

# STABILITET BRODA I ZAKONI PLOVNOSTI



## POJAM STABILITETA I ZAKONI PLOVNOSTI

**STABILNOST BRODA** - svojstvo broda da se protivi silama koje ga nastoje nagnuti i sa svojstvom da se automatski vraća u uspravan položaj čim prestane djelovanje tih sila.

**STABILITET BRODA** ovisi o međusobnom položaju **TEŽIŠTA ISTISNINE "B"** i **TEŽIŠTA SISTEMA "G"**

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

**II ZAKON PLOVNOSTI** - ako se brod iz bilo kojeg razloga nagne, pri naginjanju javiče se uspravljajući **"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 težine broda "G"** i **Sile uzgona "B"** sastoje se od sila koje nastoje vratiti brod u uspravan položaj.

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

### OSNOVNE TOČKE STABILNOSTI

**SISTEMNO TEŽIŠTE BRODA "G"**  
**TEŽIŠTE ISTISNINE ILI UZGONA "B"**  
**TOČKA METACENTRA "M"**

Osnov je točka **"K"** - kobilica, od koje se vrše sva određivanja u poprečnoj stabilnosti.

Točke **"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.

### SISTEMNO TEŽIŠTE BRODA "G"

**"G"** je točka 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:

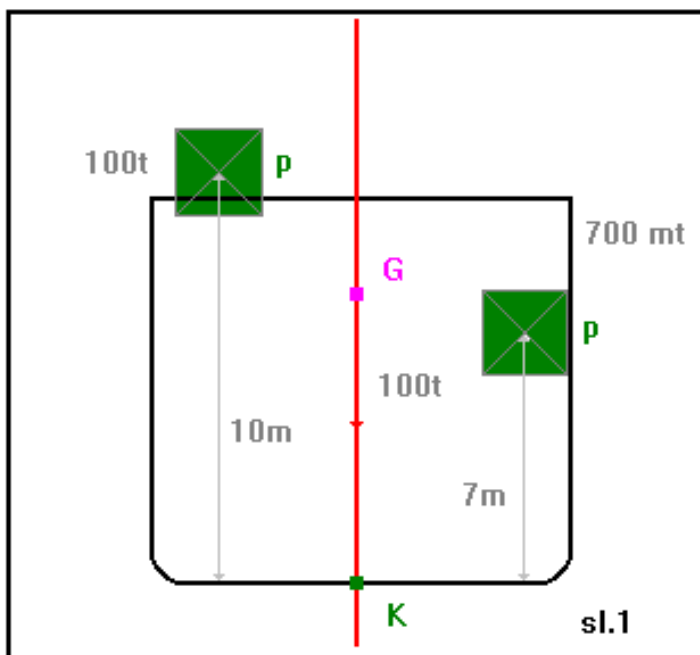
$$KG = E V_m / E_t$$

**KG** visina sistemnog težišta broda iznad kobilice

**V<sub>m</sub>** vertikalni moment

**t** težina

**E** suma (zbroj)



$Vm = p \times d$       p - težina      d - krak

**DEPLASMAN** je jednak zbroju svih težina na brodu

**DEPLASMAN** se sastoji od težine praznog broda i ukupne nosivosti broda

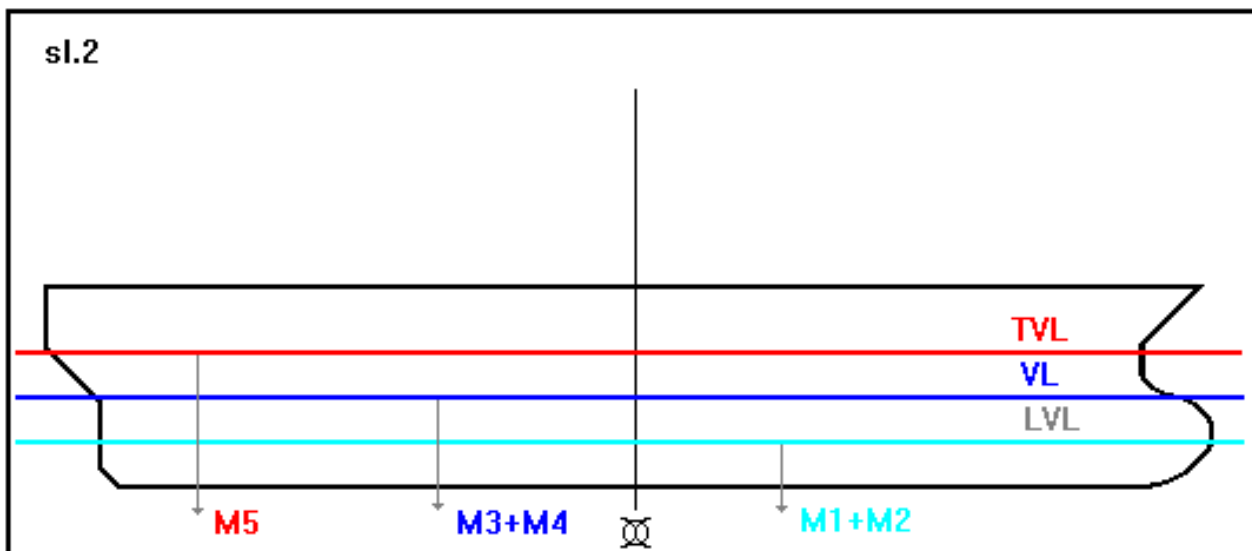
$D = V \times \gamma_1$  (specifična težina H<sub>2</sub>O)

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

M<sub>1</sub> = masa trupa

M<sub>2</sub> = masa motora

M<sub>1</sub> + M<sub>2</sub> = težina praznog broda



**TVL** teretna vodena linija

**VL** vodena linija

**LVL** laka vodena linija



**NOSIVOST BRODA** od LVL do TVL

**KORISNOST BRODA** od VL do TVL

**DWT** = ukupna nosivost broda

$$KG = \sum m / D$$

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

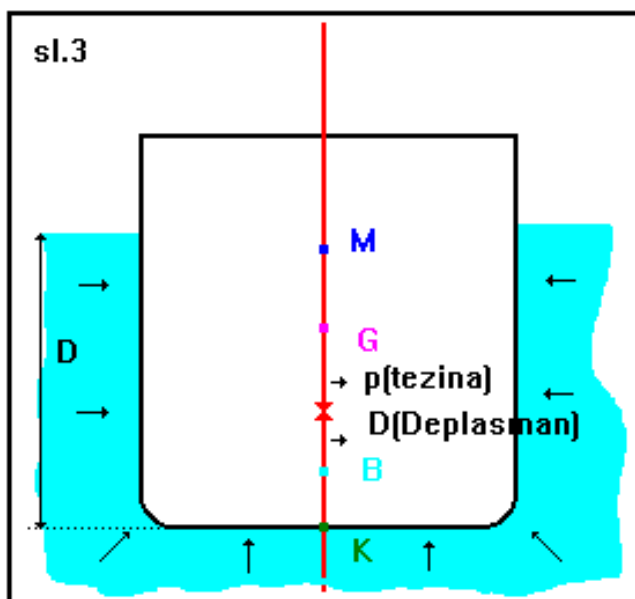
### TEŽIŠTE ISTISNINE “B”

**DEPLASMAN ILI ISTISNINA = TEŽINA**

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

**TEŽIŠTE ISTISNINE ILI UZGONA “B”**

je točka u kojoj zamišljamo da su skoncentrirane sve sile uzgona ili istisnine. Njegov položaj ovisi o obliku uronjenog dijela broda, volumenu uronjenog dijela broda i gasu broda.



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

**TEŽIŠTE ISTISNINE “B”** određena je udaljenošću od kobilice. KB je udaljenost kobilice od težište istisnine.

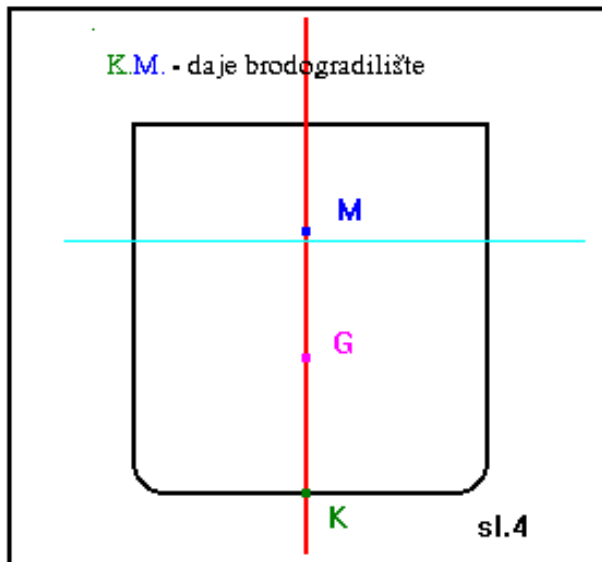
Izračunava ga brodogradilište, a njegovu vrijednost daje nam na brodu u obliku tablica u koje se ulaze sa srednjim gazom broda.



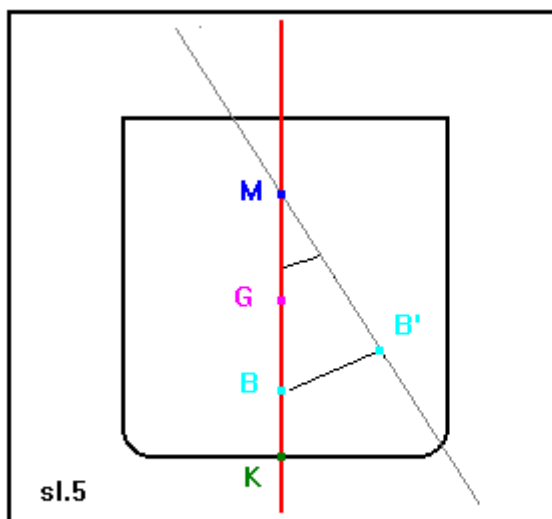
## METACENTAR "M"

Metacentar "M" je točka oko koje se brod okreće u poprečnom smislu. Nalazi se uvijek iznad **SISTEMNOG TEŽIŠTA "G"**, a o njihovom međusobnom položaju ovisi stabilnost broda.

Točku metacentra dobijemo na slijedeći način:



Kada se brod nagne zbog promjene oblika uronjenog dijela broda, težište istisnine "B", prelazi na stranu nagiba u točku "B'". Ako iz "B'" povučemo okomicu na vodenu liniju, gdje ta okomica siječe uzdužnu simetralu broda nalazi se točka **METACENTRA "M"**. Kada je brod u uspravnom stanju točka metacentra određena je veličinom "KM" izraženom u metrima, a daje nam je brodogradilište u obliku tablica ili krivulja. Položaj metacentra ovisi o gasu broda tj. o **DEPLASMANU** tj o volumenu uronjenog dijela broda.



Udaljenost metacentra od sistemnog težišta kao vrijednost stabilnosti upotrebljavamo samo do kuta nagiba do  $12^\circ$ . Kod većih kuteva nagiba ( $>12^\circ$ ) metacentar izlazi iz simetrije broda, kreće se po metacentarskoj krivulji, a stabilnost broda izrazavamo vrijednošću **"MOMENTA STATIČKE STABILNOSTI  $M_{st}$ "**.



## POČETNA STABILNOST BRODA

Početu stabilnost broda, brod posjeduje kada se nalazi u uspravnom stanju ili malo nagnut.

Vrijednost početne stabilnosti u uspravnom stanju je udaljenost metacentra od sistemnog težišta, a kada je brod malo nagnut vrijednost početnog momenta statičke stabilnosti je "Mst0".

### Brod može biti STABILAN, LABILAN ili INDIFERENTAN.

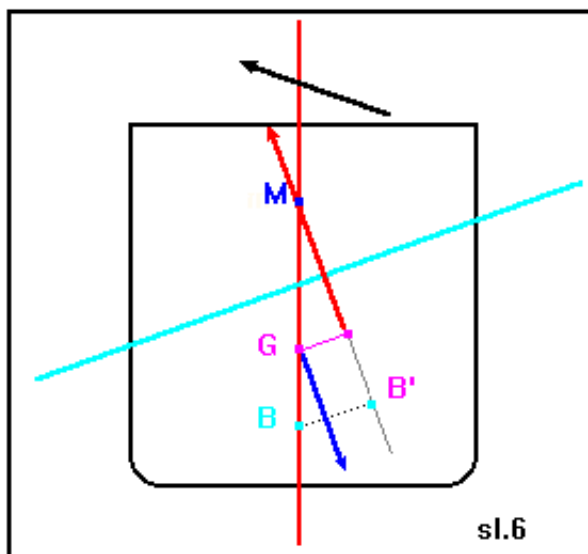
- brod je **STABILAN** ako se M nalazi iznad G
- brod je **LABILAN** ako se M nalazi ispod G
- brod je **INDIFERENTAN** kada su M i G u istoj točki

kod STABILNOG broda  $Mst = +$

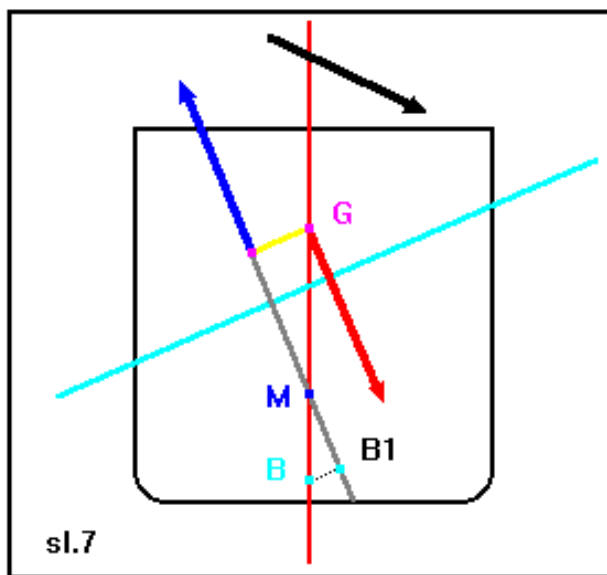
kod LABILNOG broda  $Mst = -$

kod INDIFERENTNOG broda  $Mst = 0$

**$Mst = +$  STABILAN BROD**

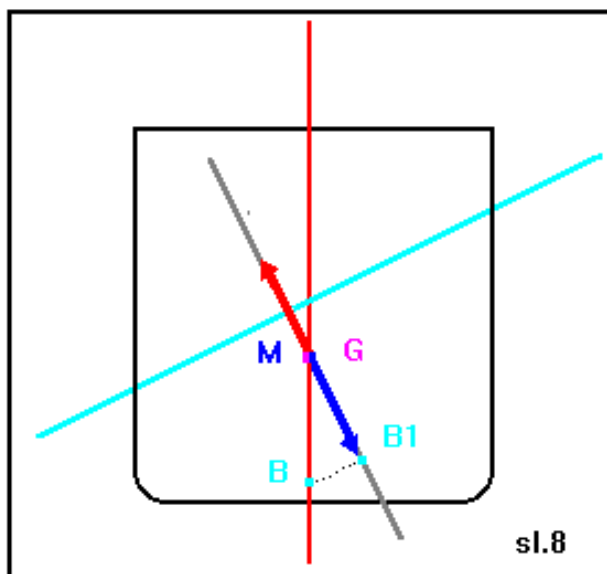


**$Mst = -$  LABILAN**



sl.7

**$M_{st} = 0$       INDIFERENTAN**



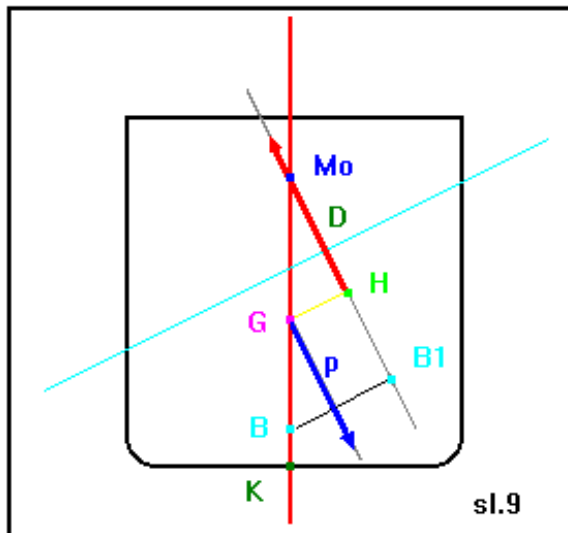
sl.8

### **MOMENT STATIČKE STABILNOSTI**

Javlja se pri svakom nagibanju broda kao spreg sila koje će vratiti brod u uspravan položaj kad prestane djelovanje sila koje su brod nagnule.

Moment statičke stabilnosti za kuteve nagiba do  $12^\circ$  nazivamo **POČETNI MOMENT STATIČKE STABILNOSTI** i označavamo ga sa  **$M_{st0}$** .

Ovisi o deplasmanu broda "D", kutu nagiba "φ" i udaljenosti početnog metacentra "Mo" od sistemnog težišta "G". Početnom momentu statičkog stabiliteta tj. njegovom vrijednošću izražavamo stabilnost broda pri nagibanju.



$P = D$

$Mst0 = D \times GH$

$\sin \varphi = GH/MoG$

MoG - početna metacentarska visina

$GH = MoG \times \sin \varphi$

GH - poluga uspravljanja ili poluga stabilnosti

$Mst0 = D \times GH$

Mst0 - početni moment statičke stabilnosti

$Mst0 = D \times MoG \times \sin \varphi$

$\varphi$  - kut nagiba

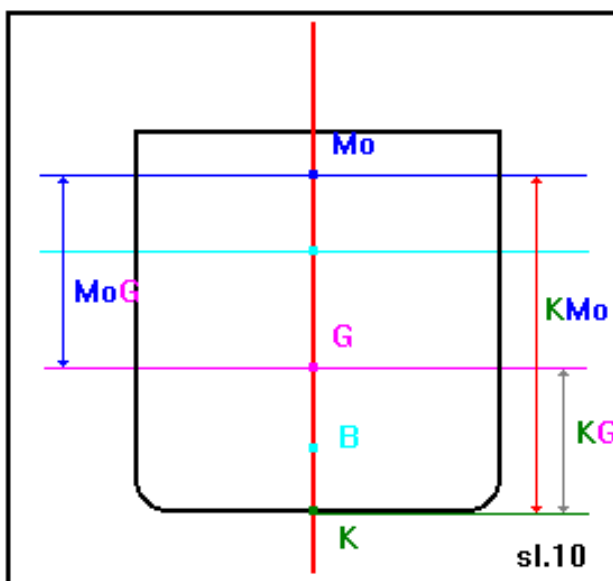
vrijedi samo do  $12^\circ$

Mo - početni stabilitet

### POČETNA METACENTARSKA VISINA

Početna metacentarska visina je udaljenost početnog metacentra “Mo” do sistemnog težišta “G” Njena vrijednost izražava se u metrima i glavni je pokazatelj stabilnosti broda, u uspravnom stanju bez ikakvog nagiba ( $\varphi = 0$ ).

$MoG = KMo - KG$





### KMo - visina početnog metacentra iznad kobilice.

**KMo** određuje brodogradilište i daje nam ga na brod u obliku tablica ili krivulja u koje ulazimo sa srednjim gazom broda "Ts" i vadimo njegovu vrijednost. Visina Kmo ovisi o deplasmanu "D" broda i obliku uronjenog dijela broda.

**KG** - visina sistemnog težišta iznad kobilice određuje se na brodu, računom centracije prema izrazu

$KG = \Sigma Vm / D$ , a ovisi o rasporedu težina na brodu

## POMICANJE SISTEMNOG TEŽIŠTA BRODA

Sistemno težište broda pomiče se kod:

1. Prilikom ukrcaja neke težine
2. Prilikom iskrcaja neke težine
3. Prilikom vertikalnog pomicanja neke težine

Pomak sistemnog težišta odvija se po određenim pravilima i to:

**KOD UKRCAJA** - sistemno težište "G" pomiče se prema novo ukrcajnoj težini

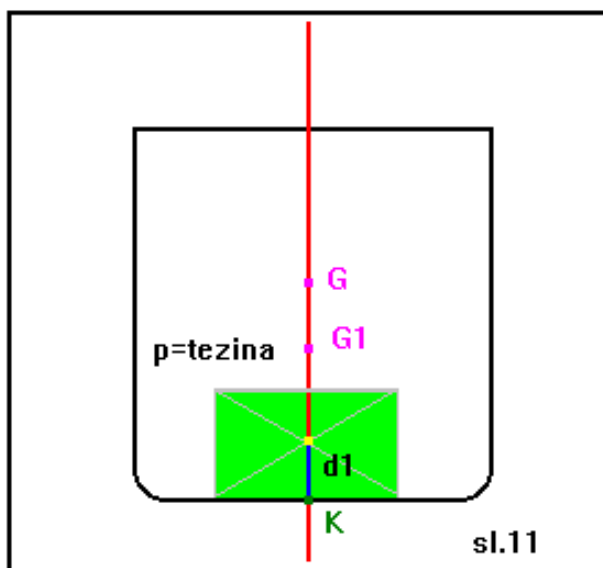
**KOD ISKRCAJA** - sistemno težište "G" pomiče se u suprotnom smjeru od iskrcajne težine

**KOD VERTIKALNOG POMAKA** - sistemno težište "G" pomiče se u smjeru pomaknute težine.

Pomak sistemnog težišta obilježava se izrazom "GG1"

## POMAK SISTEMNOG TEŽIŠTA KOD UKRCAJA

Pomak sistemnog težišta kod ukrcaja određuje se prema proporciji:



$$GG_1 : d = P : D$$

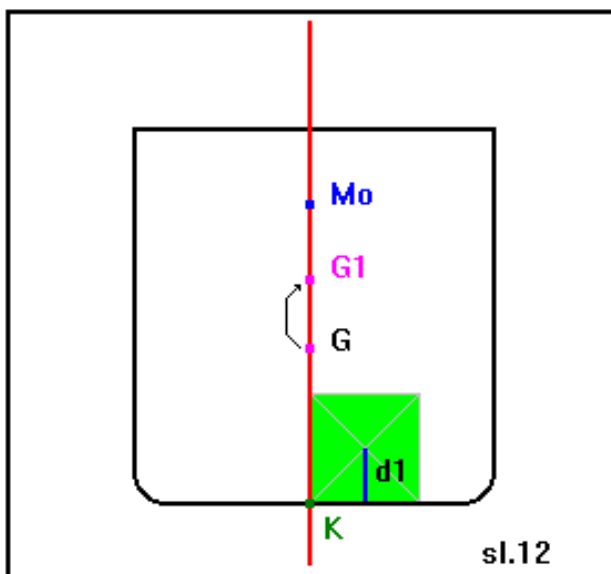
$$GG_1 \times D = p \times d$$

$$GG_1 = P \times d / D + p \quad d = KG - d_1$$

d1--visina težišta tereta iznad kobilice



### POMAK SISTEMNOG TEŽIŠTA KOD ISKRCAJA



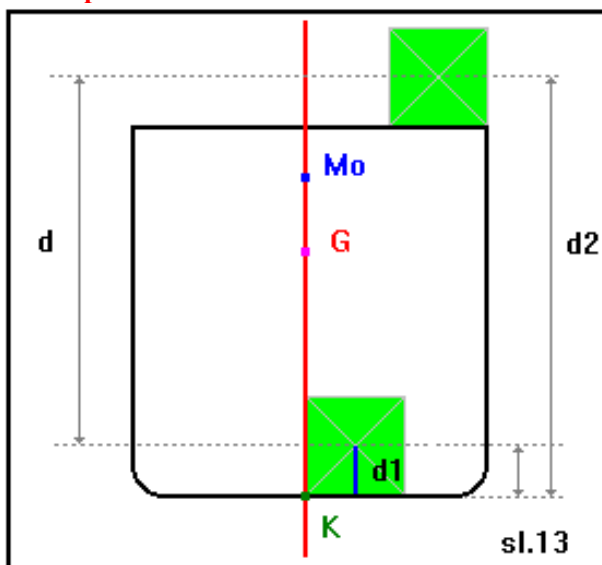
$$GG_1 = p \times d / D \pm p$$

opća formula za pomak sistemnog težišta kod ukrcaja (+) kod iskrcaja (-)

$$d = KG - d_1$$

### POMAK SISTEMNOG TEŽIŠTA KOD VERTIKALNOG POMAKA TEŽINA

$$GG_1 = p \times d / D$$

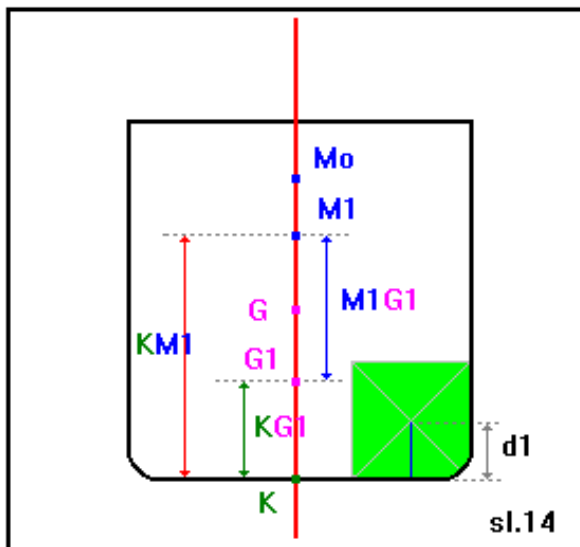


$$d = d_2 - d_1$$



## PRORAČUN METACENTARSKE VISINE

### UKRCAJ



$$M_1G_1 = KM_1 - KG_1$$

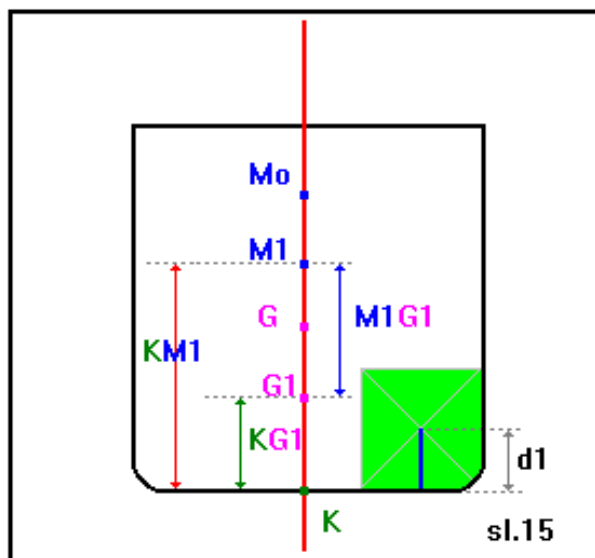
$KM_1$  - vadimo iz tablica u koje ulazimo sa srednjim gazom  $T_s$  ili deplasmanom  $D$

$$KG_1 = KG - GG_1 \rightarrow GG_1 = p \times d / D + p$$

$$KG = E_{vm} / D$$

$$d = KG - d_1$$

### ISKRCAJ:

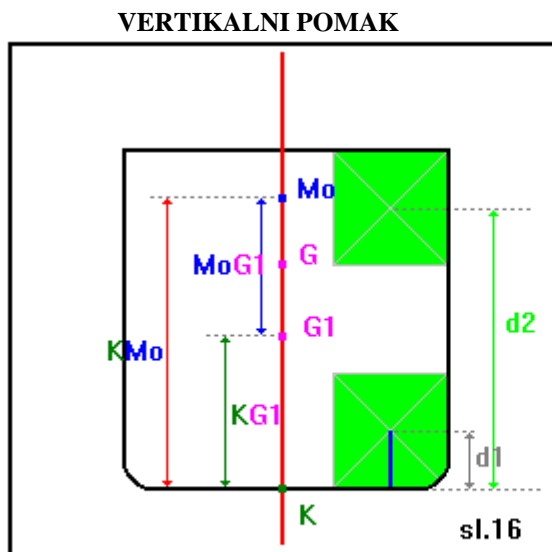


$$M_1G_1 = KM_1 - KG_1$$

$KM_1$  - vadimo iz tablica sa  $T_s$  ili  $D$

$$KG_1 = KG + GG_1 \rightarrow GG_1 = p \times d / D - p$$

$$d = KG - d_1$$



$$\mathbf{MoG_1 = KMo - KG_1}$$

$KMo$  dobijemo iz tab. sa  $Ts$  ili  $D$

$$\mathbf{KG_1 = KG - GG_1 \rightarrow GG_1 = p \times d / D}$$

$$\mathbf{d = d_2 - d_1}$$

## PRORAČUN KUTA NAGIBA BRODA

Ako neka težina koja ima moment  $p \times d$  nagne brod on će se tom nagnuću suprostaviti početnim momentom statičke stabilnosti  $D \times GH$ .

Brod će se nagnjati sve dok se ta dva momenta ne izjednače i u momentu izjednačavanja brod će ostati nagnut za neki kut  $\varphi$ .

Prilikom ukrcaja ili iskrcaja dolazi do pomicanja sistemnog težišta koje se pomiče prema **proporciji**

$$\mathbf{GG_1 \times d = p \times D.}$$

U momentu izjednačavanja dobivamo izraz:

$$D \times GH = p \times d$$

$$\mathbf{D = MoG \sin \varphi = p \times d \cos \varphi}$$

$$\sin \varphi / \cos \varphi = p \times d / D \times MoG$$

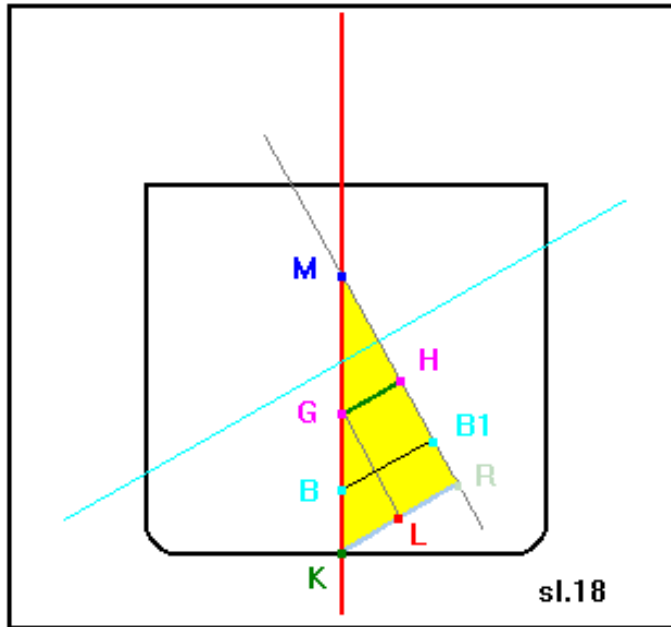
$$\mathbf{tg \varphi = p \times d / D \times MoG}$$

samo do  $12^\circ$





**$GH = KM \sin \varphi - KG \sin \varphi$**



**$KM \sin \varphi$**  - Predstavlja stabilnost forme broda. Zavisi o obliku uronjenog dijela broda tj o srednjem gazu broda. Ove vrijednosti vadimo iz posebnih tablica ili krivulja koje se zovu PANTOKARENE.

**$KG \sin \varphi$**  - Predstavlja stabilnost težine. Zavisi o rasporedu težina na brodu i kutu nagiba  $\varphi$

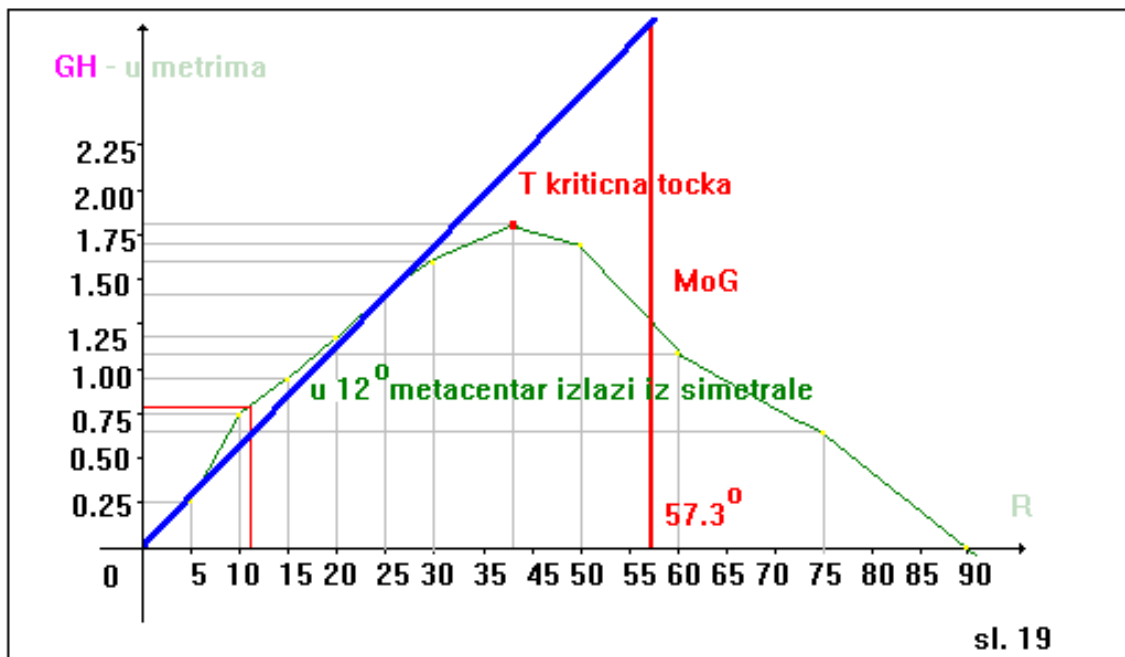
**GH** - Je poluga uspravljanja broda ili poluga kraka statičke stabilnosti. Ovisi o stabilnosti forme i stabilnosti težine.

$\varphi$	05°	10°	15°	20°	25°	30°	40°	50°	60°	75°	90°
$KM \sin \varphi$											
$KG \sin \varphi$											
GH	0.25	0.75	0.90	1.20	1.40	1.60	1.80	1.65	1.10	0.60	0

**$GH = KM \sin \varphi - KG \sin \varphi$**

$KM \sin \varphi$  vadimo iz krivulja

$KG \sin \varphi = KG \times \sin \varphi$



Kod crtanja krivulje, a prije ucrtavanja vrijednosti GH na kutu od  $57.3^\circ$  ucrtta se kao ordinata vrijednost početne metacentarske visine MoG. Iz vrha ordinate MoG ucrtta se tangenta u ishodište.

## PROMATRANJE GH - KRIVULJE

Dolazimo do slijedećih zaključaka:

1. U ishodištu 0 nema kraka stabilnosti i brod se nalazi u statičkom stanju ravnoteže.
2. U početku krivulja slijedi prtavac koji spaja ishodište sa ordinatom kod kuta  $57.3^\circ$ , a ordinata ima vrijednost početne metacentarske visine MoG koja se dobiva računskim putem. Odvajanjem krivulje od pravca događa se kod kuta od  $12^\circ$  nagiba. MoG ne smijemo zamijeniti sa metacentarskom visinom kada se brod nagne u kut od  $57.3^\circ$ .
3. Povećanjem kuta nagiba krivulja se penje tj. krakovi stabilnosti rastu. Taj rast traje do određenog kuta nagiba na kojem je krak stabilnosti najveći. Najveća vrijednost kraka stabilnosti zove se **maksimalni krak ili GH max**.  
Odgovarajući kut maksimalnom kraku zove se **kritički kut nagiba, a točka T kritična točka**. Daljnjim rastom kuta nagiba, krivulja pada, odnosno krakovi stabilnosti se smanjuju.
4. Točka T na krivulji odgovara kutu kod kojeg paluba broda počinje uranjati u more.
5. Raspon nagiba od točke 0 do točke R u kojem je krak stabilnosti pozitivan, zove se **opseg stabiliteta**, a stabilnost je veća, ako je opseg veći, a to se postiže većim nadvođem.



Ako na brod djeluje moment  $M_1$  (AB), njemu će se suprotstaviti moment uspravljanja broda, čiji je krak BE. Vidimo da je  $OA = BE$  i brod će zauzeti nagib koji odgovara kutu točke E ( $20^\circ$ ). Moment  $M_2$  nagnut će brod na kut koji odgovara točki F ( $30^\circ$ ). Brod još uvijek ima rezervnu stabilnost koja je omeđena točkom CDT.

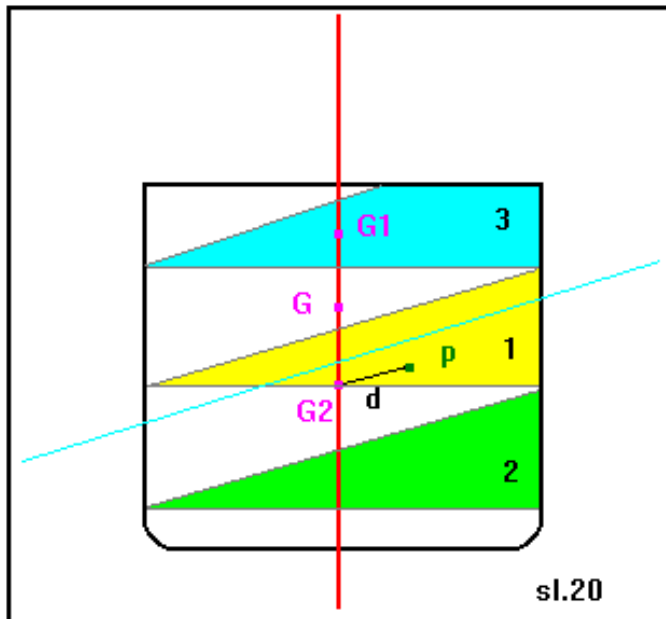
Ako vanjski moment ima vrijednost  $M_3$  brod će se nagnuti na kut nagiba koji odgovara točki G, a rezervne stabilnosti više nema.

Točka nagiba broda ili kut nagiba u kojoj brod više nema rezervnu stabilnost zove se **KRITIČNA TOČKA**.

Ako se vanjski moment imalo poveća, uspravljaajući moment broda biti će prevladan i brod će se prevrnuti. Kritična točka T je ujedno i točka prevrtanja.

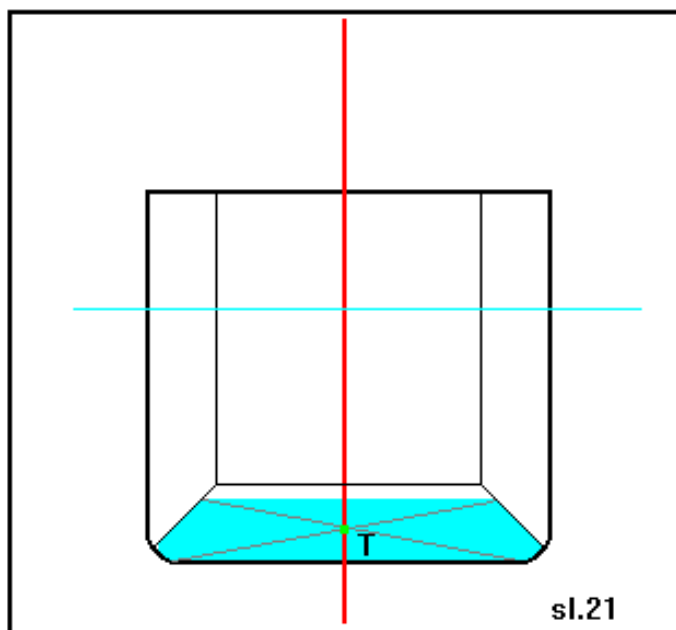
## **UTJECAJ SLOBODNIH POVRŠINA**

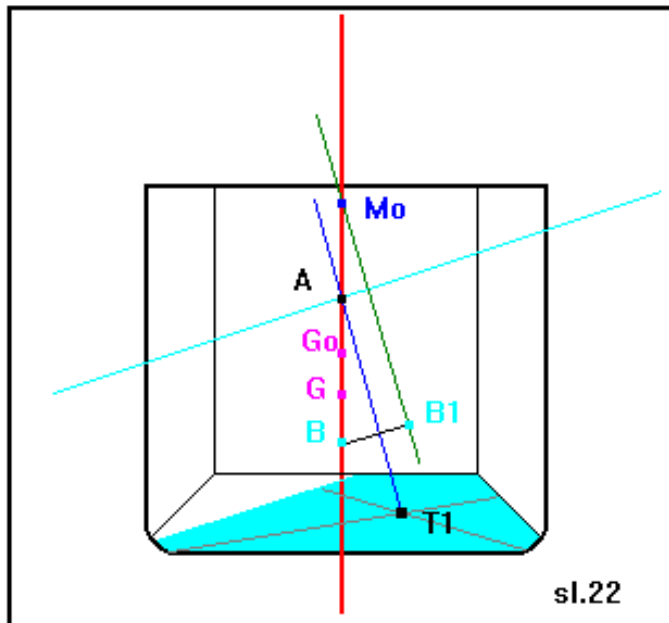
Pod slobodne površine podrazumijevamo površinu tekućine ili sipkog tereta (rasuti teret) koji pri nagibanju broda slijedi njegov nagib kao i svaki teret koji se pri naganjanju broda pomiče na stranu nagiba.



Površina 3 se razlikuje od 1 i 2  
 Površina klina 1 i 2 je ista i moment je jednak

Utjecajem 1 i 2 dolazi do podizanja G u G1, a kod utjecaja 3 dolazi do spuštanja G u G2.  
 (Ako dođe i do pomicanja rasutog tereta brod se nesmiije nagnuti na kut  $> 12^\circ$ ).





Kod nagiba broda tekućina će slijediti nagib broda pa će s toga težište tekućine prijeći iz točke **T** (uspravan brod) u točku **T1** na stranu nagiba.

Ako iz točke **T1** povučemo okomicu na vodenu liniju dobit ćemo sjecište te okomice sa simetralom broda.

Smatramo da će težište tekućine djelovati u točki sjecišta tj. točki **A**, kao da smo težinu te tekućine postavili iznad sistemnog težišta.

Zbog djelovanja tekućine u točki **A** koja se nalazi iznad sistemnog težišta doći će do pomicanja sistemnog težišta broda iz točke **G** u **Go**, a time do  **smanjenja metacentarske visine MoG**.

**Nova metacentarska visina MoGo prema slici biti će:**

$$\mathbf{MoGo = MoG - GGo}$$

Pomak sistemnog težišta **GGo** ovisiti će o momentu tromosti slobodne površine ili **POPREČNOM MOMENTU SLOBODNIH POVRŠINA**.

Ovaj moment će prvenstveno ovisiti o površini tekućine u tanku tj. o dužini i širini tanka. Moment tromosti slobodne površine označavamo sa "**T**", a računa se kao:

$$\mathbf{I = l \times b^3 / 12}$$

**l** je dužina klina slobodne površine

**b** je širina klina slobodne površine-

S obzirom da brod pliva, utjecaju slobodnih površina suprostavit će se površina vodene linije na kojoj brod pliva tj. volumenu uronjenog dijela broda. Zbog toga **pomak sistemnog težišta GGo računamo prema izrazu:**

$$\mathbf{GGo = I / V}$$

**V** je volumen uronjenog dijela broda

Rijetko se dogodi da tekućina u tanku ima istu specifičnu gustoću kao i tekućina u kojoj brod pliva stoga moramo tekućinu tanka i tekućinu u kojoj brod pliva pomnožiti sa specifičnom gustoćom mora i tekućine u tanku pa ćemo dobiti izraz:

$$\mathbf{GGo = I \times \Upsilon_T / V \times \Upsilon}$$

**$\Upsilon_T$**  = specifična gustoća tekućine u tanku

**$\Upsilon$**  = specifična gustoća tekućine u kojoj brod pliva



Ako na brodu ima više tankova u kojima se nalazi tekućina, tada moramo zbrojiti momente tromosti slobodnih površina i dobivamo izraz:

$$GG_o = \sum I \times \Upsilon_T / V \times \Upsilon$$

Izraz  $V \times \Upsilon$  predstavlja vrijednost **DEPLASMANA "D"** broda, s toga će konačni izraz za **pomak sistemnog težišta zbog utjecaja slobodnih površina tekućina na brodu biti:**

$$GG_o = \sum I \times \Upsilon_T / D$$

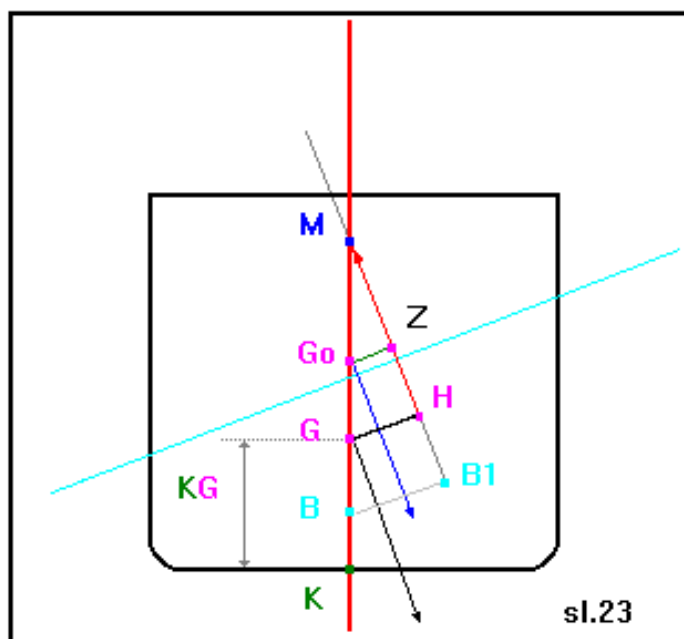
Početna metacentarska visina broda ispravljena za vrijednost pomaka sistemnog težišta zbog utjecaja slobodnih površina tekućina na brodu biti će:

$$MoGo = MoG - \sum I \times \Sigma_T / D$$

Vrijednost "**I**" i "**Y<sub>T</sub>**" dobivamo iz tablica koje daje brodogradilište, u tablice ulazimo sa imenom tanka, te vadimo vrijednost u **metar tonama MT** i ako tu vrijednost podijelimo sa deplasmanom dobit ćemo vrijednost **GG<sub>o</sub>** u metrima.

Vrijednost **GG<sub>o</sub>** možemo dobiti isto tako iz tablica u metrima, tako da u tablicu ulazimo sa nazivom tanka i određenim deplasmanom.

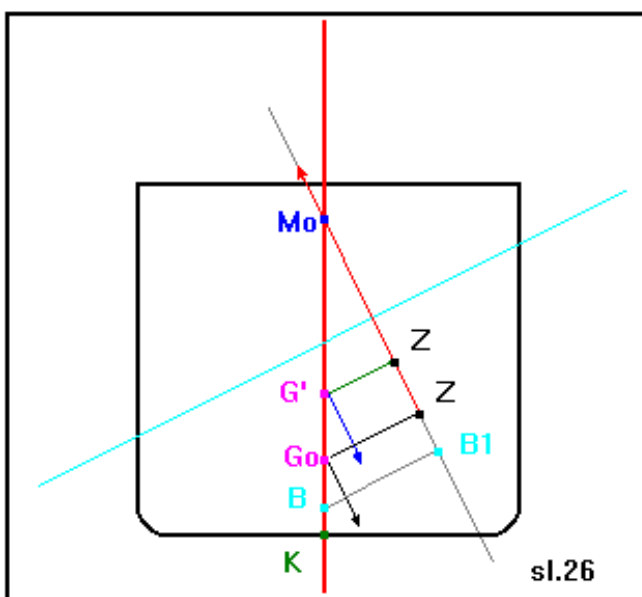
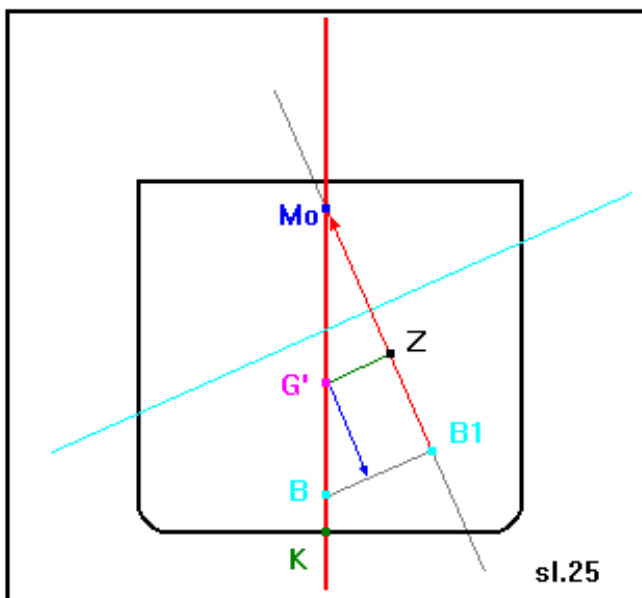
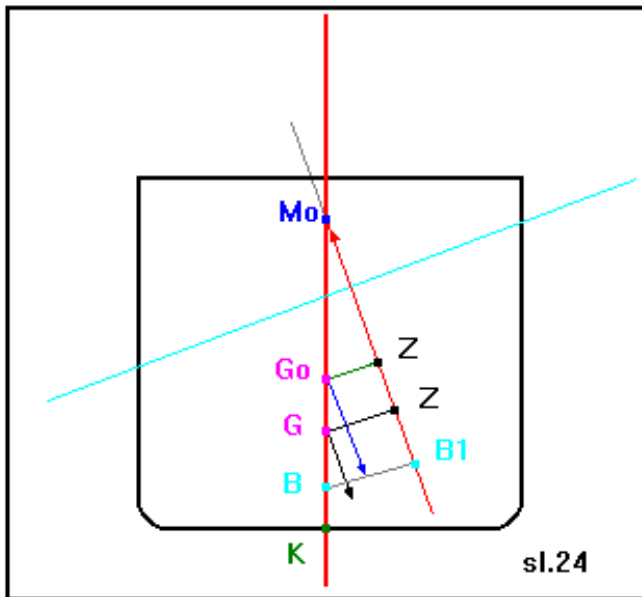
### GZ -- POLUGA



$$\begin{aligned} KG &= \sum V_m / D \\ KGo &= KG + GGo \\ D \times GH &> D \times GoZ \end{aligned}$$

Poluga uspravljanja broda **GoZ** poluga javit će se pri svakom naginjanju broda, kada na brodu postoje slobodne površine:

**GoZ** – Poluga djeluje iz sistemnog težišta **Go** kojeg smo dobili ako smo izvršili ispravak sistemnog težišta **G** za utjecaj slobodnih površina.



**KG** = visina sistemnog težišta broda



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

$\mathbf{KG}_0$  = visina sistemnog težišta broda ispravljena za utjecaj slobodnih površina

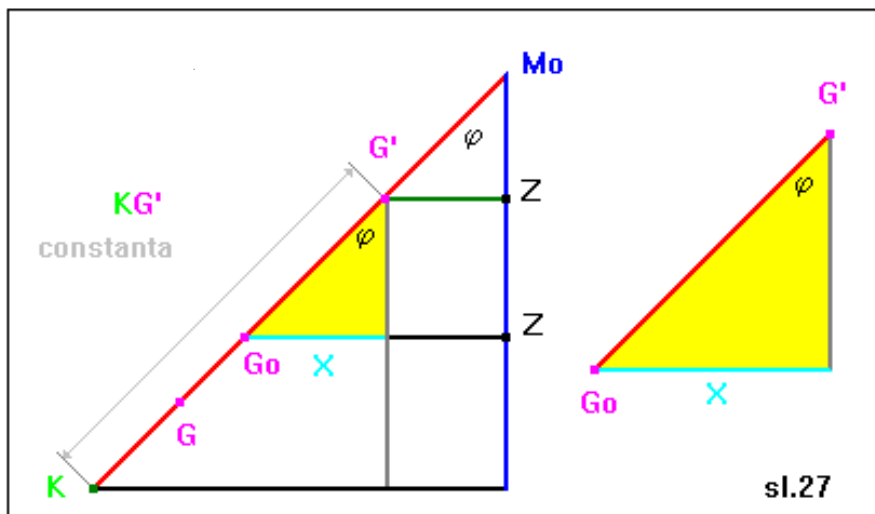
$\mathbf{KG}'$  = predstavlja visinu sistemnog težišta ( Ass.  $\mathbf{KG}'$  )

$\mathbf{KG}'$  = je pretpostavljena visina sistemnog težišta broda koje određuje brodogradilište i ona je konstantna što ovisi o vrsti, tipu i veličini broda.

$\mathbf{G}'Z$  = je vrijednost poluge uspravljanja broda za pretpostavljeni  $\mathbf{KG}'$ . Njena veličina mijenja se sa deplasmanom broda i kutom nagiba. Vadimo iz brodskih tablica na osnovu deplasmana i kuta nagiba.

$\mathbf{GoZ}$  = je prava poluga ispravljanja broda koju smo dobili nakon ispravke utjecaja slobodnih površina na stabilnost broda.

### NAČIN RAČUNANJA “GoZ” POLUGE

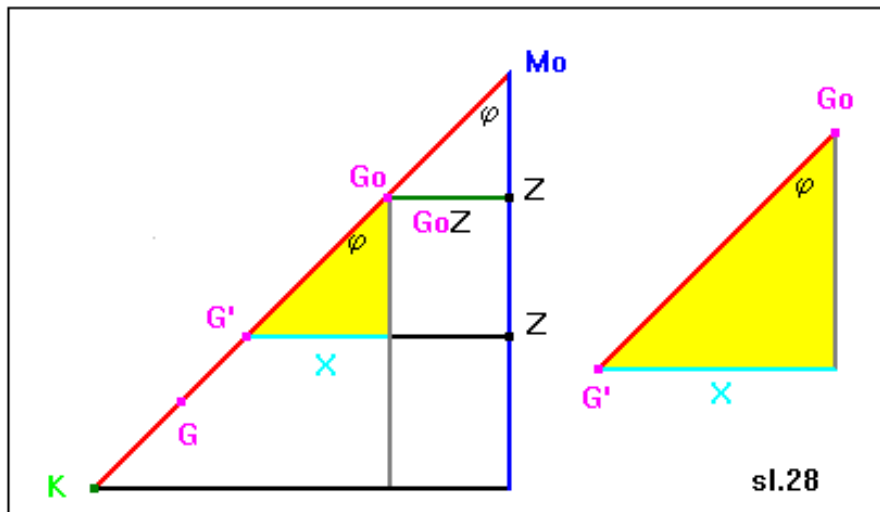


$$\mathbf{GoZ} = \mathbf{G'Z} + \mathbf{X}$$

$$\sin \varphi = \mathbf{X} / \mathbf{GoG'}$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{GoG'} \sin \varphi$$

$$\mathbf{GoZ} = \mathbf{G'Z} + \mathbf{GoG'} \sin \varphi$$



$$\sin \varphi = X / GoG'$$

$$GoZ = G'Z + (\pm GoG' \sin \varphi)$$

+ ako je Go ispod G'

- ako je Go iznad G'

Ako je  $KGo > KG'$  onda će korekcija biti -  
 Ako je  $KGo < KG'$  onda će korekcija biti +

$$KGo > KG' \quad X = -$$

$$KGo < KG' \quad X = + \quad GoG' = KG' - KGo$$

$$KGo = KG + GGo$$

$$KG = \Sigma V_m / D$$

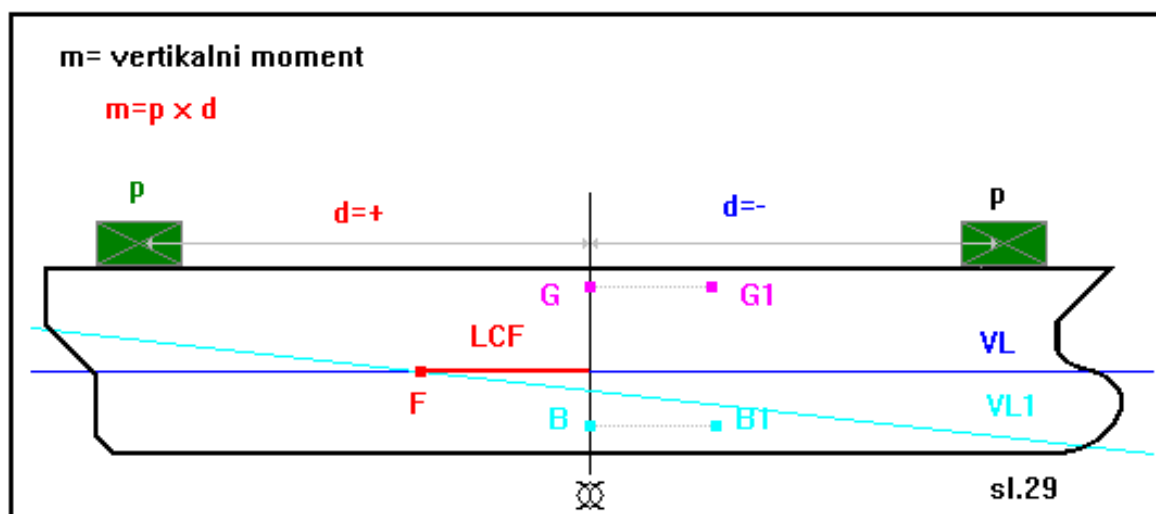
$$GGo = \Sigma I \gamma_T / D$$

### UZDUŽNA STABILNOST BRODA

Uzdužna stabilnost je ona stabilnost koja vraća brod u uspravan položaj ako se nagne oko poprečne osi. Razlika između poprečne i uzdužne stabilnosti očituje se i tome što brod nije simetričan s obzirom na glavno rebro (poprečna os), kao što je to s obzirom na simetralnu ravninu (ravnina dijeli brod na dva jednaka dijela, a glavno rebro ne dijeli brod na dvije iste polovice prednju i zadnju) i to što je brod u uzdužnom smislu vrlo stabilan, jer ima veliku uzdužnu metacentarsku visinu MLG. Uzdužni nagibi su mnogo manji od poprečnih.



## TEŽIŠTE PLOVNE VODENE LINIJE “F” CENTRE OF FLOTATION



Kod uzdužnog nagnjanja broda (radi se o vrlo malim kutovima nagiba), težište oko kojeg se brod nagnje zove se težište plovne vodene linije “F”.

Po širini ovo se težište nalazi u uzdužnici broda, s obzirom da su bokovi broda simetrični, dok po dužini ono redovito pada izvan sredine broda jer oblici pramca i krme nisu jednaki.

Položaj točke “F” od sredine broda ovisi o gazu jer se mijenja podvodni oblik broda. Određivanje položaja težišta plovne vodene linije “F” vrši brodogradilište, te nam ga predočava u obliku tablica ili krivulja u koje se ulazi sa srednjim gazom broda.

Udaljenost težišta plovne vodene linije od sredine broda označava se sa **LCF (Longitudinal Centre of Flotation)**, jednako izronjenju krme i obrnuto.

Ako se težište plovne vodene linije nalazi izvan sredine broda, uronjavanje pramca neće biti jednako izronjavanju krme i obrnuto.

### LCF ima svoj predznak

**LCF = - “F” se nalazi prema pramcu od sredine broda**

**LCF = + “F” se nalazi prema krmi od sredine broda**

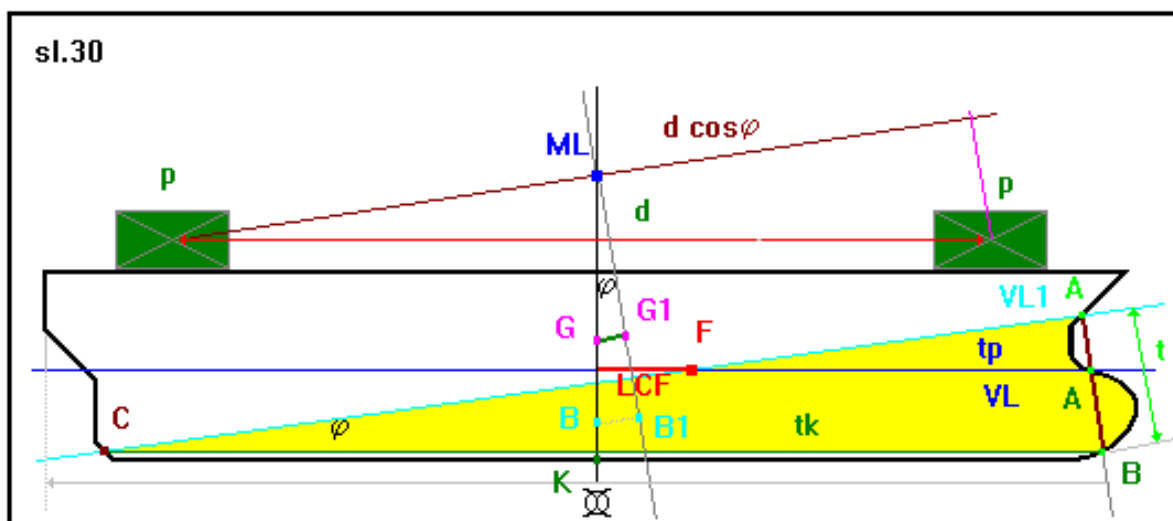
Sve oznake koje imaju negativan predznak u uzdužnoj stabilnosti odnose se na pramac i prema pramcu od sredine broda, a sve oznake koje imaju pozitivan predznak odnose se na krmu ili prema krmi od sredine broda.



## TRIM BRODA ( UKUPNA PRETEGA ) I MOMENT TRIMA

Kada je gaz na pramcu  $T_p$  jednak gazu na krmi  $T_k$ , kažemo da brod pliva na **RAVNOJ KOBILICI (Even Keel)**.

Sistemno težište "G" i težište istisnine "B" okomiti su na kobilicu. Ako neku težinu "p" pomaknemo sa krme prema pramcu, pramac će uroniti za neki određeni kut  $\varphi$  (slika 30.), doći će do pomaka "B" u "B1" i "G" u "G1".



$t_k \parallel V_1$  ili  $t_p$

$t$  = trim (ukupna pretega)

$ML$  = uzdužni metacentar

$t_p$  = promjena gaza na pramcu

$t_k$  = promjena gaza na krmi

$MLG$  = uzdužna metacentarska visina

$KML$  = visina uzdužnog metacentra iznad kobilice

$LBP$  = dužina između perpendikulara

Pomicanjem težine "p" za udaljenost "d" vladati će se prema proporciji:

$$GG_1 : d = p : D$$

$$GG_1 = p \times d / D \quad MLG \operatorname{tg} \varphi = p \times d / D$$

$$\operatorname{tg} \varphi = GG_1 / MLG$$

$$GG_1 = MLG \times \operatorname{tg} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \varphi = p \times d / D \times MLG$$

Nagibni kut  $\varphi$  možemo pokazati iz sl.30 i odnosom ukupnog trima "t" i dužine broda "LBP"

$$\operatorname{tg} \varphi = t / LBP$$

$$t = p \times d \times LBP / D \times MLG$$

$$t / LBP = p \times d / D \times MLG$$



Udaljenost uzdužnog metacentra od kobilice KML i udaljenost uzdužnog metacentra od težišta istisnine Bml, je vrlo velika (obično je veća od dužine broda i iznosi 1.1 do 1.3 L (L = dužina preko svega), a udaljenost KG i KB u odnosu na Kml i Bml vrlo mala te se u proračunu trima zanemaruje.

**PRIMJER 1 :**

Koliki će biti gazovi na pramcu i na krmi kada se na brodu deplasmana D = 8000 t i dužine LBP = 120 m i uzdužne metacentarske visine MIG = 140 m sa krme prema pramcu pomakne težina p = 100 t za udaljenost d = 60 m. Gaz na pramcu i krmi prije pomaka težine bio je Tp = 6.20 m, Tk = 6.90 m, LCF = Ø.

$$t = p \times d \times LBP / D \times MLG = 100 \times 60 \times 120 / 800 \times 140 = 0.64 \text{ m}$$

$$t = 0.64 \text{ m}$$

$$t/2 = 0.32 \text{ m}$$

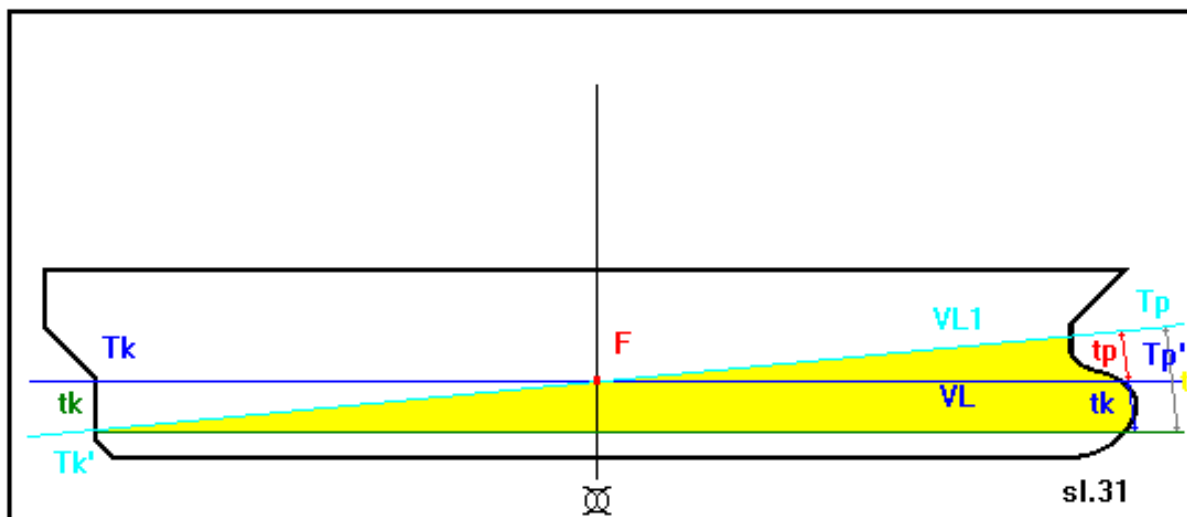
$$Tp = 6.20 \text{ m} \quad Tk = 6.90 \text{ m}$$

$$+t/2 = 0.32 \text{ m} \quad -t/2 = 0.32 \text{ m}$$

$$\overline{Tp'} = 6.52 \text{ m} \quad \overline{Tk'} = 6.58 \text{ m}$$

**VEZA IZMEĐU TRIMA I RAZLIKE GAZOVA PRAMCA I KRME**

**1. AKO JE "F" U SREDINI BRODA:**



Tp' -novi gaz na pramcu

Tk' novi gaz na krmi

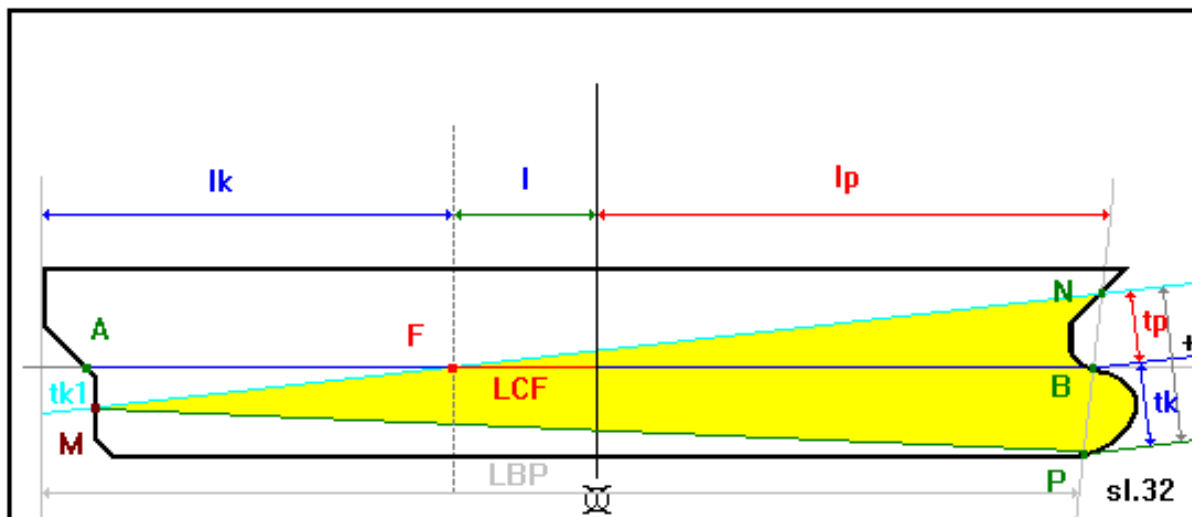
$$t = tp + tk$$



$$tp = Tp - Tp'$$

$$tk = Tk - Tk'$$

## 2. AKO "F" NIJE U SREDINI BRODA



$$BN : NP = NF : PM$$

$$tp : t = lp : LBP$$

$$tp \times LBP = t \times lp$$

$$tp = t \times lp / LBP$$

$$BP : NP = AF : PM$$

$$tk : t = lk : LBP$$

$$tk \times LBP = t \times lk$$

$$tk = t \times lk / LBP$$

$$lp = LBP / 2 \pm LCF$$

– kada je LCF prema pramcu a u zadatku – (-) = +

$$lk = LBP / 2 \pm LCF$$

+ kada je LCF prema krmi a u zadatku – (+) = -

provjera lp i lk

$$LBP = lp + lk$$

### PRIMJER 2:

1. Koliki će biti gaz na pramcu, a koliki na krmi kada se na brodu deplasmana  $D = 12000$  t, dužine  $LBP = 130$  m i uzdužne metacentarske visine  $MIG = 162$  m pomakne sa krme prema pramcu težina  $p = 120$  t na udaljenost  $d = 50$  m.  $LCF = 5$  m, gaz prije pomicanja težine,  $Tp = 6.80$  m,  $Tk = 7.40$  m.

$$D = 12000 \text{ t}$$

$$LBP = 130 \text{ m}$$

$$MIG = 162 \text{ m}$$

$$p = 120 \text{ t}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

$$LCF = 5 \text{ m}$$

$$Tp = 6.80 \text{ m}$$

$$t = p \times d \times LBP / D \times MIG = 120 \times 50 \times 130 / 12000 \times 162 = 0.40 \text{ m}$$

$$lp = LBP / 2 \pm LCF = 130 / 2 + 5 = 70 \text{ m}$$

$$lk = 130 / 2 - 5 = 60 \text{ m}$$

$$tp = t \times lp / LBP = 0.40 \times 70 / 130 = 0.21 \text{ m}$$

$$Tp = 6.80$$

$$+ \underline{0.21}$$

$$Tp' = 7.01$$



$$T_k = 7.40 \text{ m}$$

$$t_k = t \times l_k / LBP = 0.40 \times 60 / 130 = 0.19 \text{ m}$$

$$T_k = 7.40$$

$$- \underline{0.19}$$

$$T_k = 7.21$$



## VEZA IZMEĐU UKUPNE PRETEGE I RAZLIKA GAZOVA PRAMCA I KRME

**TRIM BRODA** možemo vrlo lako proračunati na osnovu gaza prije i poslije pomaka neke težine, ukrcaja neke težine ili iskrcaja neke težine vodeći računa o pravilima:

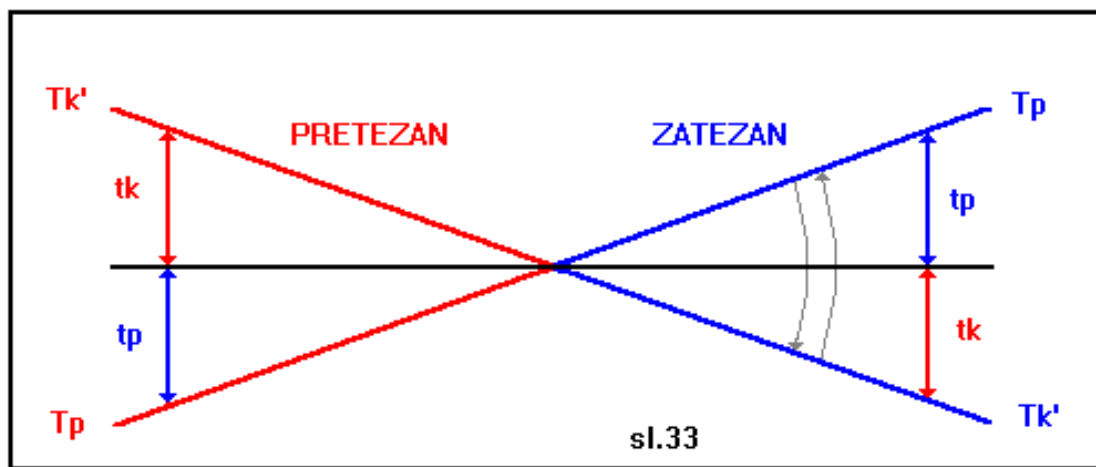
$$t = \Delta T \pm \Delta T'$$

$\Delta T$  je razlika gazova prije operacije iskrcaja ili ukrcaja

$\Delta T'$  je razlika gazova nakon operacije

$$\Delta T = T_p - T_k$$

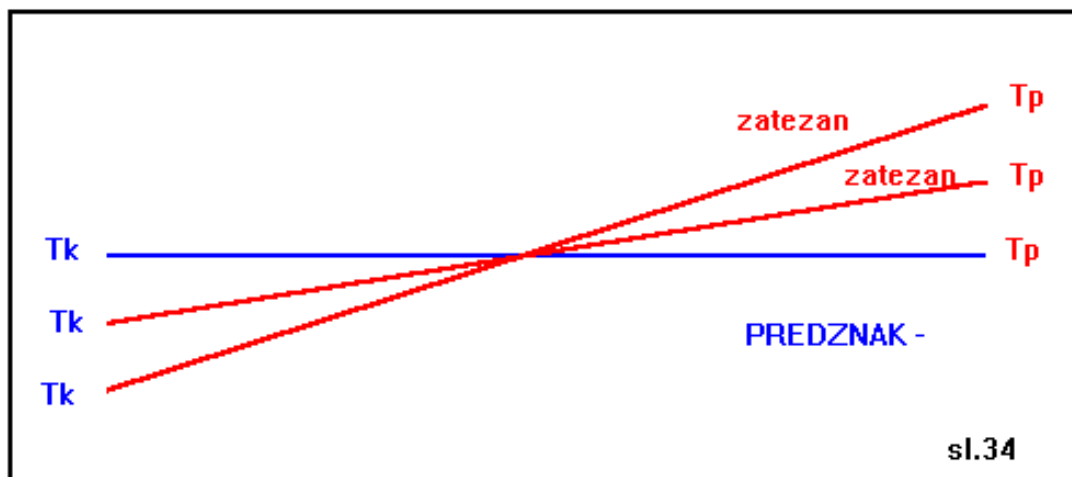
$$\Delta T' = T_{p'} - T_{k'}$$



**PREDZNAK (+)** biti će kada brod iz zatežnog stanja prelazi u pretežno ili obrnuto

**PREDZNAK (-)** biti će ako brod zadrži isto stanje tj. ostaje i dalje pretežan ili zatežan

Kod određivanja razlike gazova manji gaz se uvijek odbija od većeg.





## JEDINIČNI MOMENT PRETEGE "MTC"

Za brzo rješavanje problema trima upotrebljava se jedinični moment trima ili pretege.

**Pod jediničnim momentom trima ili pretege podrazumijeva se onaj moment koji proizvodi ukupnu pretegu od 1 cm, 1 m ili PALAC.**

Ako želimo izračunati koliko će centimetara neki moment čija je vrijednost (p x d) promijeniti ukupnu pretegu imamo odnos ili proporciju:

$$\text{MTC} : 1 \text{ cm} = p \times d : t \text{ (cm)}$$

$$t(\text{cm}) = p \times d / \text{MTC}$$

$$t(\text{m}) = p \times d / \text{MTC} \times 100$$

Iz gornje proporcije možemo dobiti i jedinični moment pretege:

$$\text{MTC} = p \times d / t$$

Vrijednost jediničnog momenta pretege "MTC" daje brodogradilište u obliku tablica ili krivulja u koje ulazimo sa Ts ili deplasmanom D.

Jedinični moment pretege brodogradilište obično računa kao:

$$\text{MTC} = D \times \text{MLG} / 100 \times L \quad L = \text{dužina preko svega}$$

**Kod rješavanja problema trima imamo četiri slučaja:**

1. utjecaj na trim kod pomicanja težina
2. utjecaj na trim kod pojedinačnog ukrcaja težina
3. utjecaj na trim kod pojedinačnog iskrcaja težina
4. proračun trima kod kompletnog ukrcaja broda



## UTJECAJ NA TRIM KOD UZDUŽNOG POMICANJA TEŽINA

### PRIMJER 3:

Koliki će biti gaz na pramcu, a koliki na krmi kada se težina  $p = 400$  t pomakne sa krme prema pramcu na udaljenost  $d = 25$  m. Gaz prije pomaka bio je  $T_p = 6.10$  m,  $T_k = 7.20$  m.

Jedinični moment trima  $MTC = 125$  mt. Težište plovne vodene linije "F" je u sredini broda

$LCF = 0$

Pomicanjem težine nastat će moment prema pramcu (pramac će uroniti, a krma će izroniti).

$$t = p \times d / MTC = 400 \times 25 / 125 = 80 \text{ cm}$$

pošto je "F" u sredini broda, uronuće pramca biti će jednako izronuću krme.

$$t_p = t / 2 = 80 / 2 = 40 \text{ cm}$$

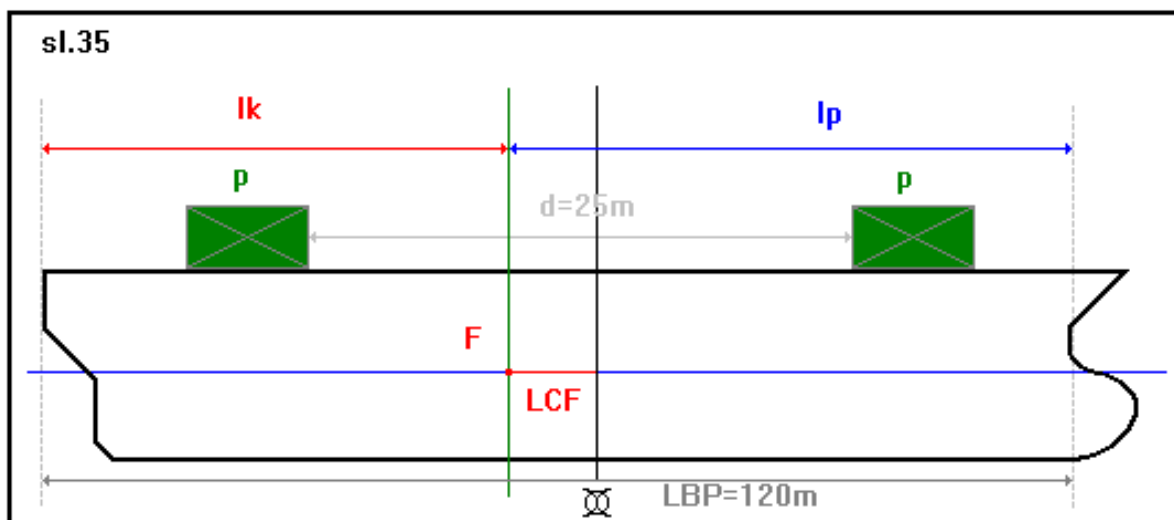
$$t_k = t / 2 = 80 / 2 = 40 \text{ cm}$$

Novi gazovi biti će:

$$T_p' = T_p + t_p = 6.10 + 0.40 = 6.50 \text{ m}$$

$$T_k' = T_k - t_k = 7.20 - 0.40 = 6.80 \text{ m}$$

Ako težište plovne vodene linije nije u sredini broda nego npr.  $LCF = 3$  m, a  $LBP = 12$  m za isti primjer imamo slijedeće:



$$t = p \times d / MTC = 400 \times 25 / 125 = 80 \text{ cm}$$

$$l_p = LBP / 2 + LCF = 120 / 2 + 3 = 63 \text{ m}$$

$$l_k = LBP - l_p = 120 - 63 = 57 \text{ m}$$

$$t_p = t \times l_p / LBP = 80 \times 63 / 120 = 42 \text{ cm}$$

$$t_k = t \times l_k / LBP = 80 \times 57 / 120 = 38 \text{ cm}$$

$$T_p' = T_p + t_p = 6.10 + 0.42 = 6.52 \text{ m}$$

$$T_k' = T_k - t_k = 7.20 - 0.38 = 6.82 \text{ m}$$



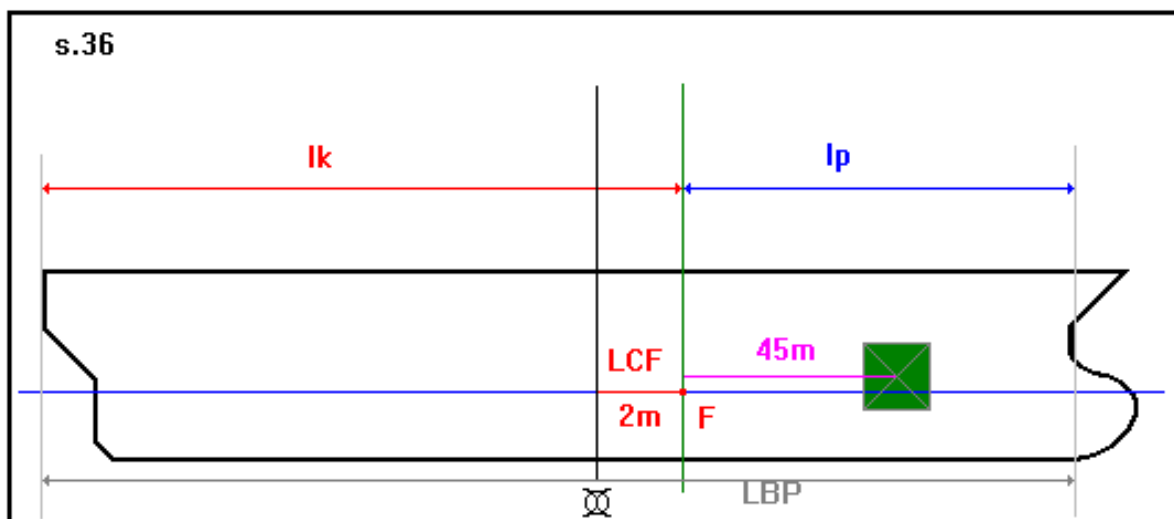
## UTJECAJ NA TRIM KOD UKRCAJA TEŽINE

**Kod ukrcanja težine javljaju se dva problema:**

1. Povećanje gaza zbog ukrcane težine tj. paralelnog uronuća
2. Promjena gaza na pramcu i krmi radi ukrcanja težine izvan težišta plovne vodene linije

### PRIMJER 4:

Koliki će biti gaz na pramcu, a koliki na krmi kada se na brod dužine  $LBP = 126$  m sa gazom  $T_p = 4.90$  m,  $T_k = 5.50$  m ukrcna težina  $p = 84$  t u skladište broj 1, a težište težine udaljeno je  $d = 45$  m od težišta plovne vodene linije (prema pramcu).  
 $TPC = 14$  t;  $MTC = 120$  t;  $LCF = -2$  m.



$P_{UR} = \text{PARALELNO URONUJE}$

$$P_{UR} = P / TPC = 84 / 14 = 6 \text{ cm}$$

Novi gazovi zbog paralelnog uronuća biti će:

$$T_p' = 4.96 \text{ m}$$

$$T_k' = 5.56 \text{ m}$$

$$T_p' = T_p + P_{UR}$$

$$T_k' = T_k + P_{UR}$$

$$t = p \times d / MTC = 84 \times 45 / 120 = 31.5 \text{ cm}$$

$$l_p = LBP / 2 - LCF = 126 / 2 - 2 = 61 \text{ m}$$

$$l_k = LBP - l_p = 126 - 61 = 65 \text{ m}$$

$$t_p = t \times l_p / LBP = 31.5 \times 61 / 126 = 15.2 \text{ cm}$$

$$t_k = t \times l_k / LBP = 31.5 \times 65 / 126 = 16.3 \text{ cm}$$

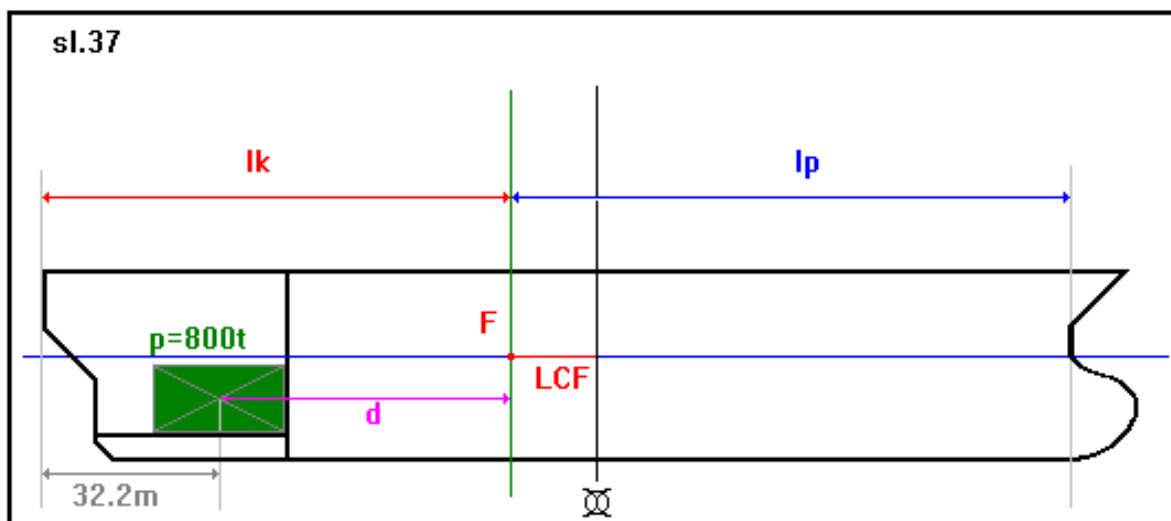
Novi gazovi su:  $T_p'' = 5.112 \text{ m}$  ;  $T_k'' = 5.397 \text{ m}$

$$T_p'' = T_p' + t_p$$

$$T_k'' = T_k' + t_k$$

**PRIMJER 4:**

Proračunaj gaz broda na odlasku kada se na brodu dužine LBP = 148 m, MTC = 208 MT, TPC = 17 t i LCF = 2.2 m sa gazom  $T_p = 7.564$  m,  $T_k$  6.719 m ukrca gorivo u tank br.4 čije se težište nalazi 32.2 m od krmene statve. Težina ukrcanog goriva  $p = 300$  t.



$$P_{UR} = P / TPC = 300 / 17 = 17.6 \text{ cm}$$

Novi gazovi zbog paralelnog izronuća biti će:

$$T_p' = T_p + P_{UR}$$

$$T_p' = 7.740 \text{ m}$$

$$T_k' = T_k + P_{UR}$$

$$T_k' = 6.895 \text{ m}$$

$$l_p = LBP - l_k = 148 - 76.2 = 71.8 \text{ m}$$

$$d = l_k - 32.2 \text{ m} = 76.2 - 32.2$$

$$d = 39.6 \text{ m}$$

$$t = p \times d / MTC = 300 \times 39.6 / 208 = 57.1 \text{ cm}$$

$$t_p = t \times l_p / LBP = 57.1 \times 76.2 / 148 = 29.4 \text{ cm}$$

$$t_k = t \times l_k / LBP = 57.1 \times 71.8 / 148 = 27.7 \text{ cm}$$

Gazovi će biti:

$$T_p'' = T_p' - t_p$$

$$T_p'' = 7.446 \text{ m}$$

$$T_k'' = T_k' + t_k$$

$$T_k'' = 7.172 \text{ m}$$



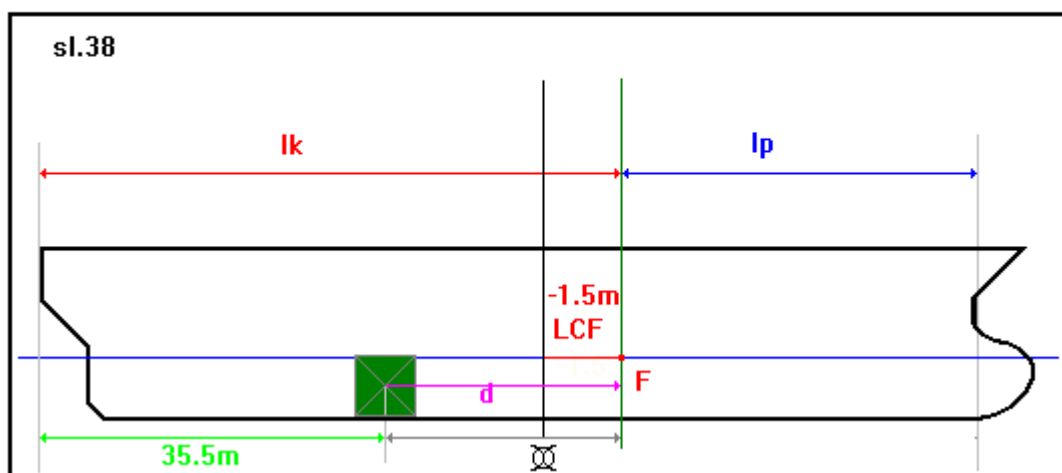
## UTJECAJ NA TRIM KOD ISKRCAVANJA TEŽINA

Kod iskrcavanja težina brod izranja tj. gazovi mu se smanjuju. Iskrcajem težine dolazi do:

1. paralelnog izronuća broda
2. promjene trima zbog iskrcaje težine

### PRIMJER 6.

Koliki će biti gaz na pramcu, a koliki na krmi kada se sa broda gaza  $T_p = 7.100$  m,  $T_k = 7.900$  m iskrca težina  $p = 280$  t iz skladišta br.3, a težište zapremine težine nalazi se na udaljenosti od 35.5 m od krmene statve. Dužina broda  $LBP = 138$  m,  $MTC = 140$  mt  $TPC = 20$  t,  $LCF = -1.5$  m



$P_{IZR} = \text{PARALELNO IZRONUJE}$

$$P_{IZR} = p / TPC = 280 / 20 = 14 \text{ cm}$$

novi gazovi su:  $T_p' = T_p - P_{IZR}$        $T_k' = T_k - P_{IZR}$   
 $T_p' = 6.960$  m       $T_k' = 7.760$  m

$$l_p = LBP / 2 - LCF = 138 / 2 - 1.5 = 67.5 \text{ m}$$

$$l_k = LBP - l_p = 138 - 67.5 = 70.5 \text{ m}$$

$$d = l_k - 35.5 \text{ m} = 70.5 - 35.5$$

$$d = 35 \text{ m}$$

$$t = p \times d / MTC = 280 \times 35 / 140$$

$$t = 70 \text{ cm}$$

$$t_p = t \times l_p / LBP = 70 \times 67.5 / 138 = 34.2 \text{ m}$$

$$t_k = t \times l_k / LBP = 70 \times 70.5 / 138 = 35.8 \text{ m}$$



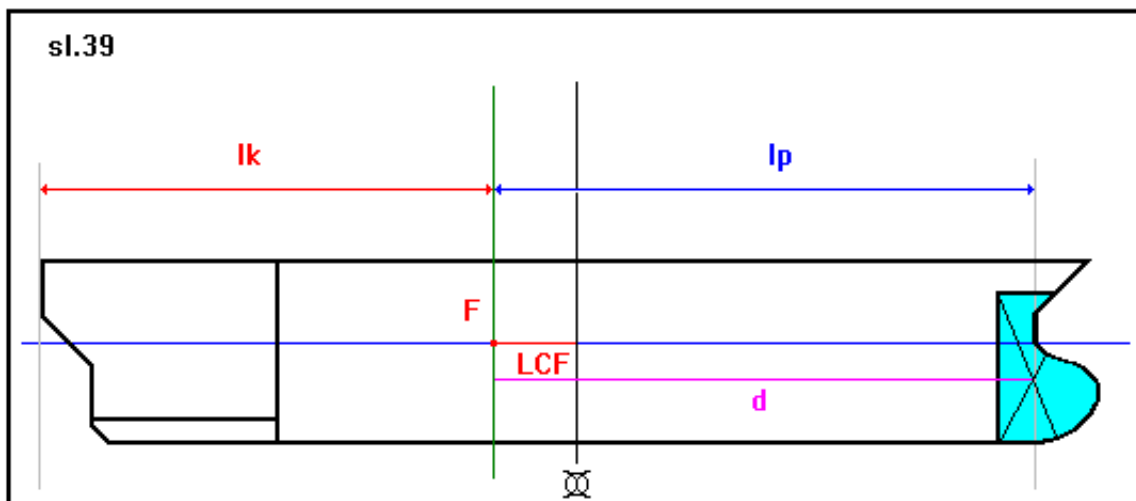
**Gazovi će biti:**  $Tp'' = Tp' + tp$        $Tk'' = Tk' - tk$   
 $Tp'' = 7.302 \text{ m}$        $Tk'' = 7.402 \text{ m}$

**ODRE\IVANJE TE\INE ZA ODRE\ENU PROMJENU GAZA**

**PRIMJER 8:**

Brod na dolasku u luku ima gaz  $Tp = 5.50 \text{ m}$ ,  $Tk = 6.300 \text{ m}$ , du\ina broda  $LBP = 150 \text{ m}$ ,  $MTC = 200 \text{ mt}$ ,  $TPC = 15 \text{ t}$ ,  $LCF = 1.5 \text{ m}$ . Maksimalno dozvoljeni gaz na ulasku u luku iznosi  $6.200 \text{ m}$ . Koliko će brod morati ukrcati balasta u for peak \ije se te\i\ite nalazi  $60 \text{ m}$  od "F", da bi gaz bio  $6.200 \text{ m}$ . Izra\unaj maksimalnu koli\inu balasta koju brod mora ukrcati i kona\ne gazove pramca i krme.

**REDUKCIJA GAZA:**



$PUR = p / TPC = p / 15$

NOVI GAZ BRODA ZBOG  $PUR = 6.300 + p / 15$   
**GAZ KOJI SE TRA\I**  $= 6.200$

**REDUKCIJA**  $= 0.100 + p / 15$

Redukcija = tk

$t(trim) = p \times d / MTC = p \times 60 / 200 = 3 \times p / 10$  ovo se ne dijeli

$lp = LBP / 2 \pm LCF = 150 / 2 + 1.5 = 76.5 \text{ m}$

$lk = LBP - lp = 73.5 \text{ m}$

$tk = t \times lk / LBP = (3p/10 \times 73.5)/150 = 3p \times 73.5 / 1500 = 0.147 p$

(na tri decimale)

tk REDUKCIJA

$0.147 p = \frac{10 + p/15}{15}$

pretvoreno u cm iz  $0.100 \times p/15 \text{ m}$

$2.205 p = 150 + p$

$2.205 p - 1p = 150$

$1.205 p = 150$

$p = 150 / 1.025 = 124.5 \text{ t}$



PROVJERA:

$$P_{UR} = p / TPC = 124.5 / 15 = 8.3 \text{ cm}$$

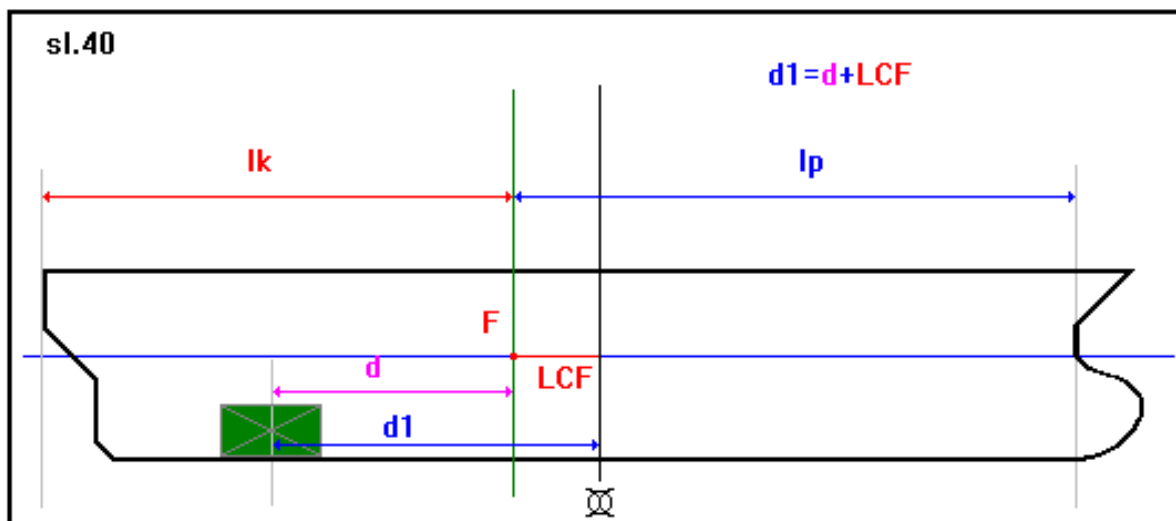
$$t = p \times d / MTC = 124.5 \times 60 / 200 = 37.4 \text{ cm}$$

$$tk = t \times lk / LBP = 37.4 \times 73.5 / 150 = 18.3 \text{ cm}$$

$T_p$	= 5.500	$T_k$	= 6.300
+ $P_{UR}$	= 0.083	+ $P_{UR}$	= 0.083
$T_{p'}$	= 5.583	$T_{k'}$	= 6.383
+ $tp'$	= 0.191	- $tk'$	= 0.183
$TP''$	= 5.774	$T_{k'}$	= 6.200

### ODREĐIVANJE UDALJENOSTI “d” OD TEŽIŠTA PLOVNE VODENE LINIJE

Na kraju ukrcaja postavila se težina  $p = 200 \text{ t}$  da se dobije željeni gaz. Trenutni gaz  $T_p = 7.500 \text{ m}$ ,  $T_k = 7.400 \text{ m}$ , na koju udaljenost od težišta plovne vodene linije treba postaviti težinu “p” da brod postane zatežan 30 cm.  $MTC = 170 \text{ mt}$ ,  $LCF = 1.2 \text{ m}$ .



$$t = \Delta T \pm \Delta T'$$

$$\Delta T = T_p - T_k = 7.500 - 7.400 = 0.10 \text{ m}$$

$$\Delta T' = T_{p'} - T_{k'} = 0.30 \text{ m}$$

$$t = \Delta T + \Delta T' = 0.10 + 0.30 = 0.40 \text{ m}$$

$$d = p \times d / MTC$$

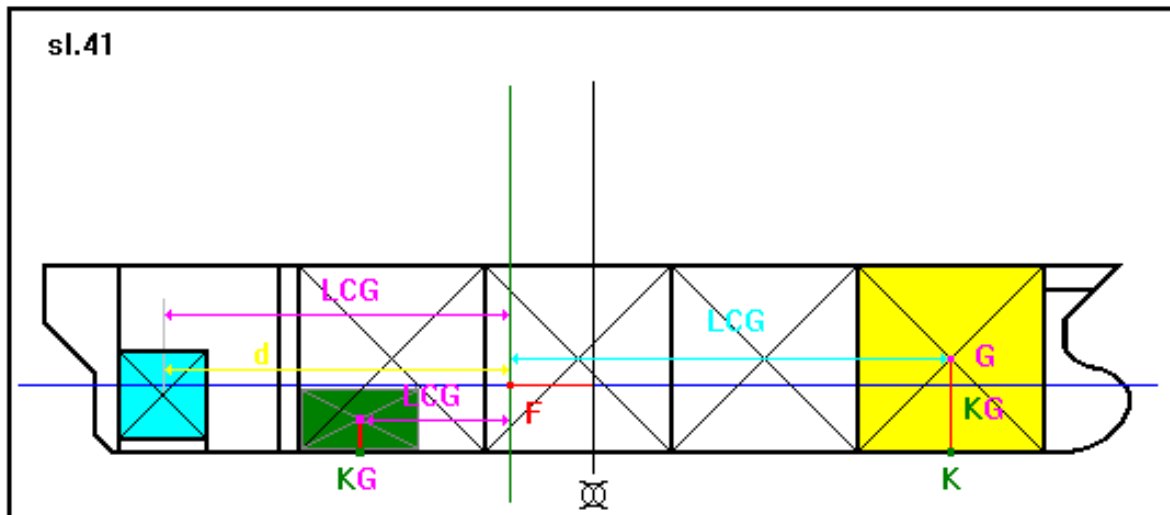
$$d = t \times MTC / p = 40 \times 170 / 200 = 34 \text{ m}$$



$d1 = d + LCF = 34 + 1.2 = 35.2 \text{ m}$  od  $\otimes$  (gl.rebro) prema krmi

### ODREIVANJE GAZA NA PRAMCU I KRMI KOD ISTODOBNOG KRCANJA I ISKRCAVANJA TEŽINE

Radi lakšeg računanja horizontalnih momenata trima, težišta skladišta na brodu određena su udaljenošću tih težišta od sredine broda, a označavaju se sa **LCG (LONGITUDINAL CENTRE OF GRAVITY)**



Ako je teret dobro složen i težina raspoređena po cijelom skladištu, tankovima. Udaljenost “d” u odnosu na udaljenost LCG ima vrlo malu razliku pa se krak momenta trima obično računa od sredine broda, a momenti koji tako nastaju zovu se **MOMENTI OKO SREDINE BRODA M.A.M. (moments around midship)**.

Kod ukrcanja broda homogenim teretom, sva skladišta ili tankovi ispunjeni su većim dijelom, te uzdužno težište tog skladišta smatramo i uzdužnim težištem težine u tome skladištu.

**PRIMJER 9:**

Koliki će gaz biti nakon ukrcanja i iskrcaja težine na brodu čije LBP = 126 m, a gaz TP = 5.110m, Tk = 5.400m, Tpc = 15t, MTC = 120t, LCF = -2m.

SKL	TEŽINE		LCG	MOMENTI	
	UKRCAJ	ISKRCAJ		AFT (+)	FWD (-)
1	60	100	-45.00	4500	2700
2	240	120	-25.00	3000	6000
3	-	250	30.00	-	7500
4	140	-	43.00	6020	-
ZBROJ	440	470		13520	16200

$\Delta p = 30 \text{ t}$  izronuće

$16200 - 13500 = 2680$   
M.A.M. = (-) 2680  
prema pramcu

$P1ZR = p / TPC = 30 / 15 = 2 \text{ cm}$

$lp = LBP / 2 \pm LCF = 126 / 2 - 2 = 61\text{m}$

$lk = LBP - lp = 126 - 61 = 65 \text{ m}$



$$t = \text{moment trima} / \text{MTC} = 2680 / 120 = 22.3 \text{ cm}$$

$$tp = t \times lp / \text{LBP} = 22.3 \times 61 / 126 = 10.8 \text{ cm}$$

$$tk = 22.3 \times 65 / 126 = 11.5 \text{ cm}$$

$\begin{array}{r} T_p = 5.110 \\ \hline -\text{PIZR} = 0.020 \\ T_p' = 5.090 \\ \hline +tp = 0.108 \\ T_p'' = 5.198 \end{array}$	$\begin{array}{r} T_k = 5.400 \\ \hline -\text{PIZR} = 0.020 \\ T_k' = 5.380 \\ \hline -tk = 0.115 \\ T_k'' = 5.265 \end{array}$
--	--

### PRIMJER 10:

Brod dužine LBP = 140 m, MTC=131 m, TPC=22 t, LCF=-1.3 m sa gazom  $T_p=7.500$  m,  $T_k=7.800$  m. Izvršiti slijedeće trgovačke operacije (vidi tabelu). Sa novim gazom nakon trgovačkih operacija isplovi prema luci iskrcaja te nakon 8 dana plovidbe stižeš pred luku. Dnevna potrošnja goriva = 16 t iz tanka br. 4, čije se težište zapremine nalazi na 43.3 m od krmene statve. Koliko tona balasta brod mora ukrcati u after peak, čiji je LCG = 52 m, s tim da gaz na pramcu bude  $T_p = 7.60$  m.

SKLADIŠTE	TEŽINE		LCG	MOMENTI	
	UKRCAJ	ISKRCAJ		KRMA (+)	PRAMAC (-)
1	215	172	-43.2	7430	9288
2	155	190	-22.8	4332	3534
3	90	85	- 3.6	306	324
4	160	114	25.5	4080	2907
5	90	230	41.8	3762	9614
ZBROJ	710	791	-	19910	25667

$$\Delta p = 81 \text{ t} \quad \text{izronuće (prema pramcu)}$$

$$\text{MAM} = - 5756.6 \quad \text{PIZR} = p/\text{TPC} = 81/22 = 3.7 \text{ cm}$$

$$lp = \text{LBP} / 2 \pm \text{LCF} = 140 / 2 - 1.3 = 68.7 \text{ m}$$

$$lk = \text{LBP} - lp = 140 - 68.7 = 71.3 \text{ m}$$

$$t = \text{MAM} / \text{MTC} = 5756.6 / 131 = 43.9 \text{ cm}$$

$$tp = t \times lp / \text{LBP} = 43.9 \times 68.7 / 140 = 21.5 \text{ cm}$$

$$tk = t \times lk / \text{LBP} = 43.9 \times 71.3 / 140 = 22.5 \text{ cm}$$

$\begin{array}{r} T_p = 7.500 \\ \hline \text{PIZR} = 0.037 \\ T_p' = 7.463 \\ \hline +tp = 0.215 \\ T_p'' = 7.678 \end{array}$	$\begin{array}{r} T_k = 7.800 \\ \hline \text{PIZR} = 0.037 \\ T_p' = 7.763 \\ \hline tk = 0.224 \\ T_k'' = 7.539 \end{array}$
---	--

$$\text{PG (potrošak goriva)} = 8 \times 16.5 = 132 \text{ t}$$

$$d = lk - 43.3$$

$$d = 71.3 - 43.3$$

$$d = 28 \text{ m}$$

$$\text{PIZR} = \text{PG} / \text{TPC} = 132 / 22 = 6 \text{ cm}$$

$$t = \text{Pg} \times d / \text{MTC} = 132 \times 28 / 131 = 28.2 \text{ cm}$$

$$tp = 28.2 \times 68.7 / 140 = 13.8 \text{ cm}$$

$$tk = 28.2 \times 71.3 / 140 = 14.4 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}
 T_p'' &= 7.678 & T_k'' &= 7.539 \\
 P_{IZR} &= 0.060 & P_{IZR} &= 0.060 \\
 T_p''' &= 7.618 & T_k''' &= 7.479 \\
 +t_p &= 0.138 & t_k &= 0.144 \\
 T_p'''' &= 7.756 & T_p''' &= 7.335
 \end{aligned}$$

$$P_{UR} = P / TPC = P / 22$$

$$\text{novi gaz zbog } P_{UR} = 7.756 + P / 22$$

$$\text{gaz koji se traži} = 7.600 \text{ m}$$

$$\text{redukcija} = 0.156 + P / 22$$

redukcija na  $t_p$

$$t = p \times d / MTC = (52p/131) \times 68.7 / (140/1) = 893.1p / 458p = 0.194p$$

$$0.194p = 15.6 + P/22 / x22$$

$$4.268p = 343.2 + p$$

$$4.268p - 1p = 343.2 \Rightarrow 3.268p = 343.2 \quad p = 343.2 / 3.268 \quad p = 105 \text{ t}$$

$$P_{UR} = P / TPC = 99.6 / 22 = 4.5 \text{ cm}$$

$$t = p \times d / MTC = 99.6 \times 52 / 131 = 39.5 \text{ cm}$$

$$t_k = 39.5 \times 71.3 / 140 = 20.1 \text{ cm}$$

$$t_p = 39.5 \times 68.7 / 140 = 19.4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 T_p(\text{IV}) &= 7.748 & T_k(\text{IV}) &= 7.348 \\
 + P_{UR} &= 0.045 & + P_{UR} &= 0.045 \\
 T_p(\text{V}) &= 7.793 & T_k(\text{V}) &= 7.393 \\
 t_p &= 0.194 & + t_k &= 0.201 \\
 T_p(\text{VI}) &= 7.599 & T_k(\text{VI}) &= 7.594
 \end{aligned}$$

## ODREĐIVANJE TEŽINE ZA DOBIVANJE ŽELJENOG GAZA

Razlika između dva srednja gaza broda predstavlja i razliku u deplasmanu, a pošto je deplasman broda izražen u težinskim jedinicama (tonama), pa ta razlika odgovara težini koju brod može ukrcati između ta dva gaza. TPC mijenjaju se sa promjenom srednjeg gaza broda, ali za malu razliku u srednjem gasu broda male su razlike u TPC.

### PRIMJER 11:

Koliku težinu brod mora iskrcati da sa gazom na pramcu  $T_p = 7.04 \text{ m}$ ,  $T_k = 7.36 \text{ m}$  dođe na novi gaz  $T_p = 6.40 \text{ m}$ ,  $T_k = 6.80 \text{ m}$ , ako je  $TPC = 18 \text{ t}$ .

$\Delta T_s$  = razlika srednjeg gaza

$$\Delta T_s \times TPC = P$$

$$\Delta T_s = T_s - T_s'$$

$$T_s = T_p + T_k / 2 = 7.04 + 7.36 / 2 = 7.20 \text{ m}$$

$$T_s' = T_p' + T_k' / 2 = 6.40 + 6.80 / 2 = 6.60 \text{ m}$$

$$\Delta T_s = T_s - T_s' = 7.20 - 6.60 = 0.60 \text{ m ( 60 cm )}$$

$$P = \Delta T_s \times TPC = 60 \times 18 = 1080 \text{ t}$$



## POSTAVLJANJE BRODA NA ŽELJENI GAZ I RAVNU KOBILICU

Određivanje vrijednosti neke težine i njenog položaja bilo kod ukrcaja ili iskrcaja nazivamo postavljanje broda na neki željeni gaz ili ravnu kobilicu. Težinu dobijemo iz razlike srednjih gazova pramca i krme, a udaljenost iz izraza trima.

### PRIMJER 12:

Koliku težinu i sa kojeg položaja od sredine broda treba iskrcati da se brod sa gazom  $T_p = 6.50$  m,  $T_k = 7.12$  m dovede na novi gaz  $T_p' = 6.42$  m,  $T_k' = 6.56$  m, ako je  $TPC = 20$  t;  $MTC = 150$  mt;  $LCF = 2$  m.

$$T_s = t_p + t_k / 2 = 6.50 + 7.20 / 2 = 6.81 \text{ m}$$

$$T_s' = t_p' + t_k' / 2 = 6.42 + 6.56 / 2 = 6.49 \text{ m}$$

$$\Delta T_s = T_s - T_s' = 6.81 - 6.49 = 0.32 \text{ m}$$

$$t = \Delta T \pm \Delta T'$$

$$T_p = 6.50 \quad T_p' = 6.42$$

$$T_k = 7.12 \quad T_k' = 6.56$$

$$\Delta T = 0.62 \quad \Delta T' = 0.14$$

$$t = \Delta T - \Delta T' = 0.62 - 0.14 = 0.48 \text{ m}$$

$$T = p \times d / MTC$$

$$d = t \times MTC / p = 48 \times 150 / 640 = 11.25 \text{ m}$$

$$d_1 = d + LCF = 11.25 + 2 = 13.25 \text{ m}$$

Težinu treba ukrcati 13.25 m od sredine broda prema krmi.

### PRIMJER 13:

Brod treba dovesti na ravnu kobilicu (even keel). Koju težinu i sa kojeg položaja treba iskrcati da brod sa gazom  $T_p = 8.10$  m,  $T_k = 8.50$  m dovedemo na ravnu kobilicu ako je  $T_s' = 8.00$  m, a  $TPC = 25$  t;  $MTC = 160$  mt;  $LCF = \emptyset$ .

$$T_s = T_p + T_k / 2 = 8.10 + 8.50 / 2 = 8.30 \text{ m}$$

$$P = \Delta T_s \times TPC$$

$$\Delta T_s = T_s - T_s'$$

$$P = 30 \times 25 = 750 \text{ t}$$

$$t = \Delta t \pm \Delta t'$$

$$\Delta t = T_p - T_k = 8.10 - 8.50 = 0.40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

$$\Delta t' = 0 \text{ jer je brod na ravnoj kobilici (} T_p = T_k \text{)}$$

$$t = \Delta t = 40 \text{ cm}$$

$$d = t \times MTC / P = 40 \times 160 / 750$$

$$d = 8.53 \text{ m}$$

Treba iskrcati težinu od glavnog rebra prema krmi 8.53 m.





## UKRCAJ TANKERA

Tanker treba ukrcati 84202 t sirove nafte čija je specifična gustoća  $\gamma = 0.815$ . Podaci o brodu za odgovarajući deplasman.

$T_s = 13.733\text{m}$ ,  $KM = 15.516\text{ m}$ ,  $LCB = -6.030$ ,  $LCF = -0.112\text{ m}$ ,  $MTC = 1280.3\text{ mt}$ ,  $LBP = 234\text{m}$

TANK	VOLUMEN	KG	F.S (I x YT) slob.površine
No. 2 CCOT	10207 m <sup>3</sup>	6.37 m	17729
No. 3 CCOT	12850 m <sup>3</sup>	9.47 m	15303
No. 4 CCOT	10455 m <sup>3</sup>	6.52 m	17729
No. 5 CCOT	12850 m <sup>3</sup>	9.47 m	15303
No. 1 CCOT	11071 m <sup>3</sup>	9.73 m	48908
No. 2 WCOT	13733 m <sup>3</sup>	9.37 m	5181
No. 3 WCOT	6961 m <sup>3</sup>	9.31 m	5248
No. 4 WCOT	13903 m <sup>3</sup>	9.31 m	5248
No. 5 WCOT	8470 m <sup>3</sup>	8.01 m	3936
SLOP TANK	2815 m <sup>3</sup>	10.49 m	1302

Na brodu se nalaze sljedeće težine:

TANK	GORIVO	TEŽINA	KG	F.S.
No. 1	F.O.T.P.	590 t	8.10 m	362
No. 1	F.O.T.S.	684 t	8.82 m	419
No. 3	F.O.T.	508 t	15.05 m	542
No. 2	D.O.T.P.	95 t	0.90 m	247
No. 2	D.O.T.S.	97 t	0.92 m	247
TANK	VODA	TEŽINA	KG	F.S.
No. 3	F.W.T.	343 t	13.70 m	519
No. 4	D.W.T.	105 t	16.77 m	168
No. 5	OR.W.T.	46 t	16.69 m	40

LIGHT SHIP (L.S.) težina praznog broda

L.S. = 15674 t                      KG = 11.14 m

Const. = 400 t                      KG = 14.43 m

Vrijednost G'Z poluge uspravljanja za pretpostavljeni Ass.KG' = 10.00 m

5°	0.444 m
10°	0.888 m
15°	1.381 m
20°	1.673 m
25°	1.863 m
30°	1.953 m
35°	2.040 m
40°	2.025 m
50°	1.787 m
60°	1.287 m
70°	0.675 m
80°	0.047 m
90°	-0.645 m

1. Izračunaj i rasporedi teret po tankovima prema predloženim volumenima.
2. Izračunaj početnu metacentarsku visinu ispravljenju za utjecaj slobodnih površina.
3. Izračunaj gazove broda koji će biti nakon ukrcaja tereta.
4. Izračunaj polugu ispravljanja broda GoZ i nacrtaj krivulju krakova statičke stabilnosti za



navedene kutove nagiba broda.

**P = V (volumen) x  $\gamma$  (specifična gustoća)**

	VOLUMEN	X	Y	=	MT
No. 2	10207 m <sup>3</sup>	0.8150			8319 MT
No. 3	12850 m <sup>3</sup>		“		10473 MT
No. 4	10455 m <sup>3</sup>		“		8521 MT
No. 5	12850 m <sup>3</sup>		“		10473 MT
No. 1 WING	11071 m <sup>3</sup>		“		9023 MT
No. 2 WING	13733 m <sup>3</sup>		“		11192 MT
No. 3 WING	6961 m <sup>3</sup>		“		5673 MT
No. 4 WING	13903 m <sup>3</sup>		“		11331 MT
No. 5 WING	8470 m <sup>3</sup>		“		6903 MT
SLOP TANK	2815 m <sup>3</sup>		“		2294 MT

UZDUŽNI MOMENT **W x LCG**

VERTIKALNI MOMENT **W x KG**

$$KG = \Sigma Vm / D = 943475 / 102744 = 9.183 \text{ m}$$

$$LCG = MAM / D = - 534763 / 102744 = - 5.205 \text{ m}$$

$$GGo = \Sigma I x \gamma t / D = 13580.7 / 102744 = 1.322 \text{ m}$$

$$KM = 15.516 \text{ m}$$

$$-KG = 9.183 \text{ m}$$

$$GM = 6.333 \text{ m}$$

$$-GGo = 1.322 \text{ m}$$

$$GoM = 5.011 \text{ m}$$

$$lp = LBP / 2 + (\pm LCF) = 234 / 2 - 0.112 = 116.89 \text{ m}$$

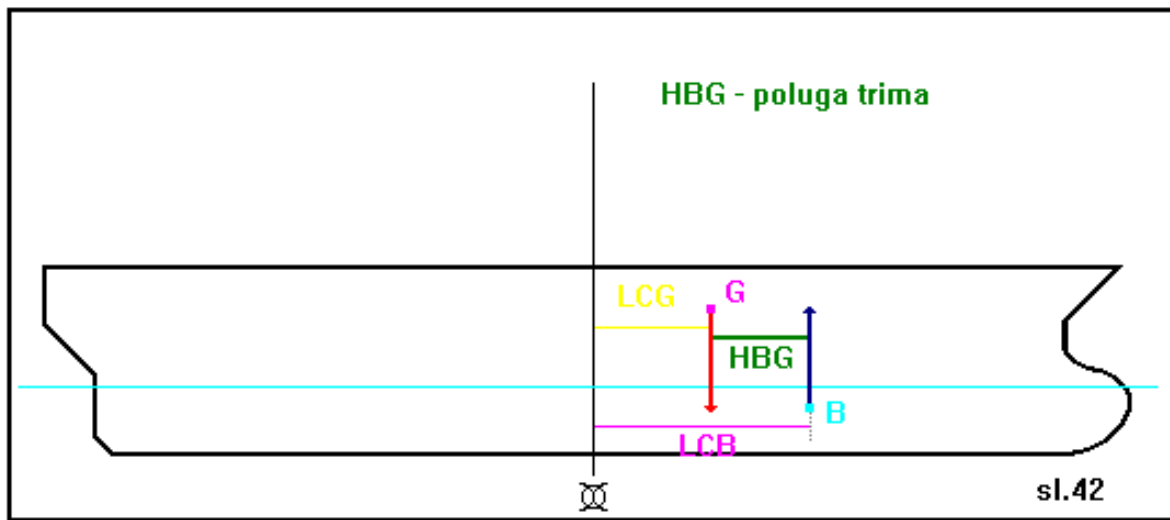
$$lk = LBP - lp = 234 - 116.89 = 117.11 \text{ m}$$

$$t = d x HBG / MTC = 102744 x 0.825 / 1280.3 = 66.2 \text{ cm}$$



### TRIMMING LEVER ( poluga trima )

je horizontalna udaljenost od sistemnog težišta broda (G) i težišta istisnine (B).



**HBG (-) negativan BROD JE PRETEŽAN**  
**HBG (+) pozitivan BROD JE ZATEŽAN**  
**HBG (0) BROD JE NA RAVNOJ KOBILICI**

$$\mathbf{HBG = LCG - LCB}$$

$$HGB = - 5.205 - (-6.030)$$

$$HGB = + 0.825 \text{ m}$$

$$tp = t \times lp / LBP = 66.2 \times 116.89 / 234 = 33.1 \text{ cm}$$

$$tk = t \times lk / LBP = 66.2 \times 117.11 / 234 = 33.1 \text{ cm}$$

$$Tp = Ts + tp \quad Tk = Ts + tk \Rightarrow \text{zatežan u odnosu na polugu trima HBG (+)}$$

Da je HGB (-) pretežan onda je:

$$Tp = Ts + tp$$

$$Tk = Ts - tk$$

$$Tp = Ts - tp$$

$$Tk = Ts + tk$$

$$Ts = 13.733 \text{ m}$$

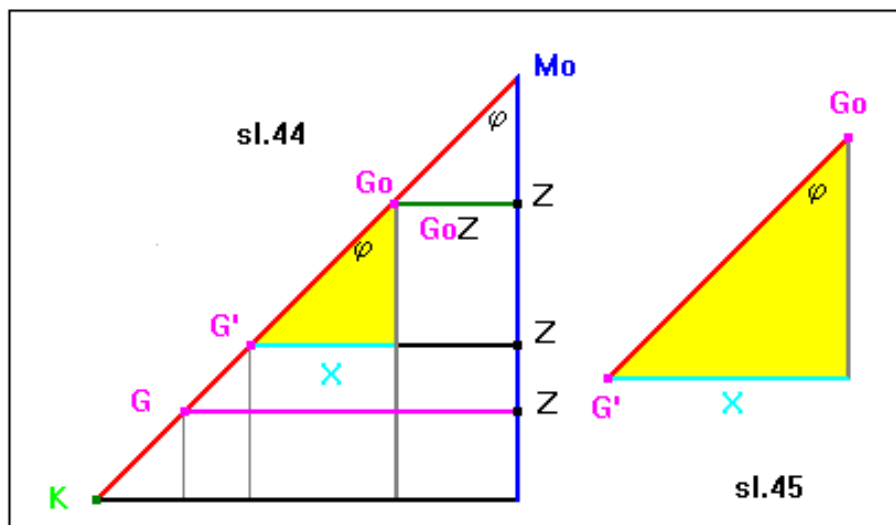
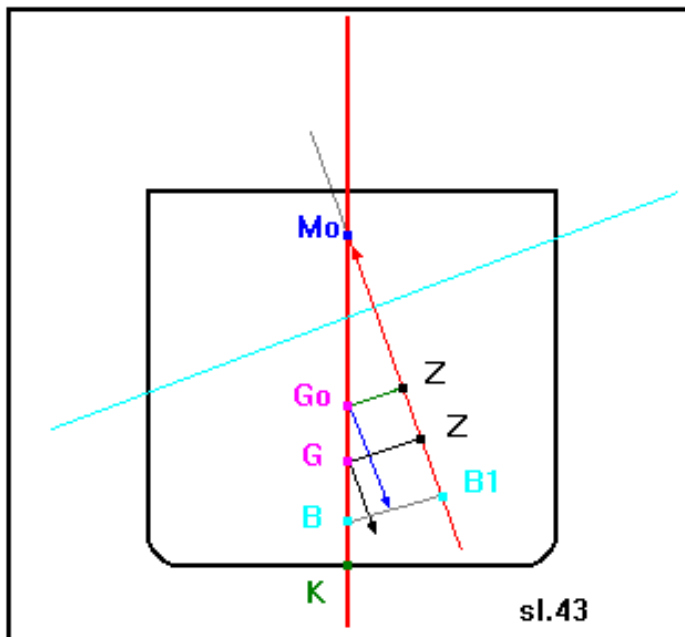
$$Ts = 13.733 \text{ m}$$

$$-tp = 0.331 \text{ m}$$

$$+tk = 0.331 \text{ m}$$

$$Tp = 13.402 \text{ m}$$

$$Tk = 14.064 \text{ m}$$



$$GoZ = G'Z - (\pm GoG' \times \sin \varphi)$$

$$GoG' = KG' - KGo$$

$$KGo = KG + GGo$$

$$KG = \Sigma Vm / D$$

$$GGo = \Sigma I \times \gamma t / D$$

G'Z daje nam brodogradilište

$$\sin \varphi = X / GoG'$$

$$X = GoG' \times \sin \varphi$$

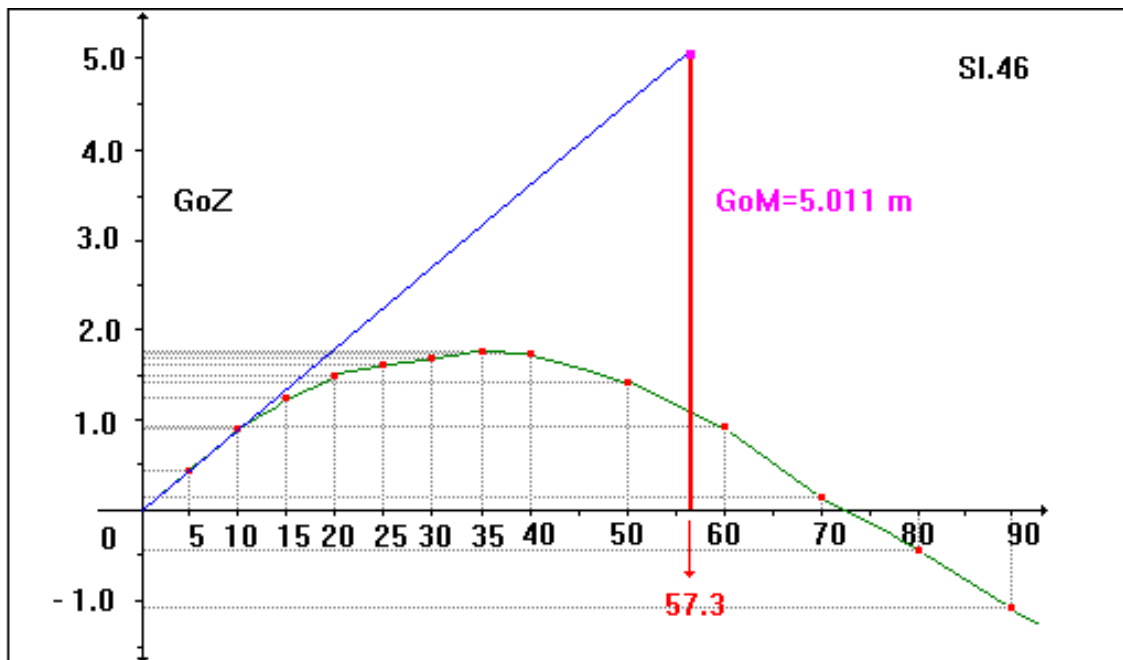


$\varphi$	$\sin \varphi$	$G'Z$	$GoZ' \times \sin \varphi$	$GoZ$
5°	0.0872	0.444	-0.044	0.400
10°	0.1564	0.888	-0.088	0.800
15°	0.2334	1.381	-0.131	1.250
20°	0.3090	1.637	-0.173	1.500
25°	0.3826	1.863	-0.213	1.650
30°	0.5000	1.953	-0.253	1.700
35°	0.5224	2.040	-0.290	1.750
40°	0.5877	2.025	-0.325	1.700
50°	0.7071	1.787	-0.387	1.400
60°	0.8090	1.287	-0.437	0.850
70°	0.8910	0.675	-0.437	0.200
80°	0.9510	0.047	-0.497	-0.450
90°	0.9876	-0.645	-0.505	-1.150

$KG = 9.18$        $GoG' = KG' - KGo$        $G'Z \pm GoG' \times \sin \varphi$   
 $+GGo = 1.322 \text{ m}$   
 $KGo = 10.505 \text{ m}$

$KG' = 10.00$        $GoG' \times \sin \varphi = -0.505 \times 0.0872 = -0.044$   
 $KGo = 10.505 \text{ m}$   
 $GoG' = -0.505 \text{ m}$

$GoZ = G'Z - (\pm GoG' \times \sin \varphi) = 0.44 - 0.044 = 0.400$





## CARGO CALCULATIONS - (OIL TANKER LOADING)

M/T "DONAT"

Treba ukrcati: 850 000 BBLs Arabian Light

API = 32.4 ⇒ sa ovim podacima ulazi se u tablice 3 ,

gdje vadimo<sup>o</sup> = 0.8692 γ (DENSITY) 15°

Sada ulazimo u tablice 54 A i sa temperaturom i γ (DENSITY) 15°

TEMPERATURA = 31°C

> VCF = 0.9867

γ<sub>15°</sub> = 862.9 (0.8629)

DOBILI SMO : γ (DENSITY) 15° = 0.8629 (VAC)

VCF = 0.9867

γ<sub>15°</sub> = 0.8629 - 0.0011 = 0.8618 (AIR)

1 m<sup>3</sup> = 6.28981 BBLs

850000 : 6.28981 = 135139.217 NET. m<sup>3</sup> na 15° C

135139.217 : 0.9867 (VCF) = 136960.795 GROSS m<sup>3</sup> na 31° C  
ova količina tereta dolazi u tankove

### ZA DOBIVANJE METRIČKIH TONA:

135139.217 x γ<sub>15°</sub> (0.8629) = 116611.630 MT u VAC

135139.217 x γ<sub>15°</sub> (0.8629 - 0.0011) = 116462.977 MT u AIR

### ZA DOBIVANJE LONG TONA

iz tablica 1 izvući faktor 0.98421

116462.977 MT x 0.98421 = 114613.564 LONG TONA

NET ⇒ težina na 15 C (60 F)

GROSS ⇒ težina na temperaturi ukrcajnog teret

## PRORAČUN RASPOREDA TEŽINA PO TANKOVIMA

Ukupni volumen broda = 164262.726 m<sup>3</sup>

Teret zauzima = 136960.795 GROSS m<sup>3</sup>

Postotak broskog prostora (tankova) koji teret zauzima dobije se:

**VOLUMEN TERETA (GROSS) / UKUPNI VOLUMEN TANKOVA X 100 = ? %**



$$136960.795 / 164262.762 \times 100 = 83.4 \%$$

TANK	100 %	83.4 %	ULLAGE
1 C	16423.576	13697.262	4.67 m
2 C	29471.230	24579.005	4.75 m
3 C	14735.609	12289.497	4.72 m
4 C	14735.609	12289.497	4.75 m
5 C	29471.215	24578.993	4.74 m
6 C	17085.793	14249.551	4.60 m
1 P	5322.191	4438.707	4.23 m
1 S	5322.191	4438.707	4.23 m
3 P	11822.648	9860.088	4.61 m
3 S	11822.648	9860.088	4.61 m
5 P	4025.009	3356.857	4.22 m
5 S	4025.009	3356.857	4.22 m

PRIMJER 1:

Treba ukrcati 570000 NET BBLs "Blend Crude Oil" u Sollom Voe Terminal u M/T "SILBA"

Dobiveni podaci sa terminala: **API = 37.7**  
**Temperatura = 33 C**

POSTUPAK:

sa ovim se vrijednostima ulazi u **TABLICE 3 (API gravity to specific gravity and density)** i vadimo slijedeće vrijednosti:

$$\text{sa API} = 37.7 \Rightarrow \gamma(\text{density})_{15^\circ \text{C}} = 0.8359$$

zatim ulazimo u **TABLICE 54 A** sa **TEMPERATUROM** i  **$\gamma(\text{density})_{15^\circ \text{C}}$**  i vadimo slijedeće:  
sa **TEMPERATURA = 33°C**

$$\gamma_{15^\circ \text{C}} = 836.0 \quad \left. \begin{array}{l} \text{vadimo FCV} = 0.9841 \\ \text{(volumen corr.factor to } 15^\circ \text{C)} \end{array} \right\}$$

sada imamo :  **$\gamma_{15^\circ \text{C}} = 0.8359$**   
**FCV (VCF) = 0.9841**

Tražimo koliko će broskog prostora zauzeti 570'000 NET BBLs

$$1 \text{ m}^3 = 6.28981 \text{ BBLs (na API 37.7)}$$

$$570000 : 6.28981 = 90622.796 \text{ NET m}^3$$

Naše "Capacity Tables" na brodu daju nam GROSS m<sup>3</sup> i zato moramo napraviti slijedeće:

$$\text{NET m}^3 : \text{VCF} = \text{GROSS m}^3$$

$$90623 \text{ NET m}^3 : 0.9841 = 92087.186 \text{ GROSS m}^3$$

Za dobiti METRIČKE TONE (MT) URADI SLIJEDEJE:

$$\text{GROSS m}^3 \times \text{VCF} = \text{NET m}^3$$

$$\text{NET m}^3 \times \gamma(\text{density})_{15^\circ \text{C}} = \text{MT (VAC)}$$

$$\text{NET m}^3 \times \gamma_{15^\circ \text{C}} - 0.0011 = \text{MT (AIR)}$$



### GROSS m3 x VCF = NET m3

$$92087.186 \times 0.9841 = 90623 \times \gamma_{15^{\circ}\text{C}}(0.8359) = 75751.765 \text{ MT (VAC)}$$

napomena: **Ovo su MT u VAC. Ako želimo dobiti MT u AIR onda:**

$$\text{NET m3} \times (\gamma_{15^{\circ}\text{C}} - 0.0011) = \text{MT (AIR)}$$

$$90623 \text{ NET m3} \times 0.8348 = 75652.080 \text{ MT (AIR)}$$

U ovom slučaju imamo više prostora za ukrcaj nego što ćemo stvarno ukrcati tereta i stoga je lako podesiti željeni trim na kraju samog kompletiranja.

Sada moramo naći "ULLAGE" koji ćemo imati prije samog kompletiranja.

$$\text{TOTAL TANK CAPACITY} = 101633.1 \text{ m3 (GROSS)}$$

$$\text{teret koji krcamo zauzima} = 92087.186 \text{ m3 (GROSS)}$$

$$92087.186 / 101633.1 \times 100 = 90.6 \% \text{ dobili smo postotak ukupnog broskog prostora koji će zauzeti teret}$$

**SADA RASPORE\UJEMO TERET PO TANKOVIMA (tražimo ULLAGE)**

**PRIMJER:** Tank No. 1 ima 9241.3 m3 prostora, mi krcamo 90.6 % volumena (prostora) toga tanka:

$$9241.3 / 100 \times 90.6 = 8372.617 \text{ m3}$$

Sa dobivenom vrijednošću od 8372.617 m3 GROSS ulazimo u "SOUNDING & ULLAGE TABLES" i vadimo odgovarajući ULLAGE iz toga tanka.

Ovako radimo redom za sve tankove tereta.

U slučaju da nam treba odgovarajući trim, na kraju ukrcaja upotrijebimo "TRIM & STABILITY BOOK".

Ove kalkulacije ponekad treba raditi za vrijeme samoga ukrcaja, ako prije početka ukrcaja tereta neznamo potrebne podatke ( API & Temperatura )

Nakon kompletiranja uzimaju se ULLAGE i TEMPERATURA i moguća količina H2O u tankovima skupa sa Loading masterom. Nakon uzetih "ULLAGA" i temperatura tereta po tankovima pristupa se konačnom računu tereta:

$$\text{TOTAL} = \text{CUB METRES ( m3 0 GROSS )}$$

$$\text{O.B.Q.} = \text{ " "}$$

$$\text{FREE WATER} = \text{ " "}$$

$$\text{TOTAL CARGO} = \text{GROSS m3} \Rightarrow \text{dalje računamo sa faktorom za dobiti BBLs ili MT.}$$

$$\text{G.O.V.} = \text{GROSS OBSERVED VOLUMEN ( Volumen na temperaturi na kojoj krcamo)}$$

$$\text{G.S.V.} = \text{GROSS STANDARD VOLUMEN ( Volumen na } 15^{\circ}\text{C)}$$

PRIMJER 2:

Trebamo ukrcati 80000 MT "Es Sider Crude Oil" na ES SIDER TERMINALU LIBIJA.

PODACI: API = 36.8

Temp. = 33°C

S obzirom na raspoloživi prostor DWT i dužinu putovanja računamo koliko tereta možemo ukrcati:



WEIGHT :	FRESH WATER	=	190/185	MT
	F/O	=	1073	MT
	D/O	=	77	MT
	<u>STORES</u>	=	<u>100</u>	<u>MT</u>
	<b>TOTAL</b>	=	<b>1630</b>	<b>MT</b>

SUMMER DWT = 82427.7 MT  
 STORES TOTAL = 1630.0 MT  
 CARGO TO LOAD = 80794.7 MT

**VADIMO FAKTORE : API = 36.8 ⇒ TAB.3 Y15°C**  
**sa Temp. = 33**  
**> TAB. 54A VCF = 0.9843**  
**Y15°C = 840**

Tražimo koliko broskog prostora (m<sup>3</sup>) zauzima teret ovih karakteristika.

**MT : Y15° : VCF = GROSS m<sup>3</sup>**

**MT : Y15° = NET m<sup>3</sup>**

**80 794.7 : 0.8403 : 0.9843 = 97683.458 m<sup>3</sup> GROSS**

**80 794.7 : 0.8403 = 96149.827 m<sup>3</sup> NET**

ili **GROSS m<sup>3</sup> x VCF = NET m<sup>3</sup>**

**TOTAL CAPACITY = 101633.1 m<sup>3</sup>**  
**LOADED QUANTITY = 97683.5 m<sup>3</sup>**  
**SPACE LEFT = 3949.6 m<sup>3</sup>**

**97683.5 / 101633.1 x 100 = 96.1 %**

Krcamo dakle 96.1 % kapaciteta tankova. Ostatak prostora od 3949.6 m<sup>3</sup> ne možemo krcati jer bi prekoračili nosivost na ljetnoj vodenoj liniji (DWT on SUMER LINE)

### **RASPORED TERETA PO TANKOVIMA:**

**TANK No. 1 CENTAR = 9241.3 m<sup>3</sup> prostora**

**9241.3 : 100 x 96.1 % = 8880.889 m<sup>3</sup>**

**i tako sve tankove koje želimo krcati**

Budući da smo teret rasporedili po tankovima, a ostalo nam je još prostora, zbog boljeg trima možemo u krmene tankove ubaciti malo više, a u pramčane manje tereta (upotrijebimo tablicu promjene gaza kod krcanja tereta). Sa odgovarajućim volumenom za svaki pojedini tank ulazimo u "ULLAGE TABLES" i vadimo odgovarajući ullage za svaki tank. Kod kompletiranja treba paziti na trim korekciju ukoliko imamo pramčani ili krmeni trim. Nakon ukrcaja uzimaju se mjere tereta: **ullages, temperatura, voda u tankovima.**

**Na osnovi toga pravimo "ULLAGE REPORT"**  
**Na kraju ukrcaja imamo slijedeće stanje:**

**API = 36.9 ⇒ Y15° = 0.8398**

**CENTRAL TANKS : TEMP. 33°C ⇒ VCF = 0.9843**



**SIDE TANKS : TEMP. 32°C ⇒ VCF = 0.9851**

**CENTRAL TANKS TOTAL = 80307.91 GROSS m3 x 0.9843 = 79047 NET m3**

**SIDE TANKS TOTAL = 17382.52 GROSS m3 x 0.9851 = 17123.52 NET m3**

**TOTAL = 96170.52 NET m3**

**- O.B.Q. = 9.77 m3**

**TOTAL = 96160.83 NET m3**

**TOTAL:**

**96160.83 m3 x  $\gamma_{15^\circ}$  = 80755.86 MT (VAC)**

**96160.83 m3 x  $\gamma_{15^\circ} - 0.0011$  = 80650.08 MT (AIR)**

**VAŽNO:**

**Ako je temperatura tereta veća:**

za isti volumen manja težina

za istu težinu veći volumen

**Ako je temperatura tereta manja:**

za isti volumen veća težina

za istu težinu manji volumen

**PRIMJER 3.**

**M/T "Silba" treba ukrcati u luci Ras Lanuf 487000 net BBLs "Sirtica Crude oil"**

**Podaci: API = 40.8, temperatura = 83°F = 28.3°C**

**F.O. = 1060 MT**

**D.O. = 69 MT**

**F.W. = 250 MT**

**Total = 1479 MT**

**Cargo to load = displacement - total weight**

- sa API ulazimo u tablice 3 i vadimo ⇒  $\gamma_{15^\circ} = 0.8208$

- sa  $\gamma_{15^\circ}$  & temperaturom ulazimo u tablice 54A i vadimo VCF = 0.9879

**BARELLE pretvorimo u m3 zbog ulaska u tablice**

**487000 net BBLs / 6.28981 = 77426.82 net m3**

**77426.82 net m3 / VCF (0.9879) = 78375.16 gross m3**

**77426.82 net m3 x  $\gamma_{15^\circ}$  (0.8208) = 63551.94 MT (in VAC)**

- total volume 101633.1 gross m3

**GROSS m3 / TOTAL VOLUME x 100 = POSTOTAK BRODA (tankova ) koji krcamo**

**78375.16/101633,1 x 100 = 77.115 % volumena**

**dakle ukrcat ćemo : 78375.16 gross m3 ili 63551.94 MT**

**RASPORED TERETA PO TANKOVIMA**

**1c = 77% = 7126.43 m3 ⇒ ullage 5.26 m**

**2c = 77% = 9457.70 m3 ⇒ ullage 5.11 m**

•  
•  
•



.itd do zadnjeg tanka

na kraju postavimo željeni trim broda.

NAKON UZIMANJA MJERA PRISTUPAMO RAČUNU  
AKO SMO KORISTILI m3 (TABLICE 54A)

TOTAL = m3                      API = tab. 3  $\Rightarrow$   $\Upsilon_{15^\circ} =$   
 - O.B.Q. = ?                       $\Upsilon_{15^\circ}$   
F.W. = ?                       $\Rightarrow$  tab. VCF  
 TOTAL CARGO = GROSS m3                      T°C

GROSS m3 x VCF = net m3

net m3 x  $\Upsilon_{15^\circ} =$  MT (in VAC)

net m3 x ( $\Upsilon_{15^\circ} - 0.0011$ ) = MT (in AIR)

AKO SMO KORISTILI US BARRELS tablice 6A

TOTAL = BBLs                      API  
 -O.B.Q. = ?                      tablice 6A  $\Rightarrow$  VCF (TEMPERATURA - F1)  
-FREE WATER= ?                      T°C  
 TO TAL CARGO = BBLs                      API  $\Rightarrow$  tablica 11 LT/BBLs (F2)

GROSS BBLs x VCF = net BBLs / at 60°

net BBLs x LT/ BBLs = long tons

long tons x 1.01605 = METRIC TONS (Cargo)

PRIMJER: 4

Trebamo ukrcati 600000 net BBLs Zuetina C.O.

API = 40.8

tablice 6A  $\Rightarrow$  VCF = 0.9796 (F1)

TEMP. = 100°F

API = 40.8  $\Rightarrow$  tablice 11 (Am.petrol.table)  $\Rightarrow$  LT/BBLs = 0.12821 (F2)

600000 net BBLs / VCF = 612494.9 gross BBLs

612494.9 gross BBLs x VCF = 600000 net BBLs

600000 net BBLs x F2 (LT/BBLs) = 76926 LT

76926 LT x 1.01605 = 78160 MT

**LT = gross BBLs x VCF (F1) x LT/BBLs (F2)**

**LT = net BBLs x LT/BBLs (F2)**

**MT = gross BBLs x VCF x MT /BBLs**

ILI MOŽEMO NA OVAJ NAČIN:

API = 40.8  $\Rightarrow$  tablice 3  $\Rightarrow$   $\Upsilon_{15} = 0.8208$

T = 100°F  $\Rightarrow$  tablice 2  $\Rightarrow$  37.75°C

$\Upsilon_{15^\circ} = 0.8208$

tablice 54 A  $\Rightarrow$  VCF = 0.97915 (F1)



temperatura= 37.75 °C

$\Upsilon_{15^\circ} = 0.8208 - 0.0011 = 0.8197$  (F2)

600000 net BBLs / VCF = 612776.39 gross BBLs

612776.39 gross BBLs / 6.28981 = 97423.672 gross m<sup>3</sup>

97423.672 gross m<sup>3</sup> x VCF x ( $\Upsilon_{15^\circ} - 0.0011$ ) = 78193.141 MT (AIR)

#### PRIMJER 5:

Trebamo krcati 78086.892 LT tereta API = 40.4 temperatura=73.5°F

a. u tablicama 6A sa:

API = 40.4

$\Rightarrow$  VCF = 0.9932 (F1)

T (°F) = 73.5°F

b. u tablicama 11 sa:

API vadimo LONG TONS (LT)/ per BBLs = 0.12851 (F2)

tražimo volumen tereta u BBLs

**BBLs = CARGO LT / F1 / F2**

$78086.892 / 0.9932 / 0.12851 = 611793$  gross BBLs

rezultat: 611793 gross BBLs brodskog prostora zauzet će težine 78086.892 LT ili 79340.187 MT

Izračunamo koliko je ovo % kapaciteta broda. Zatim u % rasporedimo teret po tankovima. Ako nam trim ne odgovara samo prebacimo teret iz tanka i stvar je rješena.

#### PRIMJER 6:

Na brodu je ukrvano 611793 gross BBLs tereta

podaci: API = 40.4

T = 73.5 °F = 23.0°C

izračunati stvarnu količinu tereta:

a. u tablici 6A tražimo VCF = 0.9932 (F1)

b. u tablici 11 tražimo sa API LT/per BBLs at 60°F = 0.12851 (F2)

#### CARGO:

gross BBLs x VCF x F2 = CARGO LT x 1.01605 = CARGO MT

gross BBLs x VCF = net BBLs

$611793 \times 0.9932 = 607623.8$  net BBLs



$$607623.8 \times 0.12851 = 78086.892 \text{ LT}$$

$$78086.892 \times 1.01605 = 79340.186 \text{ MT}$$

**Napomena:** Ako dobijemo da krcamo (npr. 450000 BBLs) to znači BBLs na 60 °F. U tom slučaju pronađemo VCF i sa njime podijelimo vrijednost 450000 BBLs. Tako dobijemo BBLs koliko stvarno krcamo na toj temperaturi.

#### PRIMJER 7:

Ukrcano je 97267.6 gross m<sup>3</sup> tereta.

$$\text{API} = 40.4$$

$$T = 73.5 \text{ °F} = 23.0 \text{ °C}$$

a. u tablicama 3 izvadimo sa;

$$\text{API} = 40.4$$

$$\Rightarrow \Upsilon_{15^\circ} = 0.8228$$

$$T = 23^\circ\text{C}$$

Ako vadimo sa ovom vrijednošću dobit ćemo teret u VACUMU. Da bismo dobili teret u AIRU treba nam  $\Upsilon_{15^\circ} - 0.0011$ . Dakle  $0.8228 - 0.0011 = 0.8217$  (F2)

b. sa;

Temp.

$$\Rightarrow \text{tablice 54A} \Rightarrow \text{VCF} = 0.99275 \text{ (F1)}$$

$\Upsilon_{15^\circ}$

$$\begin{aligned} \text{CARGO} \quad \text{MT} &= \text{CARGO gross m}^3 \times \text{F1} \times \text{F2} \\ &= 97267.6 \times 0.99275 \times 0.8217 \\ &= 79345.322 \text{ MT (IN AIR)} \end{aligned}$$

$$\text{CARGO} \quad \text{LT} = 78091.946 \text{ LT}$$

#### PRIMJER 8:

Ako dobijemo da trebamo krcati 79345.322 MT tereta postupak je obratan.

$$\text{API} = 40.4$$

$$T = 73.5 \text{ °F} = 23.0 \text{ °C}$$

a. Izvadiamo F1 iz tablica 54A  $\Rightarrow$  VCF = 0.99275 (F1)

b. Izvadimo F2 iz tablica 3  $\Rightarrow$   $\Upsilon_{15^\circ} = 0.8228 - 0.0011$  (F2)

$$\begin{aligned} \text{CARGO MT} / \text{F1} / \text{F2} &= \text{CARGO m}^3 \text{ gross} \\ \text{CARGO MT} / \Upsilon_{15^\circ} &= \text{CARGO m}^3 \text{ net} \end{aligned}$$



$79345.322 \text{ MT} / 0.99275 / 0.8217 = 97267.6 \text{ gross m}^3$

Kao i ranije vadimo koliko je to % kubikaže tankova i rasporedimo teret po tankovima.

#### PRIMJER 9:

Ima luka gdje nam daju DENSITY ( $\gamma$ ) na nekoj drugoj temperaturi, a ne na  $15^\circ\text{C}$ . Daju nam  $\gamma$  i promjenu za svaki  $1^\circ\text{C}$  temperature. U tom slučaju najprije sredimo Density na  $15^\circ\text{C}$ , a zatim ostalo radimo normalno, uobičajeno.

#### Primjer

Data nam je DENSITY ( $\gamma$ ) at  $20^\circ\text{C} = 0.8550$   
korr. za  $1^\circ\text{C} = 0.000699$

Najprije nademo razliku od  $20^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}$  da dodemo na  $15^\circ\text{C}$   
 $0.000699 \times 5^\circ\text{C} = 0.003495$  (razlika u stupnjevima)  
Pošto je  $20^\circ\text{C} >$  od  $15^\circ\text{C}$  tada će nam gustoća biti veća na  $15^\circ\text{C}$  nego na  $20^\circ\text{C}$

**Density at  $15^\circ\text{C} = \text{Density at } 20^\circ\text{C} + (\text{korr. } ^\circ\text{C} \times \text{razlika u stupnj.}(0.003495)$**

**Density at  $15^\circ\text{C} = 0.8550 + 0.003495$       **Density at  $15^\circ\text{C} = 0.8585$****

Za daljnji račun treba naći temperaturni faktor te od  $\gamma_{15^\circ}$  oduzeti 0.0011 da bi dobili količinu tereta u AIR-u.  
F1  $\Rightarrow$  tablice 54A  
F2  $\Rightarrow 0.8585 - 0.0011 = 0.8574$

## PETROLEUM TABLES VOL 1 - SAYBOLT - VAN DUYN B.V.

LITRE NA  $X^\circ\text{C} = \text{BBLs} \times 158.984$   
LITRE NA  $15^\circ\text{C} = \text{LITRE na } X^\circ\text{C} \times \text{V.R.F. (V.C.F.) (table 54)} \dots\dots 0.988454$

**MT = LITRE na  $15^\circ\text{C} \times \text{DENSITY } (\gamma) \text{ --}0.0011$**

**$\gamma_{\text{AIR}} = \gamma - 0.0011$**   
 **$\gamma_{\text{VAC}} = \text{laboratorijski rezultat}$**

**$\text{BBLs} = \text{MT} / \gamma / \text{VRF (VCF)} / 158.984$**

**$0.99845 = \text{FACTOR za prijelaz VAC - AIR (tablica 7)-}$**

**LITRE  $15^\circ\text{C} \times \gamma_{\text{VAC}} = \text{MT VAC}$**   
 **$\text{MT VAC} \times 0.99845 \times 0.98421 = \text{LT AIR}$**

**$\text{MT} = \text{BBLs} \times 158.984 \times \text{VRF (VCF)} \times \gamma$**

**$158.984 = \text{US bbls - LITRES (Conversion factor)}$**



<b><math>BCLS = MT / \text{Density}(\gamma) - 0.0011 / VRF(VCF) / 158.984 \times 100</math></b>
<b><math>MT = BCLS \times 158.984 \times VRF(VCF) \times \gamma \times 100</math></b>
<b><math>MT = \text{Misured } m^3 \times VRF(VCF) \times \gamma \text{ (in AIR)}</math></b>
<b><math>m^3 / VRF(VCF) \text{ at } 15^\circ C</math></b>

## SKRAJENICE POJMOVA

**LCG = Longitudinal Center of Gravity ili XG = udaljenost sistemnog težišta od sredine broda**

**LCB = Longitudinal Center of Boyancy ili XB = udaljenost sistemnog težišta od sredine broda**

**XB = + natrag**

**XB = - naprijed**

**LCF = Longitudinal Center of Flotation ili XF = udaljenost centra plutanja od sredine broda**

**XF = - natrag**

**XF = + naprijed**

**TPC = Tons per 1 cm ili t/cm = tone po centimetru zagažaja**

**MTC = Moment of Change trim 1 cm (moment promjene trima za 1 cm zagažaja)**

**TKM = Heigh of Transerse Metacentea on Bow Base Line (udaljenost metacentra od kobilice)**

**PROP IMM (%) = uronjenost propelera u %.**

**HBG = poluga trima**

**HBG = LCG - LCB**

**t = D x HBG / MTC x 100**

## TRIM & STABILITY BOOKLET DISPLACEMENT CALCULATION

Primjer računa: izmjeriti gazove i specifičnu gustoću mora LCF = - 4.090 m

Lpp = 233.0m

	ITEM	CALCULATION METOD	AFT	MIDSHIP	FORE
1	APPARENT DRAFTS AT DRAFTS MARK	PORT SIDE	10.200 m	9.400 m	8.690m
		STBD. SIDE	10.220 m	9.440m	8.730m
		MEAN	10.210m	9.420m	8.770m
2	CORRECTION OF FORE AND DRAFTS ON PERPENDICULARS	From table 4(Page 26)	+0.074	-0.007	-0.044
3	DRAFT AT A.P. & F.P.	1 + 2	*2 10.284	*1 9.413	*3 8.666
4	MEAN DRAFT	$\frac{*2 + *3}{2}$	9.475 m		
5	DEFLECTION - sagging	4 - *1	Hogging (+)		



	+ hogging		0.062m
6	TRIM + by the stern - by the bow	*2 - *3	+1.618m
7	CORRECTION DRAFT FOR DEFLECTION	$\frac{(*2 + 6) \times (*1 + *3)}{8}$	9.428m
8	CORRECTION FOR TRIM (LCF at MEAN DRAFT)	6 x LCF / LPP	-0.028m
9	CORRESPONDING DRAFT	7 + 8	9.400m
10	DISPLACEMENT TO CORRESPONDING DRAFTS (S.W. = 1.025)	FROM TABLE 2 (page 19) HIDROST.-TABLE	71204 MT
11	ACTUAL SPECIFIC GRAVITY OF SEA WATER	$\gamma = ? \Rightarrow$	1.024
12	ACTUAL DISPLACEMENT	10 x 11 / 1.025	71135 MT

NOTE 1 ulazi se u tablicu sa trimom

TRIM OF MARKS (IN METRES)	CORRECTION VALVE IN cm		
	AFT PERPENDIK.	CENTER	FORE PERPENDIK.
0m 25 cm	+1.24	-0.11	-0.73
0m 50 cm	“	“	“

NOTE 2 - LCF vadimo iz HIDROSTATIC TABLE (za slanu vodu) (-) ispred sredine broda prema pramcu (+) iza sredine broda prema krmi

TRIM CALCULATION - napraviti centraciju težina i izračunati momente LPP = 233.0 m LPP/2=116.5m

ITEM	METHOD	NUMERALS
1	TOTAL OF WEIGHT (EQ.TO DISPLACEMENT)	9777.4 MT
5	MOMENT AROUND MIDSHIP	690682 T x M
4	LCG	5 / 1
6	DRAFT CORESPONDING to 1 at LCF	FROM HIDROSTATIC TABLE
7	LCB at DRAFT 6	“
8	LCF at DRAFT 6	“
9	MCTC at DRAFT 6	“
10	DISTANCES BETWEEN LCG & LCB	4 - 7
11	TRIMMING MOMENT	1 x 10
12	TRIM	$\frac{11}{9 \times 100}$
13	CORRECTION by LCF	$\frac{12 \times (LPP / 2 - 8)}{LPP}$
14	DRAFT at AFT PART	6 + 13
15	DRAFT at FORE PART	14 - 12
16	MEAN DRAFT	$\frac{14 + 15}{2}$

**KG & MoG CALCULATION**



ITEM		METHOD	NUMERALS
1	TOTAL WEIGHT (EQUAL DISPLACEMENT)	TABLICA CENTRACIJE	97794 MT
3	TOTAL of VERTICAL MOMENTS	TABLICA CENTRACIJE	981010 T x M
2	KG	3 / 1	10.03 m
6	DRAFT CORESPONDING to 1 at LCF	FROM HIDROSTATIC TABLES	12.57 m
7	KM (T) at DRAFT	FROM HIDROSTATIC TABLES	16.78 m
8	GM (solid)	7 - 2	6.75 m
9	FREE SURFACE CORRECTION	$\sum (I \times \gamma)$ tablica centracije $\Delta(D)$	1.61 m
10	GM (fluid)	8 - 9	5.14 m

**VCG = VERTICAL CENTER OF GRAVITY ABOVE BASE LINE**

**GM = TRANSFERSE METACENTRIC HEIGH ABOVE CENTRE OF GRAVITY (solid) without free surface correction (fluid) with free sur. correction**

**KM(T) = TRANSFERSE METACENTRIC HEIGH ABOVE BASE LINE**

**KG = CENTER OF GRAVITY ABOVE KEEL**

**J = MOMENT OF INERTION OF FREE SURFACE ABOUT LONGITUDINAL OF EACH TANK (m<sup>4</sup>)**

**$\gamma$  = SPECIFIC GRAVITY OF LIQUID IN TANK**

**D = DISPLACEMENT OF VESSEL IN TONES**

TREBAMO UKRCATI 80000 M/T "Sarir"

VEF = 1.00144

PODACI: API = 37.5°

T = 35°C

(težina M/T x VEF) = težina koju krcamo

80000 x 1.00144 = 80115

$\gamma = 0.8368$  (VAC) - 0.0011 = 0.8357 AIR

VCF = 0.9824

80115 :  $\gamma$  AIR 0.8357 = 95866 net m<sup>3</sup>

80115 :  $\gamma$  computer 0.821 = 97582 gross m<sup>3</sup>

$\gamma$  computer =  $\gamma$  AIR x VCF

$\gamma$  computer = 0.8357 x 0.9824

$\gamma$  computer = 0.8201

TOTAL CAPACITY = 108636 m<sup>3</sup>

LOADED QUANTITY = 97582 m<sup>3</sup>

SPACE LEFT = 11054 m<sup>3</sup>

97582 / 108636 x 100 = 89.8 %



$$\text{AVERAGE TEMP.} = \frac{\text{C1} \text{ (GOV x TEMPER)} + \text{C2} \text{ (GOV x TEMPER)} + \text{C3} \text{ (GOV x TEMPER)}}{\text{GOV}}$$

$$\% = \frac{\text{C1} \text{ (TOV x \% TANKA)} + \text{C2} \text{ (TOV x \% TANKA)} + \text{C3} \text{ (TOV x \% TANKA)}}{\text{TOV}}$$