

12 ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ

12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ερώτημα γιατί αντικείμενα βαρύτερα από το νερό μπορούν να επιπλέουν σ' αυτό έχει ήδη απαντηθεί από αρχαιοτάτων χρόνων. Από τότε έχουν επίσης απαντηθεί και όλα τα σχετικά με τους υπολογισμούς της φόρτωσης ερωτήματα που απασχολούν τους πλοιάρχους των πλοίων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε γιατί επιπλέουν τα πλοία, τι συμβαίνει κατά τη φόρτωση του πλοίου και ποιά είναι τα βάρη που μπορεί να τοποθετηθούν σε αυτό. Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ουσιαστικά το πλοίο μοιάζει από πλευράς ανοχής με μία δοκό ή ένα χάρακα, που αν φορτωθεί υπερβολικά στην μέση ή στα άκρα θα κυρτωθεί ανάλογα με κίνδυνο να σπάσει.

Όροι που πρέπει να μάθετε

- εκτόπισμα άφορτο, έμφορτο
- άντωση, μόνιμο βάρος
- πρόσθετο ή νεκρό βάρος
- αναγκαία ταξιδιού, ωφέλιμο φορτίο
- dead weight scale
- βύθισμα
- καμπύλωση (Sagging)
- κύρτωση (Hogging)
- πυκνόμετρο
- ανοχή γλυκού νερού

Καθώς θα διαβάζετε και θα μελετάτε το κεφάλαιο αυτό, θα βρείτε απαντήσεις σε ερωτήσεις όπως:

- Τι συμβαίνει όταν ένα πλοίο πέφτει στο νερό;
- Πώς υπολογίζουμε το ωφέλιμο φορτίο σε ένα πλοίο;
- Τι μέγεθος είναι το βύθισμα;
- Πώς υπολογίζουμε την αλλαγή βυθίσματος με την φορτοεκφόρτωση βαρών;
- Τι πρόβλημα δημιουργεί στο πλοίο το sagging ή το hogging;
- Πώς μετράμε την πυκνότητα του νερού;

12.2 ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ

Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, είναι γνωστό ότι:

- α) κάθε σώμα εμβαπτιζόμενο μέσα στο νερό χάνει από το βάρος του τόσο, όσο και το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού.
- β) κάθε σώμα εμβαπτιζόμενο μέσα στο νερό υφίσταται μια άντωση από κάτω προς τα επάνω, που είναι ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζει αυτό το σώμα.

Η πρώτη από τις δύο διατυπώσεις μας δείχνει ότι το βάρος του πλοίου (σώμα που εμβαπτίζεται) ισούται με το βάρος του εκτοπιζόμενου (από το πλοίο) νερού. Άρα, λοιπόν, το **εκτόπισμα** του πλοίου (displacement) ισούται με το συνολικό βάρος του πλοίου.

(1) ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ = ΒΑΡΟΣ ΠΛΟΙΟΥ (DISPLACEMENT = WEIGHT)

Η δεύτερη διατύπωση μας δείχνει ότι η δύναμη που υφίσταται το πλοίο από κάτω προς τα πάνω, δηλαδή η **άντωση** (buoyancy) είναι ίση με το βάρος του πλοίου. Δηλαδή:

(2) ΑΝΤΩΣΗ = ΒΑΡΟΣ (BUOYANCY = WEIGHT)

Αν, λοιπόν, συνδυαστούν οι σχέσεις (1) και (2) προκύπτει η σχέση (3).

(3) ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ=ΑΝΤΩΣΗ=ΒΑΡΟΣ ΠΛΟΙΟΥ

Τα μεγέθη εκτόπισμα (displacement) και βάρος (weight) εκφράζονται σε τόννους, είτε μετρικούς (metric tonnes = 1.000 kgr), όταν οι διαστάσεις του πλοίου δίνονται σε μέτρα, είτε σε αγγλικούς τόνους (long tons=1.016 kgr), όταν οι διαστάσεις δίνονται σε πόδια (feet).

Το εκτόπισμα διακρίνεται σε **έμφορτο** και **άφορτο**, ανάλογα με την κατάσταση φόρτου του πλοίου. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με την κατάσταση φόρτου, το πλοίο έχει και ανάλογο βύθισμα, ώστε όταν είναι έμφορτο να παρουσιάζει μεγαλύτερο βύθισμα (περισσότερο βυθισμένο στο νερό) και, όταν είναι άφορτο, μικρότερο βύθισμα (λιγότερο βυθισμένο μέ-

σα στο νερό). Αυτό έχει ως συνέπεια, το πλοίο στην έμφορτη κατάσταση να εκτοπίζει περισσότερο νερό από ό,τι στην άφορτη κατάσταση. Άρα, το εκτόπισμα ενός πλοίου μεταβάλλεται ανάλογα με το βύθισμά του κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ισχύει πάντοτε η σχέση (3) δηλ. εκτόπισμα = άντωση = βάρος πλοίου (displacement = weight = buoyancy).

Εφ' όσον, λοιπόν, το βύθισμα μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του πλοίου, από ένα μέγιστο βύθισμα στην έμφορτη κατάσταση μέχρι ένα ελάχιστο στην άφορτη κατάσταση, συνεπάγεται ότι και το εκτόπισμα θα μεταβάλλεται μεταξύ μιας μέγιστης τιμής, που αντιπροσωπεύει το έμφορτο εκτόπισμα (loaded displacement) και μιας ελάχιστης τιμής, που αντιπροσωπεύει το άφορτο εκτόπισμα (light displacement).

Εκτόπισμα, όμως, είναι το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού, άρα σύμφωνα με τη σχέση (1), εκτόπισμα είναι το βάρος του πλοίου, δηλαδή το βάρος κατασκευής του πλοίου, καθώς και τα επιρόσθητα πάνω σε αυτή βάρη. Ουσιαστικοί λόγοι, λοιπόν, κυρίως οικονομικής εκμετάλλευσης του πλοίου, επιβάλλουν το διαχωρισμό του συνολικού βάρους του σκάφους (total weight) σε βάρη δύο κατηγοριών:

1. μόνιμο ή ίδιον βάρος πλοίου (light weight ή light ship ή light vessel).
2. πρόσθετο ή νεκρόν βάρος πλοίου (dead weight).

Μόνιμο βάρος πλοίου (light ship)

Αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους βάρη:

- α) **βάρος κατασκευής σκάφους** (σκελετός, καταστρώματα, χωρίσματα, μπουλμέδες, κλπ).
- β) **βάρος εξαρτισμού** (άγκυρες, αλυσίδες αγκύρων, εργάτες αγκύρας, μέσα φορτοεκφόρτωσης, κλπ).
- γ) **βάρος επιπλώσεως χώρων επιβατών και πληρώματος, βάρος μόνιμου στερεού ερματος** κλπ.

Τα βάρη αυτά, κατά τη ναυπήγηση του πλοίου, ζυγίζονται πριν την τοποθέτησή τους στο πλοίο και υπολογίζονται επακριβώς από το ναυπηγό που σχεδιάζει το σκάφος, ώστε να είναι γνωστό εκ των προτέρων το συνολικό μόνιμο βάρος του πλοίου.

Τα παραπάνω βάρη θεωρείται ότι συμβάλλουν στην

ετοιμότητα του σκάφους και στην εκπλήρωση του προορισμού του. Είναι κατά κάποιο τρόπο στερεά και μόνιμα συνδεδεμένα με το σκάφος και αποτελούν το *αξιόμαχο τμήμα* του πλοίου, δηλαδή το τμήμα που "μάχεται" για να κινηθεί το πλοίο και να φέρει σε πέρας την αποστολή του.

Το **μόνιμο βάρος** (light ship) αντιστοιχεί στην άφορτη κατάσταση του πλοίου, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ} = \text{ΜΟΝΙΜΟ ΒΑΡΟΣ} \\ (\text{LIGHT DISPLACEMENT} = \text{LIGHT SHIP})$$

Πρόσθετο ή νεκρό βάρος πλοίου (dead weight)

Αυτό αποτελείται από το σύνολο των επιμέρους μεταβλητών βαρών που μπορεί να φορτώσει ένα τελείως κενό πλοίο. Ο όρος **νεκρό βάρος** είναι πιστή μετάφραση του αγγλικού όρου dead weight και εννοεί τα βάρη τα οποία δεν συμβάλλουν στο αξιόμαχο του πλοίου (όπως προηγουμένως αναφέραμε για το μόνιμο βάρος), αλλά αποτελούν "άχρηστο και περιττό" βάρος, που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναγκαίο στοιχείο της λειτουργίας του σκάφους. Όπως θα δούμε και παρακάτω, αυτά τα επιμέρους βάρη είναι ουσιαστικά εκείνα στα οποία θα στηριχθεί σχεδόν αποκλειστικά η οικονομική εκμετάλλευση του πλοίου.

Είναι βάρη μεταβλητά, σε αντίθεση με το μόνιμο βάρος, και μεταβάλλονται ανά πάσα στιγμή, ανάλογα με τη χρήση του πλοίου.

Αυτά τα επιμέρους βάρη είναι:

1. **βάρος καυσίμων** (bunkers) και **λιπαντικών**
2. **βάρος υλικών συντήρησης** (paints, spares, κλπ)
3. **βάρος ωφέλιμου φορτίου**, που για τα φορτηγά πλοία είναι το βάρος κάθε φορτίου που φορτώνεται για να μεταφερθεί, για δε τα επιβατηγά το βάρος των επιβατών και των οχημάτων που θα φορτωθούν
4. **βάρος πόσιμο νερού**

Αν, λοιπόν, στο άφορτο εκτόπισμα του πλοίου προσθέσουμε το νεκρό βάρος, θα έχουμε το έμφορτο ε-

κτόπισμα, δηλαδή το έμφορτο (συνολικό) βάρος του πλοίου σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ} = \text{ΜΟΝΙΜΟ ΒΑΡΟΣ} + \text{ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ} =$$

$$\text{ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ}$$

$$(\text{TOTAL WEIGHT} = \text{LIGHT SHIP} + \text{DEAD WEIGHT} =$$

$$\text{LOADED DISPLACEMENT})$$

Άρα:

$$\text{ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ} =$$

$$\text{ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ} + \text{ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ} \text{ ή}$$

$$(\text{LOADED DISPLACEMENT} =$$

$$\text{LIGHT DISPLACEMENT} + \text{DEAD WEIGHT})$$

$$\text{ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ} =$$

$$\text{ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ} - \text{ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ}$$

$$(\text{DEAD WEIGHT} =$$

$$\text{LOADED DISPLACEMENT} - \text{LIGHT DISPLACEMENT})$$

Το **νεκρό βάρος DW** είναι, συμπερασματικά, το βάρος που απαιτείται για να βυθιστεί το πλοίο από την άφορτη ίσαλο στην έμφορτη ίσαλο. Το εκτόπισμα είναι βασικό στοιχείο του πλοίου και περιλαμβάνεται **στην κλίμακα νεκρού βάρους και εκτοπίσματος** του πλοίου, όπου για κάθε βύθισμα του πλοίου έχουμε τόσο το συνολικό εκτόπισμα όσο και το νεκρό βάρος του. (**deadweight scale**) (βλ. ως παράδειγμα τον πίνακα 12.1)

Για κοινού τύπου φορτηγά πλοία, μπορεί να θεωρηθεί κατά προσέγγιση ότι το DW είναι τα 2/3 του εκτοπίσματος.

Ωφέλιμο φορτίο (cargo)

Το νεκρό βάρος του πλοίου έχει μεγάλη σημασία για τα φορτηγά, κυρίως, πλοία, επειδή περιέχει τα περιθώρια εκμετάλλευσης του πλοίου, εφ' όσον με βάση το DW μπορούμε να βρούμε τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου σε τόνους φορτίου, για το συγκεκριμένο ταξίδι, πράγμα που ενδιαφέρει άμεσα τον πλοιοκτήτη.

Άλλωστε, είναι γνωστό ότι αγορές, πωλήσεις, κατα-

σκευές και ναυλώσεις αναφέρονται βασικά σε τόνους DW.

Όμως, δεν είναι δυνατό όλο το DW να διατεθεί για το μεταφερόμενο φορτίο, γιατί πρέπει οπωσδήποτε να περιλαμβάνει και τα αναγκαία εφόδια για την εκτέλεση του συγκεκριμένου ταξιδιού.

Είναι, λοιπόν, φανερό ότι το διαθέσιμο για την μεταφορά φορτίου βάρος (το ωφέλιμο φορτίο) θα είναι πάντοτε μικρότερο του dead weight, κατά το ποσό των αναγκαίων υλικών και εφοδίων για την εκτέλεση του ταξιδιού, κατά τη σχέση:

ΩΦΕΛΙΜΟ ΦΟΡΤΙΟ = ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ - ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ
(CARGO = DEAD WEIGHT - NECESSITIES)

Αναγκαία εφόδια ταξιδιού

Είναι τα παρακάτω:

1. Καύσιμα (bunkers) και λιπαντικά (lubricants).

Η κατανάλωση καυσίμων στα εμπορικά πλοία υπολογίζεται ανά 24ωρο. Για το λόγο αυτό, έγκαιρα, πριν τον απόπλου, πρέπει να είναι γνωστό το αμέσως επόμενο λιμάνι ανεφοδιασμού.

Έτσι, μετρώνται, σε ναυτικά μίλια, οι αποστάσεις μεταξύ λιμένος απόπλου και λιμένος ανεφοδιασμού ή κατάπλου του σκάφους και διαιρούνται με την ωριαία ταχύτητα του πλοίου. Η διαίρεση της απόστασης με την ωριαία ταχύτητα μας δίνει τις ώρες ταξιδιού. Αν οι ώρες διαιρεθούν με το 24, μας δίνουν τις ημέρες ταξιδιού. Άρα, μπορούμε, για συγκεκριμένες ημέρες ταξιδιού και γνωρίζοντας την ημερήσια κατανάλωση του πλοίου σε καύσιμα, να υπολογίσουμε την ολική ποσότητα καυσίμων για το συγκεκριμένο ταξίδι. Μπορούμε, επίσης, να πολλαπλασιάσουμε την ωριαία ταχύτητα επί 24 ώρες για να δούμε πόσα μίλια καλύπτει το σκάφος ημερησίως. Τότε, διαιρούμε τα μίλια της απόστασης μεταξύ των δύο λιμένων με την ημερήσια διανυόμενη απόσταση και, έτσι, βρίσκουμε κατευθείαν τις ημέρες ταξιδιού.

Παράδειγμα

1. Ημερήσια κατανάλωση
(daily consumption) = 25 t

2. Μέση ωριαία ταχύτητα (speed) = 15 knots

3. Ημερήσια διανυθείσα απόσταση (miles per day) = $(15 \times 24) = 360 \text{ miles}$

4. Απόσταση A-B σε μίλια (distance) = 3.600 miles

5. Μέρες ταξιδιού (days of voyage) = $(3.600:360) = 10 \text{ days}$

6. Απαραίτητα καύσιμα (bunkers) = $(10 \times 25) = 250 \text{ t}$

Κατά τον ίδιο τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε και το νερό που θα καταναλωθεί για τις ανάγκες του πλοίου αλλά και του πληρώματος κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Όπως, όμως, είναι γνωστό, οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν άμεσα και σημαντικά τη διάρκεια του ταξιδιού. Αν, λοιπόν, δεν έχουμε εφοδιαστεί με επιπλέον καύσιμα, είναι πολύ πιθανό, εφ' όσον επιμηκυνθεί η διάρκεια του ταξιδιού, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών, να κινδυνεύσουμε να μείνουμε χωρίς καύσιμα, με δυσάρεστες συνέπειες για την ασφάλεια του πλοίου. Έτσι, είναι απαραίτητο να εφοδιαστούμε και με μια επιπλέον ποσότητα καυσίμων που ανέρχεται σε ορισμένο ποσοστό της προβλεπόμενης κατανάλωσης. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται, κυρίως, από την περιοχή του πλου και τις επικρατούσες σε αυτή καιρικές συνθήκες.

Στην πράξη τα ποσοστά ασφαλείας (safety margins) ανέρχονται στον Ατλαντικό περίπου στο 20% και στην Αφρική, Άπω Ανατολή στο 15%. Για μικρές αποστάσεις, το ποσοστό ασφαλείας δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 10%.

2. Σταθερά βάρη του πλοίου (constants)

Σε αυτά τα βάρη περιλαμβάνεται το βάρος των μετακινουμένων αλλά μονίμως πάνω στο πλοίο ευρισκομένων υλικών, όπως: χρώματα, στουπιά και κουρέλια, σχοινιά, αμοιβά υλικά καταστρώματος και μηχανής, εργαλεία και όργανα εκτέλεσης διάφορων εργασιών, βιβλία, χάρτες, είδη ενδιαίτησης, κλπ). Τα βάρη αυτά θεωρούνται σταθερά και περιλαμβάνονται στη μελέτη ευσταθείας του πλοίου.

Το μέγεθος των σταθερών βαρών αλλάζει μόνο αν το πλοίο υποστεί μετασκευή, οπότε αλλάζουν και όλα τα χαρακτηριστικά του.

3. Αναλώσιμα, τρόφιμα και νερό που υπολογίζονται

σε περίπου 3kg τρόφιμα ημερησίως και 6kg νερό, για κάθε μέλος του πληρώματος.

Είναι, λοιπόν, φανερό ότι ο λεπτομερής υπολογισμός του ωφέλιμου φορτίου διαφέρει από ταξίδι σε ταξίδι, λόγω των μεταβλητών στοιχείων πράγμα που απαιτεί μεγάλη προσοχή από τον αρμόδιο αξιωματικό φόρτωσης.

Άσκηση λεπτομερούς υπολογισμού ωφέλιμου φορτίου

Ένα πλοίο έχει, σε πλήρη φόρτο, DW=10.000t και πρόκειται να αναλάβει ταξίδι απόστασης (distance) 4.500miles με ταχύτητα (speed) 15knots. Ημερήσια κατανάλωση καυσίμων (daily bunkers consumption) 25t, ημερήσια κατανάλωση νερού (daily fresh water consumption) 8t, σταθερά (constants) 80t, ποσοστό ασφαλείας (safety margin) 15%.

Να υπολογιστεί το ωφέλιμο φορτίο που μπορεί να φορτώσει.

Λύση:

Distance running daily = 15 x 24 = 360 miles D.R.D.

Days of voyage = 4.500 : 360 = 12,5 days o.v.

D.C. ⇒ Bunkers	= 25x12,5=
	312,5x15% = 359,37t
	F.W.= 8x12,5 = 100t
Constants	= 80t
TOTAL	= 539,37t

Cargo= DW-TOTAL (ΑΝΑΓΚΑΙΑ) =
10.000 - 539,37 = 9.460,63t

Σημείωση 1:

Το DW μπορούμε να το βρούμε στην Dead weight scale που έχει κάθε πλοίο, εισερχόμενοι σε αυτήν με το μέσο βύθισμα (DM), όπως θα δούμε παρακάτω.

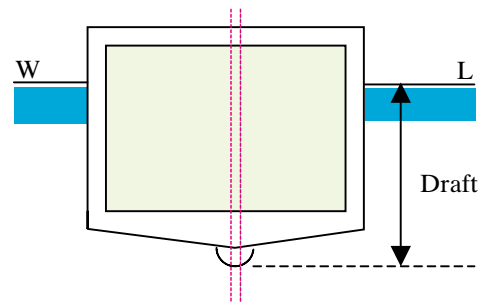
Σημείωση 2:

Αν το πλοίο έχει μηχανή αφαλάτωσης (Vaporeta), τότε και εφ' όσον χρησιμοποιείται, θα πρέπει να α-

φαιρεθεί η δυνατότητα παραγωγής του από την ημερήσια κατανάλωση πόσιμου νερού του πλοίου.

12.3 ΒΥΘΙΣΜΑ ΠΛΟΙΟΥ

Βύθισμα πλοίου (Draft ή Draught), ονομάζεται η κάθετη απόσταση μεταξύ του εξωτερικού μέρους της τρόπιδας (Keel) και της ισάλου γραμμής (water line) του πλοίου.



Σχ. 12.1 Βύθισμα.

Το μετράμε σε πόδια (feet) ή μέτρα (m) από την τρόπιδα και προς την ίσαλο και αναγράφεται και στις δύο πλευρές του πλοίου με αραβικούς ή λατινικούς αριθμούς.

Γι' αυτό, αν το πλοίο έχει ελαφρά κλίση προς μια πλευρά, ως βύθισμα θα πρέπει να λαμβάνεται ο μέσος όρος των ενδείξεων και των δύο πλευρών. Στο Σχ. 12.2 φαίνεται συνήθης αναγραφή κλίμακας βυθίσματος σε πόδια, στην οποία το ύψος του αριθμού είναι 6 ίντσες και το κενό, από την κορυφή του αριθμού μέχρι την βάση του επόμενου, άλλες 6 ίντσες. Έχουμε δηλ. σύνολο 1ft από την βάση ενός αριθμού μέχρι την βάση του αμέσως επόμενου αριθμού.

12"	6"	DRAFT=23'06"	ίσαλος
6"	23	DRAFT=23'00"	ίσαλος
12"	6"	DRAFT=22'06"	ίσαλος
6"	22	DRAFT=22'00"	ίσαλος
12"	6"	DRAFT=21'06"	ίσαλος
6"	21	DRAFT=21'00"	ίσαλος

Σχ. 12.2 Χάραξη βυθισμάτων

Το βύθισμα, ανάλογα με το σημείο του πλοίου στο οποίο είναι χαραγμένο, παίρνει τις παρακάτω ονομασίες:

α) **προωαίο βύθισμα** (ΠΡΒ, Draft Fore, DF). Είναι χαραγμένο στην πλώρη (στείρα) κατά τρόπο μόνιμο και ανεξίτηλο.

β) **πρυμναίο βύθισμα** (ΠΜΒ, Draft Aft, DA). Είναι χαραγμένο στην πρύμνη του πλοίου (ποδόστρωμα).

γ) **βύθισμα μέσης** (BM \otimes , Draft Middle, D \otimes). Είναι χαραγμένο στη μέση του μήκους του πλοίου (σύμφωνα με την Δ.Σ. Γ.Φ./66). Το βύθισμα μέσης (D \otimes) χρησιμοποιείται για έλεγχο πιθανής κάμψης του πλοίου στην τρόπιδα και για τον έλεγχο της ποσότητας του φορτίου που παραλαμβάνει το πλοίο σε συνδυασμό με το μέσο βύθισμα.

δ) **μέσο βύθισμα** (MB, Draft Mean, DM), που είναι το βύθισμα που προκύπτει από το ημίθροισμα των βυθισμάτων DF και DA, σύμφωνα με τη σχέση:

$$DM = \frac{DF+DA}{2}$$

$$(\text{Μέσο βύθισμα} = \frac{\text{προωαίο βύθισμα} + \text{πρυμναίο βύθισμα}}{2})$$

Το μέσο βύθισμα είναι το κλειδί με το οποίο εισερχόμαστε στην κλίμακα φορτώσεων (dead weight scale) του πλοίου, από όπου μπορούμε να βρούμε και άλλα στοιχεία, όπως το εκτόπισμα, το ωφέλιμο φορτίο, το TPC ή το TPI κλπ. (βλ. πίνακες DWS).

Το πλοίο, του οποίου τα DF, D \otimes και DA έχουν την ίδια τιμή, ονομάζεται **ισοβύθιστο (even keel)**. Το πλοίο, του οποίου το DF είναι μεγαλύτερο του DA, ονομάζεται **έμπρωρο (By head)** και το πλοίο, του οποίου το DA είναι μεγαλύτερο του DF, ονομάζεται **έμπρυστο (By stern)**. Αυτή η κατάσταση του πλοίου, δηλαδή το αν είναι ισοβύθιστο, έμπρυστο ή έμπρωρο, ονομάζεται **διαγωγή (trimming)** και ανάλογα διακρίνεται σε **μηδενική, προωαία και πρυμναία**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΥΡΕΣΗΣ DM

α) Ένα πλοίο έχει DF=37'00" και DA=39'00". Ζητείται το DM.

ΛΥΣΗ:

ΤΥΠΟΣ:

$$DM = \frac{DF+DA}{2} = \frac{37'00'' + 39'00''}{2} = 38'00''$$

β) Ένα πλοίο έχει DF=9,8m και DA=10,8m. Ζητείται το DM.

ΛΥΣΗ:

ΤΥΠΟΣ:

$$DM = \frac{DF + DA}{2} = \frac{9,8 + 10,8}{2} = 10,3 \text{ m}$$

12.4 ΤΟΝΟΙ ΑΝΑ ΕΚΑΤΟΣΤΟ ΚΑΙ ΙΝΤΣΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ TPC - TPI

Τόνος ανά εκατοστό βυθίσματος (Tons per Centimeter, TPC) είναι ο αριθμός που μας δείχνει πόσοι τόνοι απαιτούνται να φορτοεκφορτωθούν, ώστε να μεταβληθεί το βύθισμα (draft) του πλοίου κατά 1 εκατοστό.

Τόνος ανά ίντσα βυθίσματος (Tons per Inch, TPI) είναι ο αριθμός που μας δείχνει πόσοι τόνοι απαιτούνται να φορτοεκφορτωθούν στο πλοίο, ώστε να μεταβληθεί το βύθισμα (draft) κατά 1 ίντσα.

Παραδείγματα χρησιμοποίησης TPC - TPI

α) Ένα πλοίο, κατά τη διάρκεια φόρτωσης, έχει βύθισμα 8,40m. Το επιτρεπόμενο μέγιστο βύθισμα είναι 9,00m και το TPC=50t. Πόσοι τόνοι φορτίου μπορεί να φορτωθούν μέχρι το μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα;

ΛΥΣΗ:

1) διαφορά draft = 9,00 - 8,40 = 0,60m = 60cm

2) υπόλοιπο φορτίο = 60cm x 50 = 300t

Άρα, θα φορτωθούν 300t μέχρι το Μ.Ε.Β

β) Αν η ημερήσια κατανάλωση ενός πλοίου είναι 25t και οι ημέρες ταξιδιού 14, το TPI=50 και το

draft απόπλου = 28'00", ποιο θα είναι το draft κατάπλου;

ΛΥΣΗ:

- 1) Κατανάλωση = 25 x 14 = 350tons
- 2) Μείωση draft = 350 : 50 = 7" (ίντσες)

Άρα, draft κατάπλου = 28'00" - 00'07" = 27'05"

Στην πράξη, αντιμετωπίζεται καθημερινά στο πλοίο η περίπτωση της φορτοεκφόρτωσης μικρών ποσοτήτων φορτίου. Αυτή η προσθαφαίρεση βαρών μεταβάλλει το συνολικό του βάρους, το εκτόπισμα και κατά συνέπεια και το βύθισμα του πλοίου.

Βέβαια, τις μεγάλες μεταβολές εκτοπίσματος, DW και DRAFT, μπορούμε να τις παρακολουθήσουμε εύκολα από το DWS, όταν είναι γνωστό ένα από τα παραπάνω στοιχεία.

Για μικροποσότητες, όμως, που προκαλούν αντίστοιχα μικρομεταβολές, δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το DWS.

Με άλλα λόγια, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πόσοι τόνοι χρειάζεται να φορτοεκφορτωθούν στο πλοίο για να μεταβληθεί το βύθισμά του κατά ένα εκατοστό, όταν οι διαστάσεις του πλοίου δίνονται σε μέτρα (TPC), ή κατά μία ίντσα (TPI), όταν δίνονται σε πόδια. Επειδή αυτό το στοιχείο χρησιμοποιείται ευρύτατα στην πράξη καθημερινά, περιλαμβάνεται και στη DWS, αλλά και στο υδροστατικό διάγραμμα του πλοίου.

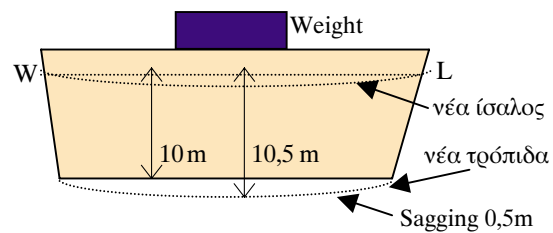
12.5 ΣΧΕΣΗ DM και D⊗, SAGGING - HOGGING.

Όπως ήδη αναφέραμε, το DM είναι λογιστικό μέγεθος και ισούται με το ημιάθροισμα προωαίου και πρυμναίου βυθίσματος, ενώ το Βύθισμα Μέσης (D⊗) είναι χαραγμένο στα πλευρά του πλοίου και στην μέση του μήκους του. Αν στο πλοίο έχει εκτελεσθεί η φόρτωση κατά τον καλύτερο τρόπο, τότε η τιμή του DM δεν θα πρέπει να διαφέρει από την ένδειξη του βυθίσματος στη μέση του πλοίου. Πρέπει δηλαδή DM=D⊗. Αν όμως, παρ' ελπίδα, διαπιστωθεί ότι οι τιμές των δύο αυτών μεγεθών διαφέρουν, τότε είναι σίγουρο ότι το πλοίο, λόγω κακής φόρτωσης κυρίως, έχει υποστεί μια κάμψη, που μπορεί

να είναι είτε sagging (καμπύλωση) είτε hogging (κύρτωση).

Η ένδειξη δηλ. του βυθίσματος μέσης D⊗ είναι εκείνη που, συγκρινόμενη με την τιμή του λογιστικά υπολογιζόμενου DM, θα μας δείξει αν το πλοίο μας έχει υποστεί sagging ή hogging.

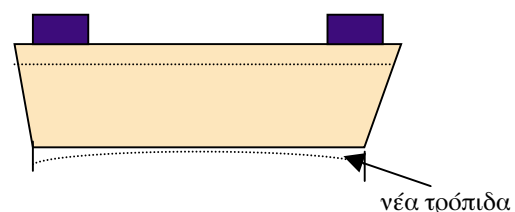
Καμπύλωση (Sagging)



Σχ. 12.3 Καμπύλωση (Sagging)

Είναι το φαινόμενο που παρατηρείται, συνήθως, κατά τη φόρτωση, όταν στο τμήμα της μέσης της τρόπιδας του πλοίου έχει φορτωθεί πολύ περισσότερο φορτίο, σε σχέση με τα άκρα του πλοίου (σχ.12.3). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τρόπιδα, και κατ' επέκταση ολόκληρη η κατασκευή στη μέση του πλοίου, να υποστεί μία καμπύλωση (κάθισμα), ώστε ο δίσκος ασφάλειας (plimsoll) και η κλίμακα Βυθίσματος Μέσης να βυθιστούν περισσότερο μέσα στο νερό. Τότε, παρατηρείται το φαινόμενο οι τιμές των DM και D⊗ να διαφέρουν, με την τιμή του D⊗ να είναι μεγαλύτερη.

Κύρτωση (Hogging)



Σχ. 12.4 Κύρτωση (Hogging)

Είναι το φαινόμενο που παρατηρείται, συνήθως, όταν, κατά τη φόρτωση τα άκρα της τρόπιδας έχουν φορτωθεί πολύ περισσότερο σε σχέση με την μέση του πλοίου.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τρόπιδα και η κατασκευή του πλοίου στην μέση να εμφανίσουν μια

κύρτωση (καμπούριασμα) με αποτέλεσμα να ανέρχεται ο δίσκος ασφαλείας και τα Βυθίσματα Μέσης. Τότε, οι τιμές του DM και D⊗ διαφέρουν, με την τιμή του D⊗ να είναι μικρότερη.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

α) SAGGING :

DF=18'00", DA=18'00" & D⊗=18'05". Να γίνει σύγκριση με το DM.

ΛΥΣΗ:

$$DM = \frac{DF+DA}{2} = \frac{18'00''+18'00''}{2} = 18'00''$$

D⊗ > DM κατά 5", άρα έχουμε sagging.

β) HOGGING :

DF = 10m, DA = 11m & D⊗ = 10,3m.

Να γίνει σύγκριση με DM.

ΛΥΣΗ:

$$DM = \frac{DF+DA}{2} = \frac{10+11}{2} = 10,5m$$

D⊗ < DM, άρα έχουμε hogging 2cm.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ :

D⊗ > DM = SAGGING

D⊗ < DM = HOGGING

Εύρεση πραγματικού DM σε περίπτωση SAG ή HOG.

Όπως ήδη αναφέραμε, για να εισέλθουμε στην dead weight scale, χρειαζόμαστε το λογιστικό μέγεθος DM, ευρισκόμενο από το γνωστό τύπο.

$$DM = \frac{DF+DA}{2}$$

Εφ' όσον, όμως, το πλοίο μας έχει υποστεί sag ή hog, τότε η τιμή του DM, που θα προκύψει, δεν θα είναι η πραγματική.

Πρέπει, λοιπόν, να γίνει διόρθωση του λογιστικού, γιατί αν εισέλθουμε στο DWS χωρίς διόρθωση, θα προκύψουν προβλήματα στον υπολογισμό του ωφέ-

λιμου φορτίου (cargo). Βέβαια, στα περισσότερα πλοία, που μεταφέρουν είτε στερεά είτε υγρά φορτία και έχουν ενεργήσει μεγάλο αριθμό φορτώσεων, είναι γνωστός ο τρόπος που θα πρέπει να γίνει η κατανομή του φορτίου, ώστε να μη προκληθεί SAG ή HOG.

Η διόρθωση SAG ή HOG βρίσκεται με τον εμπειρικό τύπο :

$$\text{διόρθωση } \delta = (DM - D\otimes) \times \frac{4}{5}$$

Αυτή η δ, όταν έχουμε sagging θα προστεθεί στο λογιστικό DM και όταν έχουμε hogging θα αφαιρεθεί.

Δηλαδή:

$$\text{πραγματικό DM} = DM_{(\text{λογ})} + \delta \text{ (SAG)}$$

$$\text{πραγματικό DM} = DM_{(\text{λογ})} - \delta \text{ (HOG)}$$

Επίσης, το ακριβές DM μας δίδεται και από τον τύπο:

$$\text{πραγματικό DM} = \frac{DF+DA+6D\otimes}{8}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ SAGGING

Μετά από φόρτωση, μετρήσαμε στα πλευρά του πλοίου τα παρακάτω βυθίσματα:

F=38'06", DA= 38'10" & D⊗= 39'01".

Ποιο το πραγματικό DM του πλοίου;

ΛΥΣΗ:

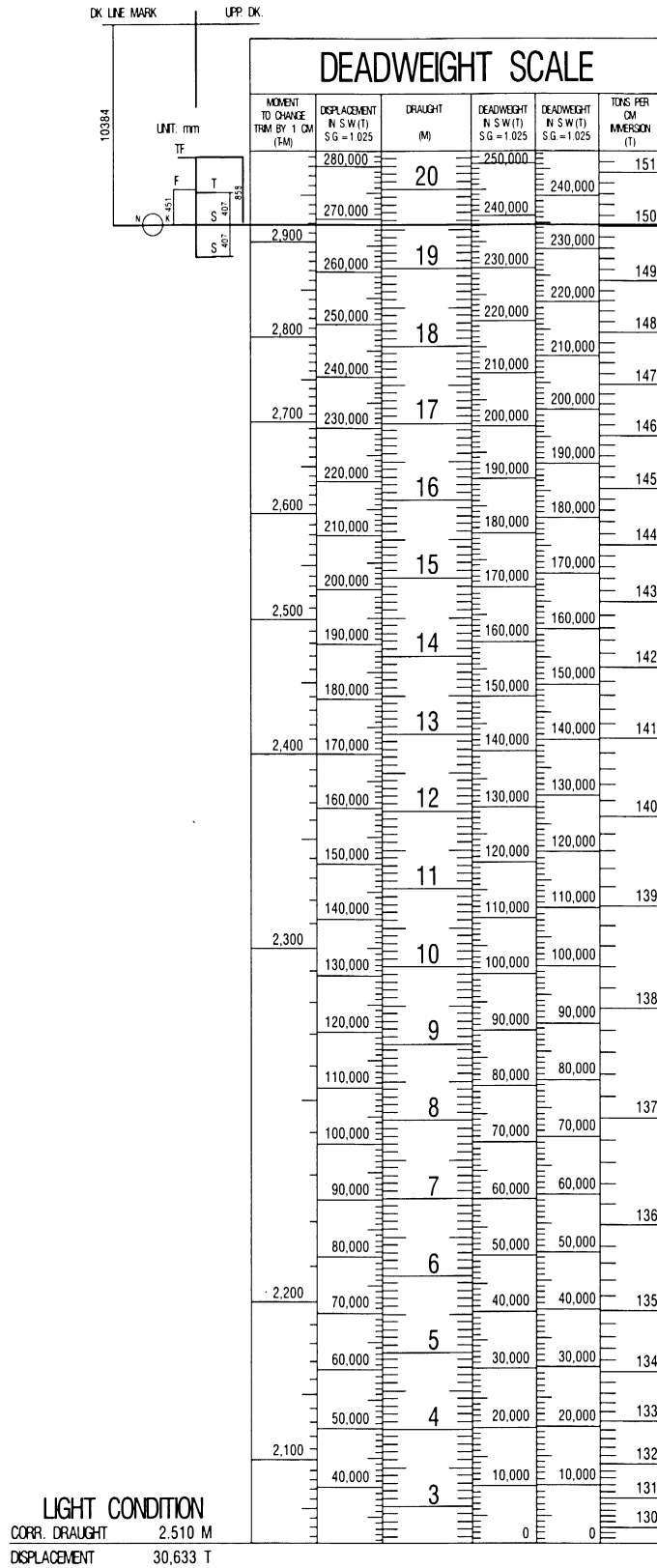
$$DM = \frac{DF+DA}{2} = \frac{38'06''+38'10''}{2} = 38'08''$$

D⊗ > DM άρα έχουμε SAGGING 5"

$$\begin{aligned} \delta &= (DM-D\otimes) \times \frac{4}{5} = (38'08'' - 39'01'') \times \frac{4}{5} = \\ &= 0'5'' \times \frac{4}{5} = \frac{20}{5} = 4'' \text{ άρα,} \end{aligned}$$

$$PrDM = DM + \delta = 38'08'' + 00'04'' = 38'12''$$

Με αυτό το διορθωμένο DM, θα εισέλθουμε στο DWS.



Πίνακας 12.1: Πίνακας εκτοπίσματος - νεκρού βάρους σε συνάρτηση με το βύθισμα.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ HOGGING

Μετά από φόρτωση πλοίου μετρήσαμε τα παρακάτω βυθίσματα:

$DM=38'06''$, $DA=38'10''$ & $D\otimes=38'03''$. Ποιο το πραγματικό DM;

ΛΥΣΗ:

$$DM = \frac{DF+DA}{2} = \frac{38'06''+38'10''}{2} = 38'08''$$

$D\otimes < DM$, άρα έχουμε HOGGING

$$\begin{aligned} \delta &= (DM-D\otimes) \times \frac{4}{5} = (38'08'' - 38'03'') \times \frac{4}{5} = \\ &= 0'5'' \times \frac{4}{5} = \frac{20}{5} = 4'' \text{άρα,} \end{aligned}$$

$$PrDM = DM_{(αγ)} - \delta = 38'08'' - 00'04'' = 38'04''$$

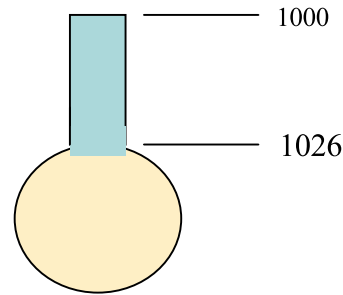
12.6 ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ, ΣΑΛΙΝΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

Όπως είναι γνωστό, το γλυκό νερό έχει πυκνότητα 1000 και το θαλασσινό 1026. Αυτή η διαφορά πυκνότητας προκαλεί, για το ίδιο εκτόπισμα, διαφορετικό βύθισμα, όταν το πλοίο πλέει από το γλυκό νερό (ποτάμια και λιμναία λιμάνια) σε θαλασσινό και αντίστροφα. Υπάρχει, όμως, και η περίπτωση το πλοίο να πλέει σε υφάλμυρο νερό (brackish water), συνήθως σε λιμάνια που βρίσκονται σε εκβολές ποταμών, του οποίου η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ του 1000 και 1026. Τις περισσότερες φορές, η πυκνότητα του λιμανιού φόρτωσης ή εκφόρτωσης μας δίνεται από βιβλία που περιέχουν κάθε είδους πληροφορίες για το λιμάνι (Pilot books).

Μπορούμε, όμως, και μόνοι μας, στο πλοίο να υπολογίσουμε, αν χρειασθεί, την πυκνότητα του νερού με ένα όργανο που ονομάζεται **πυκνόμετρο**, πιο γνωστό ως **σαλινόμετρο** (salinometer).

Το σαλινόμετρο είναι ένα όργανο που φέρει μία κλίμακα 26 υποδιαίρεσεων δηλαδή από το 1026 (χαμηλότερο σημείο) μέχρι 1000 (υψηλότερο σημείο).

Η κατώτερη υποδιαίρεση 1026 αντιστοιχεί στο θαλασσινό νερό και η ανώτερη στο γλυκό (σχ. 12.5).



Σχ. 12.5 Σαλινόμετρο

Χρήση σαλινόμετρου

Για να βρούμε την πυκνότητα του νερού χρησιμοποιούμε το σαλινόμετρο ως εξής:

1. παίρνουμε από τη θάλασσα ποσότητα νερού μέσα σε ένα κάδο (μπουγιέλο). Χρειάζεται προσοχή ώστε το νερό του κάδου να μην είναι από την επιφάνεια της θάλασσας αλλά συνήθως από βάθος νερού που αντιστοιχεί στο μισό του βυθίσματος πλοίου.
2. Καθαρίζουμε εξωτερικά το πυκνόμετρο και το αφήνουμε να πλεύσει ελεύθερα μέσα στο νερό του κάδου.
3. Η γραμμή στην οποία η επιφάνεια του νερού τέμνει μια από τις ενδείξεις του πυκνόμετρου, όταν αυτό σταματήσει να ταλαντεύεται πάνω κάτω, είναι η ένδειξη της πυκνότητας του νερού.

12.7 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ

Η πυκνότητα της θάλασσας εξαρτάται βασικά από δύο παράγοντες: τη θερμοκρασία και την αλμυρότητα του νερού.

Η **Θερμοκρασία** του θαλασσινού νερού στην ανοικτή θάλασσα ποικίλει, από 31,6°C περίπου κοντά στον Ισημερινό μέχρι -2°C στις πολικές θάλασσες. Ως μέσος όρος της θερμοκρασίας των Ωκεανών μπορούν να ληφθούν οι 18,5°C.

Αλμυρότητα: ο όρος αλμυρότητα σημαίνει την περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε άλατα και εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις χιλίοις. Στην ανοικτή θάλασσα, η αλμυρότητα ποικίλει ανάλογα με τις

περιοχές και κυμαίνεται μεταξύ 32‰ στα ψηλά πλάτη, όπου η εξάτμιση είναι μικρότερη, και 37‰ στα τροπικά, όπου η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη. Ως μέσος όρος της αλμυρότητας θεωρείται το 35‰.

Σε μερικές κλειστές και θερμές θάλασσες όπως η Ερυθρά και ο Περσικός, η αλμυρότητα είναι ακόμα μεγαλύτερη, δηλαδή περίπου 41‰ ανά m³.

Ανοχή γλυκού νερού - υφάλμυρου

Λόγω της διαφοράς πυκνότητας μεταξύ γλυκού (fresh water) και θαλασσινού νερού (salt water), παρατηρείται το φαινόμενο ένα πλοίο με το ίδιο εκτόπισμα (total weight) να παρουσιάζει διαφορετικά βυθίσματα: μεγαλύτερο στο γλυκό νερό και μικρότερο στο θαλασσινό.

Παράδειγμα:

Για displacement = 15.000t έχουμε salt water draft = 30ft και fresh water draft = 31ft.

Αυτή ακριβώς η διαφορά βυθισμάτων ονομάζεται **ανοχή** (Allowance) γλυκού νερού, με την έννοια ότι είναι ανεκτό το θαλάσσιο βύθισμα να αυξηθεί κατά την διαφορά αυτή.

Αυτό ενδιαφέρει άμεσα την ασφάλεια και την οικονομική εκμετάλλευση του πλοίου, γιατί η επιτρεπόμενη γραμμική φόρτωση θάλασσας θα πρέπει να καλυφθεί τόσο, όταν φορτώνουμε σε γλυκό νερό, ώστε, όταν το πλοίο βρεθεί στο θαλασσινό νερό, η γάστρα να αναδυθεί μέχρι το σημείο που η ίσαλος θα φθάσει ακριβώς στην επιτρεπόμενη γραμμική φόρτωση.

Γι' αυτούς τους σοβαρούς λόγους, η διαφορά αυτή των βυθισμάτων γλυκού και θαλασσινού νερού προβλέπεται από το Άρθρο 40 της τροποποιημένης Διεθνούς Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης (Δ.Σ.Γ.Φ.) του 1966, όπως περιγράφεται στο κεφ. 14, και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$ANOXH = \frac{\text{ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ ΕΜΦΟΡΤΟ } (\Delta)}{40 \cdot \text{TPI ή } 4 \cdot \text{TPC}}$$

(FRESH WATER ALLOWANCE, FWA)

$$\text{FWA} = \frac{\text{LOADED DISPLACEMENT } (\Delta)}{40 \cdot \text{TPI ή } 4 \cdot \text{TPC}}$$

Παράδειγμα 1:

Ένα πλοίο έχει στην έμφορτη κατάσταση (γραμμική βάρους) DISP=15.000t και TPI=50t. Ποια είναι η FWA;

Λύση:

$$\text{FWA} = \frac{\Delta}{40 \cdot \text{TPI}} = \frac{15.000}{40 \cdot 50} = \frac{15.000}{2000} = 7,5 \text{ inches.}$$

Παράδειγμα 2:

Ένα πλοίο αποπλέει από το Houston (USA) με DM=28'00" για το Antwerps (Belgium), που βρίσκεται σε ποτάμι με γλυκό νερό. Αν η ημερήσια κατανάλωση του πλοίου είναι 40t και οι ημέρες ταξιδιού 15, TPI=50t, DISP=15.000t, να βρεθεί με ποιο βύθισμα το πλοίο θα καταπλεύσει στο Antwerps;

Λύση:

$$\text{Total consumption} = 40 \times 15 = 600t$$

Ελάττωση draft λόγω κατανάλωσης =

$$600t : 50 = 12 \text{ inches} = 1 \text{ ft.}$$

$$\text{Άρα, Displacement} = 14.400t$$

$$\text{Draft κατάπλου στα θάλασσα έξω από το λιμάνι} = 28'00'' - 1'00'' = 27'00''$$

$$\text{FWA} = \frac{\Delta}{40 \cdot \text{TPI}} = \frac{14.400}{40 \cdot 50} = \frac{14.400}{2.000} = 7,2''$$

$$\text{Άρα, Draft}_{(\text{λιμένος})} = \text{Draft}_{(\text{θάλασα})} + \text{FWA} = 27'00'' + 00'7,2'' = 27'07,2''$$

Για την εύρεση της ανοχής σε υφάλμυρο νερό (brackish water) ανατρέχουμε σε ειδικούς πίνακες, με στοιχεία εισόδου την FWA και την πυκνότητα του υφάλμυρου νερού, που την βρίσκουμε με το σαλινόμετρο.

Ακόμη, δίνεται από τον τύπο:

$$\text{BWA} = \frac{\Delta(1,025 - \rho)}{\text{TPI}} \quad \text{ή}$$

$$\text{BWA} = \frac{\text{FWA}(1,025 - \rho)}{0,025} \quad \text{ή}$$

$$\text{BWA} = \frac{10\Delta(1,025 - \rho)}{\text{TPC}}$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

1. Τι είναι το εκτόπισμα πλοίου; Ποια η σχέση του με το βάρος και την άντωση;
2. Τι είναι το μόνιμο βάρος ενός πλοίου; Σε ποιο εκτόπισμα αντιστοιχεί;
3. Τι είναι το νεκρό βάρος πλοίου; Ποια επιμέρους βάρη περιλαμβάνει;
4. Τι είναι το ωφέλιμο φορτίο; Τι είναι τα σταθερά βάρη;
5. Τι ονομάζουμε αναγκαία ταξιδίου;
6. Τι είναι βύθισμα πλοίου και πόσων ειδών βυθίσματα υπάρχουν;
7. Τι είναι TPC και TPI; Πού χρησιμεύουν;
8. Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ DM και DΔ;
9. Τι γνωρίζετε για τα φαινόμενα sagging και hogging;
10. Τι είναι το πυκνόμετρο και σε τι χρησιμεύει;
11. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την πυκνότητα της θάλασσας;
12. Τι σημαίνει ανοχή γλυκού νερού (FWA);
13. Πώς υπολογίζουμε την ανοχή υφάλμυρου νερού (BWA);

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Σε επίσκεψη στο λιμάνι προσπάθησε να διακρίνεις τα βυθίσματα στο πλευρό του πλοίου και να συγκρίνεις το DM με το DΔ.
2. Προσπάθησε, σε δεξαμενόπλοιο που φορτώνει, να δεις πόσο αυξάνεται το βύθισμά του σε σχέση με τη ροή πετρελαίου στις δεξαμενές του.
3. Στον πίνακα 12.1 να βρείτε το εκτόπισμα και το νεκρό βάρος του πλοίου για βυθίσματα 5 και 7 m.