

# ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΟΙΟΥ

## Εισαγωγή

A. Θεοδουλίδης

# Ιδιαιτερότητες Πλοίων από κατασκευαστική άποψη

Τα πλοία, ως κατασκευές παρουσιάζουν τις ακόλουθες ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλα ανθρώπινες κατασκευές:

- Είναι σύνθετες κελυφοειδείς μεταλλικές κατασκευές
- Έχουν μεγάλο μέγεθος (είναι οι μεγαλύτερες κινούμενες κατασκευές)
- Λειτουργούν σε ένα έντονα στοχαστικό περιβάλλον (στοχαστικές φορτίσεις)
- Υφίστανται μεγάλες φθορές λόγω του διαβρωτικού περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν



450.5 metres



300 metres

179 metres

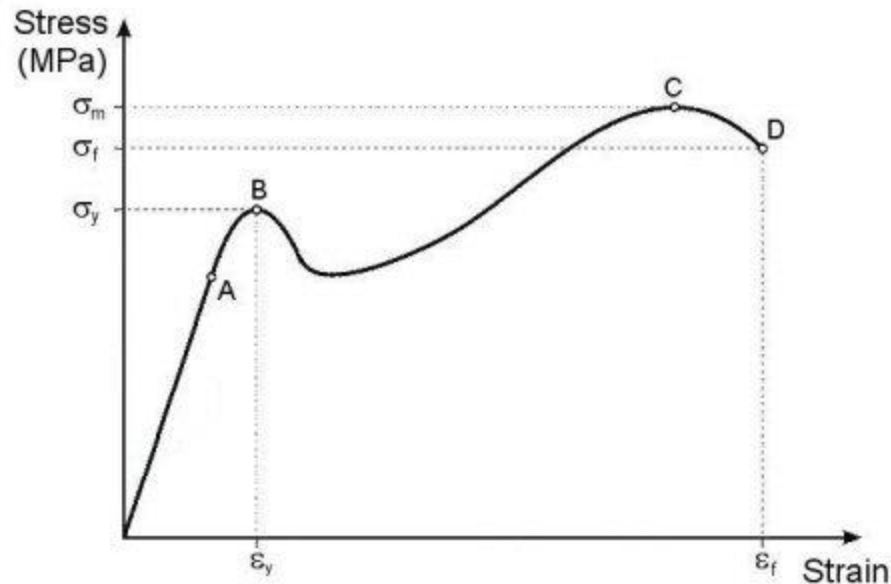
328 metres

333 metres

# Χρησιμοποιούμενα υλικά για την κατασκευή της γάστρας

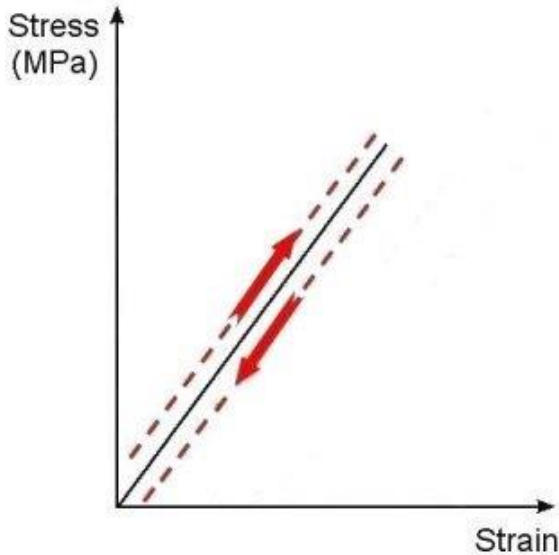
- Κοινός ναυπηγικός χάλυβας
- Χάλυβες υψηλής αντοχής
- Ειδικά κράματα αλουμινίου
- Άλλα υλικά

# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

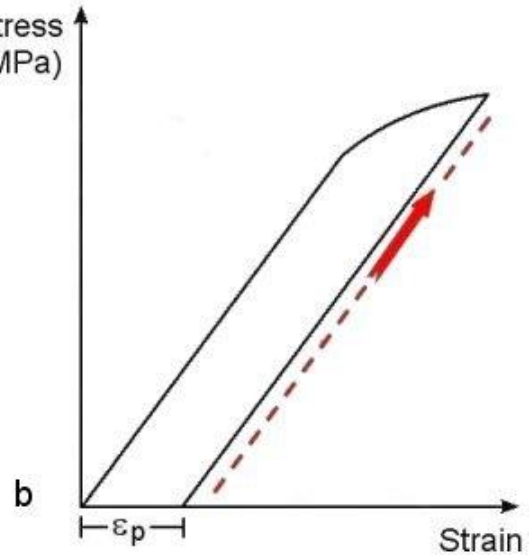
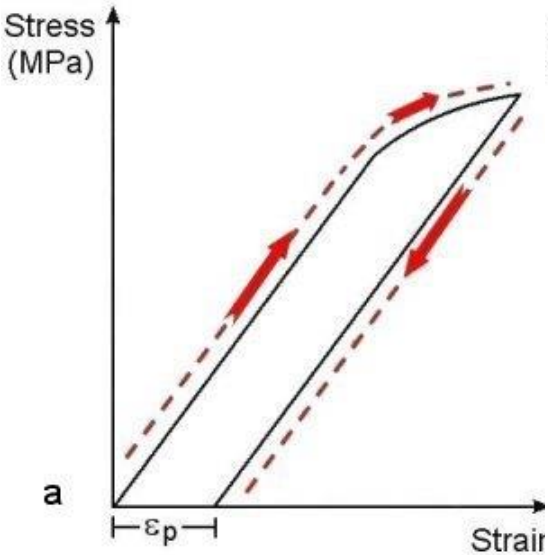


A: Όριο γραμμικότητας, B: Όριο διαρροής, C: Όριο αντοχής, D: Σημείο Αστοχίας

# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

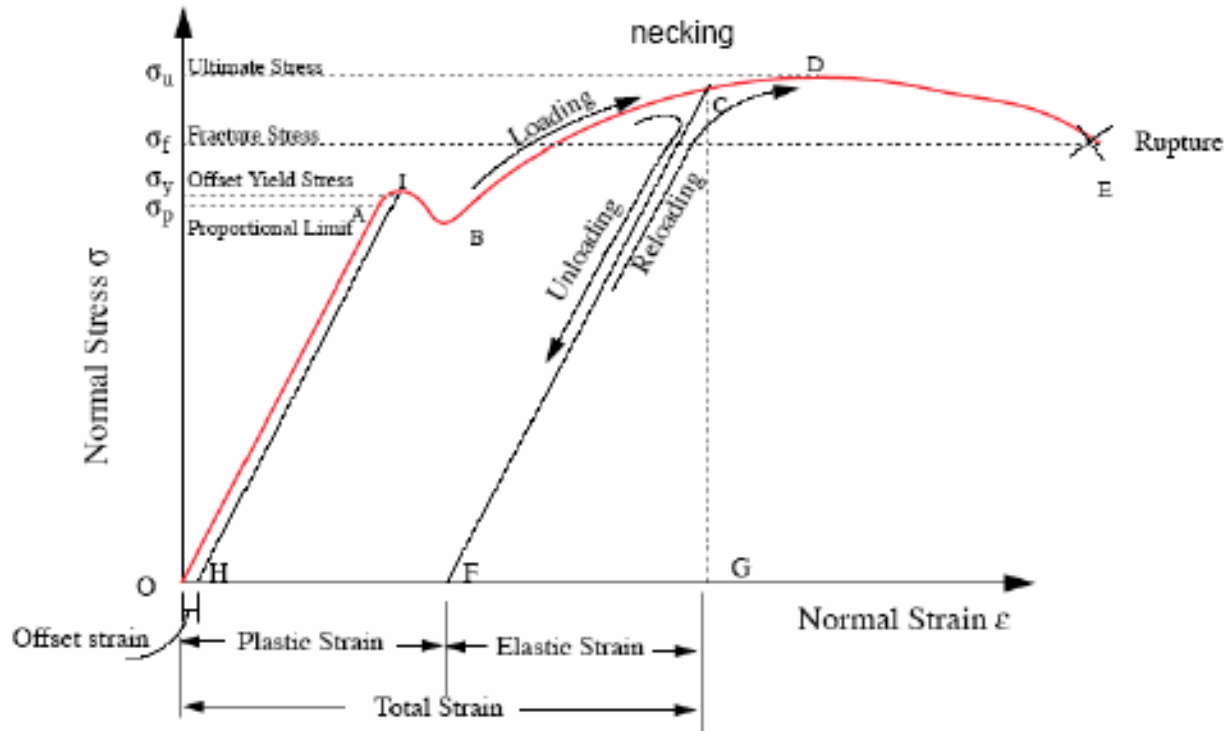


Ελαστική περιοχή

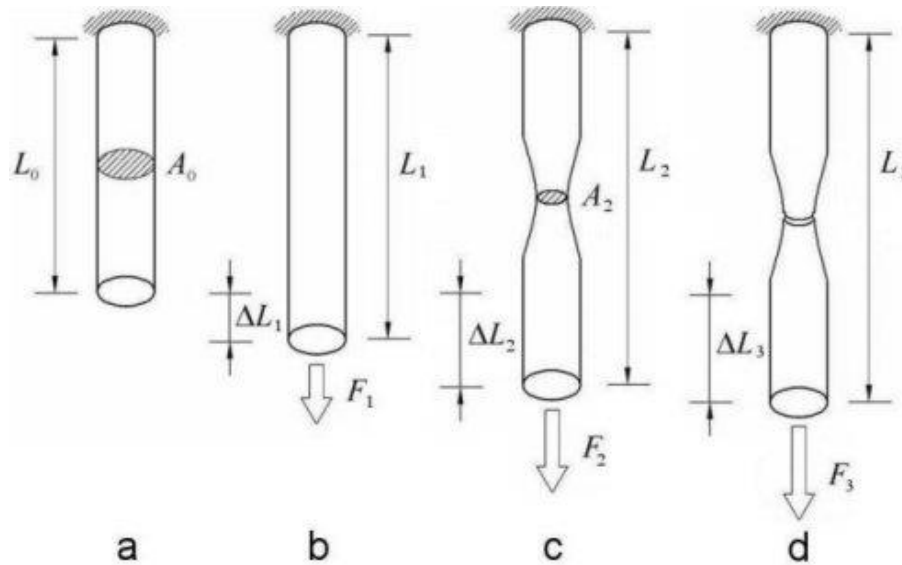


Πλαστική περιοχή

# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων



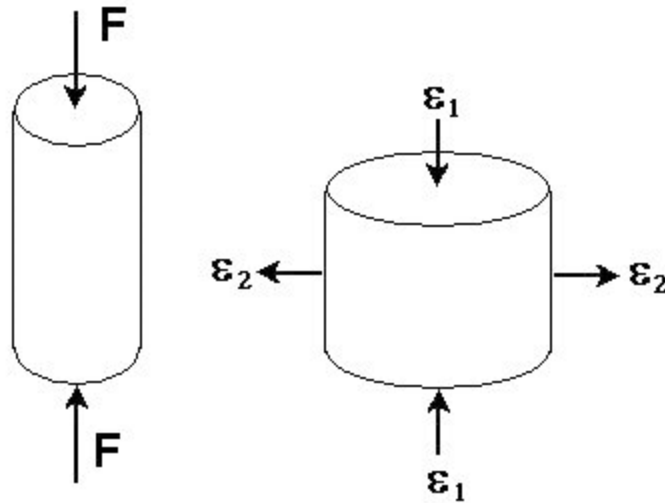
# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων



$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad \sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$\sigma$  = ορθή τάση,  $\varepsilon$  = γραμμική παραμόρφωση,  $E$  = μέτρο ελαστικότητας

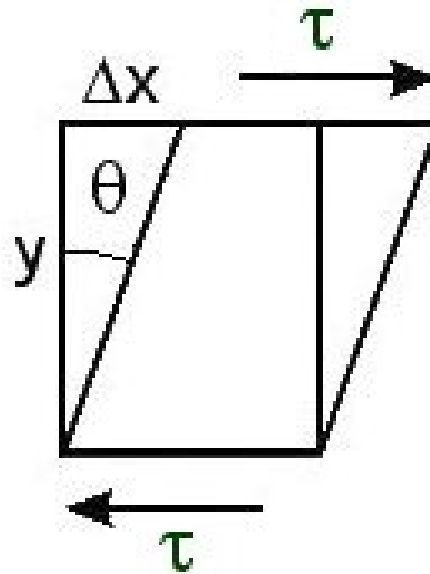
# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων



$$\nu = -\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$\nu$  = λόγος Poisson

# Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων



$$\tau = G \cdot \gamma \quad \gamma = \frac{\Delta x}{y} = \epsilon \phi \theta \quad G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$\tau$  = διατμητική τάση,  $\gamma$  = γωνιακή παραμόρφωση,  $G$  = μέτρο διάτμησης

# Αβεβαιότητες κατά το σχεδιασμό

- Μοντελοποίηση/ιδεατοποίηση της κατασκευής
- Ανομοιομορφία των χρησιμοποιούμενων υλικών
- Ανθρώπινη δεξιοτεχνία (workmanship)

# Αβεβαιότητες κατά το σχεδιασμό

- Μοντελοποίηση/ιδεατοποίηση της κατασκευής
- Ανομοιομορφία των χρησιμοποιούμενων υλικών
- Ανθρώπινη δεξιοτεχνία (workmanship)

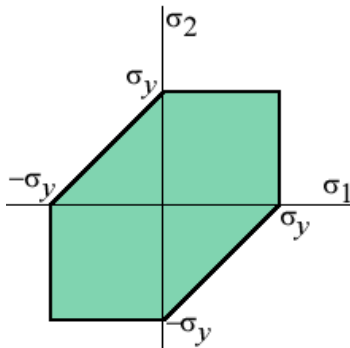
# Είδη αστοχίας

Οι ναυπηγικές κατασκευές συνήθως αστοχούν:

- Λόγω διαρροής
- Λόγω λυγισμού
- Λόγω κοπώσεως
- Λόγω ψαθυρής θραύσης

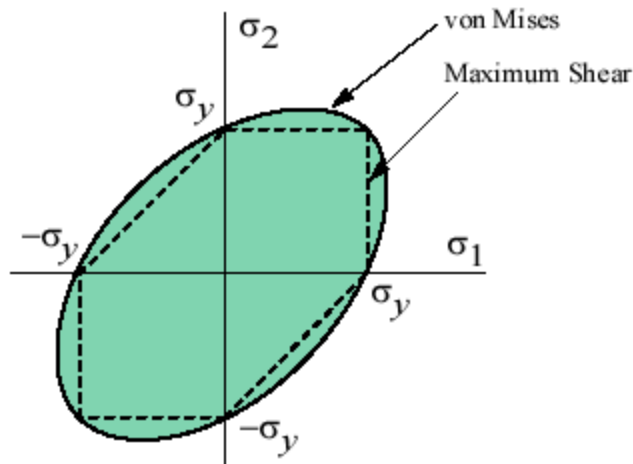
# Κριτήρια αστοχίας – Όλκιμα υλικά

Κριτήριο μέγιστης διατμητικής τάσης (Tresca):



$$|\sigma_1| \leq \sigma_y, |\sigma_2| \leq \sigma_y, \text{ and } |\sigma_1 - \sigma_2| \leq \sigma_y$$

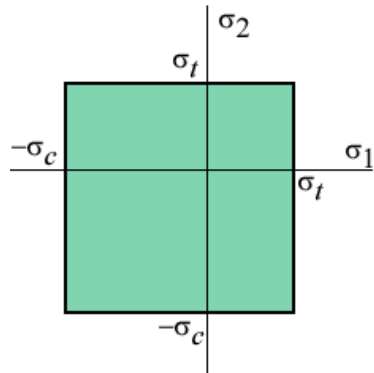
**Κριτήριο Von Mises:**



$$\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_y^2$$

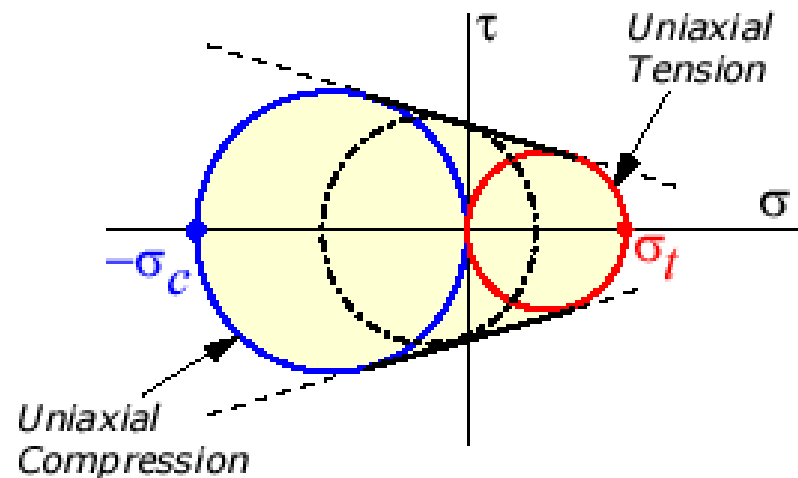
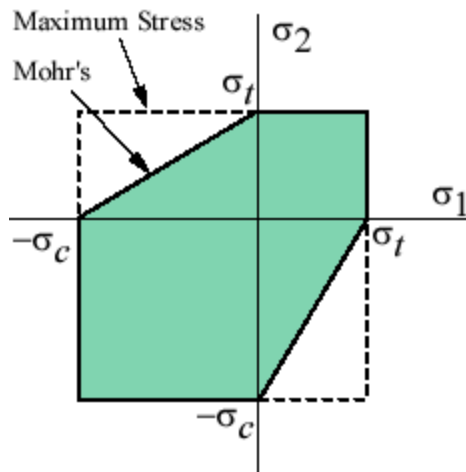
# Κριτήρια αστοχίας – Ψαθυρά υλικά

Κριτήριο μέγιστης ορθής τάσης:

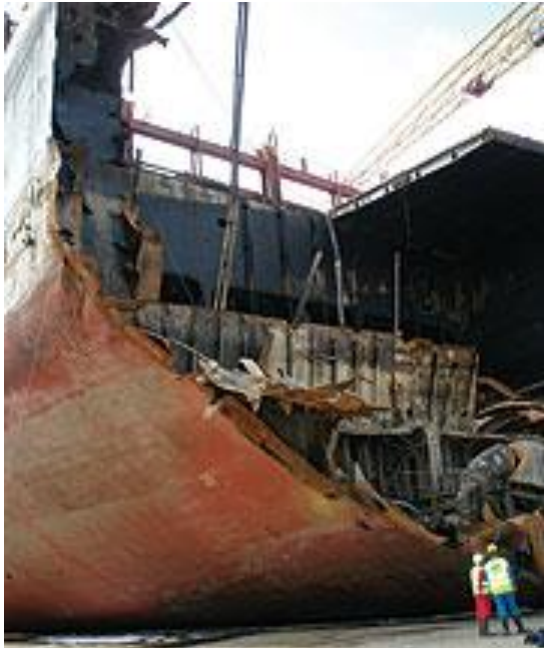


$$-\sigma_c < \{\sigma_1, \sigma_2\} < \sigma_t$$

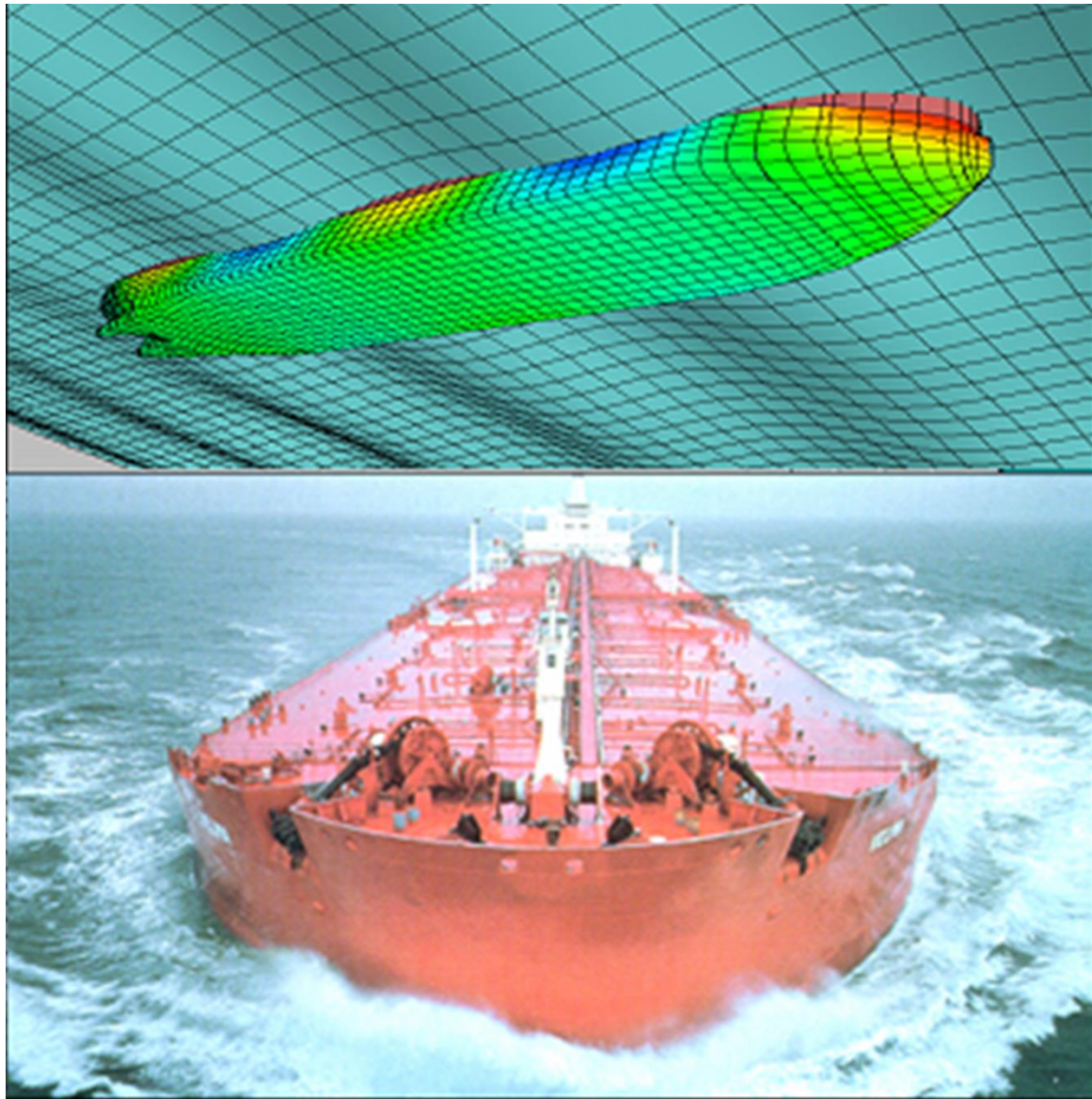
## Κριτήριο Mohr:



# Αστοχία λόγω διαμήκους αντοχής



# Το πλοίο δοκός



# Είδη φορτίσεων

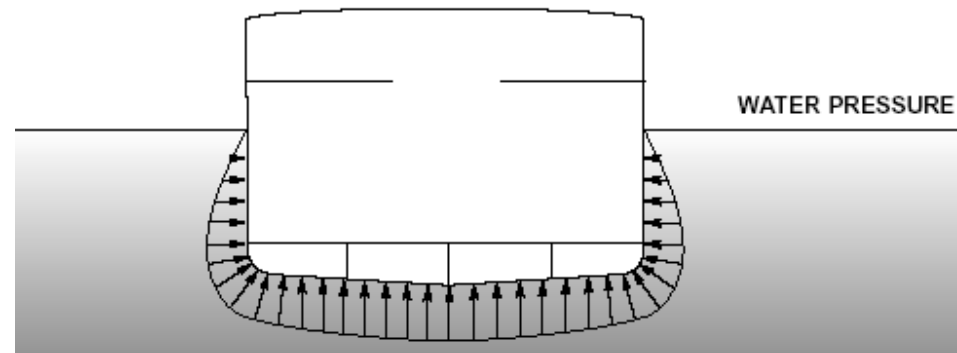
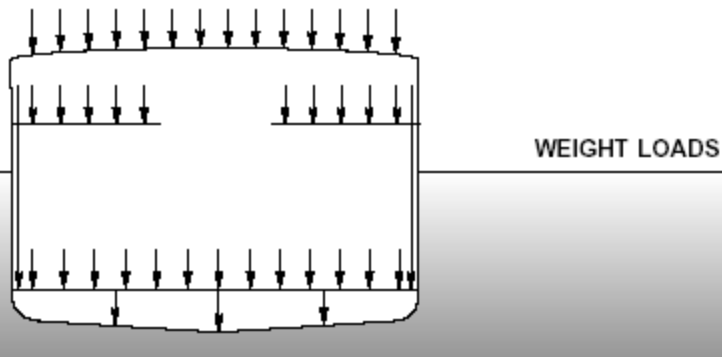
Κατά το σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη:

- Στατικές φορτίσεις
- Δυναμικές φορτίσεις (χαμηλόσυχνες & υψίσυχνες)
- Ειδικές φορτίσεις
- Βασική παράμετρος η οποία επηρεάζει το σχεδιασμό είναι η διάρκεια ζωής (design life) η οποία για τα πλοία κυμαίνεται από 20-25 χρόνια

# Είδη φορτίσεων

Στατικές φορτίσεις:

- Βάρος
- Αντωση
- Θερμικά φορτία
- Διάφορες συγκεντρωμένες φορτίσεις (π.χ. Δεξαμενισμός)

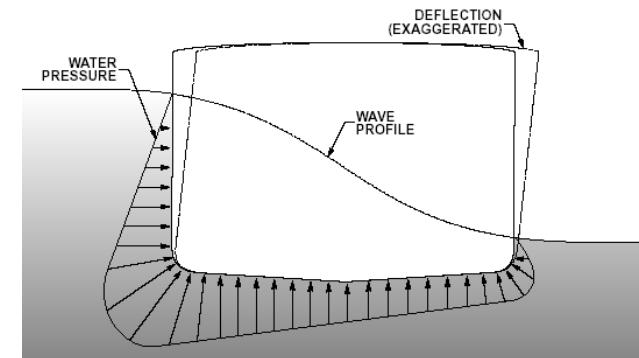
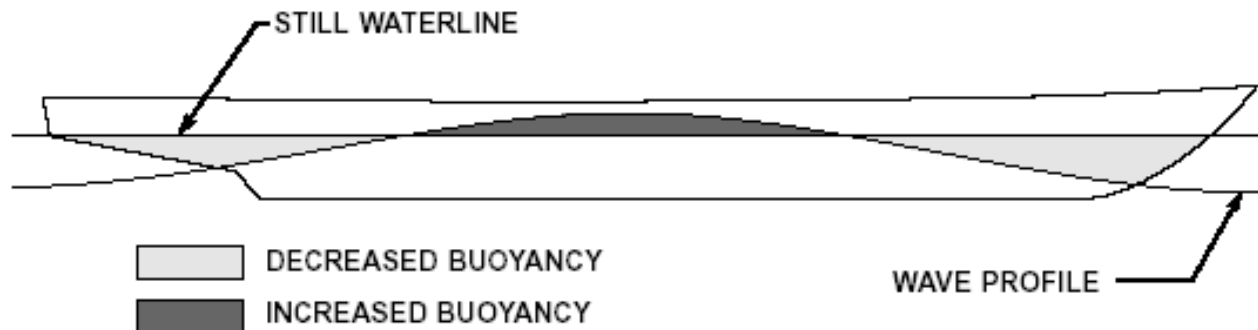


# Είδη φορτίσεων

Χαμηλόσυχνες δυναμικές φορτίσεις

(περίοδοι από λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά)

- Πιέσεις στη γάστρα λόγω των κυματισμών
- Φορτίσεις λόγω των ταλαντωτικών κινήσεων του πλοίου εν μέσω κυματισμών
- Αδρανειακές δυνάμεις λόγω των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται εξ' αιτίας των κυματισμών



# Είδη φορτίσεων

## Υψίσυχνες δυναμικές φορτίσεις

- Δονήσεις της γάστρας λόγω περιστροφής της έλικας
- Φορτίσεις λόγω της λειτουργίας διαφόρων μηχανών
- Φορτίσεις λόγω της κινήσεις κόντρα σε «κοντούς» κυματισμούς (μεγάλη συχνότητα συνάντησης)
- Αδρανειακές δυνάμεις λόγω των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται εξ' αιτίας των κυματισμών
- Υδροελαστικές φορτίσεις λόγω αλληλεπίδρασης με διάφορα εξαρτήματα της γάστρας

# Είδη φορτίσεων

## Κρουστικές φορτίσεις

- Σφυρόκρουση
- Sloshing δεξαμενών
- Πρόσπτωση κυματισμών



# Είδη φορτίσεων

## Λειτουργικές φορτίσεις

- Λόγω πάγου
- Λόγω ανυψωσης βαρέων αντικειμένων
- Λόγω υπερ/υπό-πίεσης δεξαμενών
- Λόγω μεταφοράς θερμών φορτίων
- Λόγω προσηώσεων ελικοπτέρων
- Ατυχηματικές φορτίσεις (προσάραξη, σύγκρουση)



# Βιβλιογραφία

1. "Principles of Naval Architecture", SNAME
2. D.J. Eyres, "Ship Construction", Butterworth-Heinemann, 5<sup>th</sup> Ed., 2001
3. W. C. Young, R.G. Budynas, "Roark's Formulas for Stress and Strain", Mac Graw Hill, 2002.
4. Π.Α. Καρύδης, " Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου – Θέματα τοπικής Αντοχής", 2000.
5. Π.Α. Καρύδης, " Επιθεώρηση, συντήρηση και επισκευή της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου", Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2002
6. Yong Bai, "Marine structural design", Elsevier, 2003
7. E. Tupper, "Introduction to Naval Architecture", Butterworth-Heinemann, 3<sup>rd</sup> Ed., 2002