje ter valovanje. Smer in jakost morskih tokov sta odvisna od oblike morskega dna.

Tokovi, ki jih povzročajo vetrovi, zelo redko presežejo globino 200 m. Tokovi, na katere vpliva Cariolisova sila (je sila, ki povzroča odklon gibajočih teles), pa so globoki tudi do 1000 m. Opaziti se jih da ob zahodnih obalah. So izjemno hitri ter močni. Eden najhitrejših je tok v Indijskem oceanu, njegova hitrost je 5 vozlov. Pot oceanskih tokov je lahko dolga tudi več 1000 km. Osnovna oblika oceanskega toka predstavlja zaprt sistem krožnega toka. Vsak ocean ima velik krožni sistem. Tokovi na odprtih oceanih se gibljejo s hitrostjo 3–6 km/dan ter segajo v globino od 100 do 200 m. Take tokove imenujemo površinski tokovi. Njihova značilnost je, da na površje prinašajo hranilne anorganske snovi, nižje plasti pa obogatijo s kisikom, ki je še kako pomemben za življenje v oceanih.

Tok vpliva na smer in hitrost plovila. Značilno za smer in tok je, da se lahko zelo hitro spreminjata na različnih mestih (npr. luka). Ker so ti pogosto na manjših območjih, so še kako pomembne majhne napake pri določanju položaja plovila, še bolj pa je pomembno predvidevanje tokov pri zmanjšani vidljivosti. Močne tokove pogosto opazimo v ozkih prehodih, ki združujejo velika vodna območja. Pri rekah se šibki tokovi pojavljajo v sredini ravnih predelov, močni pa v zavutih predelih zunanjih robov. Pojavljajo se tudi protitokovi, na kateri koli strani toka reke, še posebej pa v bližini zalivov. Poleti so tokovi močnejši kot pozimi. Danes meritve morskih tokov uporabljamo v znanstvene namene. Z opravljenimi

meritvami lahko vplivamo na cvetenje morja, saj s tem ko določim morske tokove, pravočasno odpravimo posledice. Poznamo dve metodi merjenja tokov, direktno in indirektno. Indirektna metoda izmerjene parametre (slanost, temperatura) poveže s tokovi.

Direktna metoda je sestavljena iz dveh komponent:

- **preučevanja delčka vode, ki se giblje:**

Meritev se izvede s plovcem na določeni globini, ta pošlje svoj položaj plovilu. Položaj se spremlja z GPS metodo izmere, pri kateri se izračuna tudi hitrost.

- **preučevanja fiksne točke v prostoru in merjenja smeri ter hitrosti vode, ki prehaja skozi točko:**

Pri tej metodi pa se meritve izvedejo z inštrumenti za merjenje tokov. Omogočajo nam izmero smeri ter hitrosti morskih tokov. Kadar je inštrument priključen na plovilo, se merska vrednost odčitava direktno. V primeru da plava samostojno, pa je potrebno podatke zapisovati, po dvigu iz morja pa še natančno odčitati.

Meritev tokov se (hitrosti, smeri) opravlja z ADCP-jem (Acoustic Current Doppler Profiler). Ta deluje po principu Dopplerjevega efekta. Frekvence tega inštrumenta se gibljejo od 75 do 1200 kHz, kar zagotavlja opravljanje meritev do globine 700 m. Z njim je mogoče izvajati meritve iz plovnega plovila, pod pogojem da je poznan vsak trenutek položaja plovila. To zagotovimo z GPS metodo, ki zagotavlja natančnost 1 m.

Morski tokovi dobijo imena po smeri, kamor tečejo. Enota, s katero se merijo, je cm/s. Pomorščaki hitrost označujejo v vozlih. Na kartah so tokovi označeni s puščicami. Če se dve puščici razhajata (divergenca), to pomeni, da se tam voda dviguje. Elementa tokov sta smer in hitrost.

Morske tokove lahko vidimo na morskih in specializiranih kartah ter v atlasih.

8.2.3 Valovi

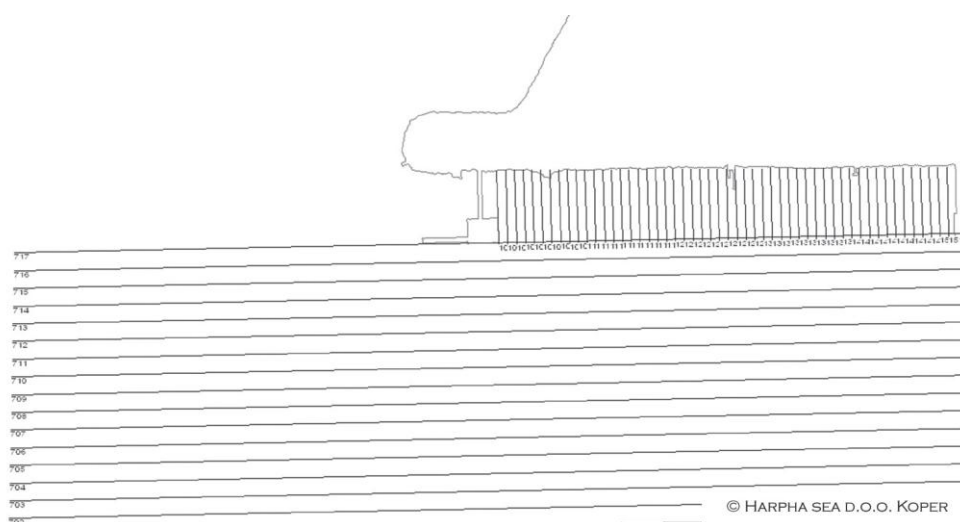
Največji vpliv na nastajanje valov ima veter. Pojavljajo se na površini oceanov, morij, rek, jezer, kanalov, včasih tudi v majhnih mlakužah ter ribnikih. Poznamo več vrst valov – kapilarne, gravitacijske, orkanske – ki jih razporejamo po jakostih od najnižjih do najvišjih. Kapilarni valovi so zelo majhni valovi, visoki le nekaj cm. Gibljejo se s pomočjo šibkega vetra in mu omogočajo, da se boljše oprime vode. Zanje je značilno, da pospešujejo ustvarjanje valov ter morskih tokov. S povečanjem jakosti vetra preidemo na gravitacijske valove. Velikost teh valov je odvisna od hitrosti vetra ter trajanja pihanja v določeno smer. Mešanica velikih in malih valov predstavlja orkanske valove. Vsak val nastaja toliko časa, dokler ga razvija veter določene hitrosti.

Valove pa lahko razporejamo tudi po periodah. Pri kapilarnih valovih ta vrednost znaša 15 s. Val pri potovanju v globokem morju porabi zelo malo energije. Samo potovanje zavisi od tega, na kakšni razdalji od kopnega val nastane. S tem ko val udari ob kopno, razbije vso energijo. Ko se val približuje obali in morje postaja plitvejše, vpliva na to, da se valovna dolžina zmanjšuje. Val se prelomi, energija pa se pretvori v toplotno. Najpomembnejše pa je, da veter in valovi, ki so usmerjeni proti obali, vplivajo na dvigovanje nivoja morja.

9 IZMERA VODNEGA DNA

9.1 PLANIRANJE IN POTEK MERITEV

Kot vsako geodetsko meritev je potrebno tudi hidrografske meritve pred odhodom na teren dobro načrtovati. S tem bomo poskrbeli za zanesljivo izvedbo meritve. Najprej je potrebno izdelati navigacijske linije. Gostota teh je odvisna od samega namena izmere (kot so npr. profili ali 3D modeli morskega dna), globine vode ter uporabljenega inštrumentarija (enosnopni ali večsnopni globinomer). Ugotoviti je potrebno natančnost inštrumenta ter korekcijskih parametrov, saj je pred, pa tudi med meritvami potrebno opraviti kalibracijo. Pred samo izmero moramo določiti, na katerih območjih bo izmera opravljena z večjim plovilom, ter ali bo pri izmeri potreben morda tudi manjši čoln. Opraviti je potrebno tudi testne meritve, saj nam te na kritičnih območjih pokažejo problematična mesta. Z dobro pripravljenim načrtom poskrbimo za usklajeno delovanje celotne ekipe.

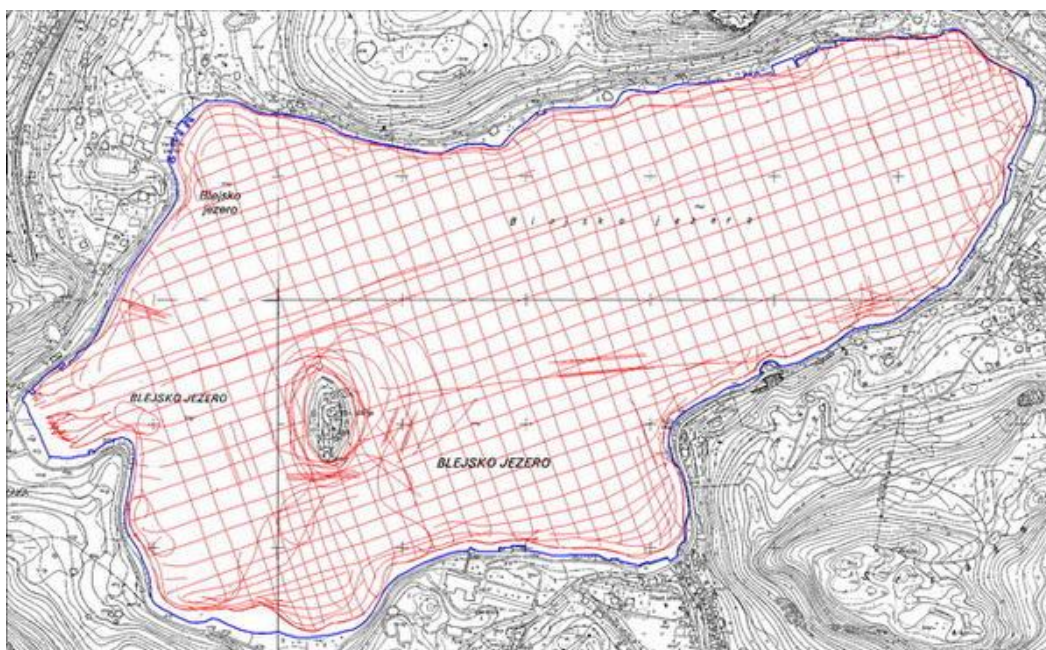


Slika 40: Prikaz itinerarja (Fridl, Kolega, Žerjal, 2008).

Iz obstoječih kart ter opravljenih meritev izvedemo itinerar. Med izmero nam služi za navigacijo plovila. Itinerar nam pokaže potek meritev večjega plovila v globokih vodah ter manjšega, ki bo meritve opravljal v plitvih vodah. Pred samo izmero je potrebno na kopnem določiti položaj inštrumentov, ki bodo izvajali meritve. To so sonar, GPS antena ter žirokompas. Njihov položaj se poljubno določi glede na središče plovila s pomočjo laserskega

geodetskega inštrumenta. Na začetku meritev določimo območje z linijami. Projektne linije vnesemo v program, da nam bodo kazale pot, po kateri naj vozimo. Ko je plovilo v vodi, je potrebno določiti še položaj senzorjev glede na vodno gladino.

Po končanem planiranju sledijo meritve. Na plovilo naložimo vso potrebno opremo, kamor spadajo: GPS, kompas (fiksiran na plovilu), globinomer, računalnik, baterija, akumulator, varnostni jopič, mobilni telefon. Meritve se izvajajo preko računalnika. Pred začetkom meritev je potrebno vnesti hitrost zvoka v vodi ter testirati vso priključeno opremo. Merski postopek se prične s kalibracijo kompasa. Izvajanje meritev se opravlja tako, da plujemo po vodni površini. Začnemo na levi strani vodnega območja z vzporednimi vožnjami gor in dol po območju toliko časa, da meritev končamo oz. da pridemo na desno stran. S tem zajemamo podatke (položaja, globine ter smeri), ki se sproti shranjujejo. V času opravljanja meritev se med zajemanjem podatkov avtomatično opravi večkratna kalibracija. Program nam ves čas meritev prikazuje posneto območje, obarva ga glede na globino merjenega področja. Kako se vsaka celica obarva, pa je odvisno od tega, kako hitro je opravljena meritev ene sonde. Med vožnjo plovila je potrebno upoštevati hitrost vožnje. V primeru prehitre vožnje ta povzroči tresljaj sond, kar vpliva na moteno sprejemanje podatkov (Fridl, Kolega, Žerjal, 2008).



Slika 41: Prikaz izmerjenih linij (www.harphasea.com).

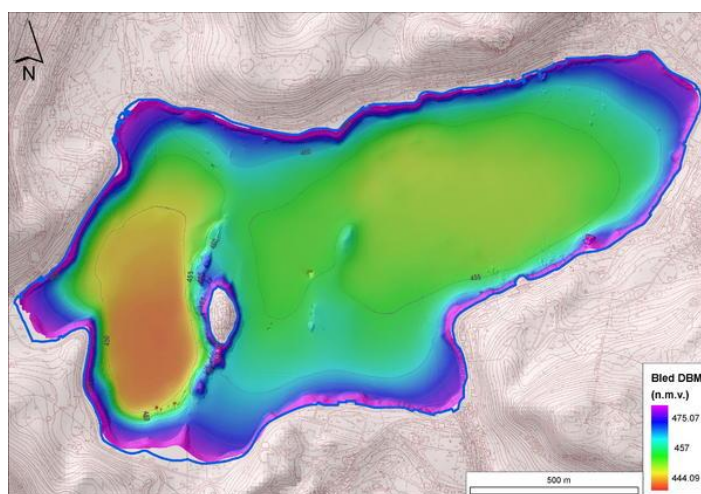
9.2 OBDELAVA MERJENIH PODATKOV

Po opravljeni meritvi sledi obdelava podatkov, ki je sestavljena iz treh faz. V prvi fazi je potrebno pregledati podatke ter odpraviti morebitne grobe napake. Preverimo tudi, če so delovali vsi senzorji ter če vsebujejo podatki prave nadmorske višine. Druga faza predstavlja obdelavo podatkov. Pri obdelavi podatkov, pridobljenih na morju, moramo upoštevati vplive plimovanj. Podatke iz rek ali jezer popravimo za nadmorsko višino terena. Za obdelavo potrebujemo ustrezno programsko opremo. Na voljo so nam različni programi (PDS 2000, HYPACK, QUINCY), ki omogočajo:

- pripravo ter planiranje meritev,
- kalibracijo pred in med izmero,
- sprejemanje in združevanje podatkov,
- filtriranje ter popravljanje meritev,
- podatkovno obdelavo,
- izračun površin in volumnov,
- izdelavo 3D modelov.

V tretji fazi pregledamo dobljene rezultate ter opravimo še zadnje popravke. Po končani obdelavi se podatki shranijo.

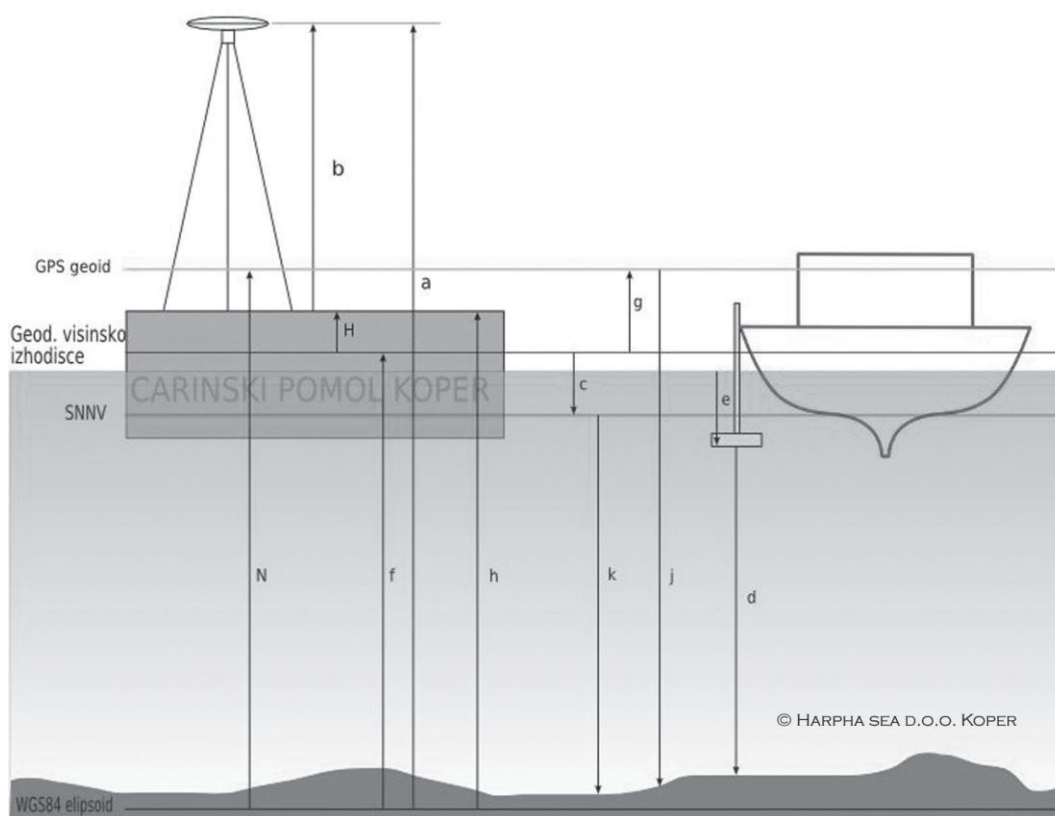
Pridobljene podatke je potrebno prikazati v želeni obliki. Lahko dobimo 3D modele, izris profilov ter izračun volumnov. Cilj hidrografskih meritev je pridobitev hidrografske karte.



Slika 42: Digitalni batimetrični model Blejskega jezera (www.harphasea.com).

9.3 DOLOČITEV HIDROGRAFSKE NIČLE

S pridobljenimi hidrografskimi globinami, katere uporabljamo za prikaz na pomorskih kartah, geodetska ničla ni najboljše izhodišče, saj si brez podatkov najnižjih globin ne moremo predstavljati varne plovbe. Prav iz tega razloga je bolj primerno meriti od gladine morja ob najnižjem vodostaju. Zaradi različnih hidrografskih razmer po celotnem območju Zemlje se nihanja gladin morja gibljejo od nekaj cm do 15 m. Zato vsaka pomorska država določi različno izhodiščno globino, ki jo imenujemo hidrografska ničla. Pri nas hidrografska ničla predstavlja srednji nivo nižjih nizkih vod živih morskih men (Karničnik et. Al, 2006). Nahaja se 0,63 m pod srednjo gladino morja ter 0,48 m pod geodetsko ničlo (Hidrografske meritve slovenskega morja, 2006).



Slika 43: Upoštevani parametri in razdalja med njimi za določanje globin (Fridl, Kolega, Žerjal, 2008).

V Sloveniji merjenje globin izvaja podjetje Harpha Sea, d. o. o. iz Kopra. S tem ko pridobivajo višine morskega dna z RTK metodo izmere, jih tudi periodično kontrolirajo s podatki plimovanj. Meritve podatkov o plimovanju se izvajajo na mareografski postaji v

Kopru na carinskem pomolu. Podatki, zabeleženi na mareografu, se prenesejo na Agencijo Republike Slovenije za okolje, kje so dostopni vsem obiskovalcem njihove spletne strani. Ob izvedbi poskusnih meritev na območjih, ki so bolj oddaljena od mareografa, so dobili manj natančne rezultate. Prav iz tega razloga nivo gladine morja določajo tudi z geoidom. Na žalost pa ta na območju morja ni uradno določen. Zato so ga s sistematičnimi meritvami ter z interpretacijo geoidne ploskve določili sami. Za srednjo gladino morja, katera ne bo ustrezala nivoju geoida, je na mareografu podana vrednost 2,15 m, hidrografska ničla 1,52 m in geodetska ničla 2,00 m (Hidrografske meritve slovenskega morja, 2006).

Z zgornje slike je razvidno delovanje sistema; s tem ko izmeri globino (j), sprti upošteva podatke plimovanje ter vrednosti geoida v določenem trenutku snemanja, ki je usmerjen na točko na carinskem pomolu (Fridl, Kolega, Žerjal, 2008).

Opis slike:

-višina pomola nad elipsoidom WGS84
-elipsoidna višina antene
-višina antene pod pomolom

Enačba 11:

–

-vertikalni datum višinske mreže v Sloveniji
-nivelirana višina pomola
-višinska razlika med sistemoma
-geoidna višina
-višinsko izhodišče ničle
-izmerjena globina
-globina

Enačba 12:

– –

10 UPORABNOST PRIDOBLENIH PODATKOV

Na našem območju se tovrstne meritve opravljajo že kar nekaj časa, kar je posledica pridobitve lepega števila georeferenciranih točk. Te podatke je potrebno naknadno obdelati, odstraniti pogoške, ki se pojavljajo pri meritvah z ultrazvočnimi globinomeri. Meritve povzročajo več odstopanj, kot npr. napačno zaznan odboj, večkratni odboj ter odboj dveh različnih predmetov. Z ustrežno programsko opremo ter s pomočjo izkušenega obdelovalca pridobimo podatke za nadaljnjo uporabo. Strokovnjaki izdelujejo profile, 3D modele morskega dna, elektronske navigacijske in pomorske karte. Podatki so zelo pomembni za ugotavljanje sprememb na morskem dnu, pri poseganju v vodna območja (jezovi, hidroelektrarne, pregrade), spremljanju vodnih tokov, za topografske izmere kakšnih močvirnih območij ter razna odkrivanja arheoloških najdišč, predvsem pa za varno plovbo. Natančno izdelan batimetrični model je zelo pomemben pri načrtovanju morskega dna. Tu se prepleta množica interesov, med katere spadajo naravna in kulturna dediščina, turizem ter gostinstvo.

10.1 BATIMETRIJSKE KARTE

Pomorske karte so eden najpomembnejših virov, namenjenih pomorščakom. Uporabljajo jih kot navigacijske pripomočke pri plovbi. Služijo za raziskovanje zemeljskega površja, morskega dna ter obalne črte. Na kartah so se podatki o globinah morja prvič pojavili v 16. stoletju. Karte so imele poleg podanih globin tudi toponime, s katerimi so poimenovali topografske objekte na morskem dnu. Prva izdaja batimetrijske karte je izšla leta 1905. Karta je bila natisnjena na 24 listih v merilu 1 : 10 000 000. Izdelana je bila v Mercatorjevi projekciji. Globine je prikazovala v metrih. Za izdajo kart je skrbel hidrografski biro. S tem ko je bilo na kartah označeno vse več vsebine, so zagotavljali večjo varnost plovbe.

Na batimetrijskih kartah so podane globine jezer, rek ali morij. Relief vodnega dna je prikazan z izobatami. Izobata je črta, ki povezuje točke z enakimi globinami. Z njimi se relief morskega dna prikaže z globinskimi lestvicami 0, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 in 1000 m. Globinske lestvice so prikazane v različnih odtenkih modre barve. Svetlo modra barva

predstavlja plitke vode, temna pa zelo globoke vode. Karte se uporabljajo za različne oceanske raziskave, ribištvo, geologijo, iskanje nafte ter ladijski promet. Na kartah so prikazani vsi elementi, ki so pomembni za plovbo (svetilniki, skale in plitvine). Batimetrijske karte jezer ter rek uvrščamo k tematskim kartam. Globino in tonsko lestvico določajo glede na merilo ter namen karte (Pribičević, 2005).



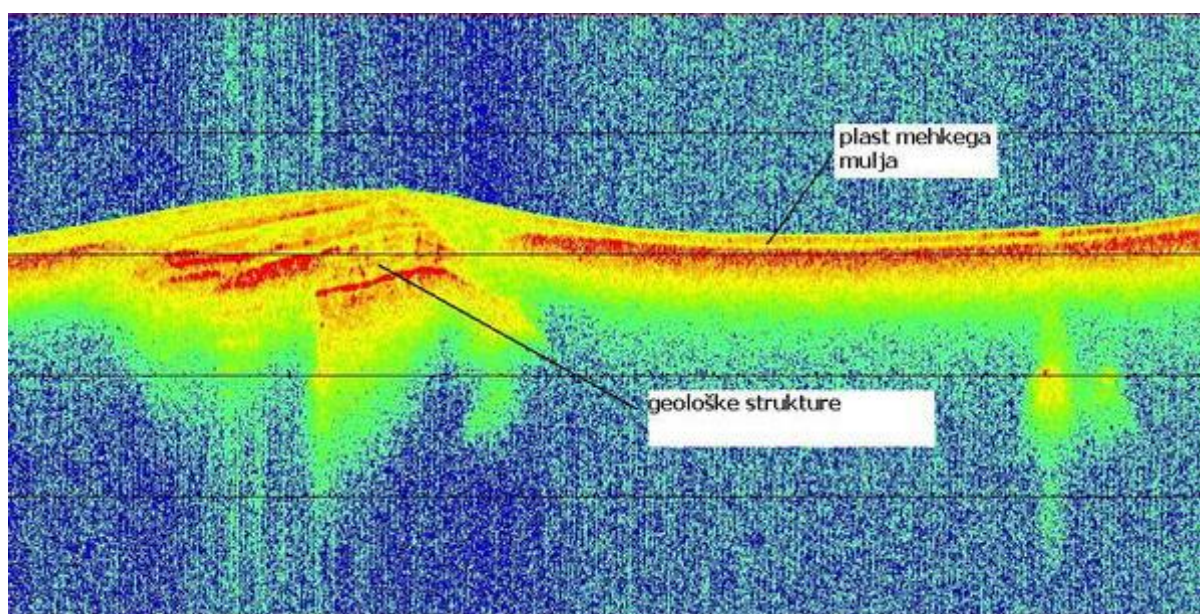
Slika 44: Batimetrijska karta Jadrana (www.geografija.hr).

10.2 SNEMANJE PODVODNIH PLASTI Z DVOFREKVENČNIMI SONDAMI

Pri snemanju podvodnih plasti si pomagamo z dvema sondama, ki imata različni frekvenci. Sonda z višjo frekvenco pošlje signal morskemu dnu, ta se odbije od zaznane ovire ter vrne signal oddajniku. Za sonde z višjo frekvenco je značilno, da zaznavajo samo najvišje sloje in ne prodirajo v morsko dno. Vrednost visokih frekvenc se giblje med 100 in 300 kHz, kar pomeni, da zaznavajo le minimalne spremembe, kot je meja prehoda iz vode v mulj. Sonde z nizko frekvenco oddajajo močne signale, ki prodirajo skozi mulj, vse do trdega terena.

Vrednost nižjih frekvenc znaša med 3 in 15 kHz. Inštrumenti, ki delujejo na nizkih frekvencah, se imenujejo Sub-bottom sonarji. Z njimi raziskovalci ugotavljajo sestavo različnih vrst morskega dna, razlikovanje plasti ter nastajanje dna. Frekvence, katerih vrednost se giblje od 15 do 30 kHz, se uporabljajo za določevanje meje med vodo in kamnom.

Za izvajanje meritev v oceanih se uporabljajo globinomeri, katerih frekvence dosegaajo od 1 do 15 kHz in so namenjeni za globine do 15 km. Z vrednostmi frekvenc od 15 do 50 kHz za globine od 1 do 8 km, frekvence od 100 do 300 kHz pa do globine 1 km.



Slika 45: Prikaz podpovršinskega profila (www.harphasea.com)

Glavna naloga inštrumenta pri merjenju sedimentnih profilov je sprejemanje odbitih signalov med usedlinami. S tem ko plovilo prejme odbiti signal, grafično prikaže vertikalni preseki sedimentnih slojev. Ne glede na smer raziskovanja področja, horizontalno in vertikalno, obstajata dve metodi prikaza preseka:

- raziskava geološke zgradbe morskega dna,
- odkrivanje zakopanih in potopljenih predmetov.

Podatek globine o maksimalnem prodiranju iz ene snovi v drugo je ena najpomembnejših karakteristik pri sedimentnih profilih. Maksimalna globina prodiranja snovi je odvisna od sedimentne absorpcije. V primeru gline je prodiranje od 50 do 200 m. Efekt prehoda

iz ene snovi v drugo je odvisen od frekvence. Če bi želeli povečati učinek, je boljše zmanjšati frekvenco, kakor povečati nivo izvora (Pribičević, 2005).

10.2.1 Plovni kanali

Pristanišča, ki ležijo ob severnem Jadranu, vključno s Koprom, imajo velike težave z globino plovnih kanalov. Ti kanali le na redkih območjih presegajo globino 25 m. Skoraj petina zaliva ima globino okrog 10 m, s približevanjem obali pa so te še plitvejšje. To predstavlja zelo velik problem, saj sodobne tovarne pa tudi potniške ladje ne morejo v pristanišče, ker njihova grez dosega tudi do 18 m. Zaradi zelo povečanega ladijskega prometa so morali v Luki Koper, kjer imajo tri plovne kanale, le-te poglobiti, da bi zagotovili dostop tudi večjim ladjam. S povečanjem vodnega prometa ter manjšimi vodnimi tokovi se ti kanali počasi polnijo z muljem in peskom. S stalnimi opazovanji spremljajo spremembe in dogajanje na morskem dnu. Na vsake toliko časa morajo plovne kanale očistiti vseh usedlin, s čimer zagotovijo varno plovbo.

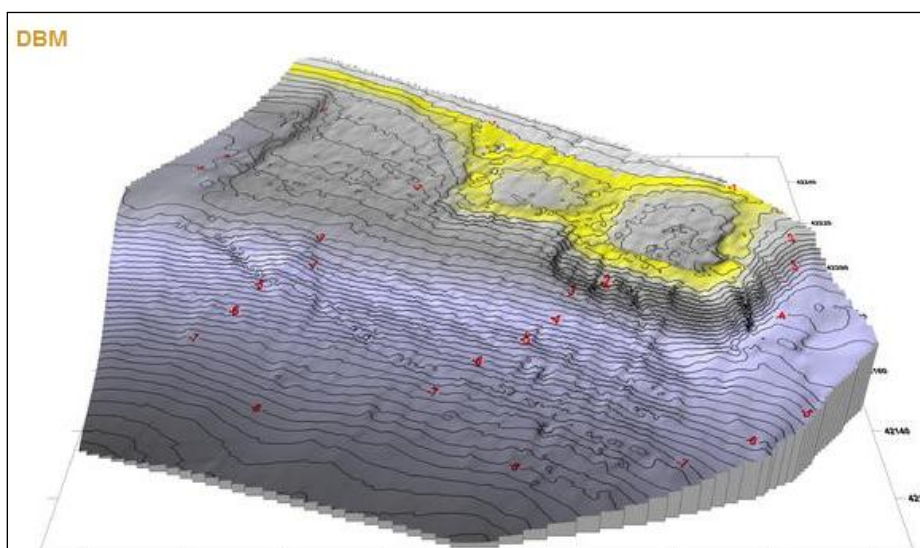
10.2.2 Arheološka najdišča na morskem dnu

Batimetrični model omogoča odkrivanje arheoloških najdišč na morskem dnu. Njegova naloga je, da določi območje ter prepozna objekte, ki so prekriti z muljem in blatom. Velika prednost pri odkrivanju teh najdišč je, da jih ne poškoduje, kar se zelo pogosto dogaja pri izkopavanju arheoloških najdišč. Kljub temu da slovensko morje pokriva majhno območje, se lahko pohvalimo z več arheološkimi najdišči. Mednje spadajo pomol v Simonovem zalivu, Fizine pri Portorožu ter odtis ladje Rex.

Simonov zaliv se lahko pohvali, da pod morsko gladino skriva ostanke pomola iz rimskih časov. Ta arheološka najdba spada med ene najbolj ohranjenih arheoloških ostankov pri nas. Kompleks sestavljajo še drugi objekti, med katere sodijo vodovodna in kanalizacijska napeljava ter arhitekturni ostanki večje vile na kopnem. Notranjost vile je bila tlakovana s črno-belimi mozaiki, opremljena z bogatimi stenski poslikavami ter s položajem bivanjske sobe ob obali. Arheologi pravijo, da naj bi sodila med tri luksuzne vile v Tržaškem zalivu. Iz

ostankov je mogoče ugotoviti, da so v pristanišče prihajale večje ladje (Arheološka najdišča Slovenije, 1975).

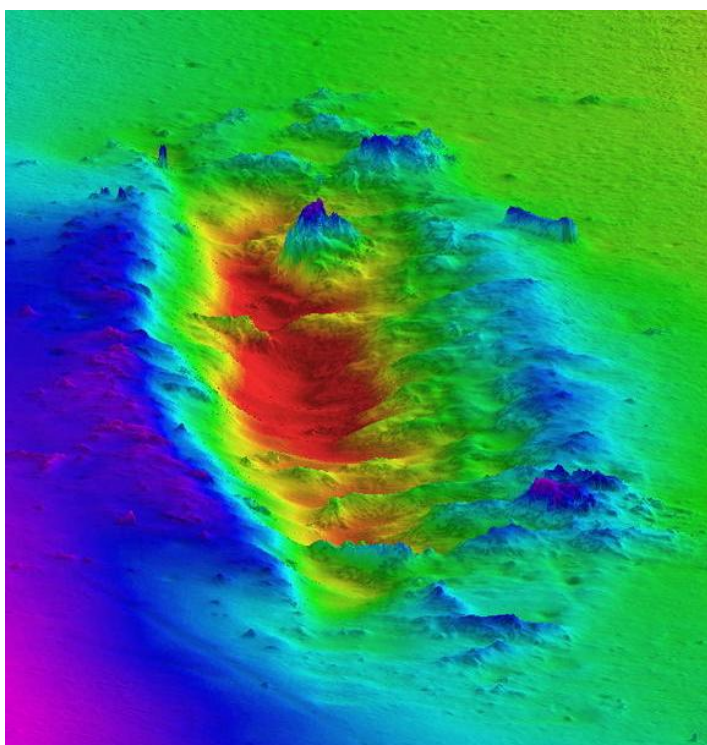
Fizine je mogoče opaziti med Piranom in Portorožem. So drugo arheološko najdišče na naši obali. Nahajajo se na globini 4 m. Z raziskavami so začeli leta 1963, nadaljevali pa leta 1985. S pomočjo raziskav, izvedenih leta 2004 in 2005, so izdelali natančnejši digitalni model območja.



Slika 46: Meritve Fizin pri Portorožu (www.harphasea.com).

Fizine prikazujejo napis iz kamena in grušča, v velikosti 100 x 60 m. Predstavljajo delno ohranjene ostanke zidov. Dva večja prostora, ki sta vidna tudi na sliki, ležita na vzhodnem delu nasipa. Arheologi so predvidevali, da gre za pristanišče, vse dokler niso izvedli meritve. Po končni meritvi so ugotovili, da naj bi bila to ribogojnica, ki je omogočala pristan le manjšim ladjam. Na žalost pa je od objekta ostal le tloris, namenjen izgradnji skladišč soli. Podobno najdišče se nahaja tudi v zalivu Sv. Jernej v Izoli.

Ladja Rex je bila italijanska čezoceanska. Bila je ena izmed najlepših, največjih ter najsodobnejših ladij v tridesetih letih prejšnjega stoletja. Njena pot se je končala med Izolo in Koprom. Še danes to območje s toponimom poimenujejo "pri Rexu". Ladja, ki je bila dolga kar 268,20 m, široka 29,58 m, visoka 40 m ter težka 51.000 ton je bila zgrajena v ladjedelnici v Genovi. Ta prestižna ladja je naenkrat lahko sprejela 2032 potnikov. Imela je 12 nadstropij. V času 2. svetovne vojne pa so jo poimenovali ladja Rdečega križa, saj je vozila vojake z bojišč v Italijo (www.harphasea.com).



Slika 47: Odtis ladje Rex (www.harphasea.com).

11 OPIS PRAKTIČNEGA PRIMERA

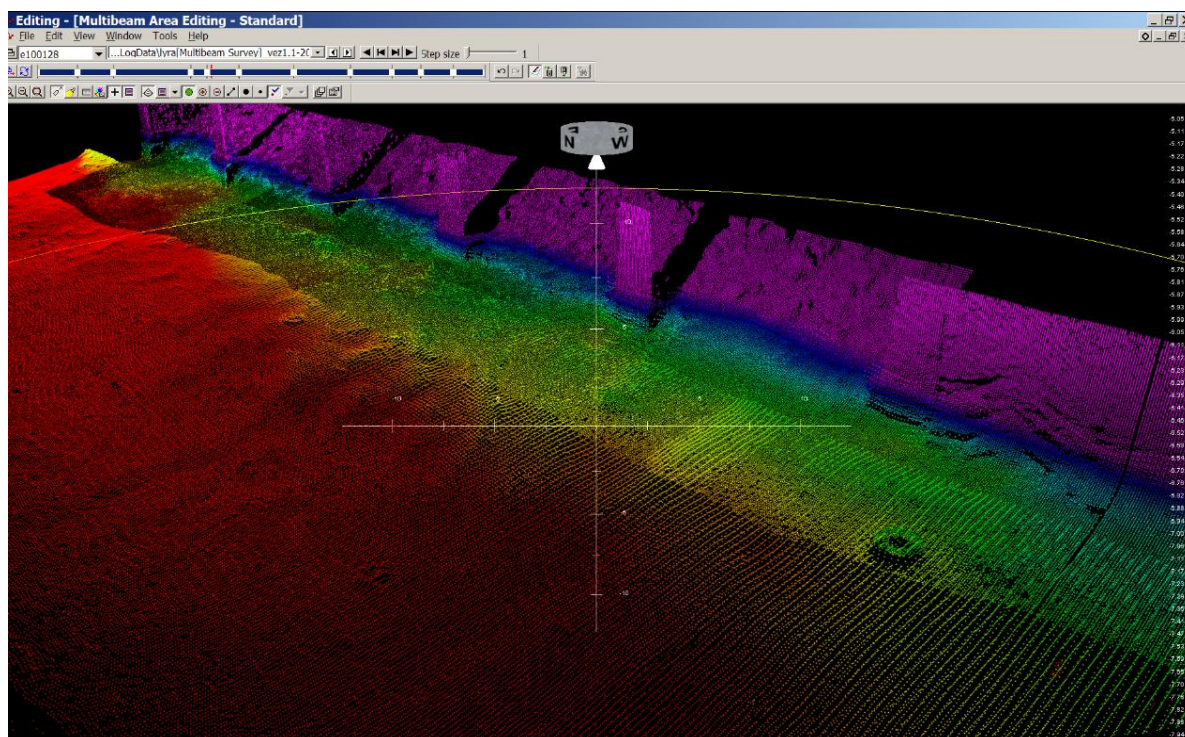
Primer predstavlja posnetek pomola v Luki Koper. V luki so trije bazeni. Meritev se je izvedla v prvem bazenu – vez 1, zaradi obnovitve (poglabljanja) pomola. Izvajalca je zanimal naklon brežine pod obstoječim pomolom na stebrih. Meritev se je izvajala z večsnopnim multibeam sistemom SeaBot 8125. Ta sistem je eden najnatančnejših, saj mu ni primerljivega. Sistem zajema 60 m-ski pas snemanja. Sestavljen je iz 120 snopov, vsak snop je širok $0,5^\circ$. Z njim je mogoče meriti globine plitvih voda do 120 m, z visoko frekvenco pa od 0,5 do 100 m. Natančnost, ki jo ta sistem doseže, se giblje okrog 6 cm (položajna ter višinska natančnost se združita).



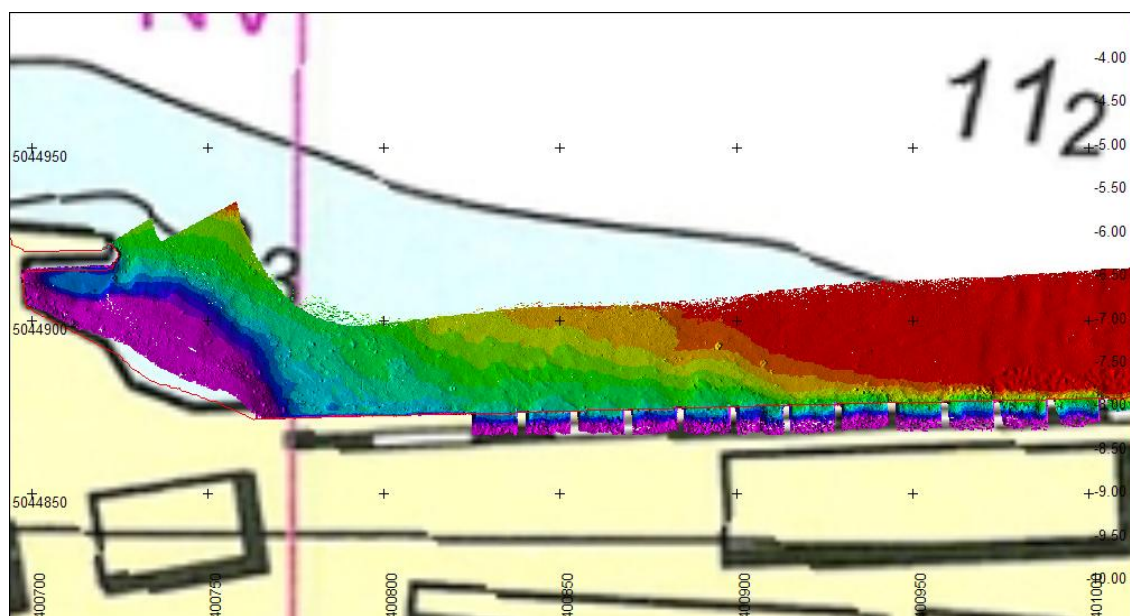
Slika 48: Multi Beam SeaBot 8125 (www.reson.com).

Hitrost plovbe se giblje okrog 4,5 vozlov, v idealnih pogojih pa tudi do 6 vozlov ali več.

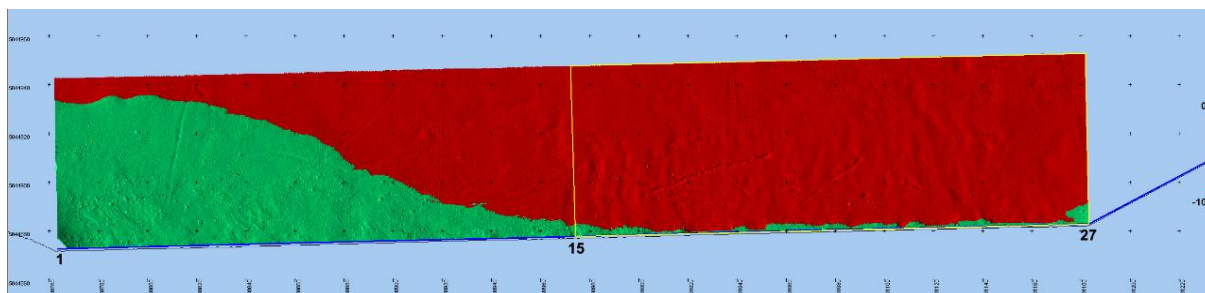
Po določitvi položaja instrumenta ter senzorjev sledijo meritve. Meritve potekajo s pomočjo računalnika, na katerem se beležijo vrednosti že vnaprej začrtanih plovnih linij. S posnetkom terena se pridobi oblak točk, iz katerih je pozneje potrebno izdelati grid. Ko je grid izdelan, ga lahko uporabljamo v različne namene, kot so: izdelava kart, izris profilov, izračun volumnov, izdelava 3D modela ...



Slika 49: Oblak točk (Harpha sea d.o.o.).

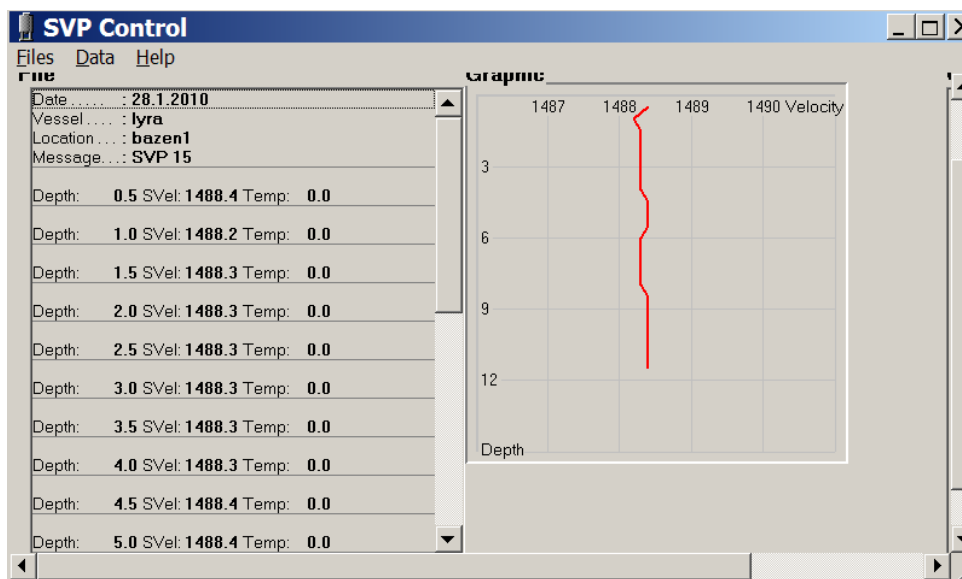


Slika 50: Prikaz grida (Harpha sea d.o.o.).

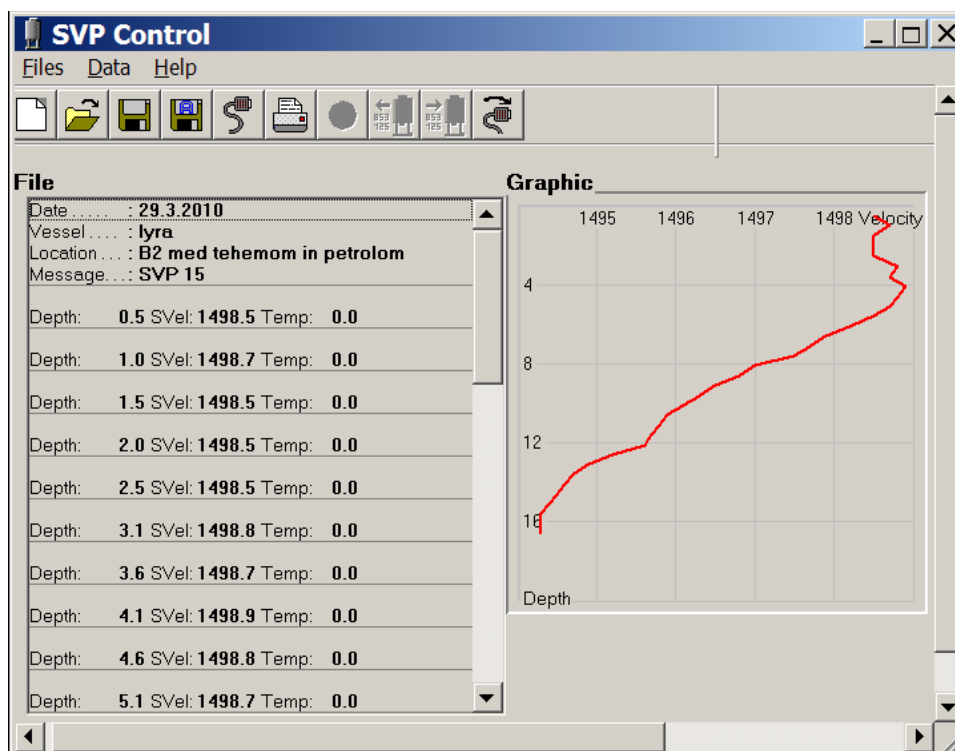


Slika 51: Prikaz volumnov (Harpha sea d.o.o.).

Pri izvajanju meritve se pojavlja več težav, npr. širjenje hitrosti zvoka v vodi, GPS meritve ter kalibracija sistemov (GPS, multibeam sistem, žiroskop). Z obeh spodnjih slik je lepo razvidno, kako se hitrost zvoka širi pozimi in kako spomladi. Zaradi različno toplih plasti vode pride do neenakomernih zvočnih linij.



Slika 52: Širjenje hitrosti zvoka pozimi (Harpha sea d.o.o.).



Slika 53: Širjenje hitrosti zvoka pomladi (Harpha sea d.o.o.).

Meritev je bila izvedena na podlagi RTK metode izmere, saj bazne linije niso dolge, pa tudi posneto območje je odprto, kar ne ovira GPS satelitov. Vedno pa to ni mogoče, saj npr. na oceanih, kjer ni mogoče vrpostaviti povezave z referenčno točko, meritve izvajajo z metodo DGPS.

Obdelava podatkov je potekala s pomočjo programa PDS 2000, čigar proizvajalec je isti kot pri sonarju. Z njim je mogoče opraviti vse obdelave podatkov, včasih pa si pomagajo tudi s programom AvtoCad (Harpha sea d.o.o.).

12 ZAKLJUČEK

Začetki hidrografskih meritev segajo zelo daleč v zgodovino. Cilj pa je že od vsega začetka enak: omogočiti varno plovbo. V hidrografiji je precej težko doseči zelo dobre rezultate, saj na natančnost vplivajo številni dejavniki, npr. gibanje plovila, pogoji meritev, kakovost uporabljene opreme. Stare ročne in mehanske globinomerne sta danes zamenjala hidrostatični Thomsonov globinomer in ultrazvočni globinomer, ki meri na osnovi širjenja zvoka. Tudi pri napravah za merjenje globin je občutiti velik napredek. Uporabljajo se enosnopni in večsopni globinomeri, ki so pritrjeni na ladjah. Zelo je pomembna tudi resolucija globinomera, ki v veliki meri vpliva na natančnost meritev. Sonarji (bočni in skenirani) se uporabljajo za pridobitev akustičnih slik morskega dna, ki jih imenujemo sonogram. Globine lahko merimo tudi lasersko. Meritve potekajo s pomočjo letal.

Tako kot pri vseh geodetskih meritvah moramo tudi tu narediti plan meritev morskega dna. Kasneje pridobljene podatke pregledamo, podatke, ki imajo grobe napake, odstranimo in obdelamo podatke meritev. Urejene merske podatke še programsko obdelamo in dobimo rezultat meritev, ki je odvisen od tega, za kakšen namen so se meritve izvajale. Lahko gre za izdelavo profilov, 3D model morskega dna, batimetrijsko karto, snemanje podvodnih plasti. Hidrografske meritve pa nam omogočajo tudi iskanje arheoloških najdišč. V Sloveniji so najprej odkrili takšno najdišče v Simonovem zalivu, kasneje pa še med Piranom in Portorožem.

13 VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. URL:

http://www.arso.gov.si/vode/morje/Plima2010_a5_3.pdf, (15.2.2010)

Audio Tours and Tourism Marketing Blog.

URL: <http://audioconexus.wordpress.com/2008/06/11/gps-pois>, (10.3.2010)

Carver County – Volunteer Opportunities. URL:

http://www.co.carver.mn.us/departments/LWS/volunteer_activities.asp, (25.5.2010)

Communication Technology. URL:

http://www.comm-tec.com/prods/mfgs/Odom_Prods.html, (28.5.2010)

Duh, S. 2006. Astronomska navigacija – Splošno. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet.

Energija plimovanja. URL: <http://www2.arnes.si/~rmurko2/PLIMOVANJE.htm>, (26.2.2010)

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Osnove astronomske navigacije na ladjah. URL:

<http://www.fgg.uni-lj.si/~mkuhar/Pouk/Astro/Seminarske/Astronomska%20navigacija.ppt>, (18.5.2010)

Fakulteta za pomorstvo in promet – Osnove navigacije. URL:

<http://www2.fpp.edu/~jsvetak/1stopnja/bolonjski%20program/redni/obalna%20navigacija/osnove.pdf>, (14.3.2010)

Finance. URL:

<http://www.finance.si/241787/Vrsta-meritve-je-odvisna-od-kon%E8ne-uporabe>, (10.5. 2010)

Fridl, J., Kolega, N., Žerjal, A. 2008. Pomen digitalnega batimetričnega modela za trajnostni razvoj morja. Geodetski vestnik 52, 4: 854–866

General Dynamics Canada.

URL:<http://www.gdcanada.com/content/detail.cfm?acronym=integrated-sonar-suite>,
(24.1.2010)

Geodetski inštitut Slovenije. URL: <http://www.geod-is.si/hidro.htm>, (12.1.2010)

Geoservis, d.o.o. URL: <http://www.geoservis.si>, (22.2.2010)

Harpha sea d.o.o. URL <http://www.harphasea.si>, (17.5.2010)

International Hydrographic Organization. URL: <http://www.iho-ohi.net>, (15.1.2010)

Interphase. URL: <http://www.interphase-tech.com/interphase/sonars.htm>, (26.2.2010)

Karničnik, I., Klanjšček, M., Radovan, D. 2006. Sodobno hidrografske kartiranje in dokumentiranje slovenskega morja. Geodetski vestnik 50, 1: 37–43

Kete, P., Karničnik, I., Radovan, D. 2003. Elektronska navigacijska karta (ENC) Koprškega zaliva. Geodetski vestnik 47, 3: 231–239

Kisovec, U. 2007. Možnosti uporabe GPS v krajinskem načrtovanju. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta – oddelek za krajinsko arhitekturo: 6-8, 18–21 str.

Kogoj, D., Bilban, G., Bogatin, S. 2004. Tehnične lastnosti tahimetrov Leica Geosystems. Geodetski vestnik 48, 4: 508–518

Kolenc, R. 2005. Hidrografske meritve. Geodetski vestnik 49, 1: 18–28

Košir, R. 2006. Zanesljivost dolčevanja položaja ladje v terestrični navigaciji. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: 2,3 str.

Kozmus, K. 2003. Način določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik 47, 4: 404–413

Krajnc, U. 2006. Hidrografske meritve in 3D modeliranje rečnega korita s programsko opremo Hypack. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 28–40 str.

Lekkerkerk, H., Velden, R., Roders, J., Haycock, T., Vries, R., Jansen, P., Beemster, C. 2006. Handbook of Offshore Surveying – Book One. London, Research services limited: 162, 102, 162 str.

Lekkerkerk, H., Velden, R., Roders, J., Haycock, T., Vries, R., Jansen, P., Beemster, C. 2006. Handbook of Offshore Surveying – Book Two. London, Research services limited: 63–71, 83–88, 92–95, 115–118, 224–227, 231–233, 242–243, 247–249 str.

Lenič, D. 2009. Razvoj sekstanta. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: 32–41 str.

Marine Sonic Technology, Ltd. URL: <http://marinesonic.us>, (20.2.2010)

Ministrstvo za promet. URL: <http://www.mzp.gov.si>, (4.3.2010)

Moj mikro. URL:

http://www.mojmikro.si/center/povem_naglas/in_vendar_se_galileo_premika, (10.3.2010)

Multibeam Echo Sounders- Kongsberg Maritime.

URL:<http://www.km.kongsberg.com>, (20.3.2010)

NOAA Coastal Services Center. URL: <http://www.csc.noaa.gov>, (24.1.2010)

Novak, L. 1975. Praktična geodezija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 410 str.

Oceanic Imaging Consultants.

URL: http://www.oceanicimaging.org/history_sonars.html, (23.2.2010)

Omrežje SIGNAL. URL: <http://www.gu-signal.si>, (10.2.2010)

Plimovanje.

URL: <http://zvonko.fgg.uni-lj.si/seminarji/plimovanje/plimovanje.html>, (26.2.2010)

Pribičević, B. 2005. Pomorska geodezija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet: 41–44, 125–177, 186–187 str.

Radovan, D., Karničnik, I., Petrovič, D. 1999. Prva slovenska pomorska karta. Geodetski vestnik 43, 3: 241–249

Remote Sensing survey strategy.

URL: <http://www.searchmesh.net/default.aspx?page=1726>, (18.2.2010)

Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek – Safić, S., Kuhar, M., Radovan, D. 2006. Geodetska dela na novi mareografski postaji Koper. Geodetski vestnik 50, 4: 609–619

Simrad. URL:

<http://www.simrad.com/www/01/nokbg0240.nsf/ProductPrint?ReadForm&cat=F734B4EE698CD355C12574AA004C7DAC>, (22.5.2010)

Svarog. URL: <http://baza.svarog.org/pomorstvo>, (5.1.2010)

U.S. Geological Survey.

URL: <http://gulfsci.usgs.gov/tampabay/data/1mapping/lidar>, (18.2.2010)

Valh, MM., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik 52, 3: 487-499

Zeework Marine Ltd. URL: <http://www.zeework.co.uk/easweep.htm>, (20.5.2010)

Zupančič, P. 1984. Geodezija za gradbene tehnike. Ljubljana, Zavod RS za šolstvo: 113 str.

Wikipedia. URL: <http://sl.wikipedia.org/wiki>, (10.1.2010)