



Θαλάσσια τεχνολογία - προοπτικές ανάπτυξης

του Σ.Α. Μαυράκου*

1. Εισαγωγή. Θαλάσσια Έρευνα - Θαλάσσια Τεχνολογία

Η κιβωτός του Νώε, με μήκος 300 γυάρες και πλάτος 50, δηλαδή με ένα λόγο διαστάσεων μήκους προς πλάτος, $L/B=6.0$, τον ίδιο ουσιστικά με αυτόν ενός σημερινού τυπικού εμπορικού πλοίου, αποτελεί με βεβαιότητα το πρώτο καταγεγραμμένο αυτόνομο σύστημα που παρέμεινε για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 150 ημερών στον Ωκεανό, όταν ο τελευταίος κατελάμβανε το σύνολο της επιφάνειας της γης. Ακόμα και σήμερα, το 70% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από θάλασσα, ξεπερνά δε κατά πολύ το ζωτικό χώρο της ξηράς. Εκατομμύρια από πλοία, πλατφόρμες και παντός είδους ναυπηγήματα, δηλαδή θαλάσσιες κατασκευές, βρίσκονται σε λειτουργία, ενώ παράλληλα η χρήση καθώς και η προστασία της θάλασσας και των πλουτοπαραγωγικών πηγών της απέκτησαν οικουμενική σημασία. Παρ' όλο που η συνέχιση της ανθρωπότητας δεν εξαρτάται σήμερα πια από μία κιβωτό, γίνεται συνεχώς εμφανέστερο ότι η ζωή και η διατήρησή της στον πλανήτη μας είναι συνυφασμένες αχώριστα με τη θάλασσα.

Η εξερεύνηση και χρησιμοποίηση των ωκεανών και των πλουτοπαραγωγικών πηγών τους, καθώς και η προστασία της θάλασσας και των ακτών,

αποτελούν το αντικείμενο δύο μεγάλων περιοχών του επιστητού: της θαλάσσιας έρευνας και της θαλάσσιας τεχνολογίας. Οι απαρχές της μοντέρνας θαλάσσιας έρευνας φθάνουν στον 19ο αιώνα. Από τις βασικές αρχές της θαλάσσιας έρευνας του τότε, αναπτύχθηκε στον αιώνα μας πληθώρα γνωστικών αντικειμένων των φυσικών επιστημών, όπως για παράδειγμα η θαλάσσια μετεωρολογία, η θαλάσσια γεωλογία, γεωφυσική και βιολογία, η φυσική ωκεανογραφία, κ.ά. (βλ. σχήμα 1).

Γνώσεις που προέρχονται από τη θαλάσσια έρευνα αποτελούν το απαραίτητο υπόβαθρο για την εκμετάλλευση ή αντίστοιχα τη διατήρηση των θαλάσσιων πλουτοπαραγωγικών πόρων, όπως για παράδειγμα των παντός είδους αλιευμάτων ή του ορυκτού πλούτου της θάλασσας, του πυθμένου και του υπεδάφους της. Τα αποτελέσματά της εξηγηρετούν επίσης, στην προστασία από και στην καταπολέμηση της θαλάσσιας ρύπανσης, στην κατανόηση των φυσικών διαδικασιών στις ακτές και στις παράκτιες περιοχές, καθώς και στη χρήση των γνώσεων για την αλληλεπίδραση ωκεανού και ατμόσφαιρας.

Η κατανόηση και επίλυση των ουσιωδών προβλημάτων που εμφανίζονται κατά τη χρήση και προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και των πλουτοπαραγωγικών του πόρων, καθόρισαν σε σημαντικό βαθμό όχι μόνον

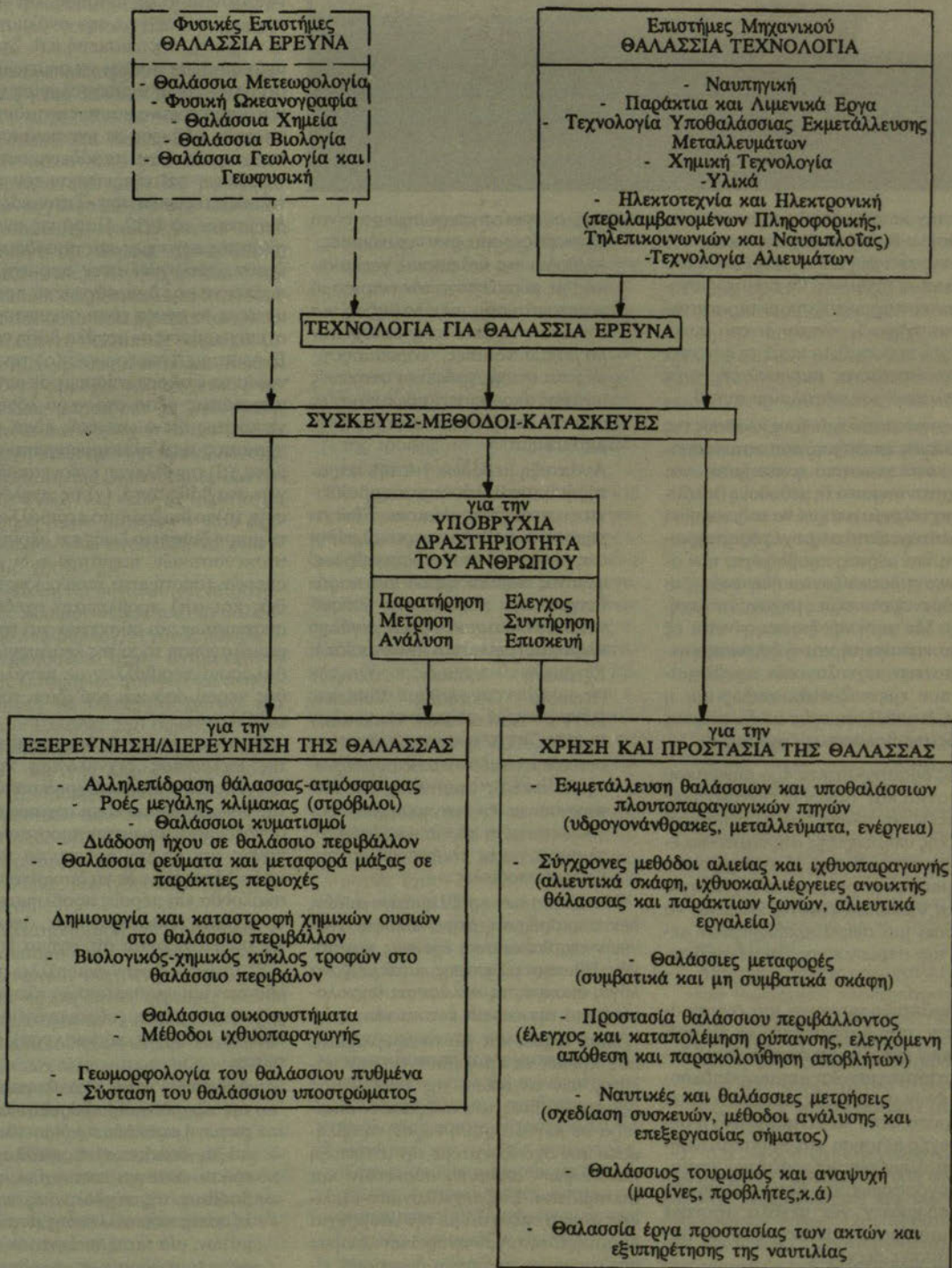
το παρελθόν, αλλά από ό,τι φαίνεται θα καθορίσουν πολύ περισσότερο το μέλλον της ζωής στη γη [1]. Η αντιμετώπισή τους απαιτείσε τεχνολογία που αναπτύχθηκε από τους κλασικούς τεχνολογικούς κλάδους των επιστημών του μηχανικού, όπως για παράδειγμα τη ναυπηγική, τα λιμενικά και παράκτια έργα, την τεχνολογία υποθαλάσσιας εκμετάλλευσης μεταλλευμάτων, την ηλεκτρολογία και ηλεκτρονική, κ.ά. (σχήμα 1).

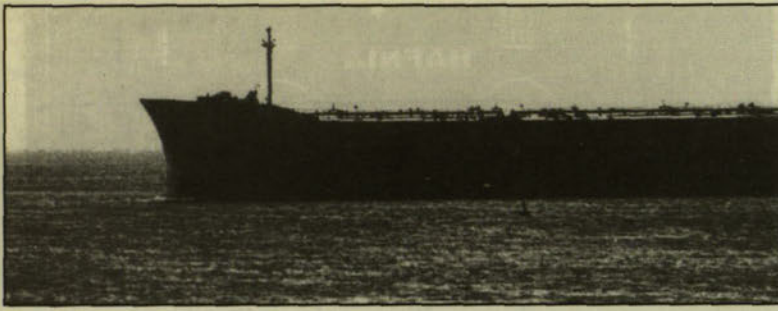
Από τη διαπλοκή των τεχνολογικών αυτών κλάδων κατά την από κοινού επεξεργασία προβλημάτων σε δραστηριότητες όπου η θάλασσα αποτελεί ουσιώδη παράμετρο, αναπτύχθηκε εν τέλει η θαλάσσια τεχνολογία ως ένας νέος κλάδος των επιστημών του μηχανικού [2-4].

2. Ορισμός και περιοχές δραστηριοτήτων της Θαλάσσιας Τεχνολογίας

Όπως προκύπτει από τη σχετική διεθνή εμπειρία [1-4], και απεικονίζεται και στις εισαγωγικές παρατηρήσεις του άρθρου αυτού, ο όρος Θαλάσσια Τεχνολογία (Ocean Engineering, Marine Technology σε αγγλοσαξωνική ορολογία) καλύπτει, εξ ορισμού, όλες τις δραστηριότητες μηχανικού που σχετίζονται με την εξερεύνηση/διερεύνηση, τη χρήση και την προστασία της θάλασσας και των πλουτοπαραγωγι-

(*) Ο Σ. Μαυράκος είναι Αναπλ. Καθηγητής στο Τμ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχανικών ΕΜΠ.





κών πηγών της, περιλαμβάνοντας τη θαλάσσια ατμόσφαιρα, τις ακτές και την επιφανειακή και υπόγεια δομή του θαλάσσιου πυθμένα. Οι δραστηριότητες αυτές παρουσιάζονται παραστατικά στο σχήμα 1, γίνεται δε στη συνέχεια μια προσπάθεια κατά το δυνατόν εμπειροστατωμένης παρουσιάσής τους στα πλαίσια του κεφαλαίου αυτού.

Σε αντιδιαστολή με τους κλάδους της θαλάσσιας επιστήμης που κατατάσσονται κατά γνωστικό αντικείμενο και διακρίνονται κατά τη μέθοδο, η θαλάσσια τεχνολογία μπορεί να ταξινομηθεί ευκολότερα κατά περιοχές δραστηριοτήτων, επί μέρους προβλήματα των οποίων αντιμετωπίζονται ήδη από τις υφιστάμενες επιστήμες μηχανικού (σχήμα 1). Με αυτή την έννοια, γίνεται εξ άλλου κατανοητή και η διεπιστημονικότητα των τεχνολογικών προβλημάτων που εμφανίζονται, καθώς και η στενή διασύνδεσή τους με διάφορους τομείς της θαλάσσιας έρευνας.

Στις δραστηριότητες του μηχανικού υπάγονται κατ' αρχήν οι τεχνολογικές εξελίξεις που σκοπό έχουν την παροχή τεχνικής υποστήριξης στη θαλάσσια έρευνα αυτή καθ' αυτή. Η περιοχή αυτή, που μπορεί να ονομασθεί **τεχνολογία για τη θαλάσσια έρευνα**, καλείται να επιλύσει μια σειρά προβλημάτων μεταξύ των οποίων είναι και τα ακόλουθα:

- Ανάπτυξη οργάνων και συστημάτων αυτοματοποιημένων θαλάσσιων μετρητικών συσκευών με δυνατότητα ταχείας μεταφοράς δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, σε τρόπο ώστε να είναι δυνατή η συνεχής μέτρηση και παρακολούθηση όλων των απαραίτητων ωκεανογραφικών και μετεωρολογικών δεδομένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα και εκτεταμένες θαλάσσιες περιοχές.
- Εργαστηριακές μέθοδοι για τη θαλάσσια βιολογία, γεωλογία και γεωφυσική, με σκοπό τη συστηματική της έρευνας και την αυτοματοποίηση των μεθόδων ανάλυ-

σης, οι οποίες μέχρι σήμερα είναι χρονοβόρες και αντιοικονομικές.

- Μέθοδοι της θαλάσσιας γεωφυσικής, με κύριο στόχο τον εντοπισμό κοιτασμάτων σε μεγάλο βάθος, για τον οποίο πρέπει να αναπτυχθούν μαγνητοδυναμικές, υδροακουστικές και σεισμογραφικές συσκευές υψηλής ακριβείας, καθώς και νέες μέθοδοι επεξεργασίας δεδομένων με H/Y.
- Ανάπτυξη μεθόδων για την παρατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε μεγάλη κλίμακα. Εδώ ανήκουν οι μέθοδοι παρακολούθησης από τεχνητούς δορυφόρους, γεγονός που επιτρέπει για παράδειγμα την παρατήρηση επιφανειακών θαλάσσιων ροών μεγάλης κλίμακας (ρευμάτων, δινών κ.λ.π.).
- Σχεδίαση ειδικών σκαφών (Remote Operating Vehicles, ROV's: Autonomous Underwater Vehicles, AUV's), τα οποία είτε είναι συνδεδεμένα μέσω καλωδίου με ερευνητικό σκάφος επιφανείας, είτε λειτουργούν με εκ των προτέρων προγραμματισμένη πορεία και είναι εξοπλισμένα για τις πλέον ποικίλες υποβρύχιες αποστολές.

Η επίλυση των προβλημάτων αυτών, δεν περιορίζεται στην κάλυψη αναγκών της θαλάσσιας έρευνας και μόνον. Εξυπηρετεί επίσης, κατά μείζονα λόγο, σκοπούς της θαλάσσιας τεχνολογίας υπό την ευρεία έννοια του όρου.

Αυτό ισχύει και για τα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν για την κάλυψη των αναγκών της υποβρύχιας δραστηριότητας του ανθρώπου, ιδιαίτερα σε μεγάλα βάθη νερού, προβλήματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη κατάλληλων σκαφών, συσκευών και συστημάτων. Στις τεχνολογικές εξελίξεις που σχετίζονται με την υποβρύχια δραστηριότητα του ανθρώπου, ανήκει κατ' αρχήν η ανάπτυξη διαφόρων ειδών καταδυτικών σκαφών ή υποβρύχιων σταθμών ενδιαίτησης με τη βοήθεια των οποίων ο άνθρωπος μπορεί να φθάσει σε οποιοδήποτε βάθος νερού διατηρώντας τις συνηθισμένες

συνθήκες του περιβάλλοντος, δηλαδή ουσιαστικά την ατμοσφαιρική πίεση, και εκεί να αναλάβει εργασίες που σχετίζονται με τη μέτρηση, την παρατήρηση, τον έλεγχο, την ανάλυση, την συντήρηση, την επισκευή κ.ά. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας για τη θαλάσσια έρευνα και των καταδυτικών σκαφών, οδήγησε σε εντυπωσιακές επιτυχίες, όπως για παράδειγμα στην ανακάλυψη και εξερεύνηση του πολυτελούς περωκεανίου «Τιτανικός» που βυθίστηκε το 1912. Παρά τις αναμφισβήτητες επιτυχίες και προόδους που έχουν επιτευχθεί στην περιοχή, δεν πρέπει να μας διαφεύγουν τα προβλήματα με τα οποία είναι συνυφασμένες οι επιχειρήσεις σε μεγάλα βάθη νερού. Ενδεικτικά αναφέρουμε: (α) την αδυναμία να επικοινωνήσουμε σε μεγάλες αποστάσεις μέσα στο νερό λόγω του γεγονότος ότι ο ωκεανός είναι αδιαπεραστός από ηλεκτρομαγνητικά κύματα, (β) την έλλειψη ενεργειακών πηγών στα βάθη αυτά, (γ) τις υψηλές πιέσεις, (δ) το διαβρωτικό περιβάλλον, (ε) τη μικρή διάρκεια ζωής επί μέρους κατασκευαστικών τμημάτων των κατασκευών (συστήματα αγκύρωσης), καθώς και (στ) προβλήματα σχεδίασης συστημάτων και συσκευών για την παρακολούθηση τόσο της λειτουργίας σε θαλάσσιο περιβάλλον με μεγάλο βάθος νερού όσο και του ίδιου του περιβάλλοντος.

Οι κύριες περιοχές δραστηριοτήτων της **θαλάσσιας τεχνολογίας** προκύπτουν από την ωφέλιμη χρησιμοποίηση της θάλασσας που είναι αναπόφευκτα συνδεδεμένη και με την προστασία της, καθώς και με την προστασία των ακτών. Μπορούμε δε να διακρίνουμε τα ακόλουθα επί μέρους προβλήματα κατά περιοχή δραστηριότητας, όπως αυτές απεικονίζονται στο σχήμα 1:

Σ' ό,τι αφορά στην εκμετάλλευση θαλάσσιων και υποθαλάσσιων πλουτοπαραγωγικών πόρων (υδρογονάνθρακες, ορυκτά, ενέργεια, πόσιμο νερό), απαιτείται:

- Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για την εξερεύνηση, εξόρυξη και παραγωγή ορυκτών πρώτων υλών από το θαλάσσιο περιβάλλον, σε τρόπο ώστε να επιτευχθεί, με τη βοήθεια της τεχνολογίας υποθαλάσσιας εκμετάλλευσης μεταλλευμάτων, μία κατά το δυνατόν ισόροπη τροφοδοσία σε μη σιδηρούχα μεταλλεύματα. Αυτό ισχύει κατά κύριο λόγο για την εκμετάλλευση κοιτασμάτων σε μεγάλο βάθος, όπου σήμερα αποδίδεται ιδιαίτερη σημασία στα αλκαλικά και μαγνα-

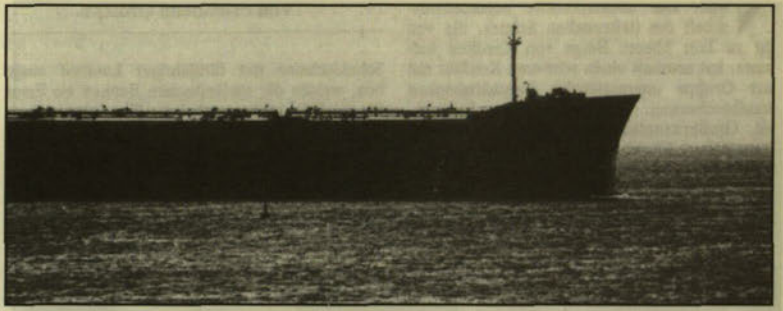
νούχα ορυκτά. Βέβαια η οικονομική αυτή δραστηριότητα είναι συνυφασμένη και με παράγοντες μη τεχνολογικούς, όπως για παράδειγμα γεωπολιτικοί σχεδιασμοί κ.ά.

- Για την πρωταρχικής σημασίας περιοχή της θαλάσσιας τεχνολογίας που ασχολείται με τον εντοπισμό, εξόρυξη και παραγωγή υδρογονανθράκων από το θαλάσσιο περιβάλλον και που είναι γνωστή με τον αγγλοσαξωνικό όρο Offshore Technology, είναι ιδιαίτερα σημαντική η εξέλιξη της τεχνολογίας για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από υποθαλάσσια κοιτάσματα που βρίσκονται σε αφιλόξενες θαλάσσιες περιοχές με μεγάλο βάθος (marginal fields). Όλες οι μέτριες τώρα σχετικές ενδείξεις μαρτυρούν τη ζωτική σημασία των περιοχών αυτών από άποψη οικονομικής εκμετάλλευσης.
- Εξέταση της δυνατότητας εξαγωγής ενέργειας από τα κύματα με χρήση νέων διατάξεων που βρίσκονται υπό ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια [5].

- Εξέταση της δυνατότητας παραγωγής πόσιμου νερού από το θαλάσσιο περιβάλλον, γεγονός που θα υποβοηθούσε στην αντιμετώπιση της λειψυδρίας που γίνεται ανησυχητική τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται ότι ορισμένες περιοχές της γης (Αραβική χερσόνησος), εξυπηρετούνται σχεδόν αποκλειστικά από εγκαταστάσεις αφάλατωσης θαλάσσιου νερού.

Σ' ό,τι αφορά στις σύγχρονες μεθόδους αλιείας και ιχθυοπαραγωγής, απαιτείται:

- Βελτιστοποίηση των μεθόδων εντοπισμού και σύλληψης των αλιευμάτων στην ανοικτή θάλασσα και τις παράκτιες περιοχές. Βελτιστοποίηση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αλιευμάτων επί των αλιευτικών πλοίων, ώστε να παράγονται επί τόπου προϊόντα έτοιμα για απ' ευθείας κατανάλωση, όσο και προϊόντα βαθείας καταψύξεως έτοιμα για επεξεργασία σε κάποιο επόμενο στάδιο της αλυσίδας παραγωγής κάτω από ασφαλείς συνθήκες υγιεινής.
- Ανάπτυξη της τεχνολογίας των ιχθυοκαλλιέργειων ανοικτής θάλασσας, σε τρόπο ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε τροφή του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού της γης, χωρίς τις άμε-



σες επιπτώσεις στο περιβάλλον και σε άλλες οικονομικές εκμεταλλεύσεις (τουρισμός) που εμφανίζουν οι μονάδες παράκτιας ιχθυοκαλλιέργειας. Στο σημείο αυτό σημειώνουμε ουσιαστικά τη μεταφορά στον ωκεανό αυτού που το ανθρώπινο είδος έκανε στη ξηρά πολλά χρόνια πριν, δηλαδή μετάβαση από το κνήγι και τη σύλληψη της τροφής, σε συστηματική καλλιέργειά της [1].

Οι δραστηριότητες της θαλάσσιας τεχνολογίας που σχετίζονται με τις μεταφορές και τις επικοινωνίες έχουν ιδιαίτερη σημασία σ' ένα κόσμο ολοένα και περισσότερο αλληλοεξαρτώμενο. Το 98% των διεθνώς μεταφερομένων αγαθών διακινούνται δια θαλάσσης, ενώ δεν φαίνονται σημαντικές προοπτικές αύξησης του υπολειπόμενου 2% που περιλαμβάνει τις επίγειες και εναέριας μεταφορές. Μερικά ενδεικτικά προβλήματα που σχετίζονται με τις θαλάσσιες μεταφορές υπό την ευρεία έννοια του όρου, είναι [2-4]:

- Ανάπτυξη σκαφών μη συμβατικής τεχνολογίας για τη μεταφορά αγαθών, επιβατών, κλπ. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα αυτό, όπου η ανάπτυξη ταχυπλόων σκαφών ικανών να αναπτύσσουν ταχύτητες που υπερβαίνουν τους 50 κόμβους και να λειτουργούν με ασφάλεια στο θαλάσσιο περιβάλλον, αναμένεται να οδηγήσει σε αντικατάσταση των υφιστάμενων επιβατικών και επιβατικών/οχηματαγωγών πλοίων συμβατικής τεχνολογίας και να συμπληρώσει τις εναέριας και οδικές μεταφορές. Τέτοια σκάφη μπορούν να βρουν επίσης εφαρμογή στη μεταφορά πολύτιμων ή αλλοιούμενων με την πάροδο του χρόνου αγαθών.
- Πόντιση καλωδίων για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας και επικοινωνίες. Τέτοιες δραστηριότητες είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την ανάπτυξη βιομηχανιών σε νησιωτικές ιδίως χώρες.

- Πόντιση υποθαλάσσιων αγωγών για μεταφορά πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

Σ' ό,τι αφορά στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από την ρύπανση των παράκτιων περιοχών που προκαλείται από οικιακά και κάθε είδους βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από πετρελαιοκηλίδες, απαιτείται:

- Ανάπτυξη αξιόπιστων μέτρων για την προστασία από τα απόβλητα, καθώς και για την καταπολέμηση της ρύπανσης. Τα συχνά ατυχήματα με τα πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, καθιστούν σαφή την ανάγκη ύπαρξης σχεδιασμού για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την ανάπτυξη μέσων για την άμεση και αποτελεσματική απομάκρυνση των πετρελαιοκηλίδων.
- Ανάπτυξη τεχνολογίας για το σχεδιασμό και την παρακολούθηση της ελεγχόμενης απόθεσης αποβλήτων στη θάλασσα.
- Εστίαση σε περιβαλλοντικά υγιή βιομηχανική ανάπτυξη, γεγονός που θέτει νέες απαιτήσεις σε συστήματα και εγκαταστάσεις που πρόκειται να λειτουργήσουν στο, ή σε συνδυασμό με το, θαλάσσιο περιβάλλον.
- Αποφυγή κακής εκμετάλλευσης των θαλάσσιων πλουτοπαραγωγικών πηγών. Αναφέρουμε για παράδειγμα την υπερβολική επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από μακροχρόνια ιχθυοκαλλιέργητική δραστηριότητα στην ίδια περιοχή.
- Σ' ό,τι αφορά στην τεχνολογική υποστήριξη για την εξερεύνηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και των δραστηριοτήτων χρήσης και προστασίας του, απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη των ναυτικών και θαλάσσιων μετρήσεων, ώστε να καλύπτονται με επιτυχία όχι μόνο οι απαιτήσεις της ναυτιλίας, αλλά και οι ανάγκες της οικονομικής εκμετάλλευσης των υποθαλάσσιων κοιτασμάτων, των θαλάσσιων κατα-



σκευών και της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Εδώ ανήκει και η περιοχή της τεχνογνωσίας που ασχολείται με την ανάπτυξη μεθόδων εντοπισμού, παρακολούθησης και ελέγχου της θέσης αντικειμένων σε θαλάσσιο περιβάλλον, με τη βοήθεια της υδροακουστικής, η αλματώδης ανάπτυξη της οποίας κατέστησε δυνατό τον εξ αποστάσεως εντοπισμό αντικειμένων στο θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς και τον προσδιορισμό της δομής των ωκεανών και της γεωμορφολογίας του πυθμένα (ακουστική τομογραφία και βαθυμετρία).

Σ' ό,τι αφορά στην ανάπτυξη του θαλάσσιου τουρισμού, αναψυχής καθώς και τη δυνατότητα επέκτασης της ζώνης οικονομικής εκμετάλλευσης της ξηράς, θα αναφέρουμε εδώ, ότι σε χώρες με πιεστικά προβλήματα γης (Ιαπωνία), ο ωκεανός χρησιμοποιείται για την παροχή ζεστού χώρου βιομηχανικής επέκτασης και διαμονής του πληθυσμού (πλωτά νησιά για εγκατάσταση πόλεων, αεροδρομίων, βιομηχανιών, καύσης αποβλήτων και απορριμάτων κ.ά.).

Τέλος, θα πρέπει να αναπτυχθεί περαιτέρω η τεχνογνωσία στα θαλάσσια έργα που σχετίζονται με την ναυτιλία και την προστασία των ακτών (πλωτοί κυματοθραύστες, κ.ά.).

Σε αντίθεση με την εκρηκτική ανάπτυξη άλλων τεχνολογικών κλάδων (π.χ. διαστημική τεχνολογία), όλες οι τεχνολογικές εξελίξεις που σχετίζονται με τη θάλασσα, ξεκινώντας από την κλασική ναυπηγική και καταλήγοντας στην τεχνολογία γεώτρησης, συνέβησαν προοδευτικά και χωρίς αντίστοιχους εντυπωσιακούς νεωτερισμούς. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γε-

γονός, ότι οι υφιστάμενες περιοχές της τεχνολογίας που επεξεργάζονται προβλήματα σχετιζόμενα με τη θάλασσα, όπως αυτά για παράδειγμα που αναφέρθηκαν προηγουμένα, λειτουργούν ασυντόνιστα, με αποτέλεσμα να υφίστανται μεταξύ τους ευρύτατα τεχνολογικά κενά, η θεμελίωση και κάλυψη των οποίων δεν έχει πλήρως αντιμετωπισθεί από τους εμπλεκόμενους τομείς των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Ποιές λοιπόν, θα πρέπει να είναι οι οργανωτικές μορφές που θα μπορέσουν να τα αντιμετωπίσουν με επιτυχία; Η επιζητούμενη απάντηση στο ερώτημα αυτό πάντως, όπως προκύπτει και από την παράθεση του ευρύτερου φάσματος σχετικών δραστηριοτήτων που έγινε προηγουμένα, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της ότι η τεχνολογική πρόοδος στην θάλασσα τεχνολογία, ως ζητούμενο, μπορεί να επιτευχθεί με στενή συνεργασία κλάδων των επιστημών του μηχανικού και της θαλάσσιας επιστήμης.

Όπως αναφέρθηκε και εισαγωγικά η θαλάσσια τεχνολογία είναι προσανατολισμένη κατά περιοχές δραστηριοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να συντονίσει την εμπειρία, τα μέσα και τις μεθόδους εργασίας από πάμπολλους τομείς της τεχνολογίας και των φυσικών επιστημών με μία διεπιστημονική συνεργασία, στην οποία η διαδικασία διάχυσης της πληροφορίας και της γνώσης θα παίζει ένα καθοριστικό ρόλο. Ακολουθώντας κατά συνέπεια το σκεπτικό αυτό, θα μπορούσε κάποιος να ισχυρισθεί ότι από οργανωτική άποψη ο συντονισμός των εργασιών στα εκάστοτε παρουσιαζόμενα έργα θαλάσσιας τεχνολογίας, θα μπορούσε να γίνει μέσω μιας ad hoc επι-

τροπής που θα αποτελέιτο από εκπροσώπους των εμπλεκόμενων περιοχών, και η οποία θα λειτουργούσε σαν μια ομάδα εργασίας. Η μέθοδος αυτή που έχει εφαρμοσθεί συχνά στο βιομηχανικό εργασιακό χώρο, οδηγεί μεν σε λύσεις των εκάστοτε παρουσιαζόμενων προβλημάτων, δεν μπορεί όμως να ικανοποιήσει πλέον, σε μακροχρόνια προοπτική, τα σημερινά και τα μελλοντικά προβλήματα που εμφανίζονται στη θάλασσα τεχνολογία, λαμβανομένης μάλιστα υπόψη της έκτασης και της πολυπλοκότητάς τους. Είναι κατά συνέπεια αναγκαία η δημιουργία αυτοδύναμων κέντρων που θα ασχοληθούν μακροχρόνια τόσο με την συστηματική κατανόηση, επεξεργασία και καταγραφή όλης της εμπειρίας και της γνώσης που αποκτήθηκε και που αποκόπεται κατά την αντιμετώπιση προβλημάτων στις διάφορες περιοχές δραστηριοτήτων της θαλάσσιας τεχνολογίας, όσο και με το συντονισμό όλων των εμπλεκόμενων επιστημόνων και την εξυπηρέτηση συναφών μελλοντικών αναπτυξιακών αναγκών.

Οι πρώτες εμπειρίες, σε διεθνές επίπεδο, από μία τέτοια εξέλιξη, μπορούν να καταγραφούν ήδη σήμερα. Η τεχνολογία των ιχθυοκαλλιεργειών, για παράδειγμα, κερδίζει από την αφαλάτωση του θαλάσσιου νερού μέσω των εξελίξεων στα ναυπηγικά υλικά, στους εναλλάκτες θερμοτήτας και στις αντλίες, που είναι απαραίτητες για τη χημική επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων θαλάσσιου νερού. Η ναυπηγική τεχνολογία κερδίζει από τις γνώσεις της θαλάσσιας βιολογίας και τις σχετικές έρευνες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Μπορεί γενικά δε, να διακινδυνεύσει κανείς την πρόβλεψη, ότι οι ήδη υπάρχουσες διεπιστημονικές συνεργασίες στην περιοχή της θαλάσσιας τεχνολογίας θα επεκταθούν και θα δημιουργήσουν και νέες που θα οδηγήσουν σε τεχνολογικές λύσεις των εκάστοτε προβλημάτων που θα παρουσιάζονται.

Τέλος δε, θα πρέπει να αναμένονται και κατά την αντίστοιχη φορά επιδόσεις της έρευνας που εκτελείται στην περιοχή της θαλάσσιας τεχνολογίας στους επί μέρους συμμετέχοντες κλάδους της τεχνολογίας καθ' εαυτούς. Έτσι, σ' ό,τι αφορά στη ναυπηγική, βελτώθηκαν οι μέθοδοι εντοπισμού και παρακολούθησης της πορείας πλεύσης σκαφών, λόγω των ακραίων απαιτήσεων της θαλάσσιας τεχνολογίας για τον ακριβή εντοπισμό και επανεύρεση στενά παρακευμένων περιοχών του θαλάσσιου πυθμένα. Επίσης, για τη βελτίωση της ευσταθούς συμπεριφοράς

σκαφών επιφανείας σε φυσικούς θαλάσσιους κυματισμούς, εκμεταλλευόμεστε γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τη σχεδίαση γεωτρητικών σκαφών που έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ευστάθεια. Κατά τον ίδιο τρόπο κερδίζει η χημική τεχνολογία από τις ακραίες απαιτήσεις που τίθενται για υλικά και συσκευές κατά την αφαλάτωση του νερού. Συνέπεια των εξελίξεων της υποθαλάσσιας έρευνας σε μεγάλα βάθη νερού, είναι και η βελτίωση των συσκευών υψηλής πίεσης. Στις Η.Π.Α., η τεχνολογία της θαλάσσιας έρευνας με τις ακραίες απαιτήσεις που θέτει στα δοχεία υψηλών πιέσεων σε ό,τι αφορά το μέγεθός τους και τις πιέσεις που ασκούνται σ' αυτά κατά τη χρήση τους σε μεγάλα βάθη νερού, ανέλαβε την πρωτοπορία στη σχετική τεχνολογία σε σχέση με τη χημική βιομηχανία, οι κατασκευαστικές απαιτήσεις της οποίας για τα δοχεία υψηλών πιέσεων που χρησιμοποιεί, ήταν μέχρι σήμερα καθοριστικές.

3. Πανεπιστημιακό Ερευνητικό Ινστιτούτο Ναυτικής και Θαλάσσιας Τεχνολογίας

Έχοντας κατά νου τις εξελίξεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, το Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., πρότεινε και η Σύγκλητος του Ιδρύματος ενέκρινε, τη δημιουργία Πανεπιστημιακού Ερευνητικού Ινστιτούτου Ναυτικής και Θαλάσσιας Τεχνολογίας καθώς και τη δημιουργία διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών σε Θαλάσσια Τεχνολογία. Σκοπός του Ινστιτούτου, όπως αυτός καταφαίνεται από τον εσωτερικό κανονισμό λειτουργίας του (σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος), είναι:

- η ανάπτυξη της ναυτικής και θαλάσσιας τεχνολογίας στην Ελλάδα
- η διεξαγωγή συναφούς έρευνας, η ανάπτυξη της απαραίτητης τεχνολογίας και η μεταφορά τεχνολογίας στην παραγωγή
- η ανάπτυξη συναφών προϊόντων υψηλής τεχνολογίας για τη στήριξη της σχετικής βιομηχανίας και παραγωγής, καθώς και
- η παροχή υπηρεσιών για την κάλυψη αναγκών φορέων, οργανισμών και επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται σε θέματα ναυπηγικής, ναυτικής και θαλάσσιας τεχνολογίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τις περιοχές δραστηριοτήτων της Θαλάσσιας Τεχνολογίας που εκτέθηκαν στο προη-

γούμενο κεφάλαιο του άρθρου αυτού, σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα και τα υπό πλήρωση γνωστικά αντικείμενα που το Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών καλύπτει ή/και προτίθεται να καλύψει στο μέλλον, προτάθηκαν οι ακόλουθες γνωστικές περιοχές για το Ινστιτούτο:

- Περιοχή μελέτης θαλάσσιου περιβάλλοντος για τεχνολογικές εφαρμογές
- Περιοχή θαλάσσιας υδροακουστικής
- Περιοχή καινοτόμων ναυπηγικών σχεδιάσεων και κατασκευών
- Περιοχή πλωτών θαλάσσιων κατασκευών
- Περιοχή ναυπηγικών κατασκευών
- Περιοχή ναυπηγικής τεχνολογίας και υλικών
- Περιοχή συστημάτων πλωτών μέσων και θαλάσσιων κατασκευών
- Περιοχή υποστήριξης μετρήσεων και ανάλυσης μετρήσεων
- Περιοχή θαλάσσιων μεταφορών
- Περιοχή εφαρμογών Η/Υ στη ναυπηγική και ναυτική μηχανολογία (CASD, CAGD, CAD, CAM, CAP)

σε αντίθεση με τα συμβατικά πλοία, χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι δεν εμφανίζουν πρόσω ταχύτητα. Παραμένουν στον τόπο εγκατάστασης και λειτουργίας τους με τη βοήθεια ασηθής συστημάτων αγκύρωσης. Το γεγονός αυτό, που δεν επιτρέπει ενεργητική παρέμβαση για την αντιμετώπιση μιας επερχόμενης θαλασσοταραχής, όπως αυτό συμβαίνει στα πλοία, έχει καθοριστική σημασία στη διαδικασία μελέτης και σχεδίασής τους. Πρέπει να μελετηθούν για να λειτουργήσουν σε συγκεκριμένο περιβάλλον εκπληρώνοντας τις τιθέμενες λειτουργικές απαιτήσεις με ασφάλεια. Είναι κατά συνέπεια προφανές ότι ο αξιόπιστος προσδιορισμός των φορτίσεων από τις δράσεις του περιβάλλοντος, οι αποκρίσεις των πλωτών θαλάσσιων κατασκευών σ' αυτές, καθώς και η συμπεριφορά επί μέρους κατασκευαστικών τους συνιστωσών (σύστημα αγκύρωσης, εύκαμπτοι αγωγοί εξόρυξης, κλπ), η υδρομηχανική τους ανάλυση δηλαδή, είναι καθοριστικής σημασίας στην όλη διαδικασία σχεδίασης. Μάλιστα δε, σε ορισμένες περιπτώσεις η γεωμετρική μορφή των ναυπηγημάτων που μελε-



4. Πλωτές Θαλάσσιες Κατασκευές

Με την ευκαιρία του άρθρου αυτού, θα αναφερθώ τέλος και σε δραστηριότητες του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών που σχετίζονται με Πλωτές Θαλάσσιες Κατασκευές. Η περιοχή αυτή καλλιεργείται στο Τμήμα Ναυπηγών από το 1984, το χειμερινό δε εξάμηνο του 1984-85 δόθηκε για πρώτη φορά το σχετικό κατ' επιλογή υποχρεωτικό μάθημα του 9ου εξαμήνου: «Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών». Η περιοχή των πλωτών θαλάσσιων κατασκευών έχει ως κύριο αντικείμενο ναυπηγήματα, τα οποία,

τήθηκαν και κατασκευάστηκαν για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων λειτουργικών απαιτήσεων, όπως για παράδειγμα τον περιορισμό της καθ' ύψος κίνησης των κατασκευών εξόρυξης πετρελαίου, επιβλήθηκε αποκλειστικά από τα αποτελέσματα της υδροδυναμικής τους ανάλυσης και σχεδίασης (πλωτές ημυβηθιζόμενες κατασκευές - semisubmersibles) [6]. Σημειώνεται ότι η εξασφάλιση της λειτουργικής απαίτησης για ελαχιστοποίηση της καθ' ύψος κίνησης της κατασκευής, που είναι απαραίτητη για την ασφαλή λειτουργία του γεωτρώπανου, δεν μπορούσε να επιτευχθεί με κλασικά συστήματα ακύρωσης λόγω των εμφανιζομένων με-



γάλων υδροστατικών δυνάμεων επαφώρας.

Η περιογή των πλωτών θαλάσσιων κατασκευών καλύπτει θέματα δραστηριοτήτων της θαλάσσιας τεχνολογίας που σχετίζονται με:

- την εκμετάλλευση θαλάσσιων και υποθαλάσσιων πλουτοπαραγωγικών πόρων (πλωτές εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου, πλωτοί τερματικοί σταθμοί, πλωτές δεξαμενές αποθήκευσης, αγωγοί εξόρυξης, συστήματα αγκύρωσης, σχεδίαση διατάξεων πλωτών κατασκευών ανάκτησης κυματικής ενέργειας, κλπ)
- τις σύγχρονες μεθόδους αλιείας και ιχθυοκαλλιέργειών (σχεδίαση συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειών ανοικτής θάλασσας και παράκτιων ζωνών)
- την προστασία θαλάσσιου περιβάλλοντος και παράκτιων ζωνών (σχεδίαση πλωτών μηχανικών μέσων προστασίας από πετρελαιοκηλίδες)
- τον θαλάσσιο τουρισμό, την αναψυχή, ανάγκες επέκτασης του ζωτικού χώρου της ξηράς στη θάλασσα για την αντιμετώπιση πιεστικών προβλημάτων χώρου, που σχετίζονται με βιομηχανική εκμετάλλευση ή έργα υποδομής.

Η ερευνητική δραστηριότητα και η παροχή υπηρεσιών στην περιογή των πλωτών θαλάσσιων κατασκευών, επικεντρώνεται σε δύο κυρίως τομείς:

- Υδροδυναμική ανάλυση.

- Στατική και Δυναμική ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων αγκύρωσης.

Κύρια ερευνητικά ενδιαφέροντα στον τομέα της υδροδυναμικής ανάλυσης πλωτών θαλάσσιων κατασκευών είναι:

- προσδιορισμός πρωτοτάξεων, μέσων, αργά και ταχέως χρονικά μεταβαλλομένων δευτεροτάξεων υδροδυναμικών φορτίσεων και κινήσεων σε μεμονωμένα και υδροδυναμικώς αλληλεπιδρώντα συγκροτήματα πλωτών ή/και σταθερών παρακειμένων κατασκευών μεγάλων διαστάσεων (diffraction theory). Επύλυση του γενικού 3D προβλήματος, καθώς και ανάπτυξη γρήγορων μεθόδων για σώματα ειδικής γεωμετρίας (κατακόρυφα αξονοσυμμετρικά σώματα, πλωτές ημιβυθιζόμενες κατασκευές, ωκεανογραφικοί πλωτήρες, κ.ά.)
- προσδιορισμός αργά μεταβαλλόμενων κινήσεων (slow drift motion) και δευτεροτάξιας υδροδυναμικής απόσβεσης (wave drift damping)
- υδροδυναμική ανάλυση συνδεδεμένων πλωτών διατάξεων με έμφαση στα συγκροτήματα ιχθυοκλωβών ανοικτής θάλασσας (φορτία περιθλάσης και τύπου Morison, κινήσεις, τέμνουσες δυνάμεις, δυνάμεις στις αρθρώσεις, φαινόμενα σφυρόκρουσης, ελαστική αλληλεπίδραση διχτυού-ανωσττικού πλωτήρα)
- προσδιορισμός της δυναμικής συμπεριφοράς αγκυρωμένων θαλά-

σιων κατασκευών (επύλυση των εξισώσεων κίνησης στο πεδίο συχνότητας και χρόνου για συμβατικά συστήματα αγκύρωσης, για αρθρωτούς πύργους, για TLP πλατφόρμες, κ.ά.)

- προσδιορισμός της δυναμικής συμπεριφοράς υγρών, σε μερικούς γεμμάτα ταλαντευόμενα δοχεία (sloshing of liquids). Ιδιαίτερες μέθοδοι για κατακόρυφα αξονοσυμμετρικά δοχεία.

Σ' ό,τι αφορά στη στατική και δυναμική ανάλυση και σχεδίαση συστημάτων αγκύρωσης, τα κύρια ερευνητικά ενδιαφέροντα αναφέρονται:

- στην ανάλυση γραμμών αγκύρωσης υψηλής εντατικής κατάστασης (συμβατικά συστήματα αγκύρωσης πλωτών κατασκευών για εφαρμογές σε βαθύ και ρηχό νερό)
- στην ανάλυση γραμμών αγκύρωσης χαμηλής εντατικής κατάστασης (ωκεανογραφικές αγκυρώσεις, εφαρμογές σε ROV's, Towed Arrays, κ.ά.)
- στη δυναμική συμπεριφορά συνθετικών γραμμών αγκύρωσης
- στην απόσβεση συστημάτων αγκύρωσης
- σε μεθόδους για βέλτιστη σχεδίαση συστημάτων αγκύρωσης.

Ενδεικτικές δημοσιεύσεις της ερευνητικής δραστηριότητας στους τομείς της υδροδυναμικής ανάλυσης πλωτών κατασκευών και της στατικής και δυναμικής ανάλυσης συστημάτων αγκύρωσης, λεπτομερής αναφορά στις οποιές γίνεται στον οδηγό έρευνας του Τμήματος, είναι και οι [7-13].

Στα πλαίσια εξ άλλου των ερευνητικών δραστηριοτήτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εκτελέσθηκαν και εκτελούνται επιχορηγούμενα ερευνητικά προγράμματα, χρηματοδοτές των οποίων υπήρξαν μεταξύ άλλων η ΓΓΕΤ, η ΕΟΚ, Ελληνικοί και ξένοι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς. Ενδεικτικά αναφέρονται εδώ τα προγράμματα για την υδροδυναμική ανάλυση πλωτών συστημάτων παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου [16], τη μελέτη σκοπιμότητας για συστήματα αγκύρωσης σε βαθύ νερό [17], τη χρήση πλωτήρων για τη μείωση των στατικών και δυναμικών τάσεων σε συστήματα αγκύρωσης σε βαθύ νερό [18], καθώς και τη μεταφορά τεχνονομίας για τον έλεγχο από την επιφάνεια υποθαλάσσιων συστημάτων σε βαθύ νερό [19]. Στα πλαίσια των ερευνητικών δε δραστηριοτήτων αναπτύχθηκαν συνεργασίες με Ελληνικούς και ξένους φορείς (Εργαστήριο Λιμενικών Έργων, ΕΜΠ, EANT A.E., Tecnomare S.p.a., I-

ταλία, ΜΙΤ Τμήμα Θαλάσσιας Τεχνολογίας, ΗΠΑ, Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole, ΗΠΑ, κ.ά.).

Τέλος στα πλαίσια παροχής υπηρεσιών, εκπονήθηκαν μελέτες εφαρμογής για Ελληνικούς και ξένους φορείς. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Μελέτη πλωτού κολυμβητηρίου (σε συνεργασία με τον Καθ. Θ.Α. Λουκάκη, τον Αν. Καθ. Β.Ι. Παπάζογλου του Τμήματος Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών και τον Λέκτορα Σ. Αζοράκο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ)
- Μελέτη συστάδας ιχθυοκλωβών ανοικτής θάλασσας (σε συνεργασία με τον καθ. Θ.Α. Λουκάκη, τον αν. καθ. Β.Ι. Παπάζογλου του Τμ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών και τον λέκτορα Σ. Αζοράκο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ)
- Σχέδιο συστάσεων για Πλωτούς Προβλήτες (σε συνεργασία με τον Λέκτορα Σ. Αζοράκο, τον Αν. Καθ. Β.Ι. Παπάζογλου, τον Επ. Καθ. Κ. Τρέζο και την ΕΑΝΤ Α.Ε.)
- Μελέτη ωκεανογραφικών πλωτήρων.

Βιβλιογραφία

1. Ogilvie, T.F.: «Ocean Engineering Education in the '90s», The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New England Section, M.I.T. Dec. 1991.
2. UNESCO: «Ocean Engineering Teaching at the University Level», Recommended Guidelines from the UNESCO/IOC/ECOR Workshop on Advanced University Curricula in Ocean Engineering and Related Fields, Paris, Oct. 1982.
3. Clauss, G., Lehmann, E., Østergaard, C.: «Meerestechnische Konstruktionen», Springer-Verlag, 1988.
4. UNIDO (United Nations Industrial Development Organization): «Marine Industrial Technology Monitor», No.1, 1991.
5. Hagerman, G.: «Wave Energy Resource and Technology Assessment for Coastal North Carolina», Final Report prepared by SEASUN Power Systems, Alexandria, V.A. U.S.A., 1988.

6. Μαυράκος, Σ.Α.: «Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών (Υδροδυναμική Ανάλυση)», Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1989.
7. Mavrakos, S.A., Koumoutsakos P.: «Hydrodynamic Interaction Among Vertical Axisymmetric Bodies Restrained in Waves», *Applied Ocean Research*, Vol. 9, pp. 128-140, 1987.
8. Mavrakos, S.A.: «The Vertical Drift Force and Pitch Moment on Axisymmetric Bodies in Regular Waves», *Applied Ocean Research*, Vol. 10, pp. 207-218, 1988.
9. Mavrakos S.A. Bardis L. Peponis, V.: «Á Hybrid Integral Equation Method for the wave Diffraction Around Large Bodies» *Proceedings of the 2nd National Symposium on Theoretical and Applied Mechanics*, pp. 843-851, 1989 Athens.
10. Mavrakos, S.A., Peponis, V.: «Sum- and Difference Frequency Loads on Axisymmetric Bodies Restrained in Irregular Waves», *Proceedings of the ISOPE '92 Symposium*, Vol. III, 1992, San Francisco
11. Mavrakos, S.A., Neos, L., Papazoglou, V.J., Triantafyllou M.S.: «Systematic Evaluation of the Effect of Submerged Buoys' Size and Location on Deep Water Mooring Dynamics», *Proceedings PRADS '89 Symposium*, Vol. 3, pp. 105.1-105.8, 1989, Varna Bulgaria.
12. Papazoglou, V.J., Mavrakos, S.A., Triantafyllou, M.S.: «Nonlinear Cable Response and Model Testing in Water», *Journal of Sound and Vibrations*, Vol. 140, pp. 103-115, 1990.
13. Mavrakos, S.A., Papazoglou V.J., Triantafyllou, M.S., Brando P.: «Experimental and Numerical Study on the Effects of Buoys on Deep Water Mooring Dynamics», *Proceedings of the ISOPE '91 Symposium*, Vol. II, pp. 243-251, 1991, Edinburgh.
14. Λουκάκης, Θ.Α., Μαυράκος Σ.Α., Αθανασούλης Γ.Α., Πολίτης, Κ.: «Υδροδυναμική Ανάλυση Πλω-

τών Θαλάσσιων Κατασκευών», Τελική έκθεση ομώνυμου ερευνητικού προγράμματος, ΓΓΕΤ, Ιανουάριος 1986.

15. Papanicolaou, A., Schellin, Th.: «20th ITTC-OEC Comparative Study», Invited joint NTUA-Germ. Lloyd International Study for the 20th ITTC-Ocean Engineering Committee, Lyngby, Dec. 1991.
16. Mavrakos, S.A.: «Comparative Calculations of DDF and TPS Motions and Loads for Floating Production Systems FPS 2000», Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research, Bergen, Norway, 1989.
17. Mavrakos, S.A., Papazoglou, V.J., Triantafyllou, M.S.: «Feasibility Study for Deep Water Anchoring Systems», Τελική έκθεση ομώνυμου ερευνητικού προγράμματος υπ' αριθμ. ΤΗ/06/027/86, Χρηματοδότης: Διεύθυνση υδρογονανθράκων, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Ε.Ο.Κ., Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1989.
18. Mavrakos, S.A., Papazoglou, V.J., Triantafyllou, M.S.: «Use of Buoys to Reduce Static and Dynamic Tensions in Deep Water Mooring: A Pilot Study», Τελική έκθεση ομώνυμου ερευνητικού προγράμματος υπ' αριθμ. ΤΗ/06 046/88 που εκτελέστηκε σε συνεργασία με την ιταλική εταιρεία TECNO-MARE S.p.a., Χρηματοδότης: Διεύθυνση Υδρογονανθράκων, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Ε.Ο.Κ., Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Απρίλιος 1991.
19. Papazoglou, V.J., Mavrakos, S.A., Triantafyllou, M.S.: «Deep Water Subsea System Servicing through the Surface: A Technology Transfer», έκθεση προόδου ερευνητικού προγράμματος υπ' αριθμ. OG/0105/90/HE στα πλαίσια του THERMIE, Χρηματοδότης: Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Ε.Ο.Κ., πρόγραμμα υπό εξέλιξη, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Σεπτέμβριος 1992.