



# Η νέα γενιά δεξαμενόπλοιων VLCC

## Μια σύγκριση των προτεινόμενων διατάξεων

των Βασιλικής Στρέζου και Πέτρου Α. Καρούδη

Στο άρθρο αυτό επιχειρείται μια προσέγγιση σε προβλήματα που αφορούν τις απαιτήσεις των νέων διεθνών κανονισμών των μεγάλων δεξαμενοπλοίων δηλ. το Oil Pollution Act (OPA '90) των Η.Π.Α. και οι κανονισμοί MARPOL 13F και 13G του IMO. Συγκεκριμένα συγκρίνονται διατάξεις οι οποίες ανταποκρίνονται από πλευράς MARPOL αλλά έχουν διαφορετική μορφολογία μεταξύ τους, η δε μεταφορική τους ικανότητα είναι η ίδια (280.000 τόννους νεκρό βάρος). Λόγω της επικαιρότητας του θέματος έχουν γίνει από διάφορους φορείς στο εξωτερικό συγκριτικές μελέτες για τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων πλοίων. Ένας από τους κύριους σκοπούς του παρόντος κειμένου είναι να γίνουν γνωστά και στην Ελλάδα τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έτσι ώστε να υποβοηθηθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων από κάθε ενδιαφερόμενο.

### 1. Εισαγωγή - μέτρα σύγκρισης

Τα θέματα που εξετάζονται αφορούν αφ' ενός μεν την ικανότητα αντιμετώπισης συγκρούσεων πλοίων διπλής γάστρας και με ενδιάμεσο κατάστρωμα, αφ' ετέρου δε τη διαμήκη αντοχή των πλοίων αυτών. Και οι δύο τύποι είναι αποδεκτοί από τον IMO, προς το παρόν όμως μόνο ο πρώτος από τις αρχές των Η.Π.Α.

Ενα σημαντικό ποσοστό της ρύπανσης της θάλασσας οφείλεται στα πετρελαιοειδή που αποβάλλονται κατά τη λειτουργία των δεξαμενοπλοίων όπως επίσης και κατά τα ατυχήματά

τους. Άλλες πηγές ρύπανσης της θάλασσας είναι τα δημοτικά απόβλητα ενώ ρύπανση προκαλείται και από μία σειρά άλλων δευτερευόντων αιτιών.

Η λειτουργία και τα ατυχήματα των δεξαμενοπλοίων αντιπροσωπεύουν το 34% της συνολικής ρύπανσης της θάλασσας από πετρελαιοειδή (Πίνακας 1). Κατά τη δεκαετία 1980-90 αλλά και στις αρχές της δεκαετίας του '90 έγιναν πολλά ναυτικά ατυχήματα που προκάλεσαν μεγάλης έκτασης ρυπάνσεις με αποτέλεσμα την κοινωνική κατακραυγή. Όπως ήταν φυσικό, όλοι όσοι ασχολούνται με τη ναυπηγική βιομηχανία - ναυπηγεία, μελετητικοί οίκοι, ναυπηγοί, νηογνώμονες, ιδιοκτήτες δεξαμενόπλοιων - κινητοποιήθηκαν. Οι προσπάθειές τους επικεντρώθηκαν κυρίως στη μελέτη και το σχεδιασμό νέων διατάξεων που θα προλαμβάνουν τη διαρροή του πετρελαίου σε περίπτωση ατυχήματος.

Η προσπάθεια αυτή έχει φθάσει σήμερα σε ένα κρίσιμο σημείο. Έχουν επικρατήσει κάποιες διατάξεις ως περισσότερο αποτελεσματικές και επιχειρείται στο στάδιο αυτό η γενικότερη αξιολόγησή τους. Σ' αυτή τη μελέτη, γίνεται μια προσπάθεια περιγραφής και σύγκρισης των νέων διατάξεων

υπερδεξαμενόπλοιων (κατηγορίας VLCC, δηλ. 150-300.000 τόννους dwt) που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα. Έμφαση θα δοθεί και στη σύγκριση της αντοχής της μεταλλικής κατασκευής. Σκοπός του άρθρου αυτού είναι να εξετασθούν ορισμένα από τα αποτελέσματα των μελετών που έχουν γίνει μέχρι σήμερα από:

- μελετητικούς οίκους,
  - νηογνώμονες
  - ναυπηγεία
  - τον IMO (Intergovernmental Maritime Organisation)
  - την Intertanko,
- για να διατυπωθούν κάποια συμπεράσματα, που θα βοηθήσουν κυρίως στο να διαμορφωθεί μία ολοκληρωμένη εικόνα:
- της νέας γενιάς δεξαμενόπλοιων αργού πετρελαίου
  - των νέων διεθνών κανονισμών που έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ
  - της κατάστασης που θα επικρατήσει στη ναυπηγική βιομηχανία και αγορά στα επόμενα μεταβατικά χρόνια.

*Η Βασιλική Στρέζου είναι διπλωματούχος Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π  
Ο Πέτρος Καρούδης είναι επίκουρος καθηγητής στο τμήμα Ναυπηγών Ε.Μ.Π.  
Το παρόν κείμενο βασίζεται στη Διπλωματική Εργασία της πρώτης συγγραφέως στο Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων του Ε.Μ.Π. η οποία και τιμήθηκε με Επαινο του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Φεβρουάριο 1994).*

**Πίνακας 1**

Πηγή	Ποσοστό επί του συνόλου
Καθημερινή λειτουργία δεξαμενόπλοιων	22
Ατυχήματα δεξαμενόπλοιων	12
Βιομηχανικά απόβλητα	22
Άλλες αιτίες (φυσική διαρροή, κ.λπ.)	44

## 2. Το πρόβλημα της ρύπανσης των θαλασσών από τα δεξαμενόπλοια

Η θαλάσσια ρύπανση που οφείλεται αποκλειστικά στα δεξαμενόπλοια προκαλείται κατά την καθημερινή λειτουργία όπως επίσης και με τα ναυτικά ατυχήματα. Ενδιαφέρον έχει ο Πίνακας 1 που παρουσιάζει τις αιτίες ρύπανσης από πετρελαιοειδή και την ποσοστιαία συνεισφορά της κάθε μίας στη συνολική ρύπανση.

Παρατηρούμε πως μόνο το 12% της συνολικής ρύπανσης οφείλεται σε ατυχήματα των Δ/Π (παρά το σχετικά μικρό ποσοστό πρόκειται όμως για σοβαρή και επικίνδυνη μορφή μόλυνσης λόγω της μεγάλης συγκέντρωσής της), ενώ σημαντικό είναι και το ποσοστό που οφείλεται σε ποσότητες που αποβάλλονται κατά τη λειτουργία των δεξαμενόπλοιων (22%).

Οι διεθνείς οργανισμοί που ασχολούνται με τη πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια έντονη κινητοποίηση απ' ενός ως προς την κατάρτιση νέων ανστηρότερων κανονισμών και απ' ετέρου ως προς τον σχεδιασμό νέων διατάξεων Δ/Π με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης.

Οι πιο πρόσφατες συμβάσεις που υπογράφηκαν είναι το Oil Pollution Act της κυβέρνησης των Η.Π.Α. (στις 18 Αυγούστου 1990) και οι διατάξεις 13F, 13G MARPOL (στο 32ο συνέδριο του ΜΕΡC-ΙΜΟ της 6ης Μαρτίου 1992). Το σημαντικότερο στοιχείο της πρώτης διάταξης (ΟΡΑ '90) είναι ότι υποχρεώνει όλα τα νέα δεξαμενόπλοια να έχουν διάταξη διπλής γάστρας. Για τα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια απαιτείται η τροποποίηση ή απόσυρσή τους βάσει του μεγέθους και της παλαιότητας τους. Οι διατάξεις 13F και 13G του ΙΜΟ έχουν αντίστοιχες διατάξεις επιτρέπουν όμως την υιοθέτηση και άλλων μορφολογιών που κρίνονται ισοδύναμες προς αυτή της διπλής γάστρας. Συγκεκριμένα, ο νέος κανονισμός 13F απαιτεί οι νέες διατάξεις των δεξαμενόπλοιων να είναι είτε διπλής γάστρας, είτε με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Για τα υπάρχοντα δεξα-

μενόπλοια περιλαμβάνονται στη διάταξη 13G. Οι κανονισμοί αυτοί αποτελούν σταθμό στη βιομηχανία ναυπήγησης Δ/Π καθώς επιβάλλεται η κατασκευή νέων διατάξεων που θα αποτελέσουν τη νέα γενιά τέτοιων κατασκευών.

## 3. Οι προτεινόμενες διατάξεις των νέων υπερδεξαμενόπλοιων

Το αυξανόμενο πρόβλημα της ρύπανσης των θαλασσών είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρέασε το σχεδιασμό των νέων Δ/Π. Δύο είναι οι νέοι τύποι δεξαμενόπλοιων που ξεχώρισαν σαν πιο αποτελεσματικοί ως προς την αποφυγή της ρύπανσης της θάλασσας. Συγκεκριμένα:

- η διάταξη με διπλή γάστρα στην οποία διπλά πλευρικά τοιχώματα και διπλός πυθμένας εμποδίζουν τη διαρροή πετρελαίου κατά τα ατυχήματα (Σχήμα 1)
  - η διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα όπου η τοποθέτηση του ενδιάμεσου καταστρώματος σε κατάλληλο ύψος έχει σαν αποτέλεσμα, η υδροστατική πίεση που ασκείται από το πετρέλαιο στον πυθμένα του δεξαμενόπλοιου, να είναι μικρότερη από την υδροστατική πίεση του νερού. Έτσι, σε περίπτωση ρήξης του πυθμένα, το θαλασσινό νερό εμποδίζει τη διαρροή του πετρελαίου (Σχήμα 2).
- Χαρακτηριστικά αναφέρουμε κάποια ναυπηγεία που έχουν προχωρήσει στην κατασκευή των νέων διατάξεων, καθώς επίσης και δεξαμενόπλοια των οποίων ο σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί αλλά δεν έχει αρχίσει ακόμη η κατασκευή τους. Συγκεκριμένα:

### α. Υπερδεξαμενόπλοια διπλής γάστρας

- Daewoo Shipbuilding & Heavy Machinery
- Hyundai Heavy Industries
- Hitachi Shipbuilding Industries
- Ishikawajima-Harima Heavy Industries
- NKK
- E3 (Ecological, Economical, European)

### β. Υπερδεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα

- Mitsubishi Heavy Industries
- Hyundai Heavy Industries/Pusan National University of Korea
- Coulombi Egg

## 3.1 Υπολογισμός και σύγκριση της διαμήκους αντοχής των νέων υπερδεξαμενόπλοιων

Επιλέξαμε τρία από τα δεξαμενόπλοια που προτείνουν οι σχεδιαστικοί οίκοι με σκοπό να περιγραφούν οι ιδιαιτερότητες της μεταλλικής τους κατασκευής, να υπολογισθεί και να συγκριθεί η μέγιστη πραγματική διαμήκης αντοχή τους. Τα δεξαμενόπλοια που επιλέχθηκαν είναι:

- το διπλής γάστρας Δ/Π 300.000 τόνων dwt της DSHM
  - το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα 280.000 τόνων dwt του Pusan National University της Κορέας
  - το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα 280.000 τόνων dwt "Coulombi Egg" του μελετητού-ναυπηγού Anders Bjorkman.
- Η επιλογή τους έγινε με τα εξής κριτήρια:
- ένα δεξαμενόπλοιο με διπλή γάστρα
  - ένα δεξαμενόπλοιο με ενδιάμεσο κατάστρωμα
  - το Coulombi Egg, διότι συγκεντρώνει τις καλύτερες κριτικές μέχρι σήμερα από τους διεθνείς οργανισμούς (Σχήμα 3).
  - για όλες τις διατάξεις που μελετήθηκαν έπρεπε να διαθέτουμε επαρκή στοιχεία για τους υπολογισμούς.

## 3.2 Προβλήματα τοπικής αντοχής και η αντιμετώπισή τους

Η διερεύνηση των παραγόντων που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην αντοχή των υπερδεξαμενόπλοιων, μας οδήγησε σε κάποια συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι,

- Η χρήση χαλύβων υψηλής αντοχής
  - Η οικονομία χάλυβα
  - Η εκτεταμένη διάβρωση στους χώρους έρματος,
- οδηγούν σε κατασκευές με μειωμένες διαστάσεις των κατασκευαστικών τους στοιχείων. Επομένως το σημαντικότερο πρόβλημα των μεγάλων δεξαμενόπλοιων είτε είναι διπλής γάστρας, είτε

έχουν ενδιάμεσο κατάστρωμα, είναι ο λυγισμός εξαιτίας των μειωμένων διαστάσεων των κατασκευαστικών στοιχείων. Για το λόγο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό τους ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα τοπικού στρεπτο-καμπτικού λυγισμού ο οποίος οδηγεί σε απότομη αποφόρτιση της κατασκευής με καταστρεπτικά αποτελέσματα. Εξετάσαμε τον τρόπο αστοχίας σε λυγισμό του καταστρώματος των δεξαμενόπλοιων στα οποία έγινε αναφορά πιο πάνω (στα ίδια πλοία που έγινε και η μελέτη της διαμήκους αντοχής).

#### 4. Σύγκριση και αξιολόγηση των νέων υπερδεξαμενόπλοιων

Επιχειρήσαμε μια γενικότερη αξιολόγηση των διατάξεων για να σχηματί-

σουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των νέων Δ/Π και ταυτόχρονα να δούμε τις προοπτικές τους στη ναυπηγική βιομηχανία τα επόμενα χρόνια. Όπως είναι φυσικό για να γίνει μια τέτοια αξιολόγηση απαιτούνται στοιχεία ειδικών μελετών. Οι συγκριτικές μελέτες των νέων διατάξεων Δ/Π μεταξύ τους αλλά και με τις παλαιότερες συμβατικές διατάξεις που εξετάσθηκαν είναι οι εξής:

##### α. Μελέτη του Νορβηγικού νηογνώμονα (Det norske Veritas)

Στη μελέτη αυτή έγινε σύγκριση δέκα πιθανών διαφορετικών διατάξεων ενός Δ/Π 280.000 τόννων dwt με τη συμβατική μορφή σχεδιασμού. Το κριτήριο ήταν η έκταση της πιθανής διαρροής πετρελαίου μετά από ατύχημα σύγκρουσης ή προσάραξης.

##### β. Μελέτη της Intertanko

Η Intertanko μελέτησε παλαιότερες και νέες διατάξεις δεξαμενόπλοιων και τις αξιολόγησε με τα εξής κριτήρια:

- αποτελεσματικότητα της διάταξης σε διαφορετικές περιπτώσεις ατυχημάτων (σύγκρουση, προσάραξη, έκρηξη, πυρκαϊιά)
- ασφάλεια
- κόστος κτήσης
- κόστη συντήρησης και επισκευών

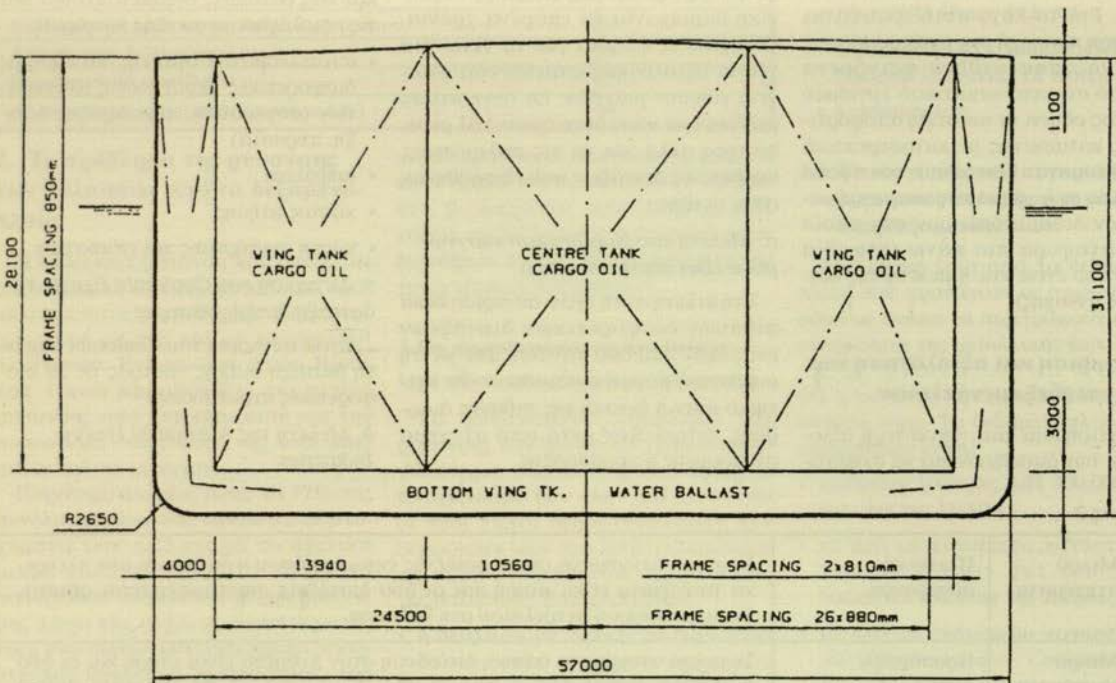
##### γ. Σύγκριση του Coulombi Egg με τη διάταξη διπλής γάστρας

Γινε σύγκριση του Coulombi Egg με τη διάταξη διπλής γάστρας σε 20 διαφορετικές περιπτώσεις.

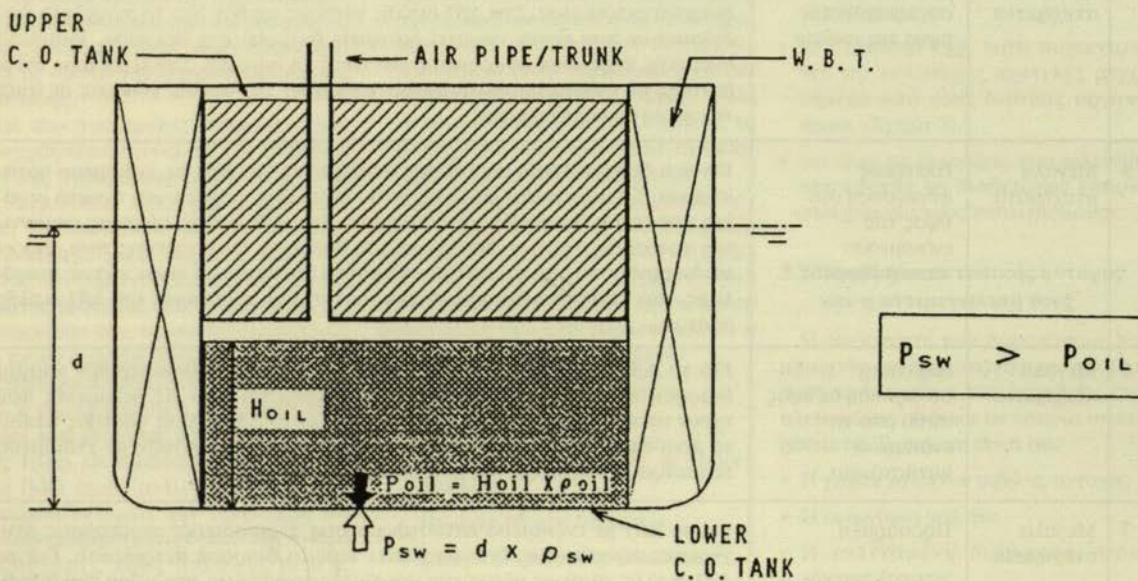
##### δ. Μελέτη της Mitsubishi Heavy Industries

#### Πίνακας 2

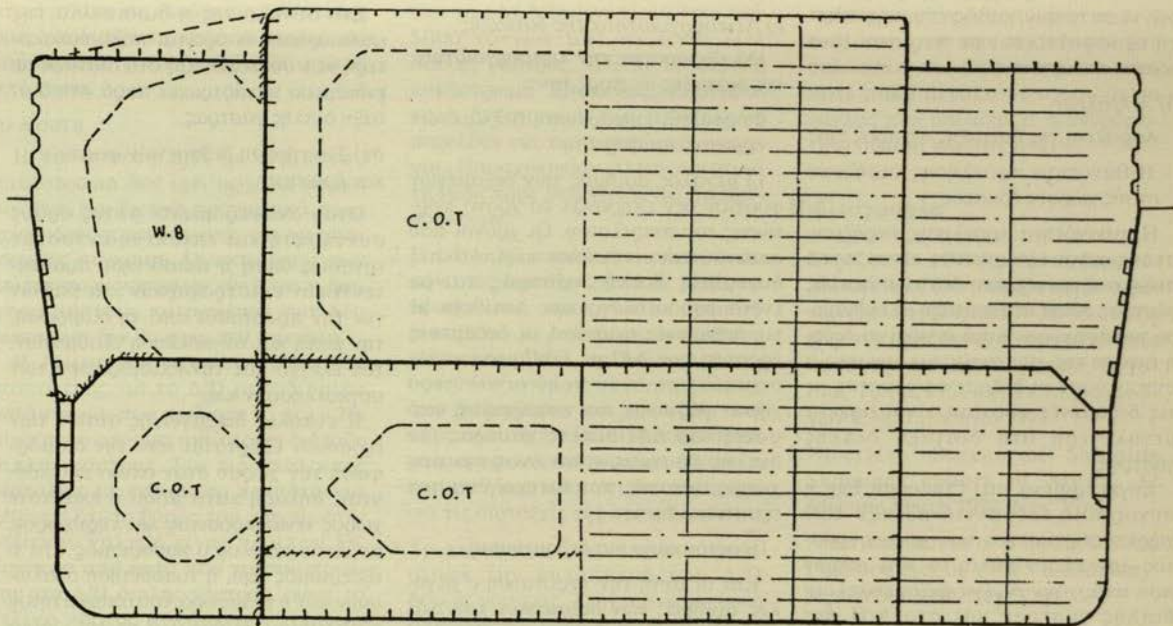
1	Μικρά ατυχήματα	Πλευρική σύγκρουση	Σε μικρά ατυχήματα (περιορισμένη έκτασης) όπου η διείσδυση στα πλευρικά τοιχώματα είναι μικρή και οι δύο διατάξεις συμπεριφέρονται άριστα. Καμμία διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα.
2	Μικρά ατυχήματα	Προσάραξη	Σε μικρά ατυχήματα όπου η διείσδυση στον πυθμένα είναι μικρή και οι δύο διατάξεις συμπεριφέρονται άριστα. Καμμία διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα.
3	Μεγάλα ατυχήματα	Πλευρική σύγκρουση σε ύψος πάνω από την ισάλο	Δεν παρατηρείται καμμία διαρροή πετρελαίου και από τις δύο διατάξεις.
4	Μεγάλα ατυχήματα	Πλευρική σύγκρουση στο ύψος της ισάλου	Σε Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα παρατηρήθηκε ελάχιστη έως μηδενική διαρροή πετρελαίου. Στα Δ/Π διπλής γάστρας σχεδόν όλο το πετρέλαιο των δεξαμενών που έχουν υποστεί διάτρηση διαρρέει στη θάλασσα. Ιδιαίτερα δυσμενής περίπτωση ατυχήματος για αυτή τη διάταξη. Συμπεραίνουμε ότι η διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα υπερτερεί της διπλής γάστρας σε αυτή την περίπτωση ατυχήματος.
5	Μεγάλα ατυχήματα	Πλευρική σύγκρουση στο ύψος του ενδιάμεσου καταστρώματος	Είναι η δυσμενέστερη περίπτωση ατυχήματος για Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Το νερό κατακλύζει τις κάτω δεξαμενές φορτίου και αρκετά μεγάλες ποσότητες διαρρέουν στη θάλασσα. Στα Δ/Π διπλής γάστρας σημαντικές ποσότητες φορτίου διαρρέουν στη θάλασσα. Οι ποσότητες που μπορεί να διαρρέυσουν από το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι κάπως μικρότερες από αυτές που διαρρέουν στην αντίστοιχη περίπτωση του Δ/Π διπλής γάστρας.
6	Μεγάλα ατυχήματα	Πλευρική σύγκρουση σε ύψος κάτω από το ενδιάμεσο κατάστρωμα	Γιά το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα δεν παρατηρήθηκε σχεδόν καμμία διαρροή πετρελαίου. Το πετρέλαιο μεταφέρεται από τις δεξαμενές που έχουν υποστεί βλάβη σε άλλους χώρους. Γιά το Δ/Π διπλής γάστρας κάποιες ποσότητες φορτίου διαρρέουν στη θάλασσα. Η διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα υπερτερεί και σε αυτή την περίπτωση.
7	Μεγάλα ατυχήματα	Προσάραξη	Γιά το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα στις περισσότερες περιπτώσεις ατυχήματος προσάραξης δεν συμβαίνει καμμία διαρροή πετρελαίου. Γιά το Δ/Π διπλής γάστρας μέρος του φορτίου συγκρατείται στο χώρο του διπυθμένου. Κάποιες ποσότητες διαρρέουν στη θάλασσα, εξαρτάται από την ποσότητα που χωράει στο διπύθμενο και από την έκταση της βλάβης. Η διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα υπερτερεί σαφώς έναντι αυτής της διπλής γάστρας.



Σχήμα 1 - Διάταξη δεξαμενοπλοίου διπλής γάστρας



Σχήμα 2 - Διάταξη και αρχή λειτουργίας Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα



Σχήμα 3 - Διάταξη δεξαμενοπλοίου με ενδιάμεσο κατάστρωμα - το Coulombi Egg

Η Mitsubishi Heavy Industries συνέκρινε το δεξαμενόπλοιο με ενδιάμεσο κατάστρωμα που σχεδίασε με τη διάταξη διπλής γάστρας στους εξής τομείς:

- Διάφορες περιπτώσεις ατυχημάτων
- Λειτουργικότητα της διάταξης (φορτοεκφόρτωση, ευκολία συντήρησης και επισκευών.
- Ευστάθεια
- Ασφάλεια
- Κόστος κατασκευής - κόστη συντήρησης και επισκευών

#### 4.1 Τα συμπεράσματα των μελετών

Οι επιμέρους μελέτες μας οδήγησαν σε κάποια συμπεράσματα. Τα συμπεράσματα αυτά διατυπώθηκαν ανά τομέα σύγκρισης και αξίζει να τα αναφέρουμε.

##### α) Κύριες διαστάσεις και γενική διάταξη

Οι κύριες διαστάσεις των Δ/Π απλού πυθμένα, διπλού πυθμένα και με ενδιάμεσο κατάστρωμα (όλα κατηγορίας VLCC) είναι οι ίδιες. Παρατηρούμε ότι οι διατάξεις του σκάφους με ενδιάμεσο κατάστρωμα έχουν το μεγαλύτερο αριθμό δεξαμενών φορτίου και

έροματος (πολλές δεξαμενές με μικρές σχετικά διαστάσεις) εξαιτίας της υποδιαίρεσης που προκύπτει με την τοποθέτηση της οριζόντιας φρακτής. Ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών έχει και θετικές και αρνητικές συνέπειες όπως θα δούμε πιο κάτω.

β) Αποτελεσματικότητα των διατάξεων ως προς την αποφυγή της ύπανσης σε ατυχήματα πλευρικής σύγκρουσης και προσάραξης

Κατ' αρχήν θα επισημάνουμε το γεγονός ότι οι διατάξεις διπλής γάστρας αλλά και οι διατάξεις με ενδιάμεσο κατάστρωμα υπερτερούν σαφώς έναντι των παλαιότερων συμβατικών διατάξεων ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην αποφυγή της εκροής πετρελαίου στη θάλασσα σε περίπτωση ατυχήματος. Επομένως η σύγκριση θα γίνει μεταξύ των δύο νεότερων διατάξεων. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης περιλαμβάνονται στον Πίνακα 2.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει, και αυτό με βάση όλες τις μελέτες που διεξήχθησαν, είναι ότι η διάταξη των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων ατυχήματος έναντι αυτών με διπλή γάστρα.

Η ύπαρξη του ενδιάμεσου κατα-

στρώματος έχει αποτέλεσμα:

- Την μεγαλύτερη υποδιαίρεση των χώρων φορτίου. Έτσι κάθε δεξαμενή περιέχει μικρότερες ποσότητες πετρελαίου και επομένως σε περίπτωση ζημίας της η ποσότητα φορτίου που πιθανώς θα διαρρεύσει, να είναι μικρότερη από εκείνη που διαρρέει από μια διάταξη διπλής γάστρας που έχει υποστεί την ίδια ακριβώς ζημία.
- Η υδροστατική πίεση του πετρελαίου γίνεται κατά πολύ μικρότερη από αυτή του θαλασσινού νερού, με αποτέλεσμα σε περίπτωση βλάβης το νερό να εμποδίζει τις ποσότητες του πετρελαίου να διαρρεύσουν στη θάλασσα.

##### γ) Αντοχή

Η διαμήκης αντοχή των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα, εξασφαλίζεται με λίγο μικρότερες ποσότητες χάλυβα από αυτές που χρησιμοποιούνται στα διπλής γάστρας (περίπου 2-5% λιγότερο).

Όμως το τελικό κόστος κατασκευής είναι περίπου το ίδιο για τους δύο τύπους δεξαμενόπλοιων καθώς, τα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα απαιτούν αυξημένα δίκτυα σωληνώσεων των ολοίων το κόστος ισοβαμεί το οικονομικό όφελος από

των χάλυβα. Τελικά η διαμήκης αντοχή δεν αποτελεί κριτήριο σύγκρισης των δύο νέων τύπων, καθώς επαρκής αντοχή εξασφαλίζεται με περίπου ίδιο κόστος κατασκευής.

#### δ) Ασφάλεια

Ασφάλεια της διάταξης ως προς την:

- Πιθανότητα πρόκλησης εκρήξεων στους χώρους έρματος

Η πιθανότητα πρόκλησης εκρήξεων στους χώρους έρματος είναι κατά πολύ αυξημένες στη διάταξη διπλής γάστρας παρά στη διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Αυτό συμβαίνει διότι η έκταση της επιφάνειας με την οποία συνορεύουν οι δεξαμενές έρματος με τις δεξαμενές φορτίου, είναι αρκετά μεγαλύτερη στη διάταξη διπλής γάστρας.

Συγκεκριμένα στο Coulombi Egg η συνοριακή επιφάνεια μεταξύ των χώρων φορτίου και των χώρων έρματος αποτελούν μόλις το 30% αυτών που υπάρχουν σε ένα δεξαμενόπλοιο διπλής γάστρας και στο Δ/Π της Mitsubishi με ενδιάμεσο κατάστρωμα το 60%. Έτσι η πιθανότητα διαρροής πετρελαίου στους χώρους έρματος και κατ' επέκταση η πιθανότητα εκρήξεων είναι αυξημένη. Επιπλέον η διαμόρφωση του χώρου μεταξύ του διπλής γάστρας, προσφέρει ενόψει διόδου στην εξάπλωση των εκρήξεων σε όλο το μήκος του πλοίου και πρόκληση σοβαρών ζημιών.

- Πιθανότητα πρόκλησης πυρκαϊάς

Η πυρκαϊά στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα εξαπλώνεται με τον συνηθισμένο τρόπο όπως στα συμβατικά δεξαμενόπλοια απλής γάστρας ενώ στα διπλής γάστρας υπάρχει αυξημένος κίνδυνος να εξαπλωθεί μέσω του χώρου μεταξύ της διπλής γάστρας και να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη κατάσταση.

- Δυνατότητα ανάσωσης μετά από ατύχημα

Κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος κάποιοι χώροι και στις δύο διατάξεις καταλλίζονται. Στη διάταξη διπλής γάστρας έχουν κατακλίση του χώρου μεταξύ της διπλής γάστρας που οδηγεί σε σημαντική απώλεια άντωσης. Η απώλεια αυτή κάνει ιδιαίτερα δύσκολη την ανάσωση του οκάφους σε περίπτωση ατυχήματος και το καθιστά ανασφαλές αφού είναι δυνατή μέχρι και η βύθισή του. Τα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι περισσότερο ασφαλή σε αυτή την περίπτωση, καθώς η χαμένη άντωση δεν είναι απαγορευτική για την ανάσωση του ναυα-

γίου στην πλειοψηφία των περιπτώσεων.

#### ε) Λειτουργικότητα της διάταξης

Θα εξετάσουμε την λειτουργικότητα της διάταξης ως προς την :

- Φόρτωση, εκφόρτωση δεξαμενών έρματος και φορτίου

Ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών φορτίου δεν επηρεάζει το χρόνο φόρτωσης του πετρελαίου. Οι χρόνοι που απαιτούνται είναι ίδιοι περίπου στις διατάξεις διπλής γάστρας και με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Αντίθετα με τις δεξαμενές φορτίου, οι δεξαμενές έρματος των Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα απαιτούν πολύ μεγαλύτερο χρόνο φόρτωσης και εκφόρτωσης από αυτές του Δ/Π διπλής γάστρας (το διπλής γάστρας είναι ένας ενιαίος χώρος, γεγονός που διευκολύνει τον ερματισμό του).

- Προετοιμασία για δεξαμενισμό

Και σε αυτή την περίπτωση ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών του Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα καθυστερεί την προετοιμασία του για δεξαμενισμό.

- Επιθεώρηση των δεξαμενών

Στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα, ο μεγάλος αριθμός των δεξαμενών φορτίου αυξάνει το χρόνο επιθεώρησής τους. Παρά τη μικρή χρονική καθυστέρηση, η επιθεώρηση δεν είναι δύσκολη καθώς οι χώροι φορτίου είναι μεγάλοι και προσιτοί. Παρομοίως, στα Δ/Π διπλής γάστρας, η επιθεώρηση των δεξαμενών φορτίου δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Η επιθεώρηση των δεξαμενών έρματος στη διάταξη διπλής γάστρας (δηλαδή του χώρου μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού τοιχωμάτων του πλοίου) είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα. Αυτό οφείλεται στη διαμόρφωσή του, καθώς είναι πολύ στενός με μεγάλο αριθμό ενισχυτικών που δεν επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση.

Επιπλέον, στους χώρους αυτούς απαιτείται και επιθεώρηση των προστατευτικών επιστρωμάτων που καλύπτουν τις επιφάνειες για αντιδιαβρωτική προστασία. Και αυτή η επιθεώρηση είναι δύσκολη, όχι μόνο εξαιτίας της διαμόρφωσης του χώρου αλλά και λόγω της μεγάλης έκτασης των επενδεδυμένων επιφανειών.

Η επιθεώρηση των δεξαμενών έρματος στα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα είναι αρκετά εύκολη καθώς οι χώροι είναι προσιτοί και ευρύχωροι. Επίσης, η επενδεδυμένη επιφάνεια που απαιτεί επιθεώρηση

είναι μέχρι και τρεις φορές μικρότερη από αυτή των Δ/Π διπλής γάστρας.

Στο σύνολό της η διαδικασία της επιθεώρησης θεωρείται πολύ ευκολότερη και συντομότερη στη διάταξη με ενδιάμεσο κατάστρωμα παρά στη διάταξη διπλής γάστρας.

στ) Συντήρηση δεξαμενών φορτίου και έρματος

Όταν αναφερόμαστε στους όρους συντήρησης και επισκευής εννοούμε εργασίες όπως η τοποθέτηση προστατευτικών επιστρωμάτων και βαφών για την προστασία από τη διάβρωση, την κοπή και συγκόλληση ελασμάτων, τον έλεγχο και την επιδιόρθωση των συγκολλήσεων κ.ά.

Η ευκολία διεξαγωγής αυτών των εργασιών εξαρτάται από την διαμόρφωση του χώρου στον οποίο εκτελούνται, δηλαδή κατά πόσο ο εκάστοτε χώρος είναι προσιτός και ευρύχωρος, αν είναι εύκολος ο καθαρισμός του, ο εξερισμός του, η τοποθέτηση σκαλωσιών και η μεταφορά των απαραίτητων εξοπλισμών. Η ευκολία με την οποία γίνονται οι εργασίες συντήρησης και επισκευών στις δεξαμενές των Δ/Π είναι πολύ σημαντική και πρέπει να ελεγχθεί διότι από αυτήν εξαρτάται το κόστος συντήρησης και επισκευών, που αποτελεί αρκετά σημαντικό παράγοντα για έναν πλοιοκτήτη στην επιλογή του δεξαμενόπλοιο που πρόκειται να αποκτήσει.

Στην περίπτωση των δεξαμενών φορτίου οι χώροι είναι μεγάλοι και προσιτοί και στις δύο διατάξεις, επομένως όλες οι εργασίες συντήρησης και επισκευής γίνονται με ευκολία. Στην περίπτωση των δεξαμενών έρματος η συντήρηση και οι επισκευές είναι κατά πολύ δυσκολότερες στα δεξαμενόπλοια με διάταξη διπλής γάστρας. Αυτό οφείλεται:

- στη διαμόρφωση του χώρου των δεξαμενών έρματος (ο χώρος μεταξύ των διπλών τοιχωμάτων). Πρόκειται για μικρό σε διαστάσεις χώρο με πολλά ενισχυτικά μέσα στον οποίο οι εργασίες συντήρησης και επισκευών γίνονται δύσκολα και απαιτούν περισσότερο χρόνο.

- στη μεγάλη επιφάνεια των δεξαμενών έρματος που απαιτούν ειδική επένδυση για την προστασία του έναντι διάβρωσης.

#### ζ) Ευστάθεια

Και οι δύο δεξαμενές έχουν πολύ καλή ευστάθεια στην άθικτη κατάσταση. Μετά από βλάβη, το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα επιδεικνύει πολύ

καλή ευστάθεια. Στην περίπτωση του Δ/Π διπλής γάστρας χρειάζεται προσεκτική μελέτη της διαμήκους και εγκάρσιας υποδιαίρεσης κατά το σχεδιασμό του πλοίου για την ευστάθεια μετά από ζημία.

#### η) Κόστη

Η κατασκευή Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα δεν έχει αρχίσει ακόμα και έτσι δεν έχουμε πραγματικά στοιχεία κόστους κατασκευής για να γίνει ακριβής σύγκριση. Οι εκτιμήσεις των μελετητικών γραφείων είναι ότι η διαφορά κόστους κατασκευής των δύο διατάξεων δεν θα είναι πολύ μεγάλη.

Η Mitsubishi προβλέπει κόστος κατασκευής για το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα που σχεδίασε το πολύ 2% μικρότερο από μια αντίστοιχη διάταξη διπλής γάστρας. Για τις υπόλοιπες διατάξεις με ενδιάμεσο κατάστρωμα ξέρουμε ότι το βάρος του χρησιμοποιούμενου χάλυβα είναι περίπου 5% λιγότερο από αυτό που χρησιμοποιείται στα Δ/Π διπλής γάστρας, όμως το τελικό κόστος κατασκευής είναι το ίδιο για τους δύο τύπους δεξαμενόπλοιων καθώς τα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα απαιτούν αυξημένα δίκτυα σωληνώσεων, των οποίων το κόστος ισοβαθεί σχεδόν με το οικονομικό όφελος από την χρησιμοποιούμενη ποσότητα χάλυβα. Επομένως, το κόστος κατασκευής δεν αποτελεί μέτρο σύγκρισης καθώς είναι περίπου το ίδιο για τις δύο διατάξεις.

Εδώ αξίζει να τονίσουμε πως τα ναυπηγεία που έχουν ήδη κατασκευάσει δεξαμενόπλοια διπλής γάστρας, αναφέρουν πως το κόστος τους είναι αυξημένο κατά 25-30% σε σχέση με τα συμβατικά δεξαμενόπλοια ίδιου μεγέθους. Κατά συνέπεια, το ίδιο ισχύει και για τα Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Το συμπέρασμά μας λοιπόν είναι ότι οι νέες διατάξεις έχουν αρκετά αυξημένο κόστος συγκριτικά με τις τιμές που επικρατούσαν μέχρι σήμερα.

Τα κόστη συντήρησης και επισκευών είναι αυξημένα στα Δ/Π διπλής γάστρας εξαιτίας της δύσκολης συντήρησης και επισκευής των δεξαμενών έρματος (οι λόγοι αναφέρθηκαν πιο πάνω στην παράγραφο στ). Η αυξημένη τιμή αυτής της συνισταμένης του συνολικού κόστους είναι ένα από τα σοβαρότερα μειονεκτήματα της διάταξης αυτής.

#### 5. Γενικά συμπεράσματα

Κλείνοντας το σύντομο αυτό άρθρο, θα αναφέρουμε συγκριτικά κάποια τελευταία γενικά συμπεράσματα:

1. Οι νέοι κανονισμοί της MARPOL (13F, 13G Annex 1) υποχρεώνουν όλα τα νέα δεξαμενόπλοια άνω των 5000 τόννων dwt να είναι είτε διπλής γάστρας, είτε με ενδιάμεσο κατάστρωμα. Επομένως, τα συμβατικά δεξαμενόπλοια αποτελούν παρελθόν για τη ναυπηγική βιομηχανία. Παραχώρησαν πλέον οριστικά τη θέση τους στη νέα γενιά δεξαμενοπλοίων.

2. Η OPA '90 αποδέχεται μέχρι τώρα μόνο τις διατάξεις διπλής γάστρας. Μετά όμως από την αποδοχή των διατάξεων με ενδιάμεσο κατάστρωμα από τον IMO, την πολύ καλή επίδοσή τους, σύμφωνα με τις μελέτες που διεξήχθησαν και την πίεση από τους πλοιοκτήτες που εμπορεύονται στα αμερικανικά χωρικά ύδατα, η εκτίμησή μας είναι ότι θα αναθεωρηθεί τις διατάξεις της στο μέλλον.

3. Τα περισσότερα ναυπηγεία αποφάσισαν την κατασκευή των Δ/Π διπλής γάστρας. Στην απόφαση αυτή οδηγήθηκαν επηρεασμένα από την OPA '90 και την επιφυλακτική στάση που τήρησαν οι νηογνώμονες και ο IMO έναντι των νεωτέρων διατάξεων με ενδιάμεσο κατάστρωμα μέχρι να ολοκληρωθούν οι απαιτούμενες μελέτες.

Όμως, μετά την αποδοχή των διατάξεων με ενδιάμεσο κατάστρωμα από τον IMO και σε συνδυασμό με τις πολύ καλές κριτικές που απέσπασαν από τα αποτελέσματα των διαφόρων μελετών αναμένεται να αρχίσει και η δική τους ναυπήγηση και έτσι να αποκτήσουν τη θέση που δικαιωματικά τους ανήκει στο χώρο της ναυπηγικής βιομηχανίας.

4. Το Δ/Π με ενδιάμεσο κατάστρωμα της Mitsubishi είναι μια ήδη ολοκληρωμένη μελέτη που αναμένει παραγγελία, γι' αυτό ίσως να είναι από τα πρώτα δεξαμενόπλοια με ενδιάμεσο κατάστρωμα που θα κατασκευαστούν.

5. Το Coulombi Egg που κατετάγη πρώτο σε επιδόσεις στη μελέτη της Intertanko αναμένεται να προκαλέσει το ενδιαφέρον των πλοιοκτητών και επομένως, κάποιο ναυπηγείο θα εκφράσει την επιθυμία να κατασκευάσει.

6. Η νέα γενιά των δεξαμενόπλοιων απαιτεί αυξημένο κόστος κτήσης και συντήρησης για τους πλοιοκτήτες οι οποίοι θα επιδιώξουν να αυξηθούν οι ναύλοι και αυτό πιθανόν να προκαλέσει κάποια οικονομική ανατα-

ραχή στο χώρο της διεθνούς ναυτιλίας δεξαμενόπλοιων. Όλοι όμως πρέπει να συνειδητοποιήσουμε πως το κόστος για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος δεν είναι ποτέ πολύ μεγάλο σε σχέση με το όφελος που αποκομίζει η ανθρωπότητα σήμερα και στο μέλλον.

#### Βιβλιογραφία

1. Στρέζου Β. "Νέα γενιά δεξαμενοπλοίων VLCCs - σύγκριση των προτεινόμενων διατάξεων με ιδιαίτερη έμφαση στην αντοχή της μεταλλικής κατασκευής". Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1993.
2. American Bureau of Shipping Summary report of MEPC 32 Meeting March 1992, New York.
3. American Bureau of Shipping U.S. Oil Pollution Act of 1990 - a Summary. September 1990, New York.
4. "Intertanko evaluates enhanced mid-deck tanker". Article appearing in The Naval Architect, RINA, London, 1991, p E291.
5. Bjorkman A. Coulombi Egg Oil Tanker - Design, Construction and Certification. Handbook, Monaco, August 1991.
6. Mitsubishi Heavy Industries (Europe) Ltd. Mid-deck Tanker. Report, London, November 1990.
7. Det norske Veritas Classification A/S. Potential Oil Spill from Tankers - a Comparative Study. DnV Classification News, Oslo, March 1991.
8. Paik J.K. Chang Y.K. "A new structural design concept of oil pollution prevention - Concept, Verification Test, Prototype Design and Safety Evaluation". In: PRADS '92, Caldwell J. (Ed), Newcastle-upon-Tyne, U.K., 1992.
9. Daewoo S.H.M. Midship Section and Typical Transverse Bulkhead. Report, October 1991.
10. "IHI ready for double-hull VLCC contracts with new 250.000 dwt ton design." Article appearing in The Naval Architect, RINA, London, 1992, p E489.
11. "Hitachi's first double-hull VLCC to be delivered in January". Article appearing in The Naval Architect, RINA, London, 1992, p. E483.