

T – 4. Stabilitet broda

NASTAVNA PITANJA:

- 1 Opšti pojmovi o stabilitetu
- 2 Stabilitet broda pri malim uglovima nagiba - početni stabilitet
 - 2.1 Poprečni stabilitet broda pri malim uglovima nagiba
 - 2.2 Uzdužni stabilitet broda pri malim uglovima - trim broda
- 3 Poprečni stabilitet broda pri većim uglovima nagiba
- 4 Stabilitet forme i stabilitet težine
- 5 Pomjeranje tereta
- 6 Ukrcaj/iskrcaj tereta
- 7 Uticaj slobodne površine tečnosti na poprečni stabilitet broda
- 8 Prodor vode.
- 9 Pokus nagiba
- 10 Određivanje položaja težišta broda na osnovu perioda ljuljanja
- 11 Dinamički stabilitet broda
- 12 Upravljanje stabilitetom broda

Literatura:

**1 Dr Andrija Lompar, Nauka o brodu, Univerzitet
Crne Gore, Kotor, 2002.**

2 Pomorska enciklopedija,

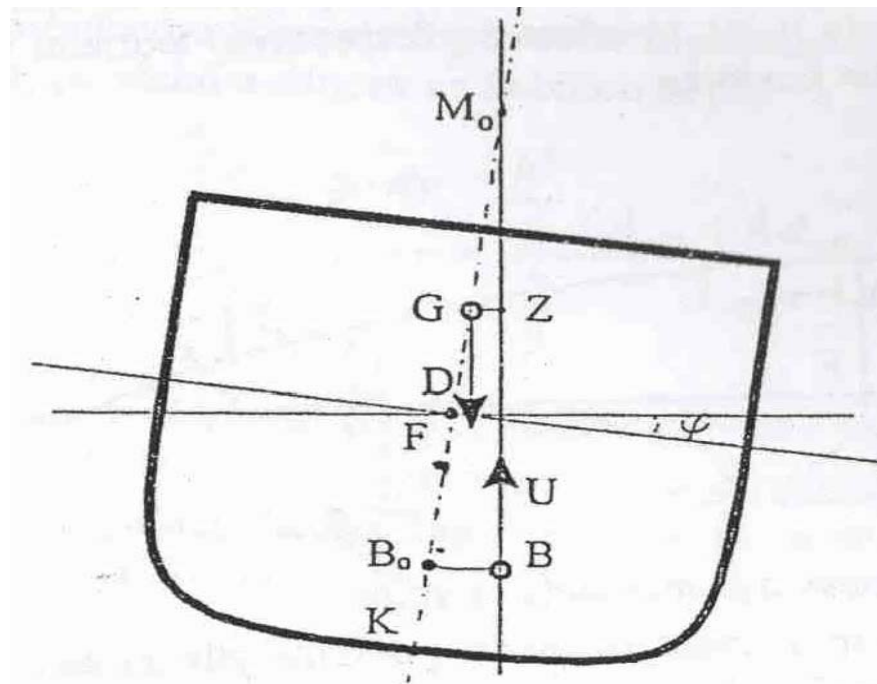
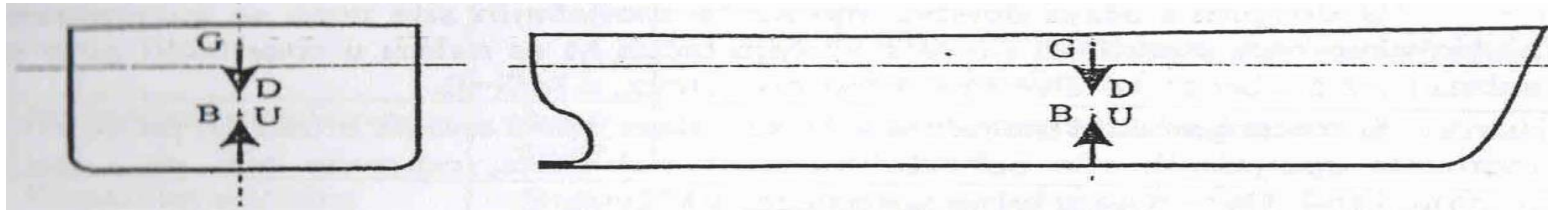
4.1. Opšti pojmovi o stabilitetu

1. STABILITET BRODA – jeste svojstvo broda da se suprotstavlja silama koje ga nastoje nagnuti i svojstvo da se automatski vraća u uspravan položaj čim prestane djelovanje tih sila.

ili

2. STABILITET BRODA - Tendencija broda da se vrati u uspravan položaj nakon nakretanja, odnosno izvođenja iz ravnotežnog položja, naziva se stabilitet broda.

Momentu spoljašnjih sila M_{ss} koji nakrene brod za neki ugao φ , suprotstavlja se moment stabiliteta broda koji nastaje kao posledica izmjene oblika podvodnog dijela broda, odnosno oblika istisnute tečnosti, uslijed čega dolazi do pomijeranja težišta istisnine B u B_0 .



STABILITET BRODA zavisi od međusobnog položaja

TEŽIŠTA ISTISNINE "B" i

TEŽIŠTA SISTEMA "G"

I ZAKON PLOVNOSTI - da bi brod mogao slobodno da pliva u stanju ravnoteže, sila uzgona mora biti jednaka sili teže.

II ZAKON PLOVNOSTI - ako se brod iz bilo kojeg razloga nagne, pri nagnjanju javiće se uspravljaajući "SPREG" sila koji će vratiti brodu uspravan položaj čim prestane uzrok nagiba. Kada se brod nagne težište istisnine "B" pomakne se na stranu nagiba jer se promjeni oblik uronjenog dijela broda. Sile teže broda "G" i Sile uzgona "B" sastavljaju uspravljeni par sila koje nastoje vratiti brod u uspravan položaj.

Stabilnost broda postoji kod brodova u uspravnom i nagnutom stanju, može biti poprečna i uzdužna.

III ZAKON PLOVNOSTI - Metacentar "M" mora biti iznad težišta tijela. Ovaj uslov predstavlja uslov stabilne ravnoteže.

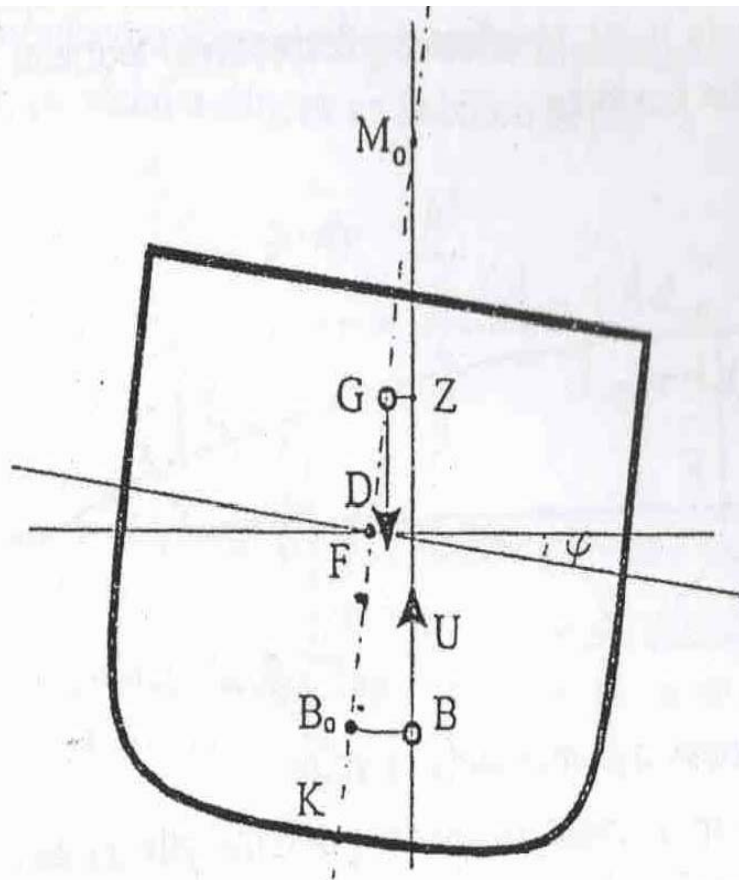
OSNOVNE TAČKE STABILITETA SU

- **SISTEMSKO TEŽIŠTE BRODA “G”**
- **TEŽIŠTE ISTISNINE ILI UZGONA “B”**
- **TAČKA METACENTRA “M”**

Osnova je tačka “K” - kobilica, od koje se vrše sva određivanja u poprečnom stabilitetu.

Tačke “B” ; “M” i “G” određene su udaljenošću od kobilice “K”.

Pojedine udaljenosti određuje brodogradilište pri gradnji broda, a neke mi sami za vrijeme eksploatacije broda.



Karakteristične tačke za izračunavanje stabiliteta su:

K - tačka koja predstavlja kobilicu i obično je najniža tačka na trupu na sredini broda ne računajući kobilicu i druge izdanke i ima funkciju referentne tačke,

B - težište istisnine, tačka u kojoj djeluje uzgon i koja je definisana sa svoje tri koordinate x_B , y_B i z_B ,

G - težište broda definisano sa svoje tri koordinate x_G , y_G i z_G ,

M - metacentar, odnosno tačka gdje se sjeku simetrala broda i vertikala po kojoj djeluje sila uzgona-i

F - centar plivanja broda, odnosno težište vodne linije na kojoj brod pliva i oko koje se brod okreće, definisane sa koordinatama x_F , y_F i z_F .

SISTEMNO TEŽIŠTE BRODA “G”

“G” je tačka u kojoj zamišljamo da su skoncentrirane sve sile težina na brodu uključujući i sam brod. Položaj sistemnog težišta “G” određen je visinom iznad kobilice “K” i određujemo ga mi sami, prema izrazu:

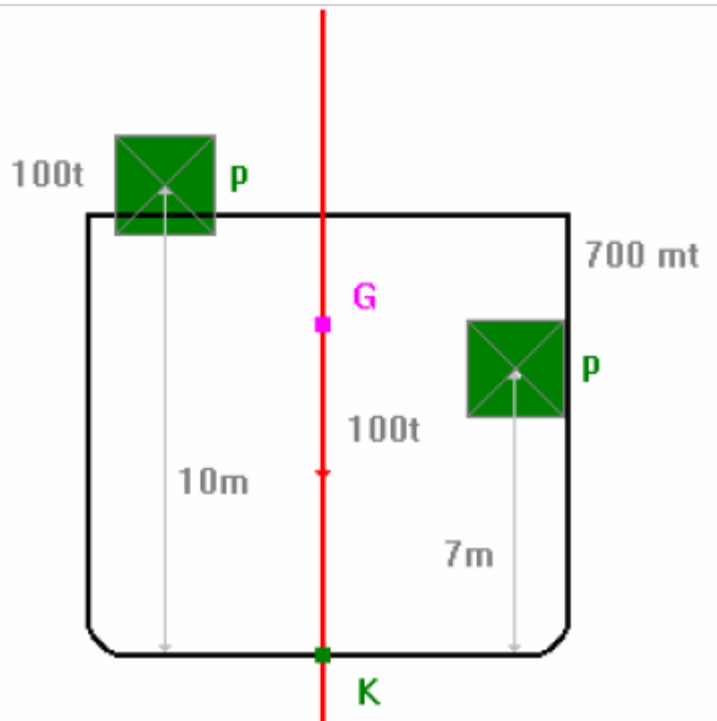
$$KG = E V_m / \Sigma t$$

KG - visina sistemnog težišta broda iznad kobilice

V_m - vertikalni moment

t - težina

Σ - suma (zbir)



ρ – gustina tečnosti

Υ – relativna gustina

$$V_m = p \times d$$

p - težina d - krak

DEPLASMAN je jednak zbiru svih težina na brodu

DEPLASMAN se sastoji od težine praznog broda i ukupne nosivosti broda

$$D = V \times \Upsilon \times \rho$$

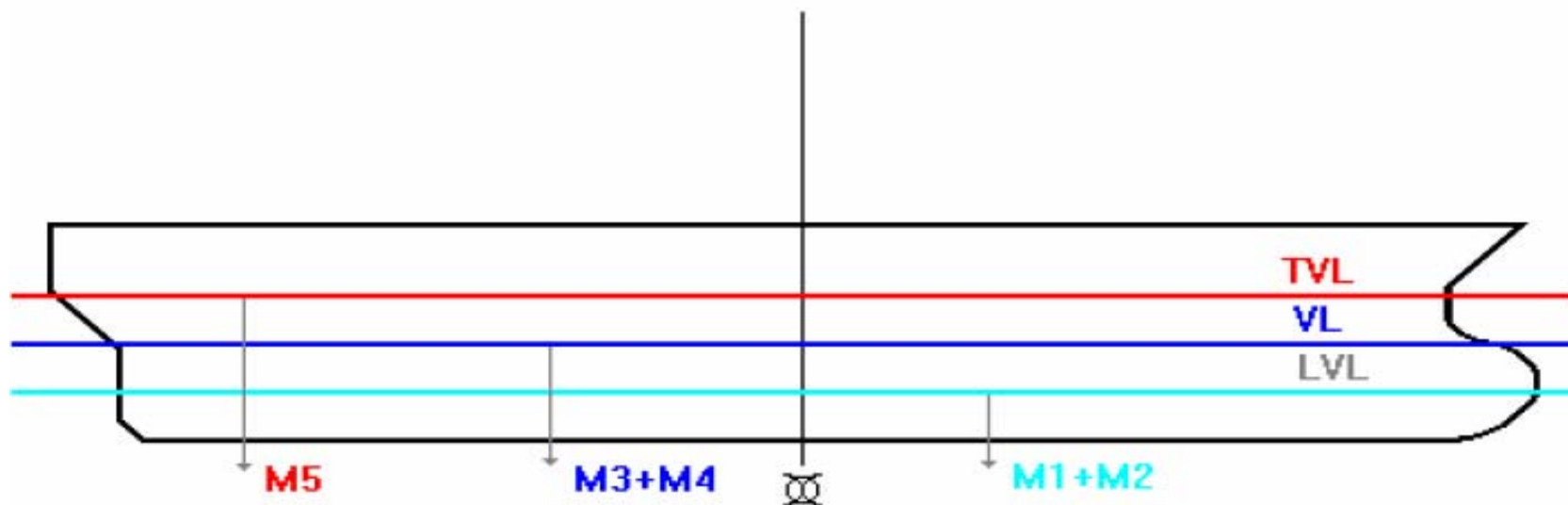
(specifična težina H_2O)

$$D = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$$

M_1 = masa trupa

M_2 = masa motora

$$M_1 + M_2 = \text{težina praznog broda}$$



TVL teretna vodna linija

VL vodna linija

LVL laka vodna linija

BRT - NOSIVOST BRODA od LVL do TVL ukupna nosivost broda

NRT - KORISNOST BRODA od VL do TVL nosivost korisnog prostora

DWT = ukupna nosivost broda

$$\mathbf{KG} = \Sigma m / D$$

Vrijednost “**KG**” je vrlo važan faktor kod stabiliteta broda.

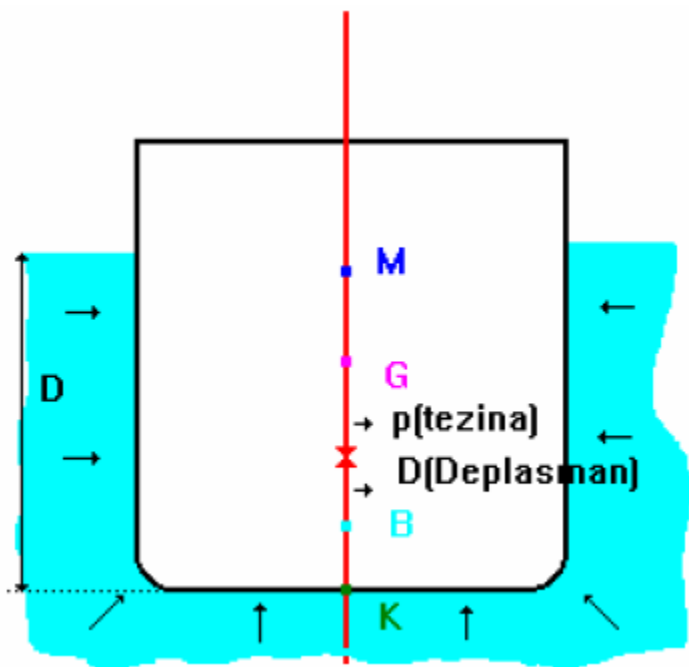
TEŽIŠTE ISTISNINE “B”

DEPLASMAN ILI ISTISNINA = TEŽINA

je količina vode (tečnosti) koju brod istisne kada u njoj pliva.

TEŽIŠTE ISTISNINE ILI UZGONA “B”

je tačka u kojoj zamišljamo da su skoncentrisane sve sile uzgona ili istisnine. Njegov položaj zavisi od oblika uronjenog dijela broda, volumenu uronjenog dijela broda i gaza broda.



GAZ BRODA je vertikalna udaljenost mjerena na boku broda od donjeg ruba kobilice do neke vodne linije.

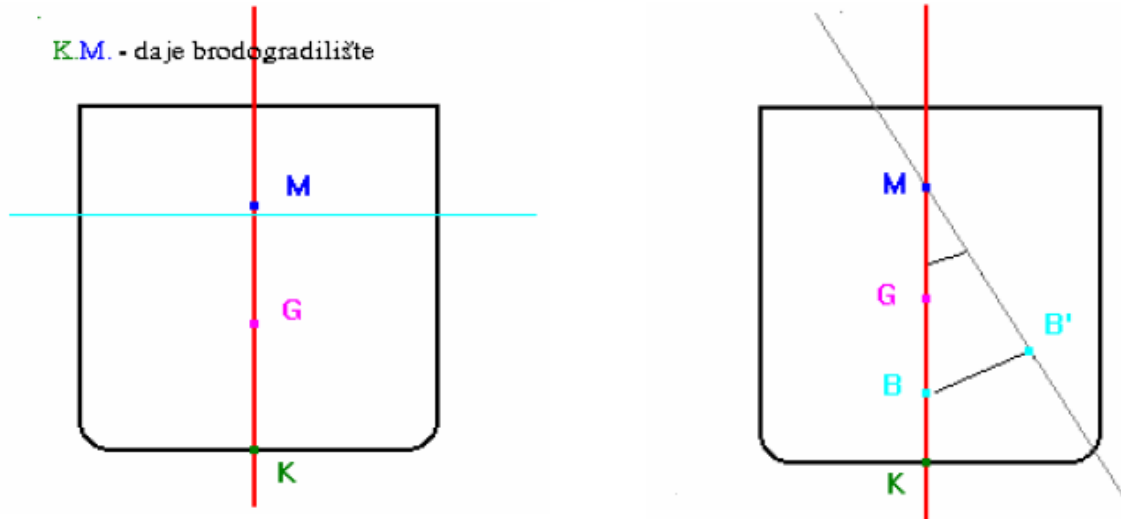
TEŽIŠTE ISTISNINE “B” određeno je udaljenošću od kobilice.

KB je udaljenost kobilice od težište istisnine. Izračunava ga brodogradilište, a njegovu vrijednost daje nam na brodu u obliku tablica u koje se ulaze sa srednjim gazom broda.

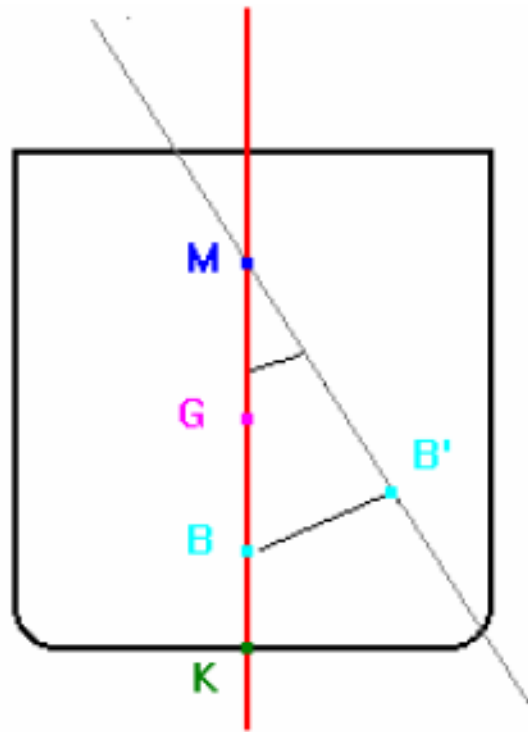
METACENTAR “M”

Metacentar “M” je tačka oko koje se brod okreće u poprečnom smislu. Nalazi se uvijek iznad **SISTEMNOG TEŽIŠTA “G”**, a od njihovog međusobnog položaja zavisi stabilitet broda.

Tačku metacentra dobijemo na slijedeći način:



Kada se brod nagne zbog promjene oblika uronjenog dijela broda, težište istisnine “B”, prelazi na stranu nagiba u tačku “B1”. Ako iz “B1” povučemo vertikalnu na vodnu liniju, tamo gdje ta vertikalna siječe uzdužnu simetralu broda nalazi se tačka **METACENTRA “M”**. Kada je brod u uspravnom stanju tačka metacentra određena je veličinom “KM” izraženom u metrima, a daje nam je brodogradilište u obliku tablica ili krivulja. Položaj metacentra zavisi od gaza broda tj. od **DEPLASMANA**, tj. od volumenu uronjenog dijela broda.



Udaljenost metacentra od sistemnog težišta kao vrijednost stabilnosti upotrebljavamo samo do ugla nagiba do 12° .

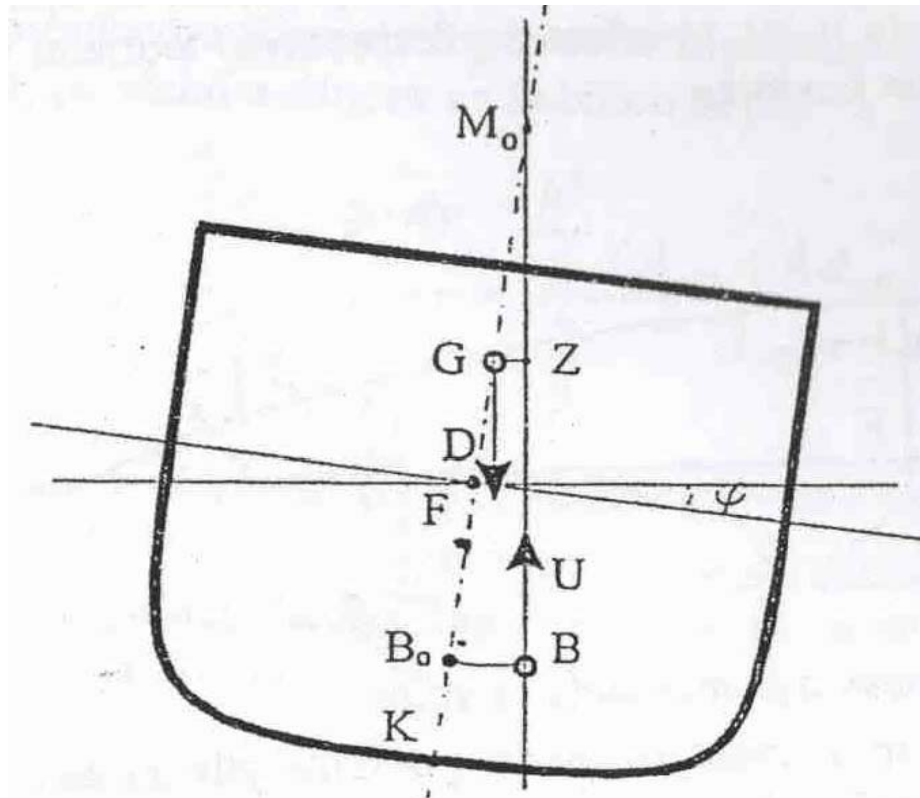
Kod većih uglova nagiba ($>12^{\circ}$) metacentar izlazi iz simetrije broda, kreće se po metacentarskoj krivulji, a stabilnost broda izražavamo vrijednošću -

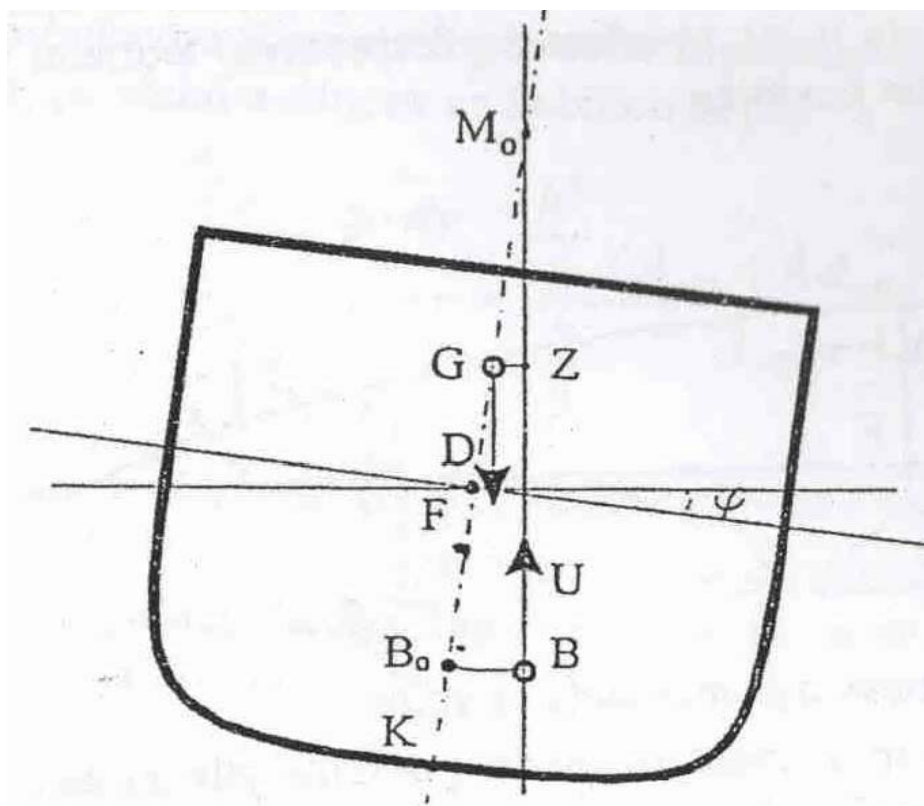
“MOMENTA STATIČKOG STABILITETA - M_{st} ”.

S obzirom da **sila uzgona** nakon nakretanja **djeluje** u tački **B**, pojavljuje se **spreg sila**, odnosno

$$\text{moment stabiliteta } M_{st} = D \cdot GZ = U \cdot GZ$$

koji teži da vrati brod u ravnotežni položaj, kako je i prikazano na slici



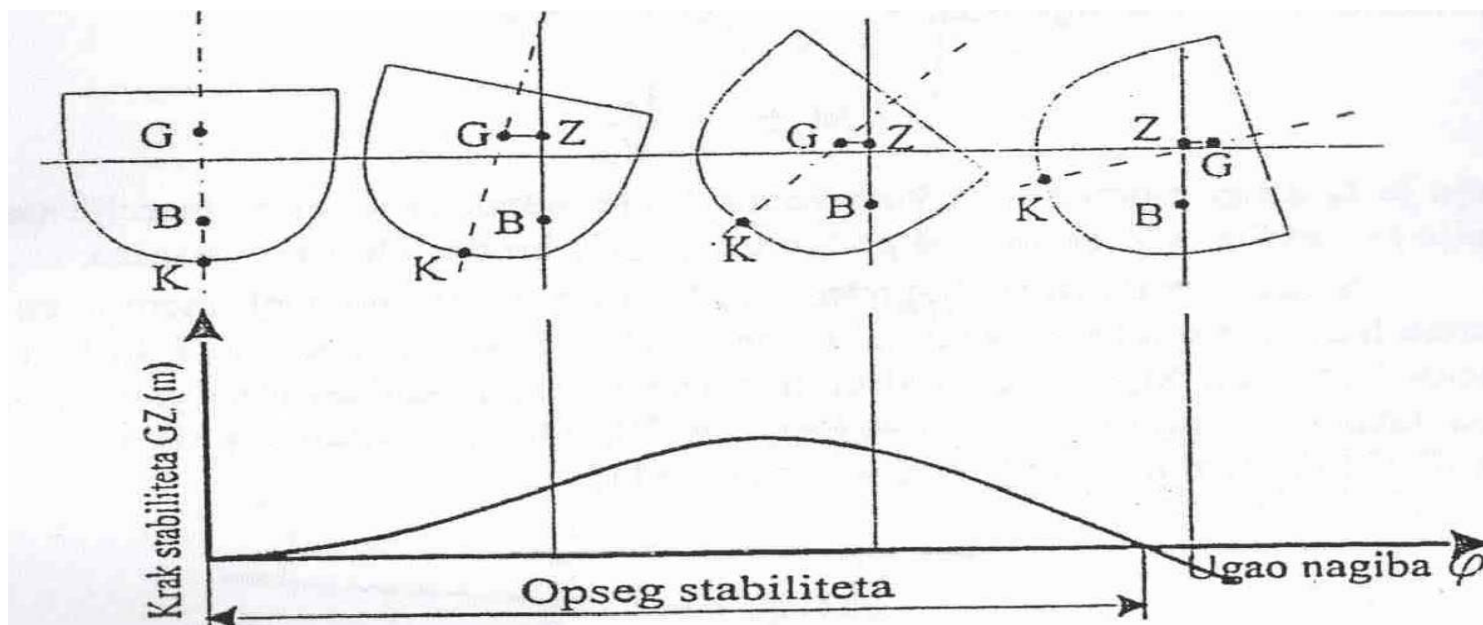


Dakle sila uzgona nakon nakretanja djeluje u tački B, pojavljuje se spreg sila, odnosno moment stabiliteta $M_{st} = D \cdot GZ = U \cdot GZ$ koji teži da vrati brod u ravnotežni položaj.

Veličina GZ se, naziva poluga stabiliteta ili krak stabiliteta.

Brod se okreće oko težišta vodne linije F i ukoliko je ugao ψ dovoljno mali, možemo pretpostaviti da se težište vodne linije, zbog težišta vodne linije, nalazi na simetrali broda, odnosno u presječnoj tački simetrale i vodne linije.

Kako se brod nagnje, mijenja se i veličina GZ kako je prikazano na slici.

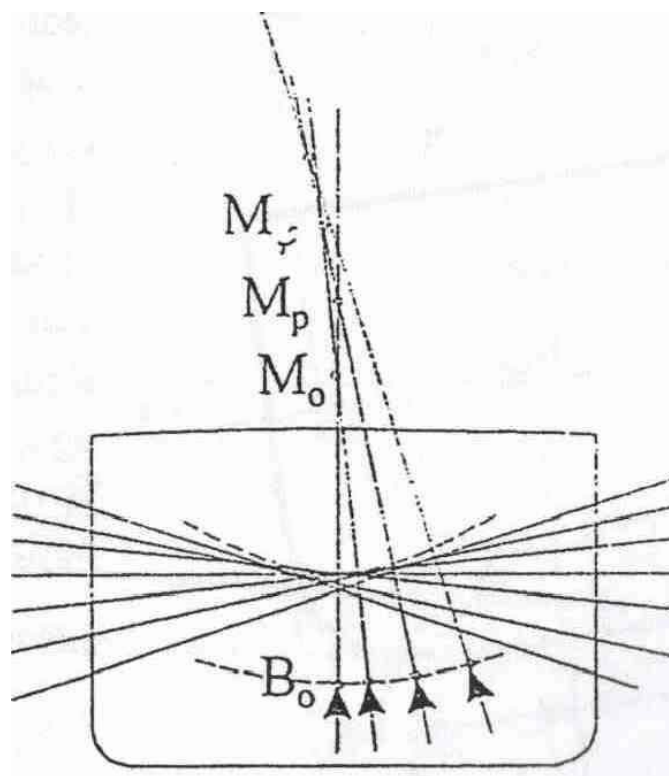


Nakon nakretanja broda za određeni ugao, izmijeni se i oblik vodne linije, te se njeno težište više neće nalaziti na simetrali, što znači da se ni brod neće okretati oko tačke na simetrali već oko težišta nove vodene linije.

Linija koja se dobija spajanjem težišta vodnih linija oko kojih se brod okreće, naziva se **obvojnica vodnih linija**.

Istovremeno, centri djelovanja uzgona pri raznim uglovima nakretanja čine krivu liniju koja se naziva **kriva težišta istisnuća**.

Za svako novo nakretanje broda tačka M_1 se pomjera po liniji koja se naziva **metacentarska kriva**. Presječna tačka linije po kojoj djeluje sila uzgona i simetrale broda za veće uglove naziva se **privedni metacentar M_p**



Pitanja ?

HVALA NA PAŽNJI