



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB - FACULTY OF GEODESY

Zavod za primijenjenu geodeziju; Katedra za upravljanje prostornim informacijama
Institute of Applied Geodesy; Chair of Spatial Information Management
Kačićeva 26; HR-10000 Zagreb, CROATIA
Web: www.upi.geof.hr; Tel.: (+385 1) 46 39 222; Fax.: (+385 1) 48 28 081

Usmjerenje: Inženjerska geodezija i upravljanje prostornim informacijama

DIPLOMSKI RAD

Morsko tehničke konstrukcije

Izradio:

Zoran Mandić

Gupčeve lipe 10

Zagreb

e-mail: zmandic@geof.hr

Mentor: prof. dr. sc. Siniša Mastelić-Ivić

Zagreb, svibanj 2006.

Zahvala:

Prije svega zahvaljujem se svojim roditeljima i djevojci Antoniji koji su me maksimalno podržavali, bili uz mene, te mi omogućili ovaj studij, pa tako najveći dio zasluga za ovaj uspjeh pripada upravo njima.

Također se želim zahvaliti svim svojim prijateljima/cama koji su uvijek bili uz mene, te svojom prisutnosti uljepšali moje dane provedene na fakultetu i pridonijeli da ostanu u nezaboravnom sjećanju, zahvaljujem se i svima onima koji su na bilo koji način pridonijeli izradi ovoga rada.

Sažetak:

U današnje vrijeme kada je nautički turizam u razvoju ukazuje se potreba za izgradnjom marina i određivanjem topografije morskog dna u svrhu ažuriranja pomorskih karata. Razvojem informatičke tehnologije nastale su i moderne metode izmjere. Jedna od novijih metoda određivanja prostornih podataka točaka opisana je i u ovom radu. Temelji se na kombinaciji GPS- echo-sounder. Mjerenja su obavljena za potrebe izrade projekta uređenje i gospodarenja uvalom Klenovica, a snimljeni dio morskog dna prikazan je trodimenzionalno pomoću programskog paketa Surfer 8.0.

Abstract:

Today, when nautical tourism is expending and new marines are built, there is a constantly growing need for determination underwater topography in a purpose of updating sea maps. With rapid progress in computer technology modern methods of marine geodesy have developed. This work describes one of the most recent methods used for determination of spatial data of seabed points which is founded on GPS and echo sounder measurements combination. Performed measurements and measured part of seabed is presented in three dimensions with use of Surfer 8.0 software application.

Morsko tehničke konstrukcije

Zoran Mandić

S A D R Ź A J

1	UVOD	5
2	GLOBALNI POZICIJSKI SUSTAV (GPS)	6
2.1	OSNOVE SATELITSKOG POZICIONIRANJA	7
2.2	DIFERENCIJALNI GPS – DGPS	11
2.3	KINEMATIKO RELATIVNO POZICIONIRANJE	12
2.4	KINEMATIKA U REALNOM VREMENU	16
3	MJERENJE DUBINA	18
3.1	OSNOVE PODVODNE AKUSTIKE	19
3.2	ULTRAZVUČNI DUBINOMJER – ECHO-SOUNDER	23
3.2.1	<i>Vrste echo-sounder-a</i>	27
4	KOMBINACIJA MJERENJA I NJIHOVA TRANSFORMACIJA	30
4.1	KOMBINACIJA GPS-A I ECHO-SOUNDER-A	30
4.2	HIDROGRAFSKA MJERENJA I DRŽAVNI KOORDINATNI SUSTAV	31
4.2.1	<i>Definicija geodetskog datuma</i>	32
5	MORSKO TEHNIČKE KONSTRUKCIJE	35
5.1	LUKE I MARINE	35
5.1.1	<i>Luke</i>	36
5.1.2	<i>Marine</i>	38
5.2	LUKOBRANI	42
5.2.1	<i>Lukobran tipa nasip</i>	44
5.2.2	<i>Lukobran tipa zid</i>	45
6	HIDROGRAFSKA IZMJERA UVALE KLENOVICA	48
6.1	PLANIRANJE MJERENJA	49
6.2	IZVEDBA MJERENJA	50
6.3	OBRADA I PRIKAZ MJERENJA	53
7	ZAKLJUČAK	60

Literatura

Životopis

1 Uvod

Geodezija, znanstvena disciplina koja se bavi određivanjem oblika i vanjskog polja sile teže Zemlje, na osnovu mjerenja na fizičkoj površini i izvan nje. Osnovni cilj geodetske izmjere je utvrđivanje mjerenih i opisnih podataka radi određivanja položaja karakterističnih točaka terena, uključujući i točke na vodenim površinama (oceani, mora, rijeke, jezera) ili na njihovom dnu, a s obzirom na njihov položaj u prostoru (koordinate), u odnosu na neki prihvaćeni referentni koordinatni sustav, te je primjenom odgovarajuće metodologije moguće dobiti slikoviti i cjeloviti prikaz krutog i tekućeg dijela fizičke površine Zemlje.

Sve što se događa u prostoru događa se i u vremenu, te je potrebno i toj vremenskoj komponenti posvetiti odgovarajuću pozornost, jer smo samo tada u mogućnosti cjelovito prikazati i objasniti promjene prostornih odnosa točaka na cjelokupnoj površini Zemlje. Također smo u mogućnosti odrediti položaj jedne ili cijelog niza točaka na kopnu, moru ili zraku pomoću satelitskih sustava (GPS). U određenoj mjeri GPS se može tretirati kao jedan od osnovnih geodetskih instrumenata, jer primjena GPS-a u geodeziji u mnogome mijenja ne samo metode mjerenja, nego i samu filozofiju izmjere. Pored toga omogućuje da se efikasno, pouzdano i ekonomično definira cijeli niz prostornih informacija. Tako se na primjer prostorne informacije mogu prikupiti na kontinentima, te informacije se mogu prikupljati u više uzastopnih ponavljanja, dok se primjerice takove informacije prikupljene na vodi ne mogu prikupljati uzastopnim ponavljanjima zbog nestabilnosti vodene površine. Ponavljanjem mjerenja na vodi dolazi se do novih podataka koji određuju slične ali različite konfiguracije za izračunavanje nepoznatih parametara. Podaci prikupljeni na kopnu prikupljeni su uz atmosferski utjecaj, dok je kod podataka prikupljenih na moru dio mjerenja proveden kroz more, tako da pored refrakcije atmosfere i refrakcija mora predstavlja ograničavajući faktor i smanjuje točnost.

Hidrografija je dio geodezije koji se bavi premjeravanjem morskog dna, jezera i rijeka, kao i dijela kopnene obale. Tu su uključeni i svi važni elementi koji su neophodni za sigurnost plovidbe morem. Podaci dobiveni hidrografskim premjeravanjem mora služe za sastavljanje novih i korigiranih starih nautičkih (navigacijskih) karata i drugih navigacijskih publikacija. Stoga je za razvoj i unapređenje metoda rada koje koristi geodetska struka neophodno uključiti najnovije tehnologije mjerenja te instrumentarij koji ima za cilj ubrzati mjerne procese, povećati njihovu točnost te povećati ekonomičnost radova.

2 Globalni pozicijski sustav (GPS)

Global Positioning System (Globalni pozicijski sustav, dalje u tekstu GPS) je razvijen sa svrhom da odgovori na pitanje “Koje je vrijeme, koja pozicija i koja brzina gibanja” i to brzo, točno i jeftino bilo gdje na Zemlji i u bilo kojem trenutku (Remondi 1991).

Određivanje položaja jedne ili cijelog niza točaka na kopnu, moru ili u zraku uz pomoć satelitskih sustava, poznatih pod nazivom Globalni pozicijski sustavi, skraćeno GPS, iako prvotno namijenjenih za navigaciju, pronašli su široku primjenu kako u geodeziji, tako i u svim područjima znanosti i tehnologije koja koriste prostorno definirane informacije. U određenoj mjeri GPS se može tretirati kao jedan od osnovnih geodetskih instrumenata budućnosti, ali i više od toga, jer primjena GPS-a u geodeziji u mnogome mijenja ne samo metode mjerenja, nego i samu filozofiju izmjere. Pored toga, GPS omogućuje da se efikasno, pouzdano i ekonomično definira cijeli niz prostornih informacija koje prije, iz raznih razloga nisu bile obuhvaćene geodetskom izmjerom (Bačić 1996).

Primjenu GPS-a dijelimo na pozicioniranje i navigaciju. Pod navigacijom se podrazumijeva trenutno određivanje položaja i brzine nekog objekta sa svrhom praćenja i upravljanja njegovim gibanjem. Pozicioniranje prije svega obuhvaća određivanje položaja jedne ili niza diskretnih točaka u prostoru. Za geodeziju je, usko gledano, zanimljivo samo pozicioniranje, no kako se pozicioniranje i navigacija s GPS-om sve više isprepliću, odvojeno razmatranje jednog dijela dalo bi nepotpunu sliku.

Konstelacija GPS-a se sastoji od 24 satelita smještena u 6 orbita, približno kružnih, jednako odmaknutih, svaki sa inklinacijom od 55° u odnosu na ekvatorijalnu ravninu (*Slika 1*). GPS sateliti kruže iznad Zemlje na visini od 20200 km, s periodom rotacije od 12 zvjezdanih sati, dok je signal sinkroniziran frekvencijom i vremenom pomoću cezijevih satova koji se periodično uspoređuju i precizno sinkroniziraju s GPS atomskom vremenskom skalom.



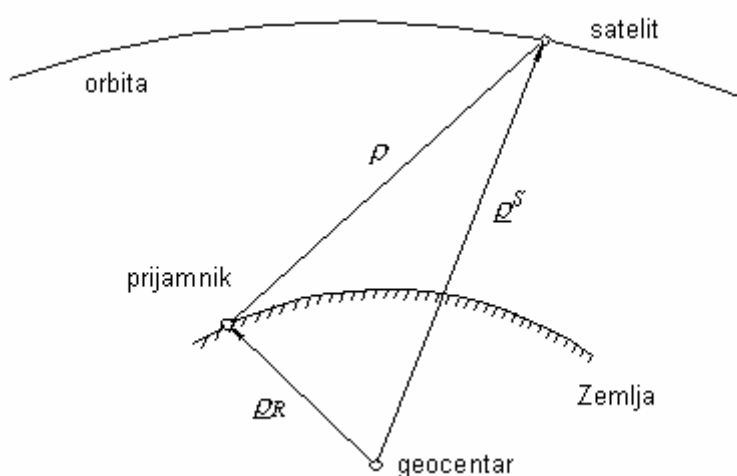
Slika 1: Prikaz konstelacije GPS sustava

2.1 Osnove satelitskog pozicioniranja

Osnovna jednačba satelitske geodezije može se izraziti, pod pretpostavkom da je satelit zaustavljen na trenutak u orbiti, pri čemu se njegove prostorne koordinate izračunavaju iz emitiranih efemerida tj. da je koordinata pozicije satelita uvijek na raspolaganju, te da su satovi satelita i prijamnika točno podešeni na GPS vrijeme, na sljedeći način:

$$\rho = \| \underline{\rho}^S - \underline{\rho}^R \|, \quad (2.1)$$

gdje je prostorna udaljenost (ρ) između satelita i prijamnika definirana razlikom prostornih vektora geocentar-satelit ($\underline{\rho}^S$) i geocentar-prijamnik ($\underline{\rho}^R$), (Bačić, 1996), (Slika 2).



Slika 2: Princip satelitskog pozicioniranja

Glavni preduvjet za primjenu osnovne jednačbe satelitske geodezije je taj da oba vektora moraju biti izražena u jedinstvenom koordinatnom sustavu.

Za razliku od većine drugih metoda satelitske geodezije (*Satellite Laser ranging* tj. laserska mjerenja - SLR, *Very Long Baseline Interferometry* tj. interferometrija dugih baza - VLBI, satelitska altimetrija) čija se mjerenja temelje na mjerenju reflektiranog signala (dvostruki put), GPS mjerenja zasnovana su na konceptu jednostrukog puta signala uz primjenu dva sata, jednog na satelitu i drugog u prijemniku.

Da bi se odredio položaj točke potrebno je odrediti prostorne udaljenosti od tri satelita, presjekom kojih se mogu odrediti tri nepoznanice (širina, dužina i visina). U ovisnosti od komponenti odaslanog signala sa satelita koje prijamnici koriste za određivanje pozicije razlikuju se u njihovom najopćenitijem obliku kodna i fazna mjerenja te njihove najrazličitije kombinacije, a kojima se još pridodaju i metode obrade signala u svrhu njihovog poboljšanja. Osnova kodnih mjerenja je određivanje vremena potrebnog da signal stigne od satelita do prijamnika na odnosnoj točki. Na osnovu te razlike vremena i poznate brzine širenja vala određuje se udaljenost. Kod faznih mjerenja određuje se razlika faza između odaslanog vala sa satelita i primljenog vala u GPS prijamniku.

Kako GPS prijemnici koriste jeftinije kvarcne satove, nije ih moguće podesiti na točno GPS vrijeme, to je vrijeme prijmnika pomaknuto u odnosu na pravo GPS vrijeme. Posljedica toga je da je izmjerena udaljenost do satelita malo duža ili malo kraća od prave udaljenosti. Pri tom su i kodne i fazne udaljenosti opterećene pogreškom sinkronizacije satova. Problem je moguće riješiti simultanim mjerenjem udaljenosti do četiri satelita, uvođenjem pogreške sata kao četvrte nepoznanice. Izmjerene se udaljenosti stoga nazivaju pseudoudaljenosti (R), budući da su one jednake pravoj udaljenosti plus mala (pozitivna ili negativna) korekcija udaljenosti ($\Delta\rho$), uzrokovana pogreškom sata prijmnika (δ).

Jednostavan model za pseudoudaljenost glasi:

$$R = \rho + \Delta\rho = \rho + c\delta, \quad (2.2)$$

gdje je c brzina svjetlosti.

Mjerene pseudoudaljenosti, bilo iz koda ili iz faze opterećene su i sistematskim (bias) i slučajnim pogreškama (noise). Same pogreške po izvoru mogu biti smještene u satelitu, u mediju rasprostiranja signala i u prijmniku (Tablica 1).

IZVOR POGREŠAKA	EFEKT
satelit	pogreške orbite
	pogreška sata
rasprostiranje signala	troposferska refrakcija
	ionosferska refrakcija
prijamnik	varijacija faznog centra antene
	pogreška sata

Tablica 1. Izvori pogreške udaljenosti

Neke sistematske pogreške mogu se modelirati, dok je drugi način njihove eliminacije kombiniranje opažanja. Tako se može diferenciranjem između prijmnika eliminirati pogreške specifične za satelite, a diferenciranjem između satelita eliminirati pogreške specifične za prijmnike. Postupak diferenciranja jedna je od osnovnih metoda pri mjerenju GPS-om. Pogreške uzrokovane troposferskom refrakcijom uklanjaju se modeliranjem, dok je najefikasnija metoda eliminacije ionosferskog utjecaja korištenje dva signala s različitim frekvencijama.

Slučajne pogreške sastoje se uglavnom od aktualne pogreške mjerenja i slučajnog dijela višestruke refleksije signala (*multipath*), nastale interferencijom između direktnog i reflektiranog signala.

Općenito govoreći, točnost kodnih mjerenja je na metarskoj razini, dok je točnost nosećih faza u području milimetra. S druge strane, kodna mjerenja su jednoznačna, dok su mjerenja faze višeznačna (javljaju se skokovi u cijelom broju mjerenih valnih duljina – posebno je to izraženo kod naglih prekida signala sa satelita uslijed neke prepreke, smetnje ili slično). Zato je prije određivanja koordinata iz faznih mjerenja potrebno odrediti višeznačnosti – ambiguitete. Stoga se došlo na ideju međusobnog kombiniranja mjerenja, gdje se dobre karakteristike prve metode koriste za eliminaciju loših karakteristika druge metode i obratno. Kodne pseudoudaljenosti opterećene velikim apsolutnim šumom izglađuju se pomoću faznih pseudoudaljenosti koje imaju bitno manji šum mjerenja. Ove tehnike su bitne pri tzv. inicijalizaciji mjerenja, kod koje se odmah na početku mjerenja određuju ambiguiteti što u praksi ima veliki značaj kod aplikacija u stvarnom vremenu. Ovaj aspekt je vrlo važan i za projekt prikazan u 6. poglavlju ovoga rada, jer su mjerenja obavljena GPS-RTK (*Real Time Kinematics*, tj. kinematika u realnom vremenu, dalje u tekstu RTK) metodom koja upravo počiva na ovim principima.

Samo GPS mjerenje izvodi se jednom ili kombinacijom više tehnika opažanja. Koja će tehnika biti primijenjena za pojedino mjerenje ovisi od niza faktora, s naglaskom na zahtijevanu točnost. Tehnike opažanja definirane su s četiri parametra, kojima su jednoznačno određeni način pozicioniranja, korištenje prijamnika, opažane veličine i način obrade.

Apsolutno pozicioniranje / Relativno pozicioniranje (način pozicioniranja)

Pod apsolutnim pozicioniranjem podrazumijeva se određivanje koordinata pojedine točke koristeći jedan prijamnik koji mjeri pseudoudaljenosti do satelita. Metoda apsolutnog pozicioniranja kojom se postižu poboljšane točnosti je i diferencijalni GPS.

Relativno pozicioniranje se može realizirati primjenom najmanje dva prijamnika, koja opažaju iste satelite simultano. Pri tome se kombiniranjem mjerenja oba prijamnika mjeri prostorni vektor između dva prijamnika. Koordinate nepoznate točke određuju se relativno u odnosu na poznatu – referentnu točku na kojoj se nalazi drugi prijamnik.

Kodne udaljenosti / Noseće faze (opažane veličine)

Pseudoudaljenosti predstavljaju opažane veličine GPS-a koje se mogu dobiti iz kodnih ili iz faznih mjerenja. Detaljna razlika je objašnjena prije.

Obrada u stvarnom vremenu / Naknadna obrada (način obrade)

Da bi GPS rezultat bio tretiran kao GPS u stvarnom vremenu potrebno je imati izračunatu poziciju dostupnu u trenutku mjerenja ili neposredno poslije toga. Rezultat nazivamo trenutnim ako je pozicija dobivena iz opažanja jedne epohe, a vrijeme računanja je zanemarivo. Druga, manje stroga definicija prihvaća i računanje pozicije nakon nekoliko epoha opažanja.

Naknadna obrada podrazumijeva da se podaci obrađuju nakon završenog mjerenja, najčešće u uredu, koristeći i podatke s drugih točaka ili lokacija.

Statičko opažanje / Kinematičko opažanje (korištenje prijamnika)

Kod apsolutnog pozicioniranja, statičko opažanje podrazumijeva da prijamnik za vrijeme mjerenja miruje na jednom mjestu, dok kinematičko opažanje podrazumijeva da se prijamnik tijekom mjerenja giba.

Statičko relativno pozicioniranje podrazumijeva da su prijamnici tijekom mjerenja stacionarni na svojim točkama. Opažaju se noseće faze, čime se postižu najveće točnosti s GPS-om (1- 0,1 ppm). Zato se ova metoda najviše koristi u geodeziji. Kod kinematičkog relativnog pozicioniranja referentni prijamnik je stacionaran, dok je drugi prijamnik u pokretu.

Na osnovu navedenih svojstava, u praksi se razlikuju sljedeće tehnike opažanja:

APSOLUTNO POZICIONIRANJE – kada se koristi jedan prijamnik ima smisla mjeriti samo kodne udaljenosti, a rješenje se dobije na principu trilateracije u prostoru.

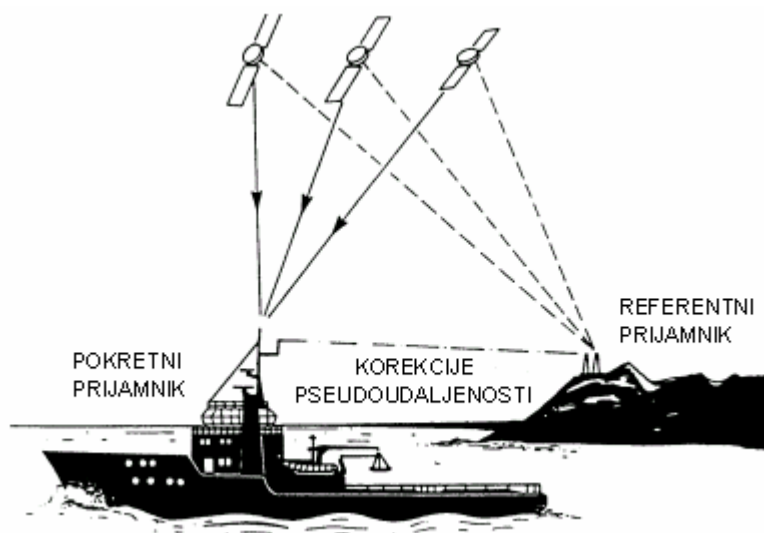
DIFERENCIJALNI GPS – razvijen je kada je uključivanjem selektivne dostupnosti (*Selective Availability*, dalje u tekstu SA) degradirana točnost apsolutnog pozicioniranja. Sama tehnika biti će opisana detaljno u sljedećem poglavlju.

RELATIVNO POZICIONIRANJE – metode relativnog pozicioniranja koriste jednofrekvencijske ili dvofrekvencijske podatke faze, čime se postižu najviše točnosti. Prostorni vektor između dva prijemnika može se izračunati iz simultanih opažanja najmanje četiri satelita na oba prijemnika. Obrada mjerenja izvodi se najčešće naknadno, ali je danas, prijenosom podataka u stvarnom vremenu na manje udaljenosti, moguća obrada i u realnom vremenu.

2.2 Diferencijalni GPS – DGPS

Diferencijalno pozicioniranje s GPS-om (dalje u tekstu DGPS) je apsolutna metoda mjerenja s dva ili više prijamnika u realnom vremenu uz primjenu samo kodnih ili i faznih mjerenja (*Slika 3*). Iako podrazumijeva prvenstveno kinematičku primjenu, statički ili kinematički karakter mjerenja kod DGPS-a ne igra ulogu. Sam princip ove metode je taj da jedan prijamnik (referentni), koji obično miruje, smješten na poznatoj točki, registrira satelite i za njih na osnovu poznate (iz koordinata) i mjerene udaljenosti računa korekcije pseudoudaljenosti (*Pseudo range correction*, dalje u tekstu PRC) i njihov prirast (*Range rate correction*, dalje u tekstu RRC).

Te se veličine prenose radio vezom do drugog prijamnika (najčešće u pokretu), koji ih koristi za korekciju izmjerenih pseudoudaljenosti prije samog izračuna pozicije. Primjena korigiranih pseudoudaljenosti ima za posljedicu povećanu točnost pozicioniranja.



Slika 3: Osnovni princip DGPS-a

Razvoj DGPS-a potaknut je aktiviranjem selektivne dostupnosti u svim Blok II satelitima jer je to drastično degradiralo točnost pozicioniranja samo s jednim prijamnikom. DGPS je također izražen primjer kada se GPS istovremeno može koristiti i za pozicioniranje i za navigaciju.

Uvođenje selektivne dostupnosti je posljedica činjenice da se GPS sustav pokazao boljim no što su to njegovi kreatori očekivali. Naime, početno je predviđeno da će se mjerenjem udaljenosti pomoću C/A koda moći ostvariti točnost od oko 400 m. Rezultati mjerenja pokazali su međutim, da se položaj može odrediti s točnošću od 15-40 m, a brzina s 1 m/s. Kako su te vrijednosti, po mišljenju vojske SAD-a preblizu vrijednostima koje se ostvaruju P kodom, u Blok II satelite je ugrađena mogućnost selektivne dostupnosti, a čija je svrha upravo

smanjenje ostvarene navigacijske točnosti s C/A kodom. To se postiže pomoću dva procesa, kvarenjem (drhtanjem) podataka sata satelita (tzv. δ -proces), te manipuliranjem efemerida satelita (tzv. ε -proces). Iznos utjecaja SA na rezultate mjerenja s C/A kodom je nepredvidiv i promjenjiv.

Da bi korisnici, koji su većinom u pokretu, mogli primijeniti primljene informacije za korekciju svojih opažanih pseudoudaljenosti, oba prijamnika moraju simultano opažati najmanje četiri zajednička satelita. Točnost koja se pri tome postiže je znatno bolja nego pri samostalnom opažanju s jednim prijamnikom. Povećana točnost je zasnovana na činjenici da su izvori GPS pogrešaka vrlo slični na udaljenostima do nekoliko stotina kilometara, te da su zato primjenom diferencijalne tehnike pogreške znatno reducirane (pogreške orbita, ionosfera i troposfera, ...) ili eliminirane (pogreške satova satelita i prijamnika). Pogreške koje preostaju kod DGPS-a su šum prijamnika, multipath te utjecaj ionosfere i troposfere kod jednofrekventnih prijamnika.

2.3 Kinematičko relativno pozicioniranje

Kako je ranije navedeno, relativnim pozicioniranjem određuje se položaj nepoznate točke u odnosu na poznatu točku, dok kinematičke metode podrazumijevaju određivanje trajektorije gibanja antene prijamnika u pokretu. Kinematička tehnika je najproduktivnija kada je potrebno odrediti veliki broj točaka na manjem području u što kraćem vremenu. Dok statička tehnika zahtijeva da sateliti promijene poziciju na nebu, dotle to za kinematičku nije potrebno.

Za razliku od statičkog pozicioniranja, kod kinematičkog su koordinate pokretnog prijamnika (B) promjenjive i zavisne od vremena. Tako se u kinematičkom slučaju geometrijska udaljenost dobije iz izraza

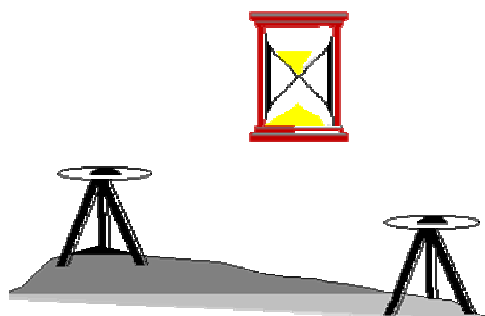
$$\rho_B^j(t) = \sqrt{\left(X^j(t) - X_B(t)\right)^2 + \left(Y^j(t) - Y_B(t)\right)^2 + \left(Z^j(t) - Z_B(t)\right)^2}. \quad (2.3)$$

U ovom modelu tri su koordinate nepoznate u svakoj epohi, te je ukupni broj nepoznanica $4n_t$ za n_t epoha (3 nepoznanice koordinata i kombinirana pogreška satova).

Relativne kinematičke metode podrazumijevaju da je mjerenje potrebno inicijalizirati tj. odrediti početne uvjete za određivanje pozicija (treba odrediti ambiguitete između svakog pojedinog satelita i prijamnika, gdje ambiguiteti predstavljaju cijeli broj valnih duljina između faznih centara antena satelita i prijamnika), što omogućava da trajektorija bude određena s točnošću od nekoliko centimetara. Osnova dobivanja pozicija je da prijamnik mora neprekidno primati signale s minimalno četiri satelita. U slučaju da prijamnik prima signale s manje od četiri satelita potrebno je ponovno inicijalizirati mjerenje. Inicijalizacija mjerenja pri tom je statička ili kinematička.

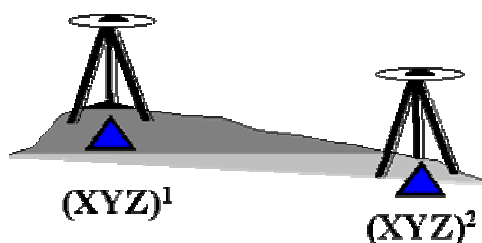
Kod statičke inicijalizacije moguća su tri postupka:

1. Inicijalizacija s poznate točke (pokretni prijamnik smješta se na poznatu točku) (Slika 4).



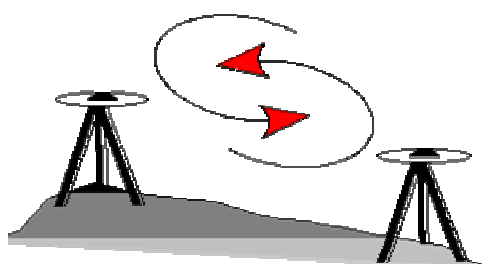
Slika 4: Inicijalizacija s poznate točke

2. Statičko određivanje bazne linije (Slika 5).



Slika 5: Statičko određivanje bazne linije

3. Zamjena antena, zasniva se na zamjeni antena na početnim poznatim točkama, što omogućuje određivanje ambiguiteta u vrlo kratkom vremenu (Slika 6).



Slika 6: Zamjena antena

Kinematička inicijalizacija primjenjuje se u slučajevima kada se neki objekt (prijamnik) kontinuirano giba. Tehnika određivanja ambiguiteta u pokretu naziva se *On-The-Fly determination* (dalje u tekstu OTF). OTF rješenje zahtijeva trenutno određivanje ambiguiteta ili pozicije za svaku epohu. Iako je princip metode vrlo jednostavan, problem predstavlja činjenica da je rješenje potrebno naći brzo, što točnije i pouzdano. OTF tehnika koristi različite algoritme, koji se svi zasnivaju na rješavanju problema u više faza (približavanja), započevši s približnom pozicijom i

njenim poboljšavanjem bilo izjednačenjem najmanjih kvadrata ili primjenom tehnika traženja.

Potreba za smanjenjem broja epoha iz kojih se određuju ambiguiteti smanjuje kod klasičnih metoda pouzdanost određivanja. Kod vrlo kratkih intervala opažanja te metode nisu u stanju fiksirati ambiguitete. Zato se razvijaju algoritmi traženja. Stoga takove tehnike definiraju na osnovu statičkog ili kinematičkog “plivajućeg rješenja” (nefiksirano rješenje) prostor traženja, u kojem su definirane sve cjelobrojne kombinacije ambiguiteta (*Slika 7*).

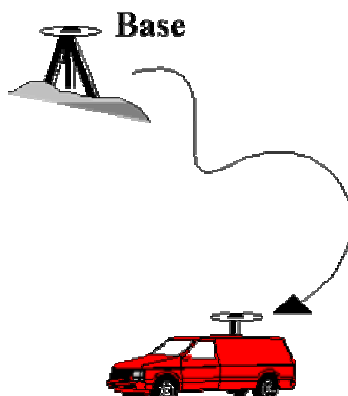


Slika 7: Prostor traženja

Za sve kombinacije ambiguiteta u prostoru traženja se određuju fiksna rješenja. Kao najbolje rješenje uzima se ona kombinacija ambiguiteta koja ima najmanju sumu kvadratnih odstupanja. Kako su razlike tih suma između pojedinih rješenja male, dodatan ju uvjet, na osnovu kojeg se rješenje prihvaća kao fiksno, da najmanja suma kvadrata odstupanja mora biti manja od slijedeće najmanje 2 do 3 puta. Problemi koji se pri tom javljaju su višestruki. Kao prvo, potrebno je definirati što manji prostor traženja bez da se pri tom isključi ispravno rješenje. Veličina prostora ovisi direktno od kvalitete početne pozicije (inicijalizacija), pri čemu do punog izražaja dolazi točnost kodnih mjerenja koja se ovdje koriste upravo za inicijalizaciju. Drugi problem je obrada velikog broja mogućih rješenja. Budući da su tehnike određivanja ambiguiteta zasnovane na algoritmima traženja još u stadiju razvoja, stalno se razvijaju noviji i bolji postupci.

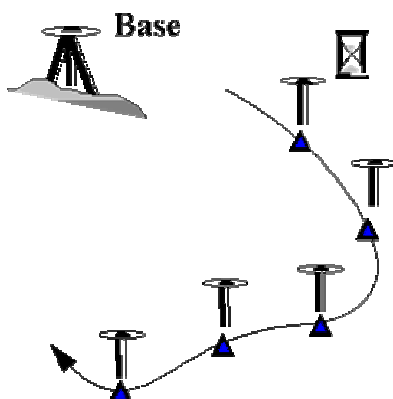
Dvije su moguće primjene kinematičke tehnike:

1. klasično relativno kinematičko mjerenje – kada se za svaku epohu određuje pozicija (Slika 8).



Slika 8: Primjena kinematičkog mjerenja

2. „stop and go” metoda (metoda “stani i kreni”) – koju karakterizira naizmjenično gibanje i stajanje jednog prijemnika sa svrhom određivanja pozicija točaka uzduž neke trajektorije (Slika 9).



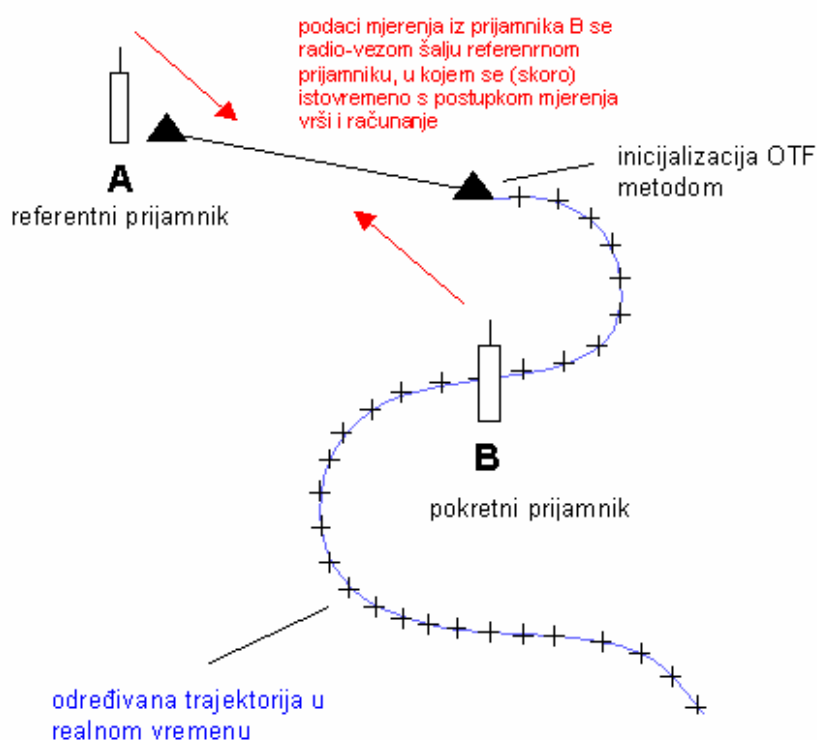
Slika 9: Primjena stop and go metode

Ove tehnike omogućavaju da se na udaljenostima do 20 km postignu točnosti na razini centimetra. Nedostatak kinematičkih tehnika je pored ograničene duljine baznih linija i potreba da se prijam signala minimalno 4 satelita zadrži tijekom cijelog mjerenja. U protivnom potrebno je mjerenje ponovno inicijalizirati, kao što se to čini na početku mjerenja (statički). Zato relativna kinematička mjerenja nisu pogodna za urbanizirana i šumovita područja.

Sa svrhom obrade podataka u stvarnom vremenu razvijena je tehnologija koja omogućuje obradu kinematičkih mjerenja u stvarnom vremenu, koja je detaljno obrađena u sljedećem poglavlju.

2.4 Kinematika u realnom vremenu

Kinematika u realnom vremenu zasniva se na radio-vezi između referentnog i pokretnog prijamnika, kao i primjeni OTF postupaka. Radio-vezom se prebacuju podaci mjerenja do jednog od prijamnika u kojem se (skoro) istovremeno s postupkom mjerenja vrši i računanje korekcija pseudoudaljenosti. Primjena nekog od OTF postupaka osigurava da se mjerenje, i u slučaju gubitka signala s dovoljnog broja satelita, može inicijalizirati u pokretu i nastaviti. To u praksi doslovno znači da je po prolasku kroz tunel, šumu ili usku ulicu moguće u kratkom vremenskom periodu ponovno inicijalizirati mjerenje, što omogućuje prošireni spektar primjena (Slika 10).



Slika 10: Princip GPS-RTK metode pozicioniranja

Kinematika u realnom vremenu omogućuje točnost od nekoliko centimetara, konzervativna procjena kaže $5 \text{ cm} + 5 \text{ ppm}$. Osnovni razlog umanjene točnosti u odnosu na klasičnu kinematiku je da se kod primjene u realnom vremenu javlja novi problem: podaci referentne stanice kasne za vrijeme potrebno za prijenos podataka te se javlja pogreška koja proistječe iz činjenice da se antena u trenutku izračunavanja više nalazi na izračunatoj poziciji. Ova pogreška se, kao i kod DGPS-a naziva *latency* ili pogreška sinkronizacije. Da bi se izbjeglo kašnjenje rezultata moguće je koristiti podatke mjerenja referentne stanice iz prethodne epohe i ekstrapolirati ih u trenutak registracije podataka na pokretnom prijamniku. Ovaj postupak uzrokuje dodatnu pogrešku pozicioniranja. Iznos te pogreške varira u odnosu na vrijeme kašnjenja i postupak predviđanja koji je primijenjen u pojedinom programskom paketu.

Današnji RTK sistemi odlikuju se vrlo kvalitetnim OTF algoritmima koji omogućavaju brzu i pouzdanu inicijalizaciju, a time i visoku učinkovitost mjerenja, kao i visokim ratama registracije mjerenja, od 2 do 10 Hz, što pak omogućava praćenje i kontroliranje visoko dinamičkih gibanja.

Naglašeni problem kod RTK sistema je, pored standardnih GPS boljki, radio-veza, koja je u slučaju lošije kvalitete, značajan ograničavajući faktor.

RTK sistemi funkcioniraju na jednoj ili obje frekvencije. Prednost prvih je da su znatno jeftiniji od drugih sistema, dok im je osnovna mana da ne raspolažu OTF tehnikama inicijalizacije, te se moraju osloniti na druge postupke. Prema Landau et al. (1995), vrijeme potrebno za inicijalizaciju jednofrekventnog i dvofrekventnog RTK sistema istog proizvođača iznosi za prvi sistem prosječno 4 – 8 minuta, a za drugi sistem prosječno 1 minutu.

3 Mjerenje dubina

Općenito se može reći da postoje dvije globalne sfere Zemljine kugle: litosfera i hidrosfera. Njihov spoj predstavlja prirodnu granicu hidrosfere, prvenstveno mora. Prirodna granica litosfere i hidrosfere nije samo obalna linija, vidljiv spoj ova dva medija, nego je to također i morsko dno i sloj atmosfere iznad morske površine. Zato podjednaku važnost u geodeziji, odnosno pomorskoj geodeziji ima istraživanje morske površine, morske mase i morskog dna s podmorjem.

Hidrografija je grana primijenjene znanosti koja se bavi izmjerom i opisom fizičkih karakteristika vodenog dijela površine Zemlje sa pripadajućim obalnim područjima.

Hidrografska izmjera ima za cilj odrediti podatke koji se odnose na masu (tijelo) vode. Sama izmjera može se sastojati od nekoliko parametara: dubine, konfiguracije i prirode dna, smjera i brzine struje, visine i vremena morskih mijena, te pozicije topografskih karakteristika i stalnih objekata za potrebe izmjere i navigacije.

Glavni zadatak hidrografskih mjerenja je prikazati reljef morskog, riječnog, jezerskog dna, uključujući sve karakteristike dna, prirodne ili umjetne. Dakle, treba prikazati prirodu dna na način sličan topografskim kartama kopnenih područja.

Reljef morskog dna se prikazuje temeljem podataka hidrografske izmjere, koja je zapravo nastavak geodetskih i topografskih radova s kopna na vodu (oceane, jezera, mora i rijeke), a može se reći da mjerenja dubina odgovaraju tahimetrijskim radovima na kopnu. Naravno postoji velika razlika između hidrografske izmjere i izmjere kopna. Na kopnu su topografski oblici vidljivi, te je moguće snimiti karakteristične točke reljefa, dok je morsko dno skriveno pod vodom, pa se hidrografska izmjera izvodi po unaprijed planiranom rasteru linija ili što je rjeđi slučaj, metodom razbacanih točaka. Gustoća rastera linija ovisi o dubini mora i karakteristikama akvatorija.

Dva su faktora koji definiraju poziciju pojedine točke na Zemljinoj površini, a za hidrografska mjerenja to su:

- **horizontalni položaj točke**, kao geodetska širina i duljina, kartezijske koordinate u nekoj mreži ili kut i dužina sa neke poznate kontrolne točke,
- **dubina točke ispod površine vode**, korigirana za vertikalnu udaljenost između točke mjerenja i nivoa vode te za visinu plime iznad datuma ili referentnog nivoa na koji se dubine odnose.

Problem koji se javlja je kako primijeniti ove faktore da bi se dobila slikovita prezentacija reljefa dna.

Batimetrija je određivanje dubina mora, rijeka i jezera. Dakle, u batimetriji je predmet istraživanja dno, te njegov prikaz. Obično se prvo odredi horizontalna pozicija plovila, a zatim udaljenost između plovila i dna, odnosno dubina.

Dubina je vertikalna udaljenost od trenutne vodene površine do dna. Dubine se mogu mjeriti direktno ili indirektno.

- **direktno mjerenje dubina:**

- ⇒ *ručni dubinomjer*

- ⇒ *dubinomjerni uređaj*

- **indirektno mjerenje dubina:**

- ⇒ *ultrazvučni dubinomjer (echo-sounder)*

Direktno mjerenje dubina više se ne primjenjuje. Indirektno mjerenje je mjerenje drugih fizikalnih veličina temeljem kojih se posredno određuje dubina. U suvremenim hidrografskim mjerenjima dubina se određuje mjerenjem vremenskog intervala između odaslano zvučnog signala i prijama njegove jeke (echo) koja nastaje odbijanjem akustičnog signala od dna.

Važno je napomenuti da razina vode oscilira, pa su i dubine promjenjive veličine, te je potrebno uskladiti mjerenje dubina s promatranim vodostajem na području premjeravanja. Za sigurnost plovidbe svakako su najznačajnije minimalne vrijednosti izmjerenih dubina. Zadovoljenje ovog važnog uvjeta postiže se reduciranjem mjerenih dubina na nivo hidrografske nule.

Voda nije nepokretna masa i nehomogena je u fizičkom, kemijskom i tehničkom smislu. Poznato je od davnina da se zvuk širi kroz vodu. Voda kao medij ima svoje karakteristične utjecaje na širenje svih poznatih valova, pa tako i na zvučne. Francuski fizičar Dominique Francois Jean Argo se 1804. počeo baviti tom problematikom. Colladon i Sturm su na Genevskom jezeru 1827. mjerili udaljenost pod vodom. Fasden R. A. iz SAD-a konstruirao je uređaj koji pretvara izmjereno vrijeme u dubinu. Nekoliko godina kasnije, Francuzi Langevin i Chilowsky konstruirali su uređaj za mjerenje dubina ultrazvučnom frekvencijom (iznad čujnog spektra uha, iznad 1600 Hz). Ovaj uređaj je važan jer predstavlja polazište za razvoj ultrazvučnih uređaja do današnjih dana.

3.1 Osnove podvodne akustike

Akustika je znanost o zvuku, dio mehanike koji se bavi titranjem čestica i valovima u elastičnim sredstvima. Akustika se definira kao stvaranje, prenošenje i prijam energije u obliku titrajućih valova u tvari. Razmještanje atoma ili molekula, neke tekućine ili krute tvari, od njihove normalne konfiguracije uzrokuje unutarnja povratna sila npr. elastična sila ili pritisak tekućine. Najpoznatiji akustički fenomen je zvučni val (koji je longitudinalan). Tijekom prolaska zvučnog vala kroz odgovarajući medij, djelići tog medija titraju i tako uzrokuju promjenu gustoće i tlaka duž puta tog vala.

Zvuk je titranje tlaka ili pomak čestica u mediju s unutrašnjim silama, tj. on je titrajući poremećaj sa frekvencijama $20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$. Akustički intenzitet zvučnog vala definira se kao prosječna vrijednost strujanja energije kroz jedinicu

površine u smjeru širenja vala. U SI –sustavu, intenzitet (*intensity* - I) se izražava u Watt/m^2 . U akustici postoje tri kategorije longitudinalnih mehaničkih valova i to su:

- **audio valovi** – zvučni valovi u području osjetljivosti ljudskog uha, tj. od 20 Hz do 20 kHz
- **infrazvučni valovi** – longitudinalni valovi sa frekvencijama ispod raspona audio valova, tj. < 20 Hz (to su npr. seizmički valovi)
- **ultrazvučni valovi** – longitudinalni valovi sa frekvencijama iznad raspona audio valova, tj. > 20 kHz (to su npr. vibracije kristala kvarca)

Intenzitet audio valova je u rasponu od 10^{-12} do 10^1 W/m^2 . Da ne bi bilo tih brojeva sa eksponentima upotrebljava se logaritamska skala. Najčešće korištena logaritamska skala kojom se opisuje razina zvuka je skala decibela. Razina intenziteta (*intensity level* - IL) jačine zvuka I definirana se tada na slijedeći način:

$$IL = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \quad [\text{dB}], \quad (3.1)$$

gdje je I_{ref} referentni intenzitet. Obično se uzima da je on, za zvukove koji se šire zrakom, 10^{-12} W/m^2 (što se podudara sa donjom granicom ljudske čujnosti).

Brzina zvuka

Tlak je fizikalna veličina koja opisuje djelovanje određene sile na plohu, definira se omjerom sile F koja djeluje okomito na plohu ploštine A , jedinica za tlak u SI sustavu je *Pascal*.

$$P = \frac{F}{A} \quad [1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa (SI)}] \quad (3.2)$$

Stres je veličina proporcionalna deformaciji, to je vanjska sila po jedinici neke površine koja djeluje na objekt. Stres je ekvivalentan tlaku.

$$\text{Stres} = \frac{F}{A} \quad [\text{sila / površina}] \quad (3.3)$$

Možemo razlikovati dvije osnovne vrste stresa, i to: stres koji rasteže i stres koji sažima.

Naprezanje je mjera stupnja deformacije, uzrokovane djelovanjem stresa na neki objekt. Naprezanje se definira kao:

$$\text{Naprezanje} = \frac{\Delta L}{L}. \quad (3.4)$$

Hook-ov zakon

Glasi: za neko elastično tijelo povratna sila je linearno proporcionalna pomaku. Ovo vrijedi za dovoljno male stresove. Za dovoljno male stresove vrijedi da je stres proporcionalan naprezanju. Konstantu proporcionalnosti u tom slučaju nazivamo *modul elastičnosti*. On ovisi o materijalu deformiranog tijela te o prirodi deformacije.

$$\text{Modul elastičnosti} = \frac{\text{stres}}{\text{naprezanje}} \quad (3.5)$$

Možemo razmatrati tri tipa deformacija, gdje svaka ima svoj specifični modul elastičnosti:

- **Young-ov modul Y** (elastičnost u duljini), mjerilo otpornosti krutog tijela na promjenu u duljini. Young-ov modul je definiran kao:

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{P}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{\text{rastezni stres}}{\text{rastežno naprezanje}}, \quad (3.6)$$

gdje je ΔL deformacija duljine, a L je originalna duljina. Young-ov modul se iskazuje u istim jedinicama kao i tlak, tj. jedinica mu je *Pascal*.

- **Modul smicanja S** (elastičnost oblika), mjerilo otpornosti gibanja površina krutog tijela, koje klizeći prolaze jedna pored druge. Definira se kao:

$$S = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta x}{h}} = \frac{P}{\frac{\Delta x}{h}} = \frac{\text{smicajući stres}}{\text{smicajuće naprezanje}}, \quad (3.7)$$

gdje je Δx horizontalna udaljenost smičućih površina, a h je visina objekta. S se također izražava u *Pascal-ima*.

- **Modul volumena B** (elastičnost u volumenu), mjerilo otpornosti krutog tijela ili tekućine na promjene u volumenu. Definira se kao:

$$B = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{-\Delta V}{V}} = \frac{P}{\frac{-\Delta V}{V}} = \frac{\text{volumni stres}}{\text{volumno naprezanje}}, \quad (3.8)$$

gdje je ΔV promjena u volumenu, a V je originalan volumen. B se također izražava u jedinicama tlaka (Pa).

Akustični valovi su valovi pritiska koji putuju kroz medij koji se može stisnuti, npr. zrak. Brzina akustičnih valova ovisi o sposobnošću stiskanja medija kroz koji putuju, te o inerciji medija. U čvrstim tvarima, brzina c akustičnih valova je:

$$c = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}, \quad (3.9)$$

dok u tekućinama i u plinovima ona iznosi

$$c = \sqrt{\frac{B}{\rho}}. \quad (3.10)$$

U ovim formulama ρ predstavlja izjednačenu gustoću medija.

Brzina zvuka u vodi:

- ⇒ varira s dubinom, godišnjim dobom, geografskim položajem i vremenom
- ⇒ ona se može izraziti kao funkcija temperature, tlaka i slanosti (ovi parametri utječu na volumen medija)
- ⇒ s porastom temperature, slanosti i dubine raste i brzina zvuka
- ⇒ za određivanje brzine zvuka u moru obično se koriste batitermograf i brzinomjer

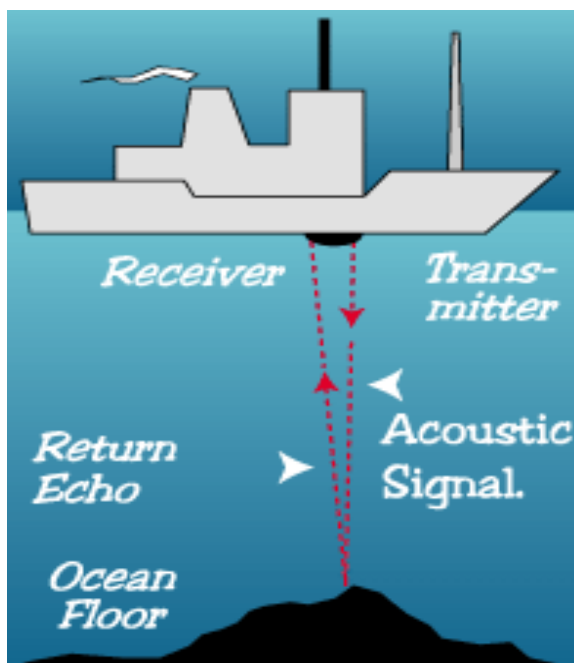
3.2 Ultrazvučni dubinomjer – echo-sounder

Echo-sounder je uređaj koji određuje dubinu na osnovu emitiranog akustičkog impulsa, sa transducer-a (emitera), koji onda putuje kroz stupac vode, reflektira se od cilja (dna), te se vraća na hidrofon. Povratni eho se pojačava i zatim kontinuirano snima. Dubina se računa iz izmjerenog vremena putovanja akustičkog impulsa Δt :

$$d = \frac{\Delta t c_{zv}}{2}, \quad (3.11)$$

gdje je c_{zv} brzina zvuka u vodi.

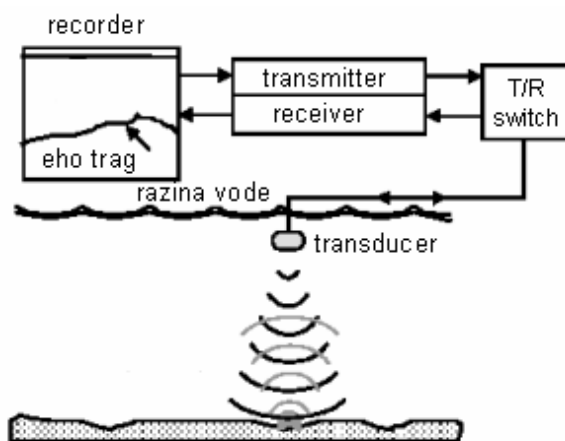
Odašiljanje i primanje impulsa osigurano je običnim elektro-akustičkim pretvaračem ili transducerom koji pretvara mehaničke u električne vibracije iste frekvencije. Dodan na električni pulsni generator, transducer pretvara električnu energiju u akustičnu energiju odašiljanja, a reflektirani akustični signal je pretvoren u električni signal (*Slika 11*).



Slika 11: Princip mjerenja dubina echo-sounder-om

Osnovne komponente koje čine echo-sounder su (Slika 12):

- **transducer** – *pretvarač*, pretvara električni u akustični signal, šalje akustični signal u vodu, prima eho i pretvara ga u električni signal
- **T/R (transmitter/receiver) switch** – *sklopka*, regulira duljinu impulsa
- **transmitter** – *odašiljač*, generira električne impulse
- **receiver** – *prijamnik*, pojačava primljeni eho-signal, te ga potom šalje u sustav za snimanje
- **recorder** – *kontrolna stanica*, kontrolira odašiljanje signala, mjeri vrijeme putovanja akustičkog signala, pohranjuje podatke i računa udaljenosti iz vremena



Slika 12: Osnovni dijelovi echo-sounder-a

Transducer

Transducer je jedan od najbitnijih elemenata echo-sounder-a, postavljen je na oplatu plovila i u stalnom je kontaktu s vodom. Njegove funkcije su:

- pretvaranje električnog u akustični signal
- odašiljanje akustičnog signala u vodu
- prihvaćanje eha odbijenog akustičnog signala

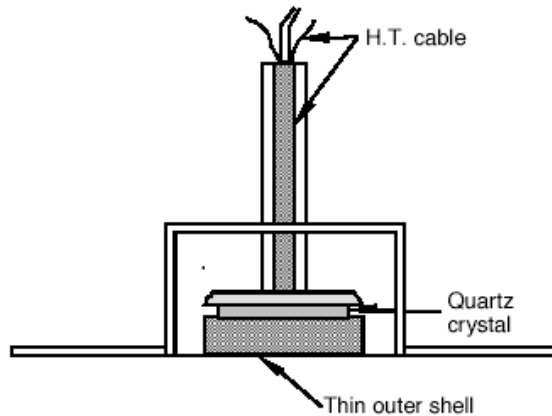
Najšire upotrebljavani transducери su bazirani na piezoelektričnim osobinama određenih keramika (barij, titanat, cirkonat). Najčešće se koriste tri tipa transducera i to transducери izvedeni od magnetootpornog materijala, piezoelektrični transducери i elektrootporni transducери. Sva tri tipa transducera rade na sličnom principu. Električni puls iz odašiljača (transmitter-a) uzrokuje vibriranje dijafragme transducer-a na određenoj rezonantnoj frekvenciji. Te vibracije, odaslane kroz vodu se ponašaju kao zvučni impulsi na osnovu kojih se

odbijanjem od dna stvara jeka koja se opet registrira u svrhu dobivanja mjerene dubine.

Dijafragma može biti izvedena od različitih materijala sa različitim svojstvima, neke od tih dijafragmi su:

- *magnetska* – koristi svojstvo magnetootpornog materijala (npr. nikal) da mijenja duljinu u prisustvu magnetskog polja
- *piezoelektrična* – piezoelektricitet je pojava električnog naboja na površini prirodnog dielektrika kad se na njega djeluje nekom mehaničkom silom; znači ova dijafragma koristi svojstva određenih kristala (kvarc) ili keramika (barij, titanat, cirkonat), koji su dielektrici, da mijenjaju duljinu pri pojavi naboja na njihovoj površini
- *električna* – neke keramike mijenjaju duljinu kada se nalaze u električnom polju

S obzirom na korištenu izvedbu dijafragme, postoje i različite vrste transducer-a. Najšire upotrebljavani transduceri su oni bazirani na piezoelektričnim osobinama određenih keramika (*Slika 13*), iako s obzirom na korištenu izvedbu dijafragme, postoje i različite vrste transducer-a, različitih dimenzija i izgleda (*Slika 14*).



Slika 13: Piezoelektrični transducer

LOAD CELL			
CLP-KA/CLP-KB	CLP-B	CLP-B-D	CLG-B
CLM-B	CLU-A	CLU-A-D	CLC-A
CLF/CLF-B	CLS-KA	TCLP-KA/TCLP-KB	TCLP-B
TCLP-B-D	TCLZ-KA	TCLU-A	TCLU-A-D
TCLM-B	KC-B	KC-M	TLP-B
TLP-B-D	TKA-A	LT-KA	LT-KB

Slika 14: Različite vrste transducer-a

Optimalni raspon frekvencija, koji zavisi o dubini vode i prirodi dna je između 15kHz i 200 kHz, ovisno o tipu uređaja. Što je viša frekvencija to je bolja apsorpcija. Transducere su dakle karakterizirani sa svojom nominalnom frekvencijom, usmjerenosti i jakosti zračenja. Usmjerivost transducer-a odgovara kutu odaslanog signala. Za precizne eho-sondere, koji se koriste u batimetriji, zvučni snop je relativno uzak.

Transducere karakteriziraju njihova nominalna frekvencija, širina snopa (usmjerenost) i jakost zračenja (nivo emitiranja). Nominalna frekvencija odgovara frekvenciji emitiranja pod stalnim poticajem (rezonancijom).

Tipične vrijednosti su:

- za standardne echo-sondere: 10-20° na 30-50 kHz
- za širokopojasne echo-sondere, korištene u velikim dubinama :3-6° na 15-30 kHz.

Nivo emitiranja transducer-a mjeri se za emitiranu energiju duž osi emitiranja, mjereno na metar udaljenosti. Visok nivo za istu električnu energiju znak je bolje učinkovitosti.

T/R switch (transmitter/receiver prekidač)

Ova sklopka se koristi kako bi se propuštali pulsevi određene duljine. Uobičajene duljine pulsa variraju od 0.1 do 50 ms.

U plitkim vodama, samo jedan kratki puls dužine 0.2 ms se odašilje i biva primljen prije nego se pošalje sljedeći puls. Dok se u dubokim vodama generira više pulseva, čije duljine variraju od 1 do 40 ms, i putuju kroz vodu u isto vrijeme. Raznolikost duljina pulseva omogućava da se prevladaju gubici koji nastaju zbog slabljenja signala.

Transmitter

Transmitter je opremljen kvarcnim satom koji oscilira u rasponu 1 – 10 MHz, čija je frekvencija podijeljena kako bi sadržavala radnu frekvenciju transducer-a. Kvarcni sat također služi i za mjerenje vremenskih intervala između odašiljanja i primanja akustičnih signala.

Današnji echo-sunderi obično pružaju mogućnost odabira dvije ili tri različite frekvencije odašiljanja:

- **niska frekvencija** – pogodna za snimanje u dubokim vodama jer je slabljenje signala sporije, ali zahtijeva veliki transducer
- **visoka frekvencija** – transducer može biti manji, kompaktniji, ali je ograničen domet snimanja s obzirom na brže slabljenje signala

Receiver

Receiver pojačava povratni eho-signal, te ga proslijeđuje u sustav za snimanje. Receiver je opremljen sa TVG-om (*time varied gain*), koji se koristi da bi se smanjio šum odmah nakon odašiljanja, u svrhu filtriranja jeke. Šum se dobije kao eksponencijalna funkcija vremena. Raspon frekvencija receivera mora biti dovoljno velik kako bi se izgladio Dopplerovski pomak.

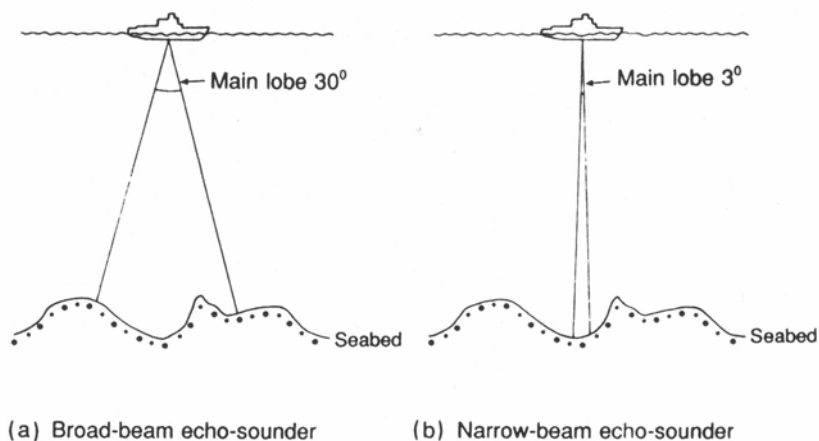
3.2.1 Vrste echo-sunder-a

Echo-sundere možemo podijeliti prema različitim kriterijima, tako ih dijelimo:

- **prema broju frekvencija** - na jednofrekventne i dvofrekventne
- **prema broju kanala** – jednokanalne ili dvokanalne, gdje dvokanalni mogu odašiljati istovremeno dvije frekvencije (cijena im je visoka)
- **prema broju snopova** – jednosnopni ili višesnopni sustavi

3.2.1.1 Jednosnopni echo-sunderi

Skraćeno se nazivaju SBES (single beam echo-sounders). Širina snopa jednog konvencionalnog echo-sundera obično je reda veličine 30° . No, također postoje i uskosnopni echo-sunderi širine $\beta \leq 5^\circ$ (Slika 15).



Slika 15: Konvencionalni i uskosnopni echo-sounder

Uskosnopni echo-sunderi zahtijevaju mehaničku i elektroničku stabilizaciju transducer-a da bi mogli ispravno funkcionirati. Stabilizacija je potrebna zbog posrtanja i ljuljanja broda. Uskosnopni echo-sunderi koriste se za:

- dobivanje dubina direktno ispod broda, jer su na taj način izbjegnute pogreške širokih snopova prouzrokovane strmom topografijom dna, odnosno znatno se smanjuju bočni šumovi (echo-i) i povećava rezolucija, a mogu se koristiti bilo za sigurnost plovidbe bilo za kartiranje dna.
- poboljšavanje kvalitete dobivenih podataka, što se odnosi i na rezoluciju i na točnost.

Glavna zraka transducer-a koja je stožastog oblika širine snopa 40° pri dubini 5000m ima stopu dijametra 3,6km, dok zraka širine snopa $1^\circ = 0,087$ km.

Da bi se dobio uski snop na maloj frekvenciji, potrebni su transduceri velikih dimenzija, te tako oprema postaje masivnija i skuplja. Uskosnopni echo-sunderi nam ne daju informacije o topografiji koja se nalazi sa strana brodu, već samo o topografiji direktno ispod broda. Stoga se oni ponekad koriste kao nadopuna širokosnopnim sustavima.

3.2.1.2 Višesnopni echo-sunderi

Za pokrivanje velikih oceanskih površina obični echo-sunder s jednom zrakom nije dovoljan pa su razvijeni sustavi koji ne pokrivaju samo područja ispod broda već i bočna područja. Skraćeno se nazivaju MBES (multi-beam echo sounders). Koriste se da bi dobili bolju prekrivenost dna, a posljedica toga je i povećanje produktivnosti. Svaki uski snop proizveden unutar višesnopnog sustava ima rezoluciju koja odgovara rezoluciji jednosnopnog echo-sundera. Točnost mjerenja im nije ništa bolja nego kod jednosnopnih echo-sundera, štoviše točnost im opada sa povećanjem “swath” kuta (to je kut između dvije glavne osi dva odašlana snopa). Višesnopni echo-sunderi dijele se u dvije grupe: *swath* i *sweep* sistemi.

Swath sistemi proizvode višestruke akustične snopove iz jednog jedinog transducer-a (iako se ponekad koriste i dvotransducerski sistemi, te su ponekad odašiljač i prijamnik odvojeni).

Sweep sistemi se sastoje od reda jednosnopnih echo-sundera. Taj red montiran je na brodobranu okomito u odnosu na površinu vozila, te su echo-sunderi pravilno raspoređeni na obje strane vozila (*Slika 16*). Princip rada ovih sistema puno je jednostavniji od rada *swath* sistema.



Slika 16: Otisak višesnopnog echo-sundera

Također postoje i tzv. *side-scan sonari*, to je zapravo transducer montiran koso u odnosu na glavnu os broda. Osnovna upotreba side-scan sonara je za interpretaciju linija snimanja izvedenih pomoću jednosnopnih echo-sundera. Mogu se koristiti i za detekciju sitnih prepreka opasnih za navigaciju, čak i ako se radi sa višesnopnim sustavima. Naveliko se koriste za luke i navigaciju kroz kanale da bi se osigurala detekcija prepreka koje se nalaze između snimljenih linija.

Za geodetske potrebe najčešće se koriste jednosnopni, jednokanalni, dvofrekventni echo-sunderi.

4 Kombinacija mjerenja i njihova transformacija

Danas je moguća integracija različitih senzora u jedinstveni mjerni sustav, kao i zajednička obrada njihovih opažanja. To omogućuje pridobivanje boljih, točnijih, pouzdanijih, ali i posve novih informacija. Cilj integracije senzora pritom je da se tražene informacije zahtijevane kakvoće odrede maksimalno efikasno uz minimalne troškove. Stupanj integracije senzora može u ovisnosti od zadatka biti različit. U pojedinim slučajevima neki senzor može poslužiti samo kao nadopuna (kontrola) drugog senzora, dok je u drugim slučajevima tek integracijom dva ili više senzora moguće dobiti željene informacije.

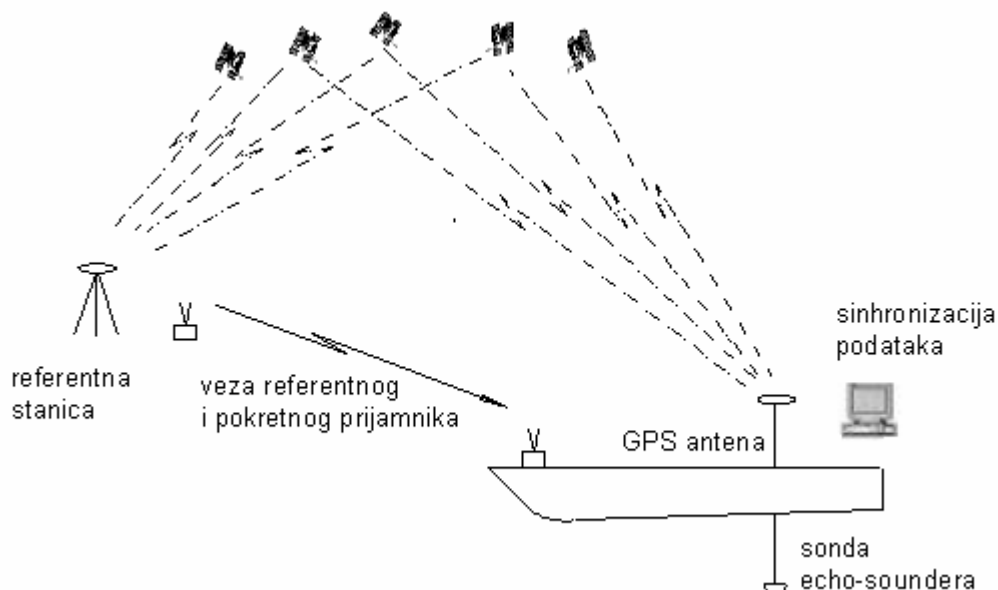
Kod integracije različitih senzora potrebno je definirati koordinatne sustave u kojima pojedini senzori rade i transformacije između njih, riješiti tehničke probleme integracije različitih uređaja i problem modeliranja raznovrsnih mjerenja. Pritom razlikujemo dinamičko i kinematičko modeliranje.

Rezultati GPS mjerenja, bez obzira o kojoj je metodi riječ, mogu se, po izvršenoj transformaciji u sustav koordinata koji je definiran za bazu podataka, direktno unositi i koristiti. Pritom su GPS mjerenja upotrebljiva za određivanje preciznih položajnih koordinata pojedinačnih točaka (relativna statička ili brza statička metoda) ili koordinata niza točaka (relativna kinematička ili DGPS metoda). Isto tako mogu se koristiti u navigacijske svrhe (DGPS, RTK ili apsolutna mjerenja). Prednosti korištenja GPS-a kao direktnog izvora podataka su, pored brzog pribavljanja prostornih koordinata, četvrta dimenzija koju daje GPS kao direktno mjerenu veličinu, a to je vrijeme, te indirektna veličine kao što su azimut i brzina gibanja između dvije točke, te ocjena točnosti.

GPS se kao izvor podataka javlja u funkciji kontrolnog senzora za druge vrste mjerenja. Tako se GPS prijamnici koriste danas u satelitima i avionima za daljinska opažanja kao senzori koji daju pouzdanu prostornu informaciju o poziciji kamere u trenutku snimanja svakog pojedinog snimka, kao i kod hidrografskih mjerenja za definiranje pozicije hidrografskog uređaja, što je za ovaj rad od najveće važnosti.

4.1 Kombinacija GPS-a i echo-sounder-a

GPS sustav, koji daje visokotočnu poziciju u WGS-84 koordinatama, kombinira se sa sustavom ultrazvučnog dubinomjera, koji daje iznose dubine za odnosnu diskretnu točku (*Slika 17*). Ova dva sustava povezuju se na taj način da se diskretnoj točki na kojoj je izmjerena dubina dodjeli pozicija dobivena metodom satelitskog pozicioniranja, konkretno GPS-RTK metodom koja je prikazana u prijašnjim poglavljima ovog rada.



Slika 17: Kombinacija GPS/RTK mjerenja i echo-soundera

GPS antena postavljena je na nosač učvršćen na bočnu stranu broda kojim su izvedena hidrografska mjerenja po određenim putanjama. Na isti nosač postavljena je i sonda ultrazvučnog dubinomjera. Pomak (*offset*) između faznog centra GPS antene i sonde echo-soundera određuje se po uspostavi sustava, a u slučaju mjerenja za potrebe izrade u daljnjem tekstu spomenutog projekta (vidjeti poglavlje 6) bilo je tim lakše što nije bilo planiranih pomaka. Sva su mjerenja u realnom vremenu, budući da se u ovom slučaju radi o RTK metodi pozicioniranja, korigirana su za vrijednost tog vertikalnog pomaka. Čamac sa sustavom GPS-RTK/echo-sounder plovi po linijama snimanja i u unaprijed određenim vremenskim intervalima sustav registrira horizontalnu poziciju i dubinu.

Dakle, sustav omogućuje dobivanje prostornih podataka o poziciji GPS metodom kojima se za svaki trenutak opažanja pridružuje dubina dobivena echo-sounderom za taj isti trenutak mjerenja. Oba uređaja su povezana sa PC-računalom u kojem se pomoću kontrolnog softvera sinkroniziraju podaci dobiveni sa oba sustava.

4.2 Hidrografska mjerenja i državni koordinatni sustav

Ranije je objašnjena integracija GPS i hidrografskih sustava. Uz pomoć GPS sustava dobiju se podaci položaja u WGS84 (*World Geodetic System 1984 – Svjetski geodetski sustav 1984*) koordinatnom sustavu, a uz pomoć hidrografskog sustava dubine. Da bi se dobiveni podaci mogli koristiti kasnije npr. u kombinaciji s već postojećim podacima, potrebno ih je transformirati iz WGS84 sustava u Gauss-Krügerov koordinatni sustav koji je trenutno službeni i važeći sustav za naše prostore.

4.2.1 Definicija geodetskog datuma

Geodetski datum je matematička reprezentacija veličine i oblika Zemlje, a predstavljena je skupom parametara koji definiraju oblik referentne plohe, kao i položaj Zemljinog tijela u prostoru. Geodetski datum može biti lokalni ili globalni (geocentrički). Može se reći da geodetski datum definira položaj nekog lokalnog trodimenzionalnog kartezijevog koordinatnog sustava u odnosu na neki globalni koordinatni sustav.

Veza između takva dva sustava uspostavlja se pomoću sedam parametara: tri komponente c_1, c_2, c_3 vektora translacije, tri parametra $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ prostorne rotacijske matrice R i jednog parametra mjerila μ . Pritom se podrazumijeva da se radi o dva homogena sustava, te da provedena transformacija vrijedi s jednakom pogreškom za sve točke definirane u lokalnom sustavu.

Lokalni trodimenzionalni sustav kod nas je Hrvatski državni koordinatni sustav (HDKS) koji je zasnovan na triangulacijskim mjerenjima Vojno-geografskog instituta iz Beča 1901. godine, a koja su kasnije dopunjena. U mrežama su mjereni kutovi, kasnije i dužine, a računanja su provedena na Besselovom elipsoidu s ishodišnim točkom Hermanskögel kraj Beča. Besselov elipsoid je dvoosni rotacioni elipsoid jednoznačno definiran dimenzijama velike i male poluosi još iz 1841. godine. Usvojena projekcija je Gauss-Krügerova konformna poprečna cilindrična projekcija. Teritorij Hrvatske preslikan je u dvije zone s ishodišnim meridijanima 15° (5. zona) i 16° (6. zona) i mjerilom preslikavanja $m_0=0,9999$.

International Terrestrial Reference Frame (Međunarodni terestrički referentni okvir - ITRF) je sustav nastao na osnovu visokopreciznih satelitskih mjernih tehnika (SLR, VLBI, LLR i GPS). Geodetske znanstvene ustanove iz cijelog svijeta skupljaju te podatke na oko 150 točaka diljem svijeta i šalju ih u *International Earth Rotation Service* (Međunarodni servis za rotaciju Zemlje – IERS), koji kombinira sva ta mjerenja i računa zajedničko rješenje za jednu godinu. ITRF sustav baziran je na elipsoidu GRS80 (*Geodetic Reference System 1980 – Geodetski referentni sustav 1980*). A taj je opet elipsoid korišten kao osnova za definiranje WGS84 elipsoida, koji se trenutno koristi za GPS navigacijski sustav. Današnji globalni datumi realizirani su na WGS84 elipsoidu i označeni su oznakom ITRF ili ETRF i godinom realizacije. Za cijelu Europu od velike je važnosti ETRF-89 datum, koji je referentan za Europsku referentnu mrežu EUREF koja je datirana s epohom 1989.0. Za Hrvatsku je također od velikog značaja međunarodni referentni datum ITRF-94, u kojem je izmjerena i obrađena hrvatska referentna GPS mreža (CROREF'96).

Parametri Besselovog i WGS84 elipsoida dobro su poznati (*Tablica 2 i Tablica 3*), kao što su poznati i parametri transformacije između globalnih datuma na WGS84 elipsoidu. Njih godišnje, u svojim tehničkim izvješćima objavljuje Međunarodni servis za rotaciju Zemlje (IERS) sa sjedištem u Parizu.

PARAMETRI	NUMERIČKI IZNOSI
$a =$	6 377 397.155 08 m
$b =$	6 356 078.962 90 m
$e^2 =$	$6.674\,372\,231\,15 \cdot 10^{-3}$
$e'^2 =$	$6.719\,218\,798\,52 \cdot 10^{-3}$
$f =$	$3.342\,773\,181\,85 \cdot 10^{-3}$
$n =$	$1.674\,184\,800\,95 \cdot 10^{-3}$

Tablica 2: Parametri Besselovog elipsoida

PARAMETRI	NUMERIČKI IZNOSI
$a =$	6 378 137.000 00 m
$C_{2,0} =$	$-484.166\,85 \cdot 10^{-6}$
$\omega_e =$	$7\,292\,115 \cdot 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$
$GM =$	$3\,986\,005 \cdot 10^8 \text{ m}^3 \text{s}^{-2}$
$b =$	6 356 752.314 25 m
$f =$	$3.352\,810\,664\,74 \cdot 10^{-3}$
$n =$	$1.679\,220\,386\,38 \cdot 10^{-3}$
$e^2 =$	$6.694\,379\,990\,13 \cdot 10^{-3}$
$e'^2 =$	$6.739\,496\,742\,26 \cdot 10^{-3}$

Tablica 3: Parametri WGS84 elipsoida

Službenih transformacijskih parametara između globalnih datuma i HDKS-a zasada nema, pa se transformacijski parametri računaju za potrebe rješavanja nekog zadatka.

Jednoznačna transformacija datuma izvodi se trodimenzionalnom transformacijom koja je definirana sa sedam parametara, no kako su u klasičnim geodetskim državnim mrežama položajni i visinski datumi odvojeno definirani, nacionalni datum se može podijeliti na položajni i visinski. U tom slučaju, transformacija položajnog datuma provodi se u sustavu ravninskih koordinata uz pomoć dvodimenzionalne transformacije, a transformacija visinskog datuma uz pomoć jednodimenzionalne transformacije.

5 Morsko tehničke konstrukcije

Neke od navedenih metoda u prijašnjim poglavljima našle su svoju primjenu pri izgradnji morsko tehničkih konstrukcija. Obalne građevine o kojima će biti riječi u ovom poglavlju su vrlo važan faktor za ekonomsko napredovanje mnogih obalnih regija, a osim toga važne su i za:

- zaštitu luka i uvala koje se nalaze na važnim trgovačkim pravcima
- zaštitu obalne infrastrukture
- zaštitu plaža i nepromjenjivosti morske obale
- zaštitu obalnih zajednica, mostova, cesta i dr.
- zaštitu od poplava

5.1 Luke i marine

Prirodno ili umjetno zaštićeni akvatorij:

- s funkcionalno pridruženim teritorijem
- s izgrađenim i neizgrađenim obalama
- s prekrcajnim uređajima za robu i putnike, sa skladištima za združivanje i preradu robe
- s akvatorijem za pristajanje, okretanje, boravak i zaštitu brodova

Prema mjestu luka može biti na moru, rijeci, kanalu, jezeru čiji se akvatorij sastoji od jednog ili više zaštićenih lučkih bazena, kod luke dominiraju prometne funkcije, no osim toga one imaju zaštitnu, opskrbnu i servisnu funkciju. U prometnom smislu luka je čvorište tj. organizirano sjecište svih prometnih vidova (ceste, željeznice, unutarnji plovni putovi), to se postiže izgradnjom brodskih vezova s pripadnim operativnim obalama na kojima su brodovi posluženi prekrcajnom mehanizacijom i ostalim lučkim uređajima. U navigacijskom smislu luka je pojam zaštićenosti od nepogoda bez obzira imaju li izgrađene prekrcajne uređaje ili ne.

Marina je dio morskog prostora i obale posebno izgrađen i uređen za pružanje usluga veza i čuvanja plovniha objekata, te smještaja gostiju u plovnim objektima ili u smještajnim objektima marine. U marinama se mogu pružati i druge usluge, među kojima se ističu ugostiteljske usluge i usluge održavanja plovila. Marine su kategorizirane po kvaliteti opreme i uređenja, razini usluga i njihovoj raznovrsnosti, brojnosti drugih usluga i sadržaja na raspolaganju u neposrednoj blizini marine, te kakvoći održavanja marine u cjelini. U skladu s tim marine su kategorizirane u tri kategorije, pri čemu su marine prve kategorije one koje pružaju najvišu razinu usluge.

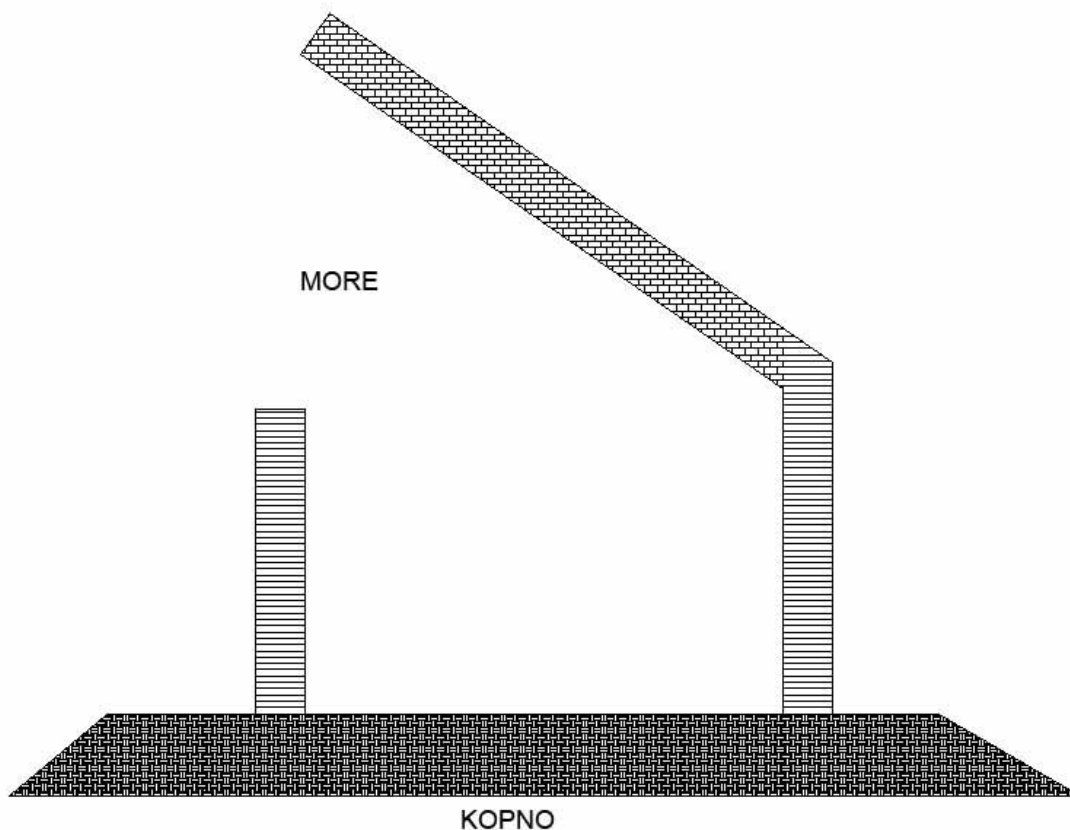
5.1.1 Luke

Prema prometnom supstratu koji luka pokriva dijele se luke na obične i specijalizirane, a one koje se ne bave prometom nazivaju se posebne.

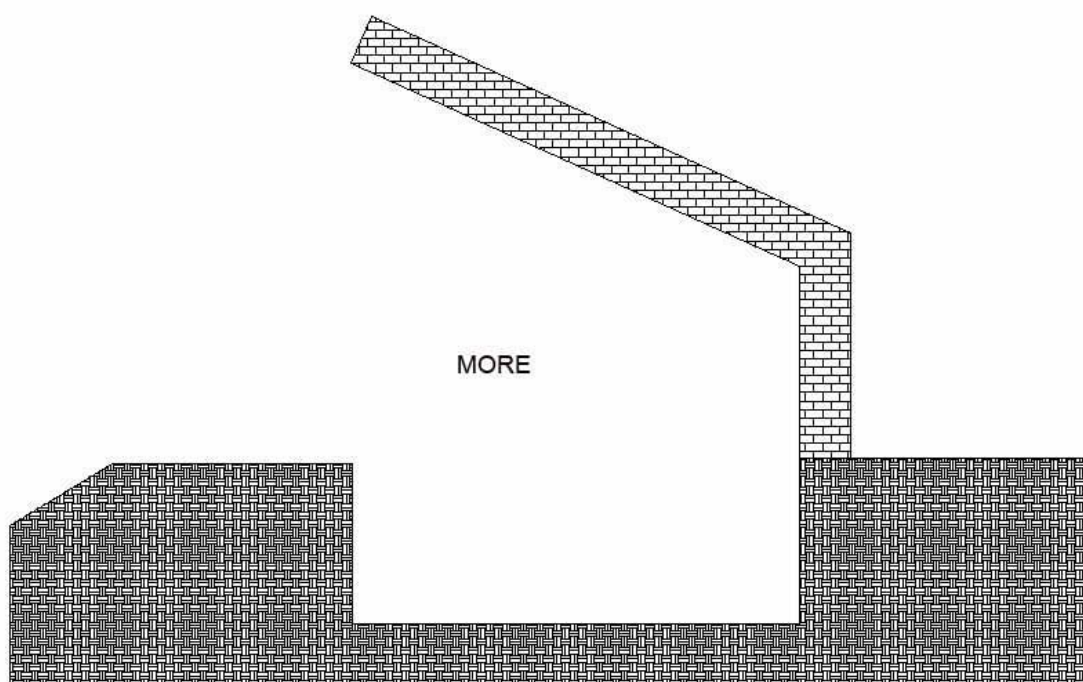
- **obične luke** – rade skupinu ili više skupina supstrata, one su višenamjenskog karaktera za ljude, trajekte i teret. Dok su namjenske luke predviđene za samo jednu vrstu supstrata iz čega proizlazi teretna, putnička, trajektna ili turistička luka.
- **specijalizirana luka** - rade se samo za jednu vrstu tereta i zato su opremljene specijalnom mehanizacijom – tankerska (Omišalj), za rudače i ugljen (Bakar), za cement (Umag), za južno voće, za drvo (Sušak-Rijeka).
- **posebne luke** – luka zaklonica opremljena ili neopremljena, opskrnbna, ribarska, rekreacijska (privezište, lučica, marina) radna, vojna

U odnosu na kopno luka može biti :

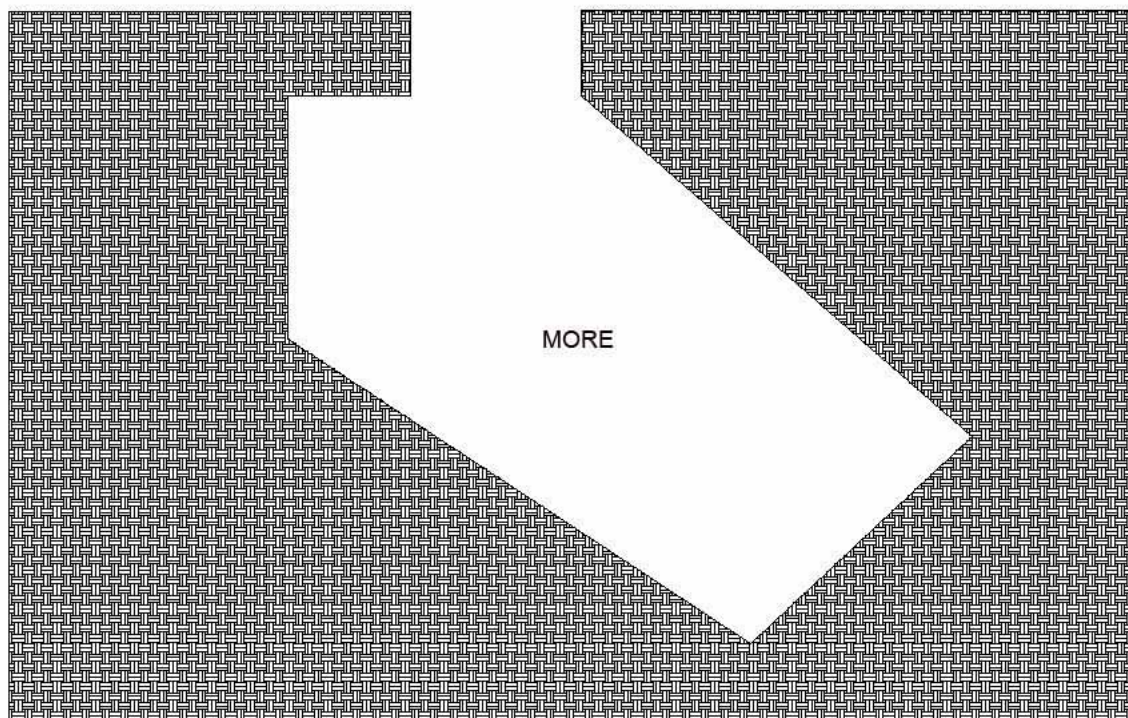
- nasuta (*Slika 18*)
- poluukopana (*Slika 19*)
- ukopana (*Slika 20*)
- otočna, gradi se uglavnom kod plitkih obala (*Slika 21*)



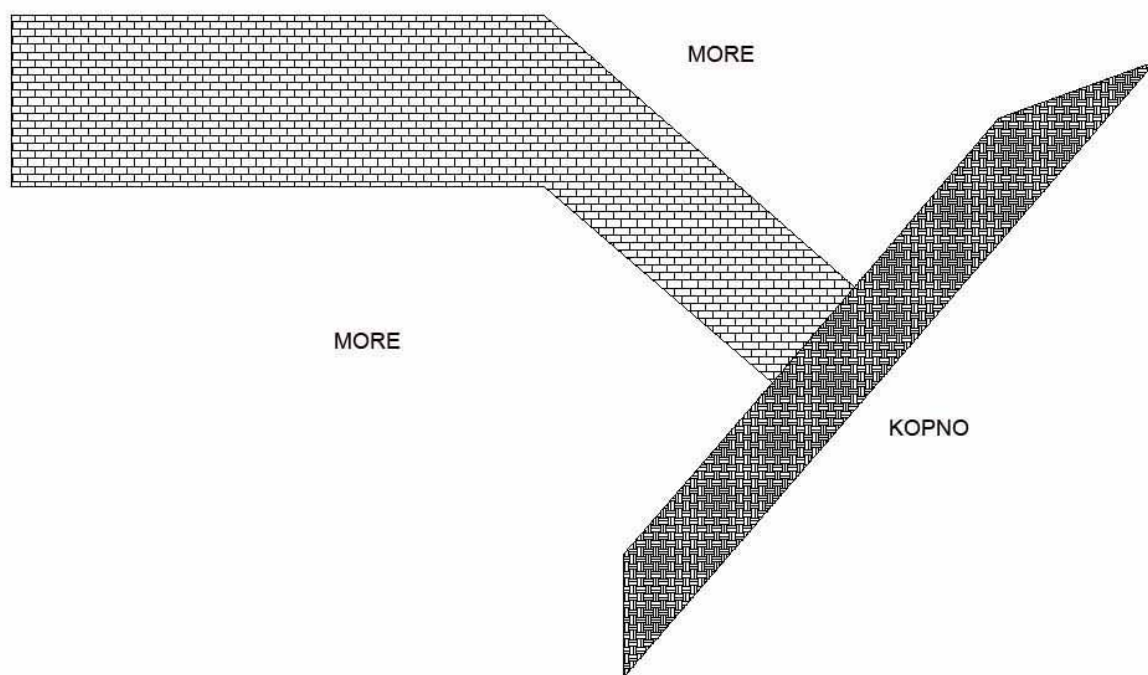
Slika 18: Nasuta luka



Slika 19: Poluukopana luka



Slika 20: Ukopana luka



Slika 21: Otočna luka

Obzirom na plimu i oseku tj. obzirom na povezanost lučkog bazena sa morem luka može biti otvorena i zatvorena. Zatvorena se u slučaju velikih plimnih oscilacija odvaja od mora tj. odvaja se od velikih plimnih amplituda brodskom prevodnicom ili dokovskim vratima.

Obzirom na prirodnu zaštićenost od valova i struja postoje prirodne, poluumjetne i umjetne (zaštićena je lukobranima, a pojam zaštićenosti se odnosi na mirnoću brodskih vezova). Prema položaju lukobrana postoje dva tipa, vezan za kopno i nevezan za kopno. I još ako podijelimo nevezane za kopno prema vrsti ulaza možemo reći da razlikujemo:

- jednostrani ulaz
- dvostrani ulaz
- čeoni ulaz
- čeoni zaštićeni

5.1.2 Marine

Luke za mala plovila, variraju po veličini od desetak do nekoliko tisuća vezova. Poznate su i mamut marine u SAD-u sa preko 5000 vezova. Osim u specijalnim prilikama preporuča se da takve luke budu veličine između 300 i 1200 vezova, 300 je donja granica rentabilnosti, a 1200 gornja granica iznad koje se gubi individualnost. Veličina akvatorija ovisi i o veličini i broju plovila. Pri tome se računa da minimalni bruto akvatorij za jednu jahtu (za pogodne, ne preduboke

uvale) uključujući ovdje prostor za ulaz, prolaze, servis manevar, neto površinu plovila, razmake plovila, gatove, uvlake itd. iznosi približno:

$$\text{Bruto površina marine po jednom vezu [m}^2\text{]} = 12 * L \quad (5.1)$$

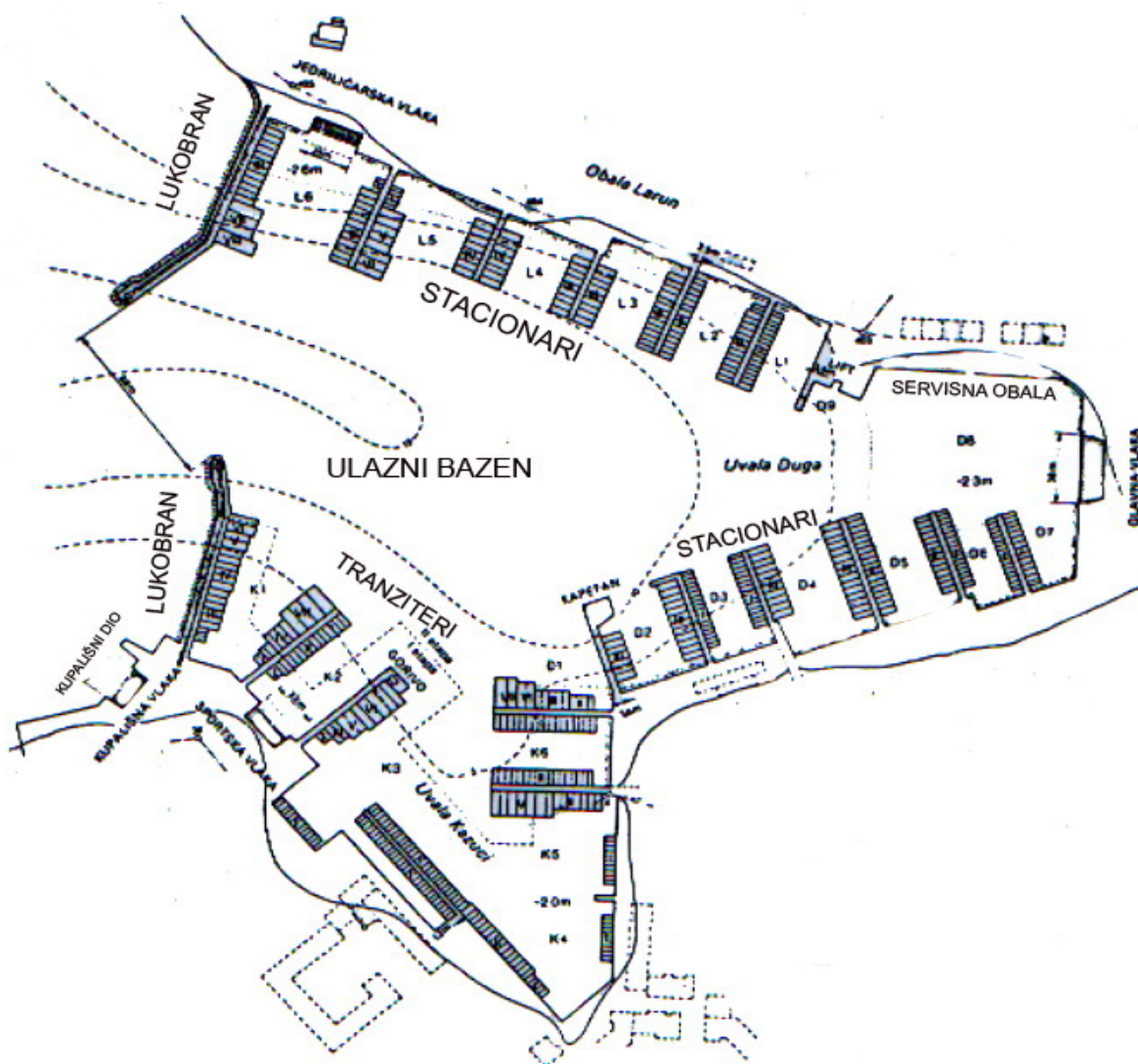
Od toga je neto površina veza oko 50%. Za prosječno plovilo dužine 10 m bruto površina veza iznosi 120m², pa se na 1[ha] bruto akvatorija može računati sa prosječno 85 plovila. U literaturi se gustoća vezova proteže od 60-160 vezova/ha ovisno o veličini flote i dubine dna marine.

Bitna karakteristika akvatorija je njegova dubina. Za ekonomičnost izgradnje marine je dobro da dubina mora mnogo ne prelazi 5 do 7m i da je nagib dna mali kako bi se pretežni dio gata nalazio na dubini od 5m. Što se tiče sastavaorskog dna za gatove se ne postavljaju naročiti zahtjevi, jer se mogu primjenjivati klasična temeljenja kao i temeljenja na pilotima.

Najekonomičnije je ako je marina prirodno zaštićena od valova, jer tada otpada njen najskuplji dio – *lukobran*. No ima trgovački privlačnih lokacija koje mogu podnijeti troškove umjetne zaštite akvatorija od valova lukobranom.

5.1.2.1 Dispozicija akvatorija marine

Akvatorij marine sastoji se od raznih bazena od kojih svaki ima posebnu namjenu (Slika 22).



Slika 22: Dispozicija akvatorija marine

Ulazni bazen nalazi se na početku zaštićenog akvatorija i služi sa prijavu, orijentaciju, privremeni vez i sl. Ovaj bazen često služi i za druge svrhe (renta boat, službeni brodovi). U ulaznom bazenu je i okretište promjera oko 45m.

Stacionari su bazeni za stalne vezove i oni čine većinu (3/4) vezova marine. Ovdje vlada najveća ekonomija prostora, a dijeli se na vezove za motore i vezove za jedrilice.

Tranziteri su posebni bazeni, smješteni su bliže ulazu kako ne bi ometali mir stacionarnih brodova.

Servisi za brodove smješteni su u manji bazen koji odgovara kapacitetu personala za nadmorske popravke. Posebni dio ovog bazena predviđa se za vađenje jahte travelliftom ili izvlačenje/spuštanje manjih jahti sa prikolice u more pomoću vlake kako bi se izveli popravci na podmorskome dijelu broda. Ovi radovi mogu se izvesti i u radioničkim halama, naročito zimi. U ovaj bazen često spadaju i vlake za spuštanje manjih jahti sa prikolice u more.

Prolaz za dolazak s ulaza u bazene određuje se prema najvećoj jahti, stupnju zasićenosti luke i općoj situaciji i nije uži od 20-30m. Prolazi su i nešto dublji od vezova radi brzinskog utonuća plovila.

5.1.2.2 Zaštita akvatorija marine od valova

U pogledu zaštićenosti marine od udara valova uobičajeni je kriterij da u jednogodišnjem povratnom periodu samo jednom u akvatoriju mogu biti premašeni valovi :

$$H_{\max}=0.3\text{m} \quad (5.2)$$

$$H_s=0.15\text{m} \quad (5.3)$$

Za akvatorij marine, kao i za svaku drugu luku, idealno je koristiti prirodno zaštićene lokacije, ali ako trgovački razlozi zahtijevaju marine se grade na poluzaštićenim, pa čak i na nezaštićenim lokacijama i zaštićuju lukobranima. Položaj glavnog lukobrana trasira se tako da, unutar kuta izloženosti lokacije, bude približno okomit na smjer najvećih valova što se uglavnom poklapa sa smjerom najjačeg vjetrova na godišnjoj ruži vjetrova (*Slika 23*). Sekundarni lukobran nije obavezan, no ako je potreban trasira se tako da zaštiti akvatorij od sekundarne nevere i formira dobar ulaz u luku.

U pogledu konstrukcije lukobrana izbor je ekonomska kategorija pri čemu treba razmotriti njegovu zaštitnu funkciju i priveznu funkciju, temeljenje, izvore materijala i raspoloživu tehnologiju građenja. Na nezaštićenim i poluzaštićenim lokacijama uvijek se primjenjuju jedan od dva klasična tipa: nasipni ili vertikalni zid. Na prirodno zaštićenim lokacijama koje sasvim ne zadovoljavaju kriterije agitacije akvatorija, osim klasičnih, primjenjuju se i neki od eksperimentalnih tipova lukobrana (osim strujnog). Oni mogu, uz racionalnu cijenu, zaštititi luku od valova značajne valne visine do 1m što odgovara maksimalnim valnim visinama do 2m.



Najčešća smetnja radu u lukama je djelovanje valova na brodove u luci. Zato se lučki akvatoriji zaštićuju lukobranima (*Slika 24*). Oni osim protiv valova služe i protiv štetnih djelovanja npr. struja i nanosa. Ako pak služe samo protiv djelovanja valova, možemo ih nazvati valobranima (*Slika 25*). Ne moraju biti spojeni sa kopnom, pa su u tom slučaju tzv. *odvojeni valobrani*. Tako je njihova glavna funkcija reduciranje iznosa valne energije koja dolazi do zaštićenih područja, dizajnirani su tako da rasturaju (troše) energiju valova, kako bi ona u svom što manjem iznosu stizala do obale. Također bi se moglo reći da su to nasipi od građevinskog kamena i/ili betonske građevine koje štite obalna područja od djelovanja valova.

Valolomi su podmorski ili (niski) nadmorski objekti koji djelomično štite od valova. Takav objekt je podignut na morskom dnu, a doseže do izvjesne dubine ispod površine mora ili samo malo iznad mora, kako bi se veći valovi na njemu lomili (češali) i tako gubili dio energije. Samo manji valovi nesmetano prelaze preko prepreke.



Slika 24: Zaštita luke lukobranom

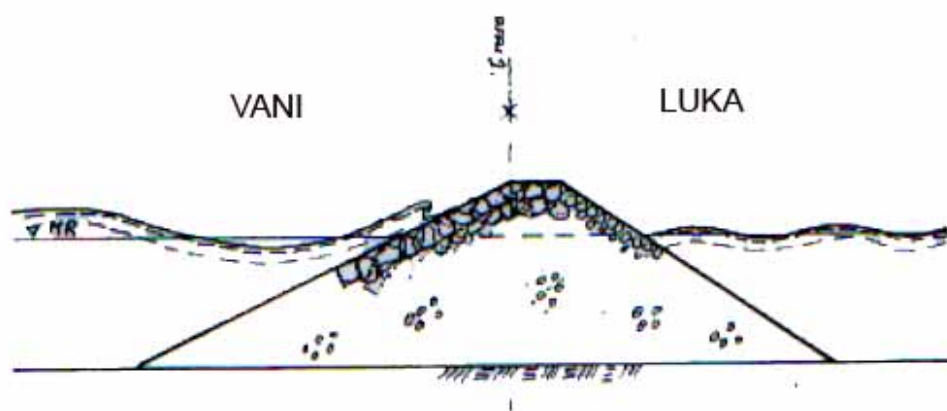


Slika 25: Zaštita luke valobranom

5.2.1 Lukobran tipa nasip

Nasipni lukobran se primjenjuje za sve vrste tla na dnu. Traži dosta održavanja, ali je vrlo otporan na djelovanje valova. Nevrijeme ga može oštetiti, ali ne i potpuno srušiti tako da nikada ne gubi zaštitnu funkciju. S velikim dubinama postaje skup jer mu cijena raste gotovo kao kvadrat visine.

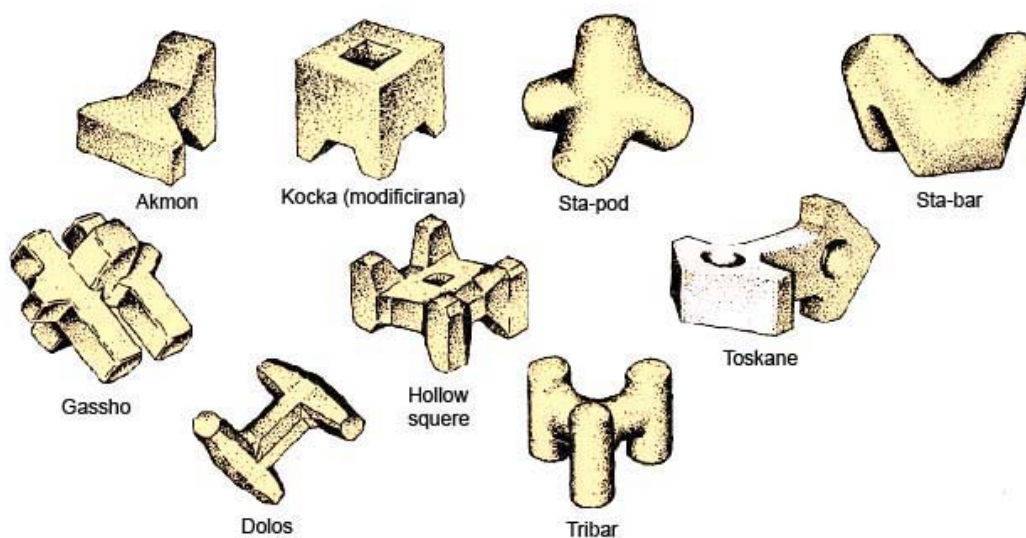
Nasipni lukobran ima trapezni profil. Širina krune može biti mala (zaštitna) velika (uporabna). Minimalna širina zaštitne obloge odgovara širini 3-4 elementa vanjske obloge po kriteriju stabilnosti. Po kriteriju nepreljevanja širina u kombinaciji sa smanjenom visinom mora biti veća, a precizno se utvrđuje modelskim ispitivanjem (*Slika 26*).



Slika 26: Kameni nasip

Učestalost i količina dopuštenog prelijevanja ovisi o dopuštenoj agitaciji lučkog akvatorija i funkciji upotrebe krune. Visina krune lukobrana se izračunava zbrajanjem dosega maksimalnog vala usvojenog povratnog perioda i ekstremno visokog morskog raza usvojenog povratnog perioda.

Materijali koji se koriste za izgradnju moraju biti otporni na slanost mora i dovoljno čvrsti kako bi izdržali udarce tijekom polaganja i tijekom svog vijeka trajanja. Kada se ne mogu dobiti dovoljno veliki blokovi iz kamenoloma i ako su valovi jaki koriste se umjetni betonski blokovi. Razvijeno je oko četrdesetak različitih vrsta umjetnih zaštitnih jedinica. Nekoliko njih se koriste češće, a to su: Akmon, Tribar, Sta-pod, Dolos (*Slika 27*).



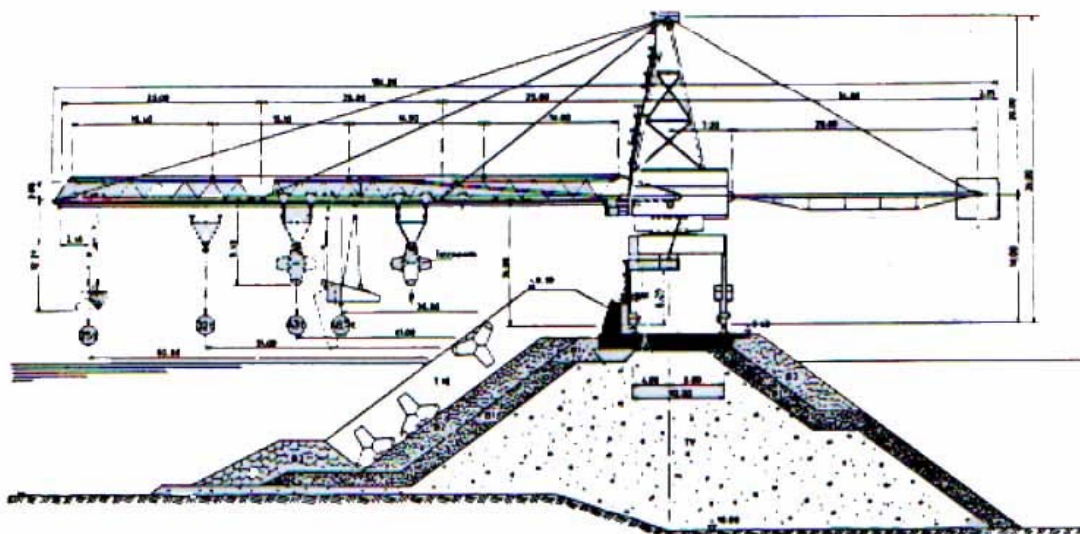
Slika 27: Oblici betonskih blokova za izgradnju lukobrana

5.2.2 Lukobrani tipa zid

Osnovna konstrukcija se sastoji od velikih elemenata slaganih jedan na drugi ili jedan pored drugoga u pravilnom poretku, čime se formira masivni vertikalni zid (*Slika 28*). Prednosti su mu da je ekonomičan s materijalom, prilično brzo se gradi, zauzima malo prostora, s lučke strane se može formirati kej, može se čak fundirati na pilotima, a po kruni mu se može kretati građevinska mehanizacija (*Slika 29*).



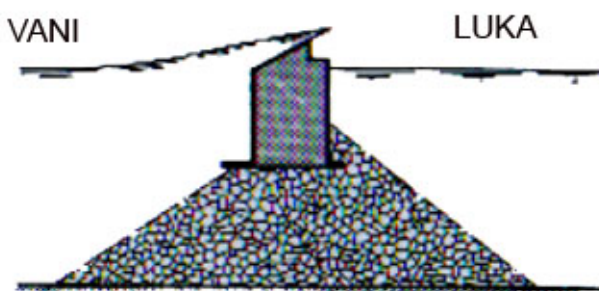
Slika 28: Slaganje betonskih blokova



Slika 29: Prikaz građevinske mehanizacije ne lukobranu

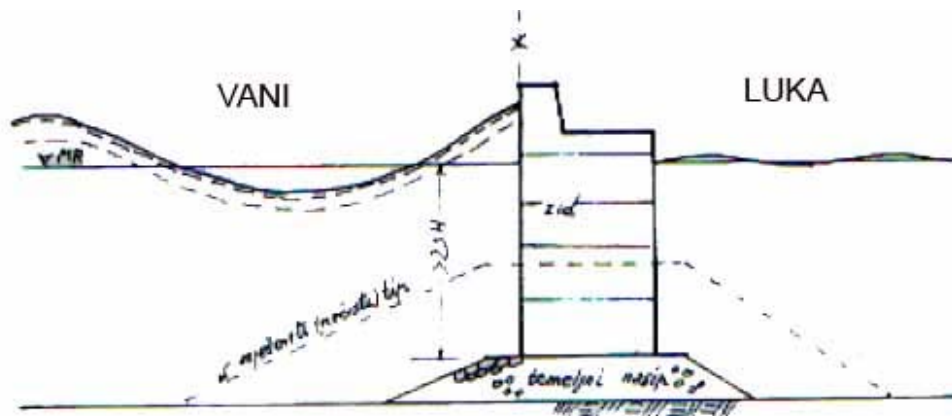
Mane su mu da reflektira valove tako da brodovi uz njega otežano plove i ulaze u luku, udarne sile od valova mogu lokalno biti žestoke, uz dno je moguća erozija, nije fleksibilan za slučaj slijeganja, treba tešku i skupu građevinsku mehanizaciju, javljaju se problemi na finom pijesku u vezi temeljenja osim kada se temelje na pilotima i što je najvažnije žestoko se oštećuju ako projektni uvjeti budu prevaziđeni uz istovremeni gubitak zaštitne funkcije.

Sličan ovom tipu lukobrana je tzv. *kompozitni lukobran* koji se sastoji od podmorskog nasipa na čijem je vrhu neki zid podvrgnut reflektiranim i lomljenim valovima (Slika 30). Za razliku od toga lukobrana tipa zid je obično podvrgnut samo reflektiranim valovima tj. dno i kruna temeljnog nasipa obično su tako duboko da ne mogu inicirati lom. Lučko i morsko lice lukobrana su vertikalni. S morske strane je zid viši radi sprečavanja preljeva valova, a s lučke niži radi pristajanja brodova.



Slika 30: Kompozitni lukobran

Lukobran tipa zid se izrađuje u raznim varijacijama presjeka kao npr. monolitni i betonski blokovi, manji i veći armirano betonski kesoni, plivajući armirano betonski kesoni koji se potapaju na mjesto ugradnje i sl. Monolitni betonski blokovi se slažu jedan na drugi bez preklopa, pa zid djeluje kao niz priljubljenih stupova. Na taj način se omogućava realizacija diferencijalnih slijeganja uzduž trase. Po završetku slijeganja dobetonira se nadmorski dio koji poravna različito slegnute dijelove i poveže blokove. Na isti način se formira nadmorska ploča kod svih varijanti lukobrana tipa zid (*Slika 31*).



Slika 31: Lukobran tipa zid

6 Hidrografska izmjera uvale Klenovica

Klenovica je mala luka u istoimenom zaljevu koja se nalazi 20km južno od Crikvenice.

Mjerenja su izvršena u sklopu izrade projekta za preuređenje i dogradnju luke (Slika 32 i Slika 33).



Slika 32: Položaj luke Klenovica u istoimenom zaljevu



Slika 33: Izgled luke Klenovica

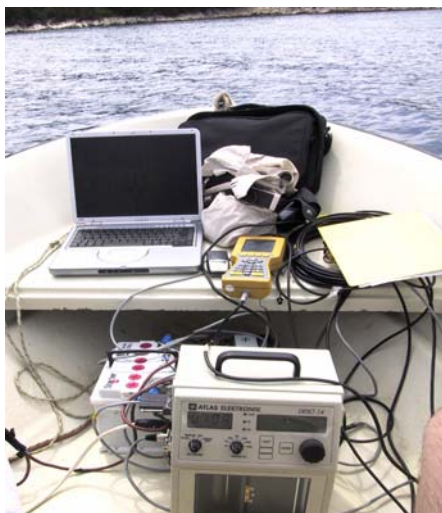
6.1 Planiranje mjerenja

Prije izvedbe samih mjerenja, pristupilo se prikupljanju postojećih geodetskih podloga za područje luke Klenovica (katastarski planovi, karte mjerila 1:5000, 1:25000), podataka o točkama mreže homogenog polja stalnih geodetskih točaka, koja je već ranije razvijena za područje Klenovice, te rekognosciranju terena. Nakon toga je slijedilo planiranje samih mjerenja, kao i izrada potrebne opreme za instalaciju cijelog mjernog sustava na brod.

Kako se GPS mjerenjima dobiju koordinate točaka u WGS84 sustavu, za transformaciju u Gauss-Krügerove koordinate korišteni su županijski transformacijski parametri dobiveni od strane Državne geodetske uprave.

6.2 Izvedba mjerenja

Mjerenja su izvedena 22.12.2005. godine u luci Klenovica, korišteni uređaji za izmjeru bili su Topcon Turbo SII, dvofrekventni uređaj, i visoko precizni geodetski ultrazvučni echo-sounder ATLAS DESO 14, a oba su uređaja spojena na prijenosno računalo (*Slika 34*).



Slika 34.: Instrumenti povezani sa prijenosnim računalom

GPS-sustav koji daje visokotočnu poziciju u WGS84 koordinatama kombinira se sa sustavom ultrazvučnog dubinomjera koji daje iznose dubine za odnosnu diskretnu točku. Ova dva sustava povezuju se na način da se diskretnoj točki na kojoj je izmjerena dubina pridodjeli pozicija dobivena metodom satelitskog pozicioniranja, konkretno GPS-RTK metodom koja je prikazana u prethodnim poglavljima ovog rada.

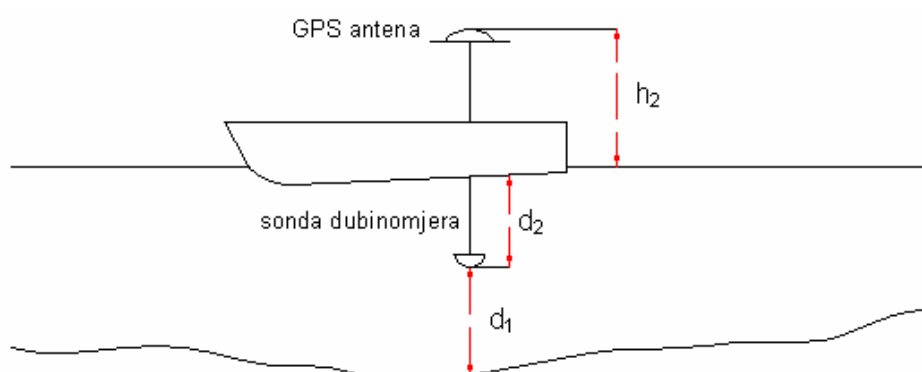
GPS-antena postavljena je na nosač učvršćen na bočnu stranu broda (*Slika 35*). Na isti nosač postavljena je i sonda ultrazvučnog dubinomjera. Pomak (offset) između faznog centra GPS antene i sonde echo-sundera je određen odmah po uspostavi sustava. Sva mjerenja su u realnom vremenu, budući se radilo o RTK metodi, korigirana su za vrijednost tog vertikalnog pomaka.



Slika 35: Antena GPS-a instalirana na brod

Brod sa sustavom GPS-RTK/dubinomjer plovi po linijama snimanja i u unaprijed određenim vremenskim intervalima (1 sekunda) registrira se horizontalna pozicija dobivena GPS-RTK metodom, visina (odnosno dubina) uronjene sonde, te im se dodjeljuju dubine dobivene dubinomjerom za dobivenu točku.

Dakle, sustav omogućuje dobivanje prostornih podataka o poziciji GPS metodom kojima se za svaki trenutak opažanja pridružuje dubina dobivena eho-sounderom za taj isti trenutak mjerenja. Kako je već rečeno oba uređaja su povezana sa prijenosnim računalom u kojem se pomoću kontrolnog softvera sinkroniziraju podaci dobiveni iz oba sustava.



Slika 36: Prikaz dobivanja elipsoidnih visina točaka dna

$$h_T = h_1 + h_2 - (d_1 + d_2) \quad (6.1)$$

Prema gornjoj formuli računa se visina, zapravo dubina točke iznad elipsoida, gdje je h_1 elipsoidna visina faznog centra GPS antene, h_2 visina antene iznad vodene površine, d_1 dubina izmjerena echo-sunderom, d_2 dubina uranjanja sonde (*Slika 36*).

Također valja napomenuti da je korišteni uređaj za mjerenje dubina (ATLAS DESO 14) dizajniran za precizna mjerenja dubina vode gdje je prostor ograničen, za kontrolu sedimentiranja u lukama i kanalima, te određivanja dubina i mjerenja visina valova (*Slika 37*).



Slika 37: Echo-sounder ATLAS DESO 14

ATLAS DESO 14 je prijenosni jednokanalni echo-sounder koji je kompatibilan sa većinom komercijalnih transducer-a i može se konfigurirati za rad na visokim frekvencijama (190-225kHz) i niskim frekvencijama (28-35kHz), razvijen za mjerenje dubina od minimalno 20 cm (20 cm s odvojenim transducerima za odašiljanje i primanje) do maksimalno 640 m (zavisno od odabrane frekvencije i transducer-a).

6.3 Obrada i prikaz mjerenja

Kombinacijom GPS echo-sounder određeno je oko 1500 točaka za lokaciju Klenovica sa sve tri koordinate.

1. Helmertova trodimenzionalna transformacija izvodi se u realnom vremenu u samome prijamniku, a prema ranije određenim parametrima kako bi se dobile koordinate u lokalnom datumu, odnosno u Gauss-Krügerovoj projekciji (parametri transformacije su određeni već u samoj pripremi mjerenja, odnosno dobiveni od Državne geodetske uprave).
2. Na kraju se za svaku snimljenu točku dobije triplet koordinata u lokalnoj projekciji (x , y , H).

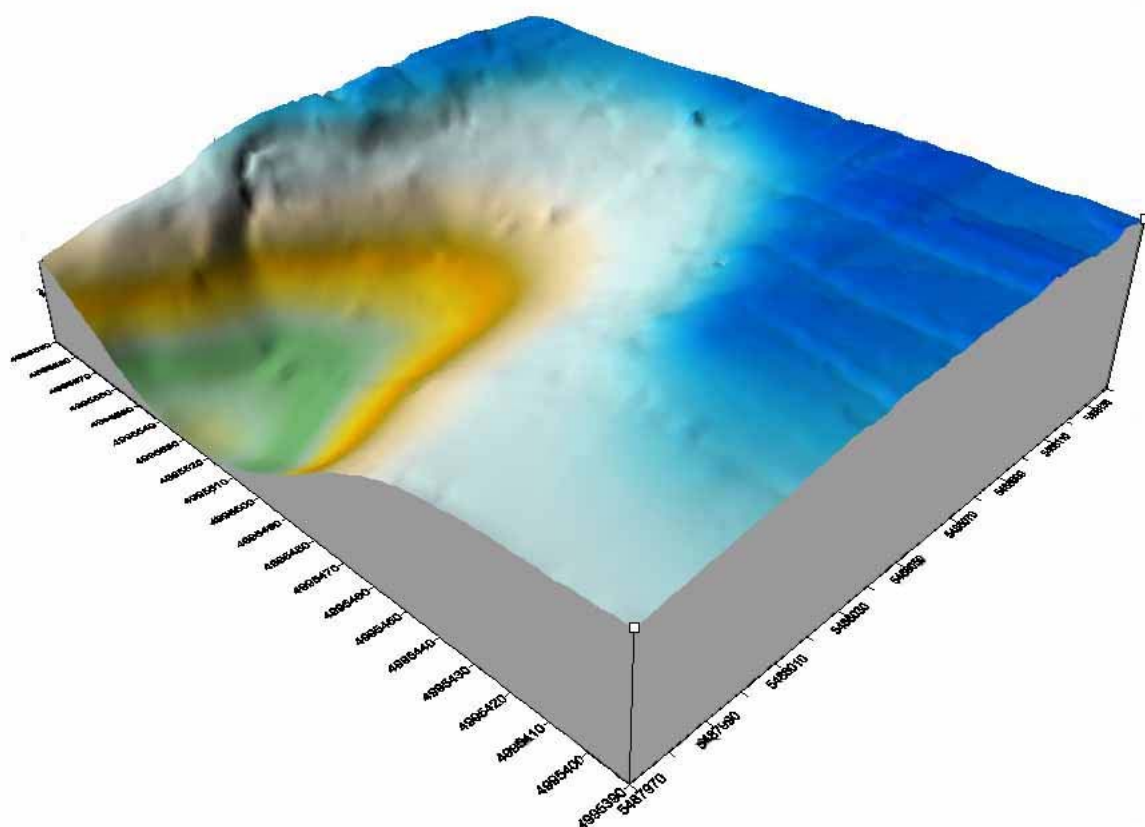
Podaci dobiveni mjerenjem obrađeni su u Microsoft Excel-u (izbačeni su suvišni redovi podataka dobivenih GPS-om i echo-sound-erom). Nakon toga podaci su ručno obrađivani također u Microsoft Excel-u (usklađivanje podataka echo-sound-era i GPS-a u odnosu na vrijeme, izbacivanje redova u kojima nedostaju podaci o koordinatama ili dubinama, ili su dubine netočno izmjerene što se može uočiti iz velike razlike u dubini u odnosu na susjedne dubine).

Koordinate su pohranjene u posebnu tekstualnu datoteku i služile su kao ulazni podaci za računanje prostorne mreže (grid) tj. za postupak interpolacije, kojom se dobiva gušća, pravilna prostorna mreža koordinata od kojih se tvori 3D model. Interpolacija je obavljena *kriging* metodom u programskom paketu Surfer 8. Kriging je geostatistička metoda interpolacije koja se pokazala vrlo korisnom i vrlo popularnom u raznim granama znanstvenih istraživanja. Ova metoda omogućuje dobivanje pravilne mreže točaka iz nepravilno raspoređenih ulaznih podataka (koordinata). Kriging kao metoda interpolacije zadržava trendove koji su izraženi u ulaznim podacima tj. zadržava i ne mijenja njihove vrijednosti kod postupka interpolacije već ih uzima kao fiksne. Time predstavlja upravo idealan izbor za interpolaciju ulaznih podataka koji su korišteni za tvorbu trodimenzionalnog geodetskog modela luke Klenovica.

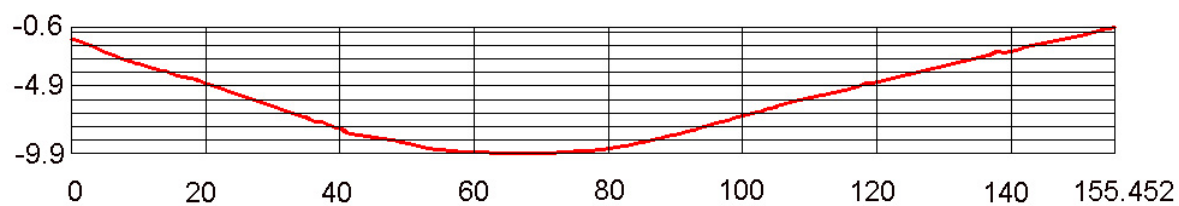
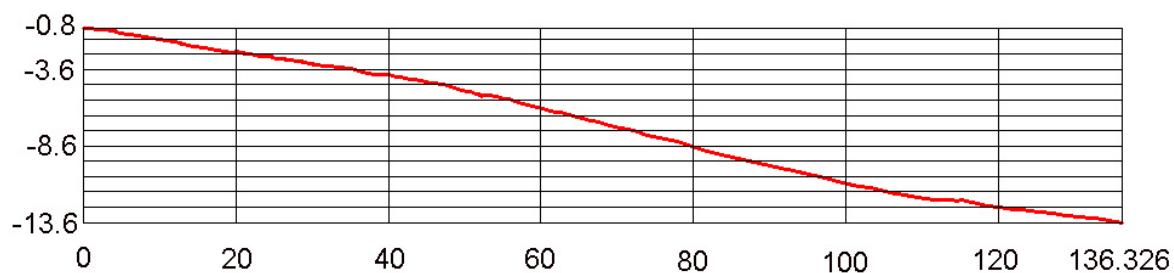
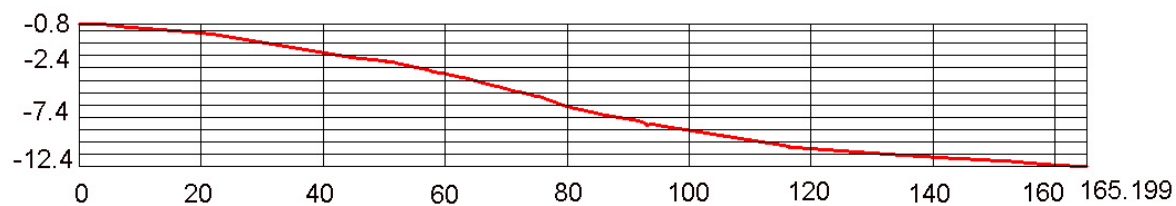
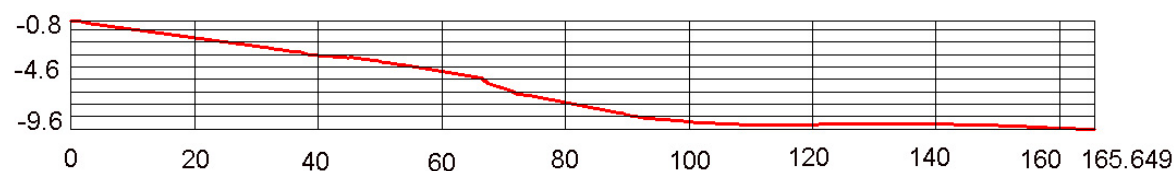
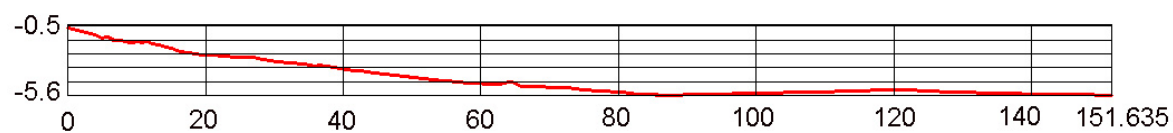
Također je interpolacija obavljena istom metodom i u programskom paketu MicroStation (Geopak Geoterrain), kako bi se u istom software-u izradili profili.

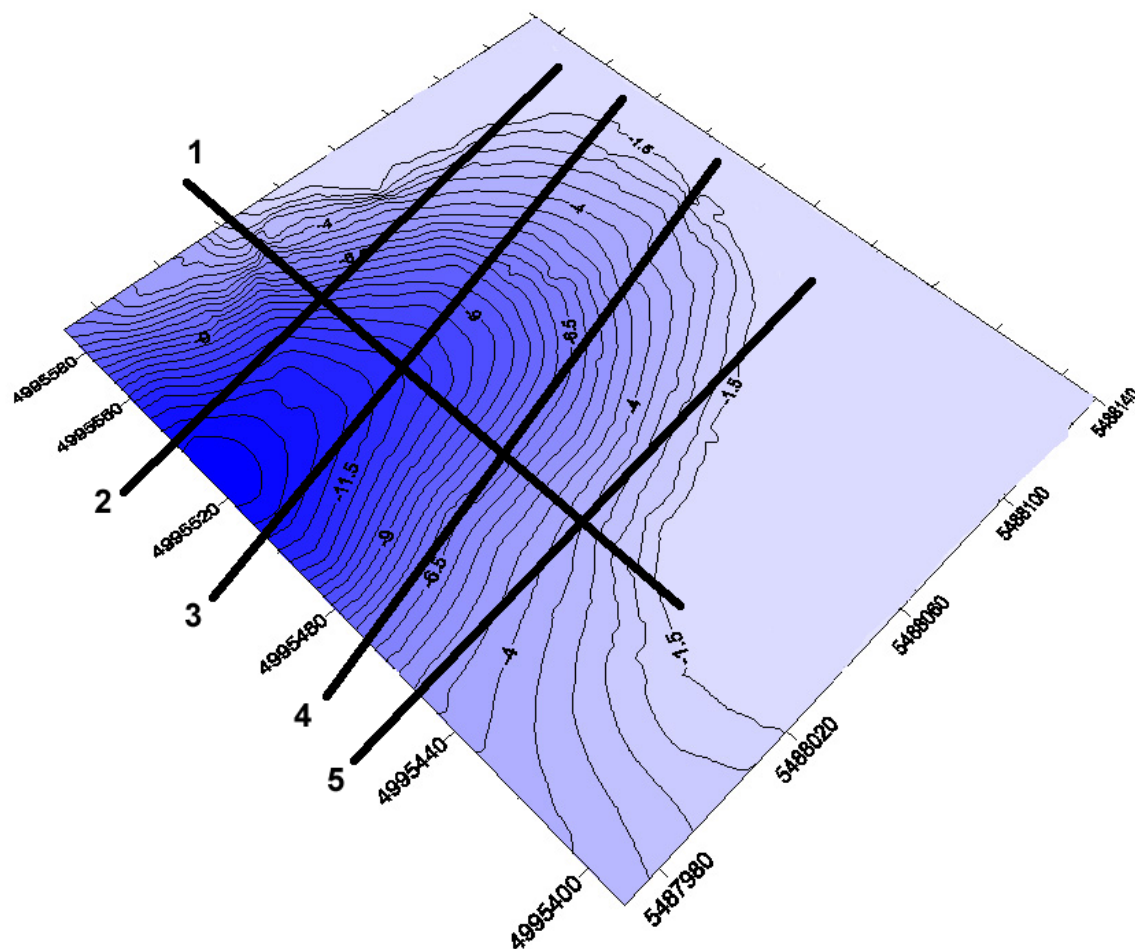
Važno je napomenuti da pri obradi profila veliki značaj ima iskustvo osobe koja ovaj posao obavlja i koja pravilno može zaključiti da li je došlo do pogrešnog mjerenja dubinomjera, da li se na dnu nalazi neka umjetna prepreka ili se radi o prirodnim svojstvima snimanog dna.

Na slijedećim slikama su prikazani 3D model dobiven programskim paketom Surfer 8 (*Slika 38*), prikazani su zadani profili dobiveni uz pomoć programskog paketa MicroStation (Geopak Geoterrain), (*Slika 39*), te je također prikazana i slika sa slojnicama na kojoj je prikazano koji su profili izrađeni (*Slika 40*). Također je prikazano još nekoliko slika koje je moguće izraditi u programskom paketu Surfer 8.0 (*Slika 41*, *Slika 42*, *Slika 43*, *Slika 44*).

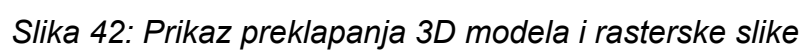


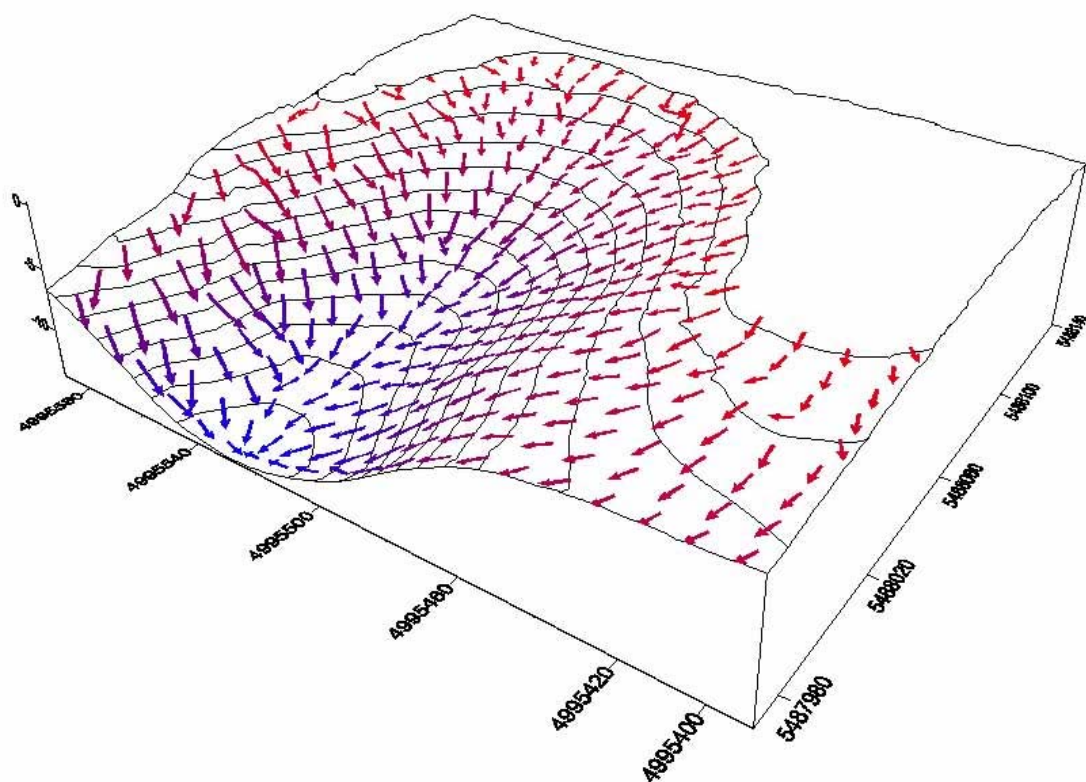
Slika 38: 3D model snimljenog područja

*Profil 1**Profil 2**Profil 3**Profil 4**Profil 5**Slika 39: Prikaz zadanih profila*

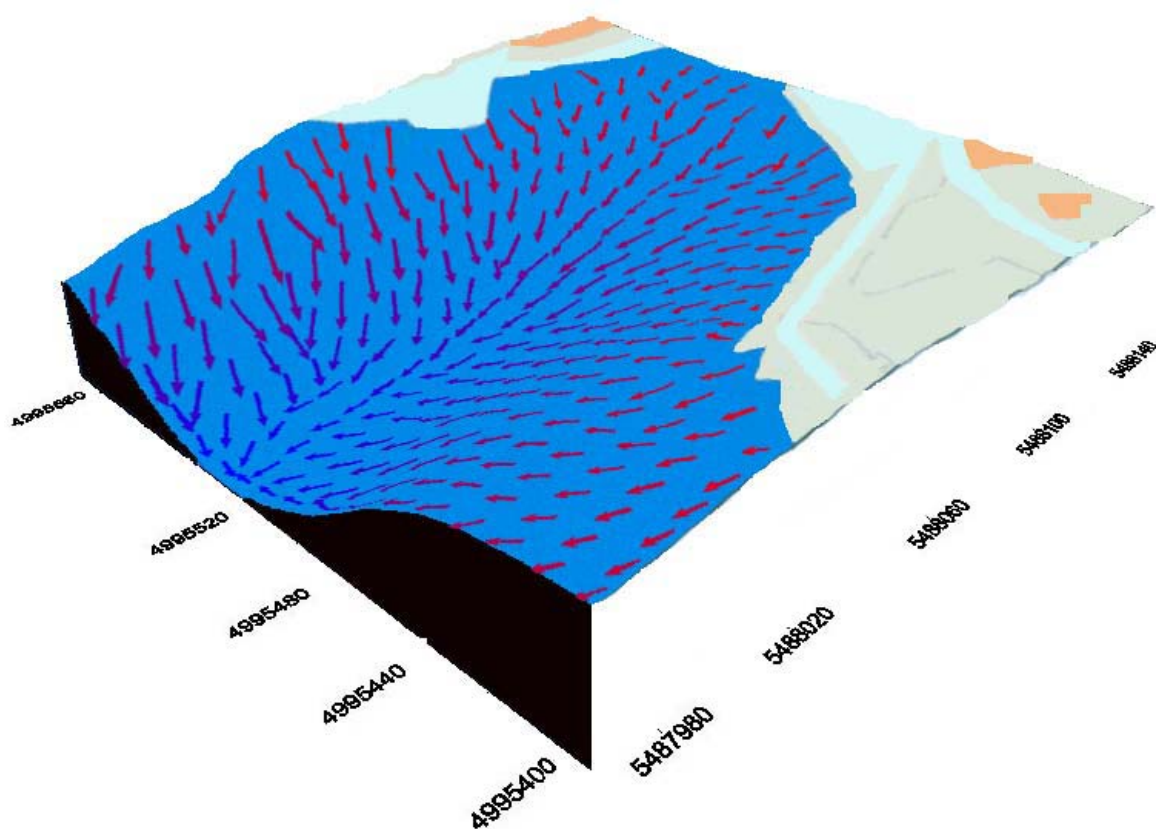


Slika 40: Slojnice sa izrađenim profilima





Slika 43: Prikaz preklapanja žičanog modela i vektorskog prikaza



Slika 44: Prikaz preklapanja 3D modela, rasterske slike i vektorskog prikaza

7 Zaključak

Osnovni zadatak hidrografije je precizno i potpuno snimanje oblika i prirode dna mora, jezera, rijeka.

U ovom radu prikazuju se znanstvene osnove i metodologija koja je korištena pri modernim geodetskim mjerenjima na području uvale Klenovica, njihovu obradu te konačno dobivanje digitalnog trodimenzionalnog modela uvale iz takovih podataka kao krajnjeg rezultata. Taj trodimenzionalni model postaje podloga stručnjacima ostalih srodnih i drugih znanstvenih disciplina za izradu projekta uređenja uvale ili eventualne izgradnje marine.

Razvoj tehnologije, posebno razvoj globalnog sustava pozicioniranja (GPS) - kinematika u realnom vremenu (RTK) omogućuje pozicioniranje brodova za hidrografsku izmjeru i navigaciju u realnom vremenu po unaprijed planiranim linijama snimanja. Drugim riječima, moguće je u relativno kratkom vremenu i vrlo ekonomično prikupiti veliku količinu mjerenja iz kojih se izrađuju trodimenzionalni prikazi koji vjerno prikazuju izgled i oblik dna uvale. Uređaji za mjerenje dubina – echo-sunderi također se razvojem tehnologije unapređuju u pogledu njihove točnosti pri preciznim mjerenjima dubina. Integracija tih dvaju sustava (GPS – echo-sounder) zahtjeva kompatibilnost korištenih uređaja i razvoj softverskih rješenja kako bi se maksimalno pojednostavio rad sa njima i postigla visoka točnost pri izmjeri. Time zapravo dajemo mogućnost svim zainteresiranim stručnjacima i znanstvenicima da im na jedan vizualno prihvatljiv i svima razumljiv način prikažemo rezultate geodetskih mjerenja, a samim time i podlogu za eventualna znanstvena istraživanja ili izradu projekta uređenja i gospodarenja uvalom.

S obzirom da morsko tehničke konstrukcije obuhvaćaju veliki broj objekata, kako obalnih tako i „offshore“, te bi bilo nemoguće sve objekte detaljno grupirati i opisati na jednom mjestu. U ovom radu posebna pozornost je stavljena na dio obalnih konstrukcija (luke, marine) i konstrukcije za njihovu zaštitu od snažnih udara valova.

Literatura:

Bačić, Ž., Bačić, T. (1996): *Satelitska geodezija II.*, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Bačić, Ž. (1997): *Satelitska geodezija III.*, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Mastelić-Ivić, S. (2003): *Geodetski radovi u hidrotehnici*, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Pribičević, B., Medak, D. (2003): *Geodezija u građevinarstvu*, Sveučilište u Rijeci - Građevinski fakultet, V.B.Z.d.o.o., Zagreb.

Medak, D. (2001): *Pomorska geodezija I.*, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

Rezo, M. (2001): *Transformacija GPS rezultata u HDKS*, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.

STN ATLAS Electronic: ATLAS DESO 14 – SURVEY ECHOSOUNDER-Operating Instructions

Pršić M. (1996): Uređenje morskih obala, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet



ŽIVOTOPIS

EUROPEAN
CURRICULUM VITAE
FORMAT



OSOBNJE OBAVIJESTI

Ime **MANDIĆ ZORAN**
Adresa **GUPČEVE LIPE 10, 10256, Zagreb, Hrvatska**
Telefon **01/65-45-243; 091/567-46-71**
Faks
E-pošta **zmandic@gmail.com**

Državljanstvo

Republika Hrvatska

Datum rođenja

24.11.1978

ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA

- Datum (od – do) 03 lipnja 1985 do lipnja 1993
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Osnovna škola
 - Osnovni predmet /zanimanje
 - Naslov postignut obrazovanjem
 - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)

- Datum (od – do) srpnja 1993 do svibnja 1997
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Geodetska tehnička Škola
 - Osnovni predmet /zanimanje
 - Naslov postignut obrazovanjem Geodetski tehničar
 - Stupanj nacionalne kvalifikacije (ako postoji)



OSOBNOSTNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI

*Stechene radom/životom, karijerom, a
koje nisu potkrijepljene potvrđama i
diplomama.*

MATERINSKI JEZIK

HRVATSKI

DRUGI JEZICI

[Engleski]

- sposobnost čitanja
- sposobnost pisanja
- sposobnost usmenog izražavanja

dobro

dobro

dobro

TEHNIČKE VJEŠTINE I
SPOSOBNOSTI

*S računalima, posebnim
opreme, strojeva, itd.*

ISKUSTVO U RADU SA GEODETSKIM INSTRUMENTIMA LEICA TC600, SOKKIA T610, TOPCON GMT100, LEICA TCA 2300. DOBRO POZNAVANJE AUTOCAD-A, OSNOVNO POZNAVANJE MICROSTATION-A, TAKOĐER NIZA DRUGIH SOFTWARESKIH PAKETA (SURFER, OFFICE, PHOTOSHOP, COREL), TE RAZLIČITIH WINDOWS OKRUŽENJA, KAO I OSNOVNO POZNAVANJE LINUX OS-A.

VOZAČKA DOZVOLA

B kategorija