

Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης στην προσθαφαίρεση βαρών-εγκάρσια ευστάθεια-ελεύθερες επιφάνειες

1. Πλοίο με εκτόπισμα  $\Delta=16200$  Tns έχει  $KG=8.7$  m. Ένα ορθογωνικό διπύθμενο διαστάσεων  $LxBxD=20m \times 25m \times 1m$  (συμμετρικό ως προς τον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας) είναι αρχικά γεμάτο με πόσιμο νερό (πυκνότητα  $\rho=1$  tn/m<sup>3</sup>). Υπολογίστε το μετακεντρικό ύψος  $GM_{final}$  αν καταναλωθεί το 50 % του πόσιμου νερού στο διπύθμενο. Δίδονται:  $KM=10.3$  m, διόρθωση μετακεντρικού ύψους λόγω ελεύθερης επιφάνειας διπυθμένου  $GM_{FS} = 0.83$  m

ΣΚΕΠΤΙΚΟ

1. Η κατανάλωση ποσίμου είναι αφαίρεση βάρους από το πλοίο.
2. Άρα η θέση του κέντρου βάρους θα μεταβληθεί (θα ανυψωθεί μόνο, αφού το διπύθμενο είναι συμμετρικό ως προς τον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας).
3. Αφού αλλάζει (ανυψώνεται) η θέση του κέντρου βάρους, θα προκληθεί μεταβολή (μείωση) στο μετακεντρικό ύψος GM
4. Επειδή το διπύθμενο θα μείνει μισογεμάτο, δημιουργείται ελεύθερη επιφάνεια, η οποία μειώνει περαιτέρω το μετακεντρικό ύψος

Η κατανάλωση νερού ισοδυναμεί με αφαίρεση βάρους  $w = \frac{20 \times 25 \times 1}{2} \times 1 = 250$  Tns [(όγκος υγρού που αφαιρείται) x (ειδικό βάρος αφαιρούμενου υγρού) ]

Βάρος (Tns)	KG (m)	Εγκάρσια Ροπή $M_T$ (Tnm)
16200	8.7	140940
-250	0.75	-187.5
<b>15950</b>		<b>140752.5</b>

Άρα η καινούρια θέση του κέντρου βάρους  $KG'$  λόγω της αφαίρεσης βάρους είναι

$$KG' = \frac{140752.5}{15950} = 8.82 \text{ m}$$

Το μετακεντρικό ύψος μεταβλήθηκε λόγω της αφαίρεσης βάρους και έγινε

$$GM' = KM - KG' = 10.3 - 8.82 = 1.48 \text{ m}$$

Επειδή η αφαίρεση της ποσότητας νερού από το διπύθμενο προκάλεσε την εμφάνιση ελεύθερης επιφάνειας, το μετακεντρικό ύψος θα μεταβληθεί περαιτέρω κατά την ποσότητα  $GM_{FS}$ , η οποία δίδεται στην εκφώνηση. Άρα το τελικό μετακεντρικό ύψος  $GM_{final}$  θα δίδεται από τη σχέση

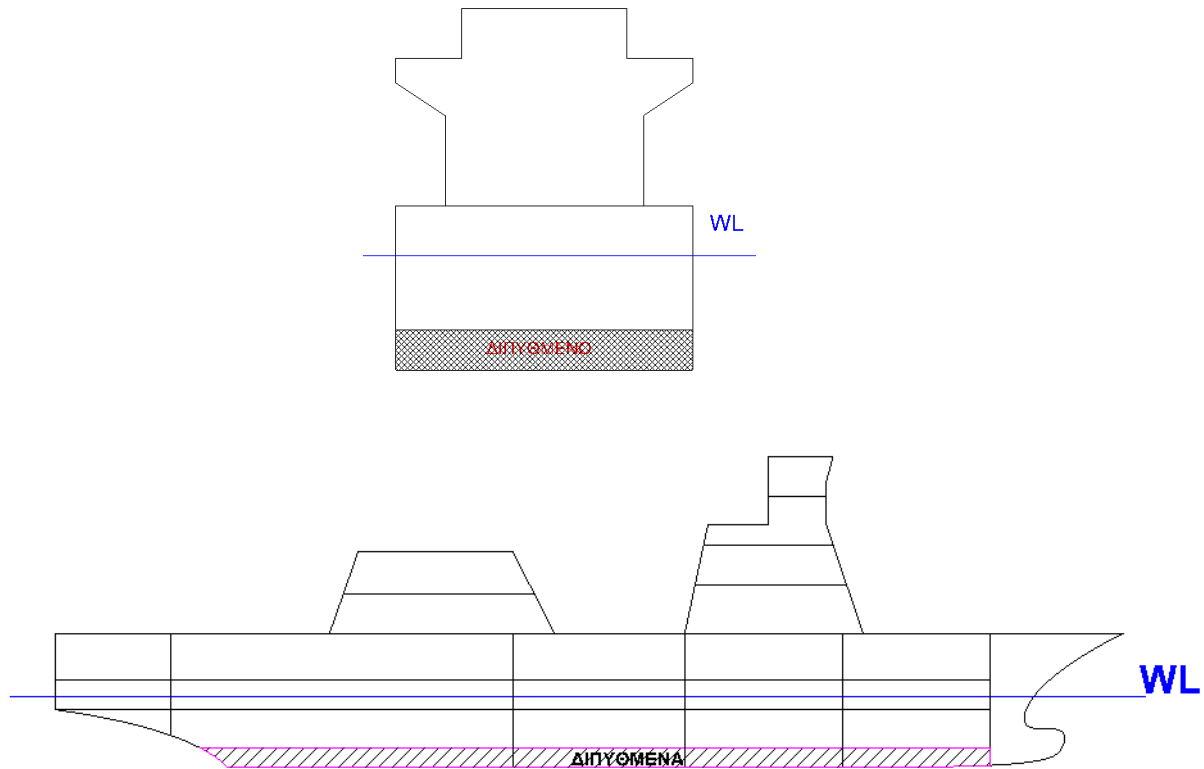
$$GM_{final} = GM' - GM_{FS}$$

Με αντικατάσταση στον τύπο βρίσκουμε ότι

$$GM_{final} = 0.65 \text{ m}$$

ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟ ΣΧΗΜΑ:

Το διπύθμενο (double bottom) είναι ο έγκλειστος χώρος μεταξύ του μεταλλικού περιβλήματος του σκάφους και του κατώτερου καταστρώματος. Συνήθως χρησιμοποιείται σαν δεξαμενές θαλασσινού νερού για ερματισμό (ballast tank), καυσίμου, λαδιού ή σαν κενός χώρος (void). Γενικά, δεν έχει σχήμα ορθογωνικού πρίσματος. Για λόγους απλούστευσης της άσκησης, το θεωρήσαμε σαν τέτοιο.



2. Πλοίο με εκτόπισμα  $\Delta=5000$  Tns έχει  $KG=4,5$  m και  $KM=5,3$ m. Το παρακάτω φορτίο προστίθεται στο πλοίο:

2000 Tns με  $KG=3,7$ m και

1000 Tns με  $KG=7,5$  m.

Υπολογίστε πόσο φορτίο μπορεί να προστεθεί σε θέση με  $KG=9$  m προκειμένου το μετακεντρικό ύψος  $GM$  να μην γίνει μικρότερο από 0,3 m.

ΛΥΣΗ

Έστω ότι το τελικό  $GM=0,3$ m και  $x$  το μέγιστο βάρος που προστίθεται.

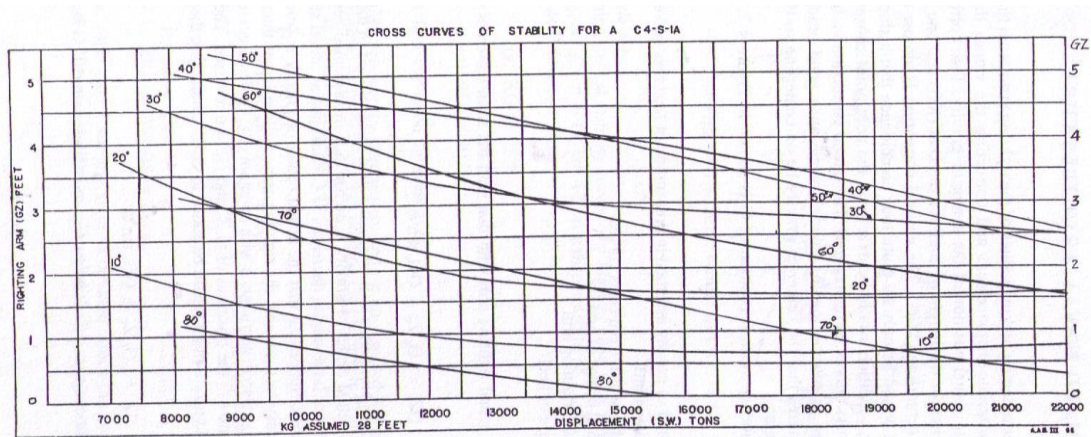
$$KG_{final} = KM - GM = 5,3 - 0,3 = 5 \text{ m}$$

$$\Delta \times KG_{final} = M_T \quad (1)$$

	Βάρος (Tns)	KG (m)	$M_T$ (Tnm)	

	5000	4,5	22500	
	2000	3,7	7400	
	1000	7,5	7500	
	x	9	9x	
$\Delta$	8000+x		37400+9x	

3. Σχεδιάστε τις καμπύλες στατικής ευστάθειας για ένα πλοίο κλάσης *Mariner* για εκτόπιση 12000 tons, για το οποίο δίνονται οι ακόλουθες βασικές καμπύλες ευστάθειας. Στο πλοίο πρόκειται να εκτελεστεί ανακατανομή βαρών και υπολογίζεται ότι το νέο κέντρο βάρους θα απέχει από την τρόπιδα 30 ft, χωρίς μεταβολή βυθισμάτων. Σχεδιάστε την καμπύλη στατικής ευστάθειας μετά την εκτέλεση της μετασκευής. Συγκρίνεται το εύρος στατικής ευστάθειας και τον μέγιστο μοχλοβραχίονα επαναφοράς για τις δύο ανωτέρω περιπτώσεις. (Προσοχή, οι βασικές καμπύλες ευστάθειας είναι σχεδιασμένες για KG 28 ft, όπως φαίνεται στο υπόμνημα)

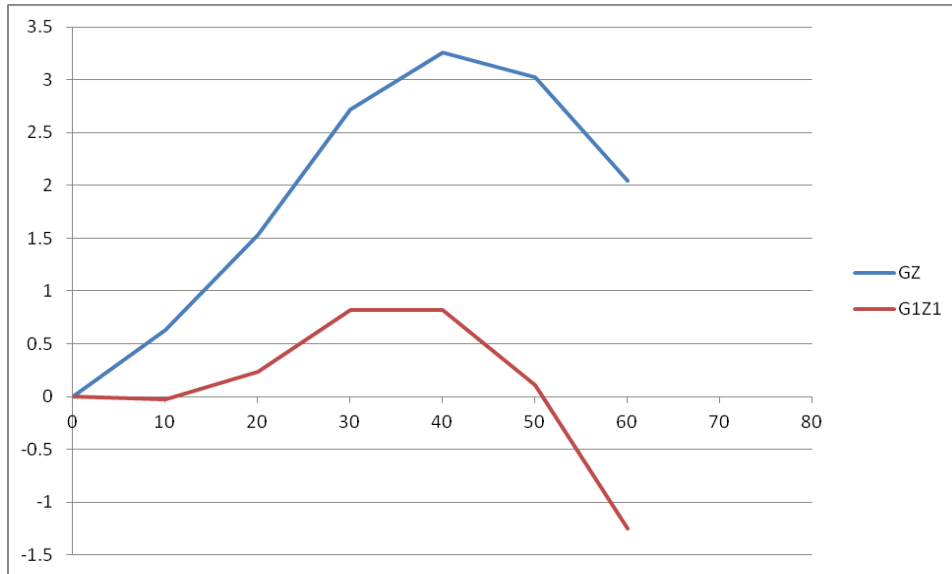


Για εκτόπιση 12000 tons η καμπύλη στατικής ευστάθειας προκύπτει κατά τα γνωστά. Για τον υπολογισμό του μοχλοβραχίονα στην περίπτωση του KG 30 ft, εκτελούμε διόρθωση καμπύλης για κατακόρυφη μετατόπιση βάρους (διόρθωση ημιτόνου) με

$$G_1Z_1 = GZ - (G_1G) \sin \theta = GZ - (30 - 28) \sin \theta$$

$$G_1Z_1 = GZ - 2 * \sin \theta$$

Μοίρες	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ	0	0,95	2,00	3,38	4,42	4,62	3,60	2,27	0,50
G1Z1	0	0,6	1,3	2,4	3,1	3,1	1,9	0,4	-1,5



4. Πλοίο με εκτόπισμα  $\Delta=10,000$  tonnes έχει  $KG = 8.5m$  και  $GM=0.5m$ . Το πλοίο έχει 30 κλίση και έχει να φορτώσει  $w=500$  tonnes φορτίο στο κατάστρωμα, σε θέση με  $Kg=12.0m$ . Υπολογίστε σε ποια εγκάρσια απόσταση από τον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας πρέπει να τοποθετηθεί το φορτίο ώστε τελικά το πλοίο να έχει μηδενική κλίση;

ΛΥΣΗ

Η προσθήκη του βάρους σε θέση μακριά από τον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας του πλοίου θα γίνει κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναιρεθεί η ήδη υφιστάμενη κλίση των 30 στο πλοίο. Δηλαδή, το βάρος που προστίθεται θα προκαλέσει κλίση 30 προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι, το πλοίο θα ισοροπήσει σε νέα θέση με μηδενική κλίση, υπό γωνία  $\theta$ . Όμως η προσθήκη του βάρους προκαλεί και μετακίνηση του κέντρου βάρους, το οποίο από τη θέση  $G$  μετατοπίζεται στη θέση  $G'$ . Λόγω της ισοροπίας, η ροπή που προκάλεσε την κλίση θα ισούται με τη ροπή επαναφοράς του πλοίου, δηλαδή

$$w \times d = \Delta \times GM \tan^2 \theta \Rightarrow d = (\Delta \times GM \tan^2 \theta) / w$$

$$\text{Με αντικατάσταση στον τύπο } d = (10000 \times 0.5 \tan^2 3) / 500 \Rightarrow$$

$$d = 0.52 \text{ m από την αντίθετη πλευρά}$$

5. Ποιες από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστές;

- A.  $GM = KB + BM + KG$
- B.  $GM = KB + BM - KG$
- C.  $GM = KM - KG$
- D.  $GM = KM + KG$

6. Δίνονται οι παρακάτω βασικές καμπύλες ευσταθείας (cross curves of stability) για την τουρκική Φ/Γ F490 GAZIANTEP. Κατασκευάστε το διάγραμμα του μοχλοβραχίονα στατικής ευστάθειας (GZ-φ) για εκτόπισμα  $\Delta=3500$  Tns. Εν συνεχεία δείξτε πώς μπορεί να υπολογισθεί το μετακεντρικό ύψος .

