

ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΛΑΜΠΑΔΑΣ ΜΗΧ/ΓΟΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ

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 αντοχής με μία δοκό ή ένα χάρακα,
- που αν φορτωθεί υπερβολικά στην μέση ή στα άκρα θα κυρτωθεί ανάλογα με κίνδυνο να σπάσει.

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:

$$(2) \text{ ANTΩΣΗ} = \text{ΒΑΡΟΣ}$$
$$(\text{BUOYANCY} = \text{WEIGHT})$$

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 τόννους (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 μέσα στο νερό).

- Άρα, το εκτόπισμα ενός πλοίου μεταβάλλεται ανάλογα με το βύθισμά του κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ισχύει πάντοτε η σχέση (3) δηλ.

$$\text{εκτόπισμα} = \text{άντωση} = \text{βάρος πλοίου} \\ (\text{displacement} = \text{weight} = \text{buoyancy}).$$

Το βύθισμα μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του πλοίου,

- από ένα μέγιστο βύθισμα στην έμφορτη κατάσταση
- μέχρι ένα ελάχιστο στην άφορτη κατάσταση

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**, είναι το βάρος του εκτοπιζομένου νερού,
- άρα σύμφωνα με τη σχέση (1), εκτόπισμα είναι το βάρος του πλοίου,
- δηλαδή το βάρος κατασκευής του πλοίου, καθώς και τα επιπρόσθετα 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:

- **μόνιμο ή ίδιον βάρος πλοίου** (light weight ή light ship ή light vessel).
- **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 έρματος κλπ.

- 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:

ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ=ΜΟΝΙΜΟ ΒΑΡΟΣ
(LIGHT DISPLACEMENT=LIGHT SHIP)

Πρόσθετο ή νεκρό βάρος πλοίου (dead weight)

- Ο όρος νεκρό βάρος είναι πιστή μετάφραση του αγγλικού όρου **dead weight**
- και εννοεί τα βάρη τα οποία δεν συμβάλλουν στο αξιόμαχο του πλοίου αλλά αποτελούν "άχρηστο και περιττό" βάρος,
- που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναγκαίο στοιχείο της λειτουργίας του σκάφους.
- 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 πόσιμου νερού

- Αν, λοιπόν, στο άφορτο εκτόπισμα του πλοίου προσθέσουμε το νεκρό βάρος,
- θα έχουμε το έμφορτο εκτόπισμα, δηλαδή το έμφορτο (συνολικό) βάρος του πλοίου σύμφωνα με τη σχέση:

$$\begin{aligned} \text{ΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ} &= \text{ΜΟΝΙΜΟ ΒΑΡΟΣ} + \text{ΝΕΚΡΟ} \\ &\text{ΒΑΡΟΣ} = \\ &\text{ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ} \\ (\text{TOTAL WEIGHT} &= \text{LIGHT SHIP} + \text{DEAD WEIGHT} = \\ &\text{LOADED DISPLACEMENT}) \end{aligned}$$

- Άρα:

**ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ =
ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ + ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ
(LOADED DISPLACEMENT =
LIGHT DISPLACEMENT + DEAD WEIGHT)**

**ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ =
ΕΜΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ - ΑΦΟΡΤΟ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ
(DEAD WEIGHT =
LOADED DISPLACEMENT-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.
- Για κοινού τύπου φορτηγά πλοία, μπορεί να θεωρηθεί κατά προσέγγιση ότι το DW είναι τα $\frac{2}{3}$ του εκτοπίσματος

Ωφέλιμο φορτίο (cargo)

- Το νεκρό βάρος του πλοίου περιέχει τα περιθώρια εκμετάλλευσης του πλοίου, εφ' όσον με βάση το DW μπορούμε να βρούμε τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου σε τόνους φορτίου,
- είναι γνωστό ότι αγορές, πωλήσεις, κατασκευές 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.

- Το διαθέσιμο για την μεταφορά φορτίου βάρος (το ωφέλιμο φορτίο) θα είναι πάντοτε μικρότερο του dead weight, κατά το ποσό των αναγκών υλικών και εφοδίων για την εκτέλεση του ταξιδιού, κατά τη σχέση:

$$\text{ΩΦΕΛΙΜΟ ΦΟΡΤΙΟ} = \text{ΝΕΚΡΟ ΒΑΡΟΣ} - \text{ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ}$$
$$(\text{CARGO} = \text{DEAD WEIGHT} - \text{NECESSITIES})$$

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.

- 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.

- Είναι απαραίτητο να εφοδιαστούμε και με μια επιπλέον ποσότητα καυσίμων που ανέρχεται σε ορισμένο ποσοστό της προβλεπόμενης κατανάλωσης.
- 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.

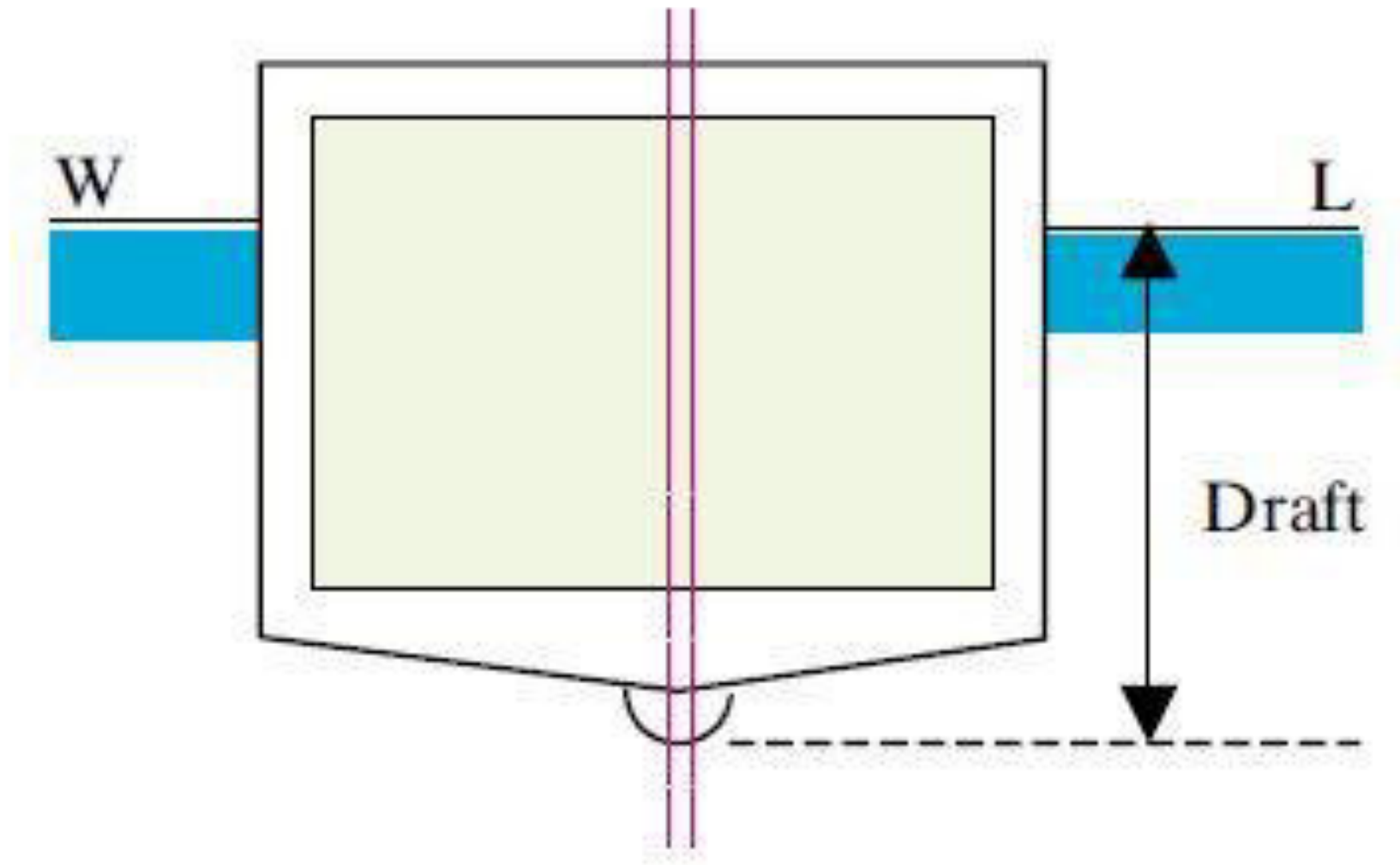
3) Αναλώσιμα,

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

Βύθισμα πλοίου

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

- 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.



Σχ. 12.1 Βύθισμα

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΛΑΜΠΑΔΑΣ ΜΗΧ/ΓΟΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ

			ίσαλος
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) **πρωραίο 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 (ποδόστημα).

γ) βύθισμα μέσης (BM, Draft Middle, D). Είναι χαραγμένο στη μέση του μήκους του πλοίου. Το βύθισμα μέσης (D) 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 ημιάθροισμα των βυθισμάτων DF και DA, σύμφωνα με τη σχέση:

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

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

- 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 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 έμπρυμνο (By stern).

Αυτή η κατάσταση του πλοίου, δηλαδή το αν είναι

- ισοβύθιστο,
- έμπρυμνο
- ή έμπρωρο,

ονομάζεται διαγωγή (trimming) και ανάλογα διακρίνεται σε μηδενική, πρωραία και πρυμναία.