

Anexa nr.3

la Ghidul orientativ de realizare a Proiectului de diploma la
specializarea *Navigație și transport maritim și fluvial*

CALCULUL DE ASIETĂ ȘI STABILITATE PENTRU O SITUAȚIE DE ÎNCĂRCARE

4.1. Elemente de definesc geometria navei

4.1.1. Dimensiunile principale ale navei

| | |
|---|-----------|
| Lungime maximă | 158,712 m |
| Lungime între perpendicularele | 147,00 m |
| Lățime | 22,80 m |
| Înălțimea de construcție la puntea principală | 13,20 m |
| Înălțimea de construcție la puntea intermediară | 9,40 m |
| Pescajul de eşantionaj | 9,80 m |
| Pescajul de plină încărcare | 9,60 m |

4.1.2. Tabel semilățimi (din Anexa 1)

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | - | - | 0,252 | 0,714 | 1,134 | 1,722 | 2,31 | 3,822 | 5,46 | 6,93 | 7,476 |
| 1 | - | - | 0,672 | 1,386 | 2,436 | 3,318 | 4,62 | 6,048 | 7,266 | 8,064 | 8,4 |
| 2 | - | - | 1,008 | 2,1 | 3,234 | 4,41 | 5,67 | 7,14 | 7,98 | 8,4 | 8,4 |
| 3 | - | - | 1,68 | 3,024 | 4,284 | 5,544 | 6,51 | 7,644 | 8,19 | 8,4 | 8,4 |
| 4 | - | 1,806 | 3,654 | 4,83 | 6,048 | 6,72 | 7,224 | 7,938 | 8,4 | 8,4 | 8,4 |
| 5 | 0 | 4,998 | 5,796 | 6,636 | 7,056 | 7,56 | 7,854 | 8,19 | 8,4 | 8,4 | 8,4 |
| 6 | - | - | 0,252 | 0,714 | 1,134 | 1,722 | 2,31 | 3,822 | 5,46 | 6,93 | 7,476 |
| 7 | - | - | 0,672 | 1,386 | 2,436 | 3,318 | 4,62 | 6,048 | 7,266 | 8,064 | 8,4 |
| 8 | - | - | 1,008 | 2,1 | 3,234 | 4,41 | 5,67 | 7,14 | 7,98 | 8,4 | 8,4 |

| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7,686 | 7,686 | 6,972 | 5,922 | 4,956 | 3,99 | 2,646 | 1,134 | 0,336 | 0 |
| 8,4 | 8,4 | 8,232 | 7,602 | 7,182 | 6,426 | 5,292 | 3,78 | 2,52 | 1,302 |
| 8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,896 | 7,518 | 6,804 | 5,67 | 4,326 | 2,856 | 1,68 |
| 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,106 | 7,812 | 7,056 | 5,964 | 4,452 | 2,562 | 1,26 |
| 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,232 | 7,98 | 7,224 | 6,216 | 4,62 | 2,352 | 0,336 |
| 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,274 | 8,106 | 7,392 | 6,426 | 4,83 | 2,604 | 0 |
| 7,686 | 7,686 | 6,972 | 5,922 | 4,956 | 3,99 | 2,646 | 1,134 | 0,336 | 0 |
| 8,4 | 8,4 | 8,232 | 7,602 | 7,182 | 6,426 | 5,292 | 3,78 | 2,52 | 1,302 |
| 8,4 | 8,4 | 8,4 | 7,896 | 7,518 | 6,804 | 5,67 | 4,326 | 2,856 | 1,68 |

4.2. Determinarea coordonatelor centrului de greutate al navei(XG, KG) pentru situația de încărcare considerată

Determinare \overline{KG}_{ng}

Dacă nu se cunoaște cota centrului de greutate pentru nava goală, \overline{KG}_{ng} , putem să o determinăm cu formula $KG_{ng} = KxD$, unde D este înălțimea de construcție și k se alege din tabelul de mai jos

Tabel:

| Tipul navei | k |
|---|-----------|
| Nave de pasageri | 0,56-0,63 |
| Nave mixte mari | 0,60-0,70 |
| Nave mixte mici și mijlocii | 0,66-0,74 |
| Nave de transport mari(mineraliere, carboniere) | 0,54-0,63 |
| Nave de transport mijlocii și mici | 0,66-0,72 |
| Petroliere | 0,50-0,58 |

$$KG_{ng} = KxD = 0,68 \times 13,20 = 8,976 \text{ m}$$

4.3. Calculul de carene drepte (A_w , X_F , I_L , I_T , V , X_B , K_B)

Întocmirea calculului de carene drepte prin metoda trapezelor

Determinarea volumului carenei și a coordonatelor centrului de carenă pentru orice plutire dreaptă cuprinsă între PB și PL se realizează prin calculul de carene drepte. De asemenea datele rezultate din urma acestui calcul sunt necesare în studiul stabilității.

Primul pas îl reprezintă extragerea semilățimilor din planul de forme al navei și introducerea lor într-un tabel pe baza cărui se vor efectua calculele în aplicația Excel din pachetul Ms Office.

Pentru calculul de carene drepte se va folosi metoda trapezelor de integrare aproximativă.

Diagrama de carene drepte este întocmită pentru nava pe plutire dreaptă, fără înclinări transversale și longitudinale ($\varphi = \Theta = 0$), caz în care singurul parametru care definește plutirea este pescajul de calcul d .

Din diagramă se obțin în funcție de următoarele mărimi:

a) mărimi care se referă la plutirile drepte:

1. A_w – aria suprafeței plutirii drepte;

2. x_F – abscisa centrului geometric al plutirii drepte (este distanța de la punctul F la cuplul maestru);

3. I_L – momentul de inerție al suprafeței plutirii drepte calculat față de axa centrală longitudinală de inerție;

4. I_T – momentul de inerție al suprafeței plutirii drepte calculat față de axa centrală transversală de inerție;

5. C_W – coeficientul de finețe al suprafeței plutirii;

b) mărimi care se referă la cuplele teoretice:

6. A_X – aria suprafeței cuplei teoretice;

7. C_X – coeficientul de finețe al suprafeței cuplei teoretice;

c) mărimi care se referă la carena navei: V , x_B , \overline{KB} , C_B , C_{VP} .

8. V – volumul carenei;

9. x_B – abscisa centrului geometric al carenei;

10. \overline{KB} - cota centrului geometric al carenei;

11. C_B – coeficientul de finețe bloc;

12. C_{VP} – coeficientul de finețe prismatic vertical.

4.3.1. Calculul mărimilor care se referă la plutirile drepte

4.3.1.1. Calculul ariei suprafeței plutirii drepte

Formula utilizată pentru efectuarea calculului este:

$$A_{Wj} = 2\lambda \cdot [y_{0j} + y_{1j} + y_{2j} \dots + y_{20j} - \frac{1}{2}(y_{0j} + y_{20j})], \text{ cu } j = \overline{0,7} \text{ [m}^2\text{]}.$$

Am obținut rezultatele:

| Aw0 | Aw1 | Aw2 | Aw3 | Aw4 | Aw5 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 438,4898 | 615,8565 | 669,0146 | 703,6323 | 762,4952 | 832,3787 |

4.3.1.2. Calculul abscisei centrului geometric al plutirii drepte

Formula utilizată pentru efectuarea calculului este:

$$x_{Fj} = \frac{2\lambda^2}{A_{Wj}} \left[10(y_{20j} - y_{0j}) + 9(y_{19j} - y_{1j}) + \dots + 1(y_{11j} - y_{9j}) - \frac{10}{2}(y_{20j} - y_{0j}) \right] \text{ [m]}.$$

Am obținut rezultatele:

| x_{F0} | x_{F1} | x_{F2} | x_{F3} | x_{F4} | x_{F5} |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

| | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 3,73209917 | 4,510269474 | 3,877894186 | 2,956739635 | 1,069768067 | -0,542388785 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|

4.3.1.3. Calculul momentului de inerție al suprafeței plutirii drepte calculat față de axa centrală longitudinală de inerție:

Formula utilizată pentru efectuarea calculului este:

$$I_{Lj} = \frac{2}{3} \lambda \left[y_{0j}^3 + y_{1j}^3 + y_{2j}^3 + \dots + y_{20j}^3 - \frac{1}{2} (y_{0j}^3 + y_{20j}^3) \right], j = \overline{0,7}.$$

Am obținut rezultatele:

| I_{L0} | I_{L1} | I_{L2} | I_{L3} | I_{L4} | I_{L5} |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 5450,545703 | 10109,79774 | 11667,10613 | 12746,00491 | 14235,87709 | 16225,00438 |

4.3.1.4. Calculul momentului de inerție al suprafeței plutirii drepte calculat față de axa centrală transversală de inerție:

Formulele utilizate pentru efectuarea calculului sunt:

$$I_{Tj} = I_{yj} - A_{wj} x_{Fj}^2, j = \overline{0,7}, [m^4].$$

$$I_{yj} \cong 2\lambda^3 \left[10^2 (y_{0j} + y_{20j}) + 9^2 (y_{1j} + y_{19j}) + \dots + 1^2 (y_{11j} + y_{9j}) - \frac{10^2}{2} (y_{0j} + y_{20j}) \right], j = \overline{0,7}.$$

Am obținut rezultatele:

| I_{y0} | I_{y1} | I_{y2} | I_{y3} | I_{y4} | I_{y5} |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 54601,2815 | 109793,1543 | 125687,2276 | 135729,7515 | 161681,1752 | 196451,9315 |

| I_{T0} | I_{T1} | I_{T2} | I_{T3} | I_{T4} | I_{T5} |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 46278,30088 | 95783,42153 | 112473,0881 | 125156,3498 | 157552,4093 | 198779,1846 |

4.3.2. Calculul mărimilor care se referă la carena navei

4.3.2.1. Calculul volumului carenei corespunzător plutirilor drepte:

Relația de calcul a volumului carenei pentru plutirea dreaptă j este:

$$V_j = \frac{1}{2} t \cdot [0 + (A_{w0} + A_{w1}) + (A_{w1} + A_{w2}) + \dots + (A_{w,j-1} + A_{w,j})] \quad [m^3]$$

Opriind însumarea la una din paranteze, se obține volumul carenei corespunzător plutirii j. În felul acesta se oferă posibilitatea calculului volumului carenei V_j pentru toate plutirile drepte $j = \overline{0,7}$ din planul de forme. Rezultatele obținute sunt:

| V ₀ | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | V ₅ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 | 2157,903 | 4784,427 | 7591,168 | 10586,26 | 13872,44 |

4.3.2.2. Calculul abscisei centrului de carenă

Relația de calcul utilizată este:

$$x_{Bj} = \frac{t}{2V_j} [0 + (A_{W0} \times F_0 + A_{W1} \times F_1) + (A_{W1} \times F_1 + A_{W2} \times F_2) + \dots + (A_{W_{j-1}} \times F_{j-1} + A_{Wj} \times F_j)] \text{ [m]}.$$

Oprind însumarea la una din paranteze și introducând în termenul din fața parantezei drepte volumul corespunzător plutirii înscrise în dreptul liniei respective, se obține abscisa centrului de carenă pentru această plutire.

| x _{B0} | x _{B1} | x _{B2} | x _{B3} | x _{B4} | x _{B5} |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 4,17282398 | 4,17630271 | 3,89562631 | 3,35342939 | 2,61141142 |

4.3.2.3. Calculul cotei centrului geometric al carenei

Relația de calcul utilizată este:

$$\overline{(KB)}_j = \frac{t^2}{2V_j} \{0 + (0A_{W0} + 1A_{W1}) + (1A_{W1} + 2A_{W2}) + \dots + (4A_{W_{j-1}} + 5A_{Wj})\} \text{ [m]}.$$

Rezultatele obținute sunt:

| k _{B0} | k _{B1} | k _{B2} | k _{B3} | k _{B4} | k _{B5} |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0,47038025 | 0,88538453 | 1,30719425 | 1,74034407 | 2,19274561 |

4.4. Alegerea situației de încărcare

| Mărimea | Notația | Valoare | U.M. |
|---|------------------|-----------|------------------|
| Cota centrului de carenă al navei goale | $\overline{KG'}$ | 8,976 | m |
| Cotele greutăților ambarcate la bord | z _i | -în tabel | m |
| Deplasamentul navei goale | Δ_{ng} | 10784 | t |
| Masele greutăților ambarcate | m _i | -în tabel | t |
| Densitatea | ρ | 1,025 | t/m ³ |
| Accelerația gravitațională | g | 9,81 | m/s ² |

Se stabilesc numărul de greutăți și cotele pe care acestea le vor avea ulterior ambarcării în magazii și tancuri.

Situație de încărcare :

Tabel Repartizarea a 5 greutăți cu o masă totală de 60000 t (<decât deplasamentul deadweight):

| Mărfuri | Masa (m_i) în tone | Cota(z_i) în m |
|----------------------------|------------------------|--------------------|
| 1 | 10000 | 2 |
| 2 | 13000 | 2 |
| 3 | 16000 | 2 |
| 4 | 11000 | 3 |
| 5 | 10000 | 3 |
| Σ | 60000 tone | - |

Se calculează cota centrului de greutate cu formula:

$$\overline{KG} = \frac{KG' \cdot \Delta ng + \sum_{i=1}^n m_i z_i}{\Delta ng + \sum_{i=1}^n m_i} [m]$$

$$KG = (8,976 \times 10784 + 53200) / (10784 + 6000)$$

$$KG = 2,15$$

- Raza metacentrică transversală: $\overline{BM}_T = \frac{I_L}{V}$

$$BM_T = 12\,746 / 7591,168 = 1,67905$$

- Cota metacentrului transversal: $\overline{KM}_T = \overline{BM}_T + \overline{KB}$

$$KM_T = 1,67905 + 1,30719425 = 2,98624$$

- Înălțimea metacentrică transversală: $\overline{GM}_T = \overline{KM}_T - \overline{KG} = \overline{BM}_T + \overline{KB} - \overline{KG}$

4.5. Determinarea înălțimii metacentrice transversale inițiale. Verificare

$$GM_T = 2,98624 - 2,15 = 0,85624m$$

Verificarea stabilității transversale

Varianta aleasă de încărcare impune verificarea stabilității conform următoarelor indicații. Dacă în urma verificărilor efectuate nu se respectă condițiile de mai jos trebuie să reorganizăm distribuția mărfii în tancuri și magazinei.

- **Valorile minime ale înălțimii metacentrice**

| Tipul navei | $(\overline{GM}_T)_{\min}$ |
|---|----------------------------|
| Nave de pescuit $L_{CWL} \leq 20$ m | 0,35 m |
| Nava cu $L_{CWL} \leq 20$ m de orice tip | 0,50 m |
| Nave destinate transportului de lemn pe punte | 0,05 m |
| Nave destinate transportului de cereale | 0,30 m |
| Nave de pescuit $L_{CWL} \geq 20$ m | 0,35 m |
| Nave port-container | 0,20 m |
| Nave cu $L_{CWL} \geq 20$ m de alt tip | 0,15 m |
| Nave militare de suport logistic | 0,70 m |
| Nave militare de luptă | 0,80 m |

4.6. Diagrama stabilității statice

Diagrama stabilității statice se va extrage în conformitate cu deplasamentul navei din diagrama de pantocarene a navei sau din una din diagramele de pantocarene generale anexate (Anexa 2). Pentru a extrage din diagrama de pantocarene diagrama de stabilitate trebuie să cunoaștem valoarea deplasamentului navei și KG pentru situația de încărcare studiată.

Se procedează astfel:

- se trasează pe diagrama de pantocarene o verticală în dreptul deplasamentului corespunzător

- de pe fiecare curbă se extrage valoarea corespunzătoare a cotei metacentrice transversale, KN (pentru toate unghiurile).

- cu acele valori completăm tabelul de mai jos și calculăm brațul stabilității statice, notat ls sau GZ, cu relația $\overline{GZ} = \overline{KN} - \overline{KG} \sin \varphi$

- se trasează grafic valorile ca în figura 4.1.

Tabel Valori KN (din diagrama de pantocarene) și GZ (brațul stabilității statice-calculat)

| φ [grade] (unghi de înclinare transversală) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| KN [m] (Cota metacentrică transversală) | | | | | | | | | | |
| Sin φ | | | | | | | | | | |
| KG sin φ | | | | | | | | | | |
| GZ = KN - KG sin φ [m] (Brațul stabilității) | | | | | | | | | | |

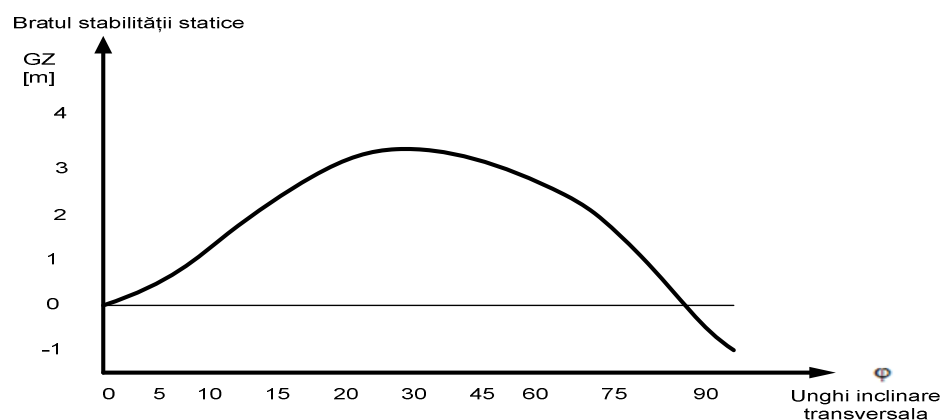


Figura 4.1. Diagrama stabilității statice

4.7. Diagrama stabilității dinamice

Diagrama stabilității dinamice se va trasa cu ajutorul valorilor din dagrama stabilității statice. Brațul stabilității dinamice se calculează cu relația:

$$l_d = \frac{\delta\varphi}{2} [0 \cdot l_{d0} + (l_{s0} + l_{s10}) \cdot l_{d10} + \dots + (l_{s80} + l_{s90}) \cdot l_{d90}] \text{ [m]},$$

și cu aceste valori se trasează diagrama din figura 4.2.

Tabel Valori l_d (brațul stabilității dinamice-călculat)

| | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| φ [grade] (unghi de înclinare transversală) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
| GZ sau l_s [m] (Brațul stabilității statice) | | | | | | | | | | |
| l_d [m] (Brațul stabilității dinamice) | | | | | | | | | | |

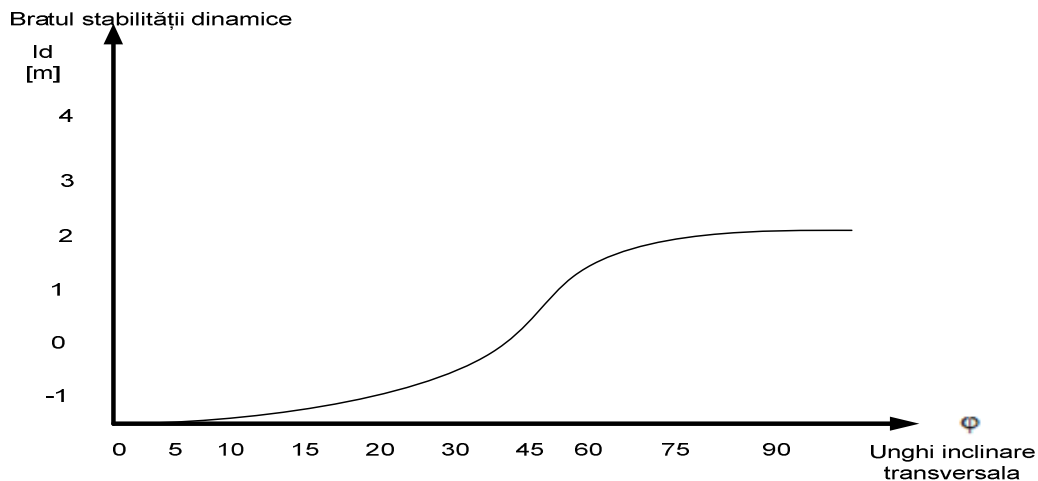


Figura 4.2. Diagrama stabilității dinamice

4.8. Calculul de asietă

Calculul de asietă se poate realiza prin calculul efectiv al exemplului de mai jos unde se folosesc datele navei din proiect și informațiile din semiar (www.cursuridemarina.web.com la secțiunea Seminar TCN)

Exemplu:

O navă de lungimeplutește pe chilă dreaptă la pescaj de m. Nava încarcătone marfă distribuite ca în tabelul de mai jos. Se cunosc $x_F = \dots\dots\dots$, $MCT_{1cm} = \dots\dots\dots t \cdot m$ și $TPC = \dots\dots\dots t/cm$.

| Mărfuri | Masa (m_i) în tone | Abscisa punctului de ambarcare a masei(x_i) în m |
|---------|------------------------|--|
| 1 | 10000 | 20 |
| 2 | 13000 | 12 |
| 3 | 16000 | -12 |
| 4 | 11000 | -15 |

| | | |
|----------|------------|---|
| 5 | 10000 | 6 |
| Σ | 60000 tone | - |

Calculați pescajele finale și modificarea de asietă.

ANEXA 1 OBȚINEREA SEMILĂȚIMILOR

1. Tabelele de semilățimi pentru nave a căror forme nu sunt cunoscute se pot obține astfel:

-se identifică L-lungimea navei și se calculează $k_1=L/125$

-se identifică deplasamentul total al navei Δ_{total} ($\Delta_{total} = \Delta_{dw} + \Delta_{Navei\ goale}$, se poate considera aproximativ $\Delta_{total} = 1.25 * \Delta_{dw}$). se calculează

$$k_2 = \sqrt{\frac{\Delta_{total}}{12500}}$$

-se face media aritmetică între k_1 și k_2 și cu valoarea, k , obținută se înmulțesc toate valorile scrise cu roșu din tabelul de mai jos.

TABEL SEMILĂȚIMI

| Cupla Plutirea | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | - | 0,14 | 0,29 | 0,64 | 1,30 | 2,87 | 4,30 | 5,46 | 6,38 | 6,8 | 6,94 | 6,94 | 6,69 | 6,12 | 5,22 | 3,63 | 2,03 | 0,94 | 0,17 | 0 | 0 |
| 1 | (-0,26) | 0,34 | 1,43 | 2,52 | 3,93 | 5,19 | 6,40 | 7,32 | 7,97 | 8,37 | 8,37 | 8,37 | 8,25 | 8,25 | 7,27 | 6,11 | 4,61 | 2,94 | 1,68 | 1,16 | 0,87 |
| 2 | (-0,38) | 0,61 | 1,98 | 3,43 | 4,92 | 6,18 | 7,31 | 8,09 | 8,52 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 7,91 | 6,89 | 5,43 | 3,71 | 2,29 | 1,55 | 1,14 |
| 3 | (-0,46) | 0,73 | 2,51 | 4,22 | 5,66 | 6,86 | 7,82 | 8,44 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,21 | 7,32 | 5,92 | 4,11 | 2,58 | 1,63 | 1,13 |
| 4 | (-0,53) | 0,76 | 3,07 | 4,90 | 6,34 | 7,40 | 8,20 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,36 | 7,60 | 6,26 | 4,49 | 2,76 | 1,58 | 0,85 |
| 5 | (-0,68) | 0,87 | 3,76 | 5,57 | 6,84 | 7,81 | 8,41 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,42 | 7,76 | 6,53 | 4,75 | 2,94 | 1,50 | 0,46 |
| 6 | (-0,57) | 1,60 | 4,50 | 6,23 | 7,31 | 8,11 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,47 | 7,90 | 6,74 | 5,03 | 3,14 | 1,60 | 0,19 |
| 7 | 0,72 | 2,84 | 5,27 | 6,74 | 7,74 | 8,33 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,50 | 7,98 | 6,93 | 5,29 | 3,41 | 1,65 | 0,12 |
| 8 | 1,11 | 3,93 | 5,95 | 7,22 | 8,05 | 8,50 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,55 | 8,54 | 8,08 | 7,10 | 5,56 | 3,73 | 1,94 | 0,22 |

2. Calculele se fac conform proiectului de curs TCN pentru care îndrumarul PDF este disponibil la adresa [adl.anmb.ro](http://cursuridemarina.webs.com/) sau <http://cursuridemarina.webs.com/> a secțiunea Proiect TCN Mecenici/Navigație.

ANEXA 2 DIAGRAME PANTOCARENE

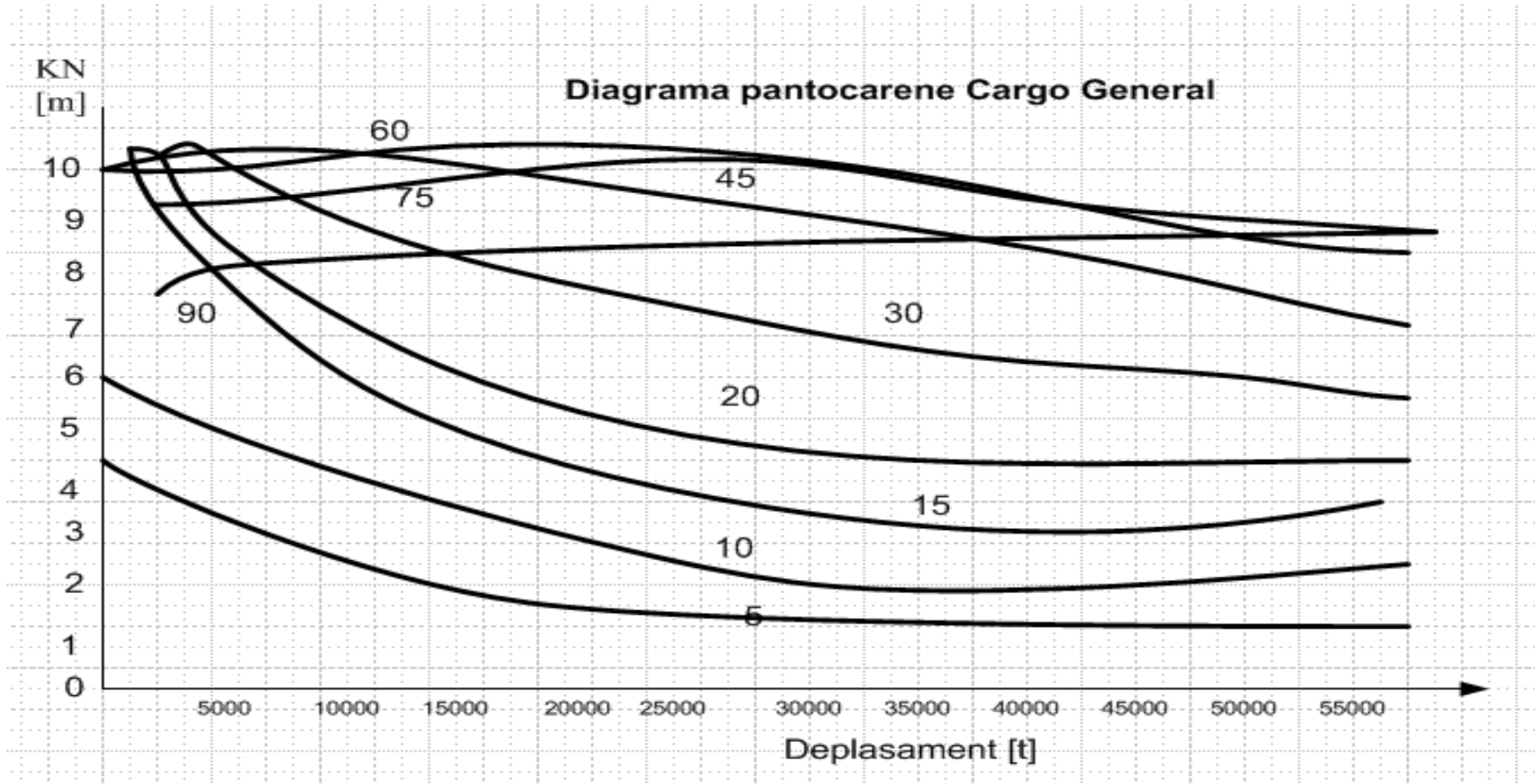


Diagrama pantocarene tanc petrolier

