



Μεταπτυχιακή Εργασία

«Αναγκαιότητα και Σχεδιασμός μιας καλωδιωμένης
πολυπαραμετρικής πλατφόρμας οργάνων
για μεγάλα θαλάσσια βάθη»

Επιμέλεια : Παγώνης Παρασκευάς

Επίβλεψη : Λυκούσης Βασίλειος, Δ/της Ινστιτούτου ωκεανογραφίας ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Μαυράκος Σπυρίδων, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αναγνώστου Χρήστος, Δ/τής Ερευνών, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική θα έχει σαν σκοπό μια προτεινόμενη αρχιτεκτονική κατασκευής ενός πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου για μεγάλα βάθη στην περιοχή ΝΔ της Πελοποννήσου μέσα από την παρουσίαση των υπάρχοντων συστημάτων παρακολούθησης του βενθοπελαγικού οικοσυστήματος και βιοποικιλότητας, των επικίνδυνων γεωλογικών και γεωφυσικών φαινομένων όπως σεισμοί, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, κυμάτων tsunami, την επίδραση των κλιματικών αλλαγών και πως αυτές επιδρούν στο βαθύ υδρολογικό περιβάλλον και το οικοσύστημα, την υδροακουστική και βιοακουστική παρατήρηση πελαγικών ιχθυοπληθυσμών και θαλάσσιων θηλαστικών με έμφαση στην αναγκαιότητα ύπαρξης τους για συνεχείς μετρήσεις και τροφοδοσία σε μοντέλα ανάλυσης και πρόβλεψης για μια πληρέστερη και αξιόπιστη αποτίμηση των περιβαλλοντικών αλλαγών. Η διπλωματική θα κινείται μέσα στα πλαίσια αρχιτεκτονικής όπως αυτά διαγράφονται από την Ευρωπαϊκή υποδομή EMSO για υποθαλάσσια συστήματα μακροχρόνιας παρατήρησης και αποστολής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Περιεχόμενα

1. Προβληματισμός	5
2. Αναφορά στα πλεονεκτήματα ενός καλωδιωμένου πολυ-παραμετρικού παρατηρητηρίου για τις θαλάσσιες επιστήμες και την κοινωνία	7
2.1 Εισαγωγή	7
2.2 Συμβολή μελέτης της γεωεπικινδυνότητας, σεισμοί, κατολισθήσεις, κύματα Tsunami	7
2.3 Συνεισφορά του παρατηρητηρίου στην λεπτομερέστερη κατανόηση της δυναμικής των θαλασσίων μαζών της Μεσογείου	10
2.4 Συμβολή στον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα κατ' επέκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και κατα συνέπεια στον κύκλο της τροφικής αλυσίδας.....	11
2.5 Συμβολή στην θαλάσσια οικολογία	13
3. Θαλάσσια πολύ-παραμετρικά παρατηρητήρια	15
3.1 Εισαγωγή	15
3.2 Παρατηρητήρια με Πλωτήρες.....	16
3.3 Παρατηρητήρια Αυτόνομα	18
3.4 Παρατηρητήρια Καλωδιωμένα	23
4. Ιστορική αναδρομή Ευρωπαϊκών προσπαθειών με Ελληνική συμμετοχή	28
4.1 ASSEM (2002-2005)	28
4.2 ESONET-Ca (2003-2006).....	28
4.3 ESONET-NoE (2007-2011).....	29
4.4 EUROSITES (2009-2012)	30
5. Εθνικές προσπάθειες	31
5.1 ΝΕΣΤΩΡ-ΛΑΕΡΤΗΣ.....	31
5.2 Σύστημα Ποσειδών (I-II)	32
6. Ελληνική επιλογή θέσης για την ανάπτυξη ενός καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου	43
7. Αρχιτεκτονική συστήματος καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου.....	45
8. Τεχνικά κατασκευαστικά στοιχεία του πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου	47
8.1 Εισαγωγή	47
8.2 Σύστημα Διασύνδεσης Παρατηρητηρίου.....	47
8.3 Προστατευτικό Περιβλήμα (Housing) του συστήματος διασύνδεσης	48
8.4 Σύστημα επικοινωνίας του παρατηρητηρίου με τον χερσαίο σταθμό λήψης δεδομένων.	48
8.5 Σχεδιασμός Πλαισίου Οργάνων.....	51
8.6 Γεωμετρία πλαισίου	52
8.7 Υλικά κατασκευής	52
9. Μετρητικά όργανα.....	54
9.1 Μετρητικά όργανα φυσικών και χημικών παραμέτρων.....	54

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

9.2	Όργανο εντοπισμού κυμάτων tsunami	56
9.3	Όργανο μέτρησης προφίλ ρευμάτων (ADCP)	57
9.4	Υδρόφωνο περιβαλλοντικού ήχου (Ambient noise) με έμφαση την ακουστική θαλάσσιων θηλαστικών /bioacoustics)	58
9.5	Όργανο μέτρησης Σεισμών	59
9.6	Όργανο μέτρησης βαρυτικού πεδίου	60
9.7	Σύστημα εικονοληψίας υψηλής ευκρίνειας και φωτογραφίας	60
9.8	Σύστημα φωτισμού	61
10.	Σύστημα τροφοδοσίας	62
11.	Σύστημα τερματισμού υποβρύχιου καλωδίου	65
12.	Μελλοντική Επεκτασιμότητα.....	68
13.	Συμπεράσματα.....	69
14.	Αναφορες	71

1. Προβληματισμός

Τα τελευταία έτη υπάρχει μια ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για την ανεύρεση απαντήσεων σε μια πληθώρα επιστημονικών ερωτήσεων που αφορούν τις θαλάσσιες επιστήμες. Οι απαντήσεις αυτές, πρέπει να καλύπτουν και ευαίσθητους κοινωνικούς τομείς που έχουν προτεραιότητα όπως την κατανόηση των πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής ή τους γεω-κινδύνους όπως σεισμοί, θαλάσσιες κατολισθήσεις και δημιουργία κυμάτων τσουνάμι (tsunami).

Πιο συγκεκριμένα οι θαλάσσιες μετρήσεις και κατά συνέπεια τα δεδομένα θαλάσσιων παραμέτρων για την μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι σποραδικά και πολύ λίγα συγκριτικά με αυτά από άλλες πηγές της στεριάς και ακόμα λιγότερα αυτά που αφορούν τις βαθιές θάλασσες και τον πυθμένα (Glover et al., 2010). Οι μετρήσεις από ερευνητικά πλοία είναι πολύ χρήσιμες αλλά εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και είναι συνήθως λίγες για να βοηθήσουν στην κατανόηση των θαλάσσιων διεργασιών στην υδροδυναμική και την οικολογία. Προφανώς εάν ο στόχος είναι η σωστή εκτίμηση της κατάστασης των θαλασσών μας και των οικολογικών κινδύνων που μπορούν να εγκυμονούν συμπεριλαμβανομένων και των θαλάσσιων γεωλογικών φαινομένων υπάρχει μια επιτακτική ανάγκη για συνεχείς μετρήσεις σε βάθος χρόνου.

Οι ευρωπαϊοί ερευνητές και ακαδημαϊκοί, προσπαθούν σε αυτό το πλαίσιο να αναπτύξουν ολοκληρωμένα παρατηρητήρια με μακροχρόνιες παρατηρήσεις και με ένα μεγάλο εύρος από μετρητικά όργανα με σκοπό την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση τους σε συνεχή βάση. Για τον σκοπό αυτό οργανώσεις όπως το GEO (Global Earth Observing), το GEOSS (Global Earth, Observation System of Systems), και το GOOS (Global Ocean Observing System), κ.λ.π προσπαθούν να «γεμίσουν» επιστημονικά, και κυβερνητικά κενά με συντονισμένες ενέργειες προσπαθώντας να φέρουν πιο κοντά τις διαφορετικές επιστημονικές ομάδες και να επεκτείνουν την συνεργασία με οικονομικές δραστηριότητες στο θαλάσσιο χώρο προσφέροντας πιο ποιοτικές και αξιόπιστες μετρήσεις (Ruhl et al., 2011).

Οι ανθρώπινες κοινωνίες εξαρτώνται από τις έγκυρες και έγκαιρες πληροφορίες για το κλίμα, τον καιρό, το νερό, τα οικοσυστήματα, την βιοποικιλότητα, τις πηγές ενέργειας και τις φυσικές καταστροφές. Η μελέτη αυτών των επιστημονικών δεδομένων μπορεί να συσχετιστεί μέσα σε τέσσερις βασικές επιστημονικές κατηγορίες, τις γεω-επιστήμες, την φυσική ωκεανογραφία την βιο-γεω-χημεία και την θαλάσσια οικολογία. Όλες αυτές οι επιστημονικές ενότητες μπορούν να προαχθούν μέσα από την ανάπτυξη συστημάτων συλλογής επιστημονικών παρατηρήσεων σε πραγματικό χρόνο, όπως αυτό που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική. Για τις προσπάθειες διευκόλυνσης στην οργάνωση και τον σχεδιασμό των πολυπαραμετρικών

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

παρατηρητηρίων για μεγάλα βάθη στην Ευρώπη, έχουν υλοποιηθεί προγράμματα όπως το ESONET-Ca (European Seafloor Observatory NETwork) (Priede et al., 2003) (Priede et al., 2005) με στόχο τον συντονισμό των ευρωπαϊκών επιστημονικών ομάδων για την τεχνική υλοποίηση παρατηρητηρίων θαλάσσιου πυθμένα, το ESONIM (ESONET Network Implementation Model), το ESONET NoE (European Seas Observatory NETwork Network of Excellence) με στόχο την αναλυτικότερη μελέτη της τεχνολογίας για χρήση στα παρατηρητήρια βυθού καθώς και την επιλογή των στρατηγικών και διαφόρων σεναρίων για την υλοποίηση της εγκατάστασης παρατηρητηρίων στις ευρωπαϊκές θάλασσες, το EuroSITES με στόχο την ενσωμάτωση των υπαρχόντων βαθιών θαλάσσιων παρατηρητηρίων και την συμφωνία βασικών παραμέτρων που θα αποτελέσουν βάση για την συνεχή παρακολούθηση περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών και το EMSO (European Multidisciplinary Seafloor Observatory) (Favali et al., 2011) που αποτελεί μια ευρωπαϊκή υποδομή με σκοπό την δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού δικτύου πολύ παραμετρικών παρατηρητηρίων βυθού σταθερής εγκατάστασης με προτίμηση σε εκείνα που έχουν τροφοδοσία από την στεριά μέσω υποβρύχιου καλωδίου με οπτικές ίνες.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στα πλεονεκτήματα που έχει ένα πολυ-παραμετρικό παρατηρητήριο για τις θαλάσσιες επιστήμες (κεφάλαιο 2).

2. Αναφορά στα πλεονεκτήματα ενός καλωδιωμένου πολυ-παραμετρικού παρατηρητηρίου για τις θαλάσσιες επιστήμες και την κοινωνία

2.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στον προβληματισμό τα βασικά επιστημονικά αντικείμενα που χρειάζεται να παρατηρηθούν εκτενέστερα με την χρήση επιστημονικών παρατηρητηρίων βυθού είναι εκείνα που ανήκουν στις θαλάσσιες επιστήμες και δίνουν την συνολική εικόνα για τις φυσικές διεργασίες και αλλαγές που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ γεώσφαιρας, βιόσφαιρας και υδρόσφαιρας δίνοντας χρήσιμες πληροφορίες για το βενθοπελαγικό οικοσύστημα και την βιοποικιλότητα, για τις φυσικές απειλές με φαινόμενα όπως οι σεισμοί, οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, τα τσουνάμι, για την παρακολούθηση των ιχθυοπληθυσμών και των θαλάσσιων θηλαστικών καθώς επίσης και για την επίδραση των κλιματικών αλλαγών στο βαθύ υδρολογικό περιβάλλον. Στόχος πάντα η συγκέντρωση ικανού όγκου δεδομένων για την πληρέστερη εικόνα και κατανόηση των διεργασιών και αποτελεσματική τροφοδοσία στοιχείων στα μοντέλα ανάλυσης και πρόβλεψης των περιβαλλοντικών αλλαγών.

2.2 Συμβολή μελέτης της γεωεπικινδυνότητας, σεισμοί, κατολισθήσεις, κύματα Tsunami

Η γεώσφαιρα διέπεται από μια δυναμική που μπορεί να απελευθερώσει απίστευτα μεγάλες ποσότητες ενέργειας με ένα τρόπο που πολύ δύσκολα μπορεί να προβλεφθεί. Τόσο οι σεισμοί όσο και οι υποβρύχιες κατολισθήσεις μπορεί να προκαλέσουν για παράδειγμα ένα κύμα tsunami τέτοιας κλίμακας που να πλημμυρήσει παράκτιες περιοχές σε ελάχιστο χρονικό διάστημα. Οι σεισμοί και τα κύματα tsunami είναι ένας σοβαρός κίνδυνος για τη ζωή όποιων βρίσκονται κοντά στην ακτή αλλά και για τις κατασκευές – υποδομές που βρίσκονται εκεί. Για παράδειγμα ο πρόσφατος σεισμός στην Ιαπωνία το 2011 με μεγάλες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και τεράστιες υλικές καταστροφές. Ας μην ξεχνάμε βέβαια και το Ελληνικό δυτικό και ανατολικό σεισμικό ρήγμα που έχει στο παρελθόν δώσει σεισμούς και tsunami που περιλαμβάνονται στα πιο καταστροφικά περιστατικά της καταγεγραμμένης ιστορίας (Boschi et al., 1997; Baptista et al., 1998; Piatanesi and Tinti, 1998; Yalçiner et al., 2002; Tinti et al., 2004; Chester, 2008).

Η θέση του Ελληνικού παρατηρητήριου έχει επιλεγεί στη περιοχή του Δυτικού Ελληνικού Τόξου, νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου. Το Ελληνικό Τόξο αποτελεί το ενεργό όριο μεταξύ της προς νότο επεκτεινόμενης λιθοσφαιρικής μικροπλάκας του Αιγαίου και του προς βορρά υποβυθιζόμενου λιθοσφαιρικού φλοιού της Ανατολικής Μεσογείου, ο οποίος αποτελεί τμήμα της Αφρικανικής πλάκας. Από τη εποχή του Ηώκαινου μέχρι σήμερα, το Ελληνικό Ορογενετικό Τόξο έχει μετατοπιστεί προς νότο κατά μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα σαν αποτέλεσμα της πίεσης από την κίνηση της Ανατολίας προς τα δυτικά, της διάνοιξης της οπισθοτάφρου (back-arc basin) του Νότιου Αιγαίου και της προς νότο μετατόπισης του σημείου κάμψης της υποβυθιζόμενης αφρικανικής πλάκας (Dewey and Şengör, 1979; Le Pichon et al., 1982; Meulenkamp et al., 1988; Jacobshagen, 1994; Fassoulas et al., 1994; Meijer and Wortel, 1997; Cianetti et al., 2001; Jolivet, 2001; Armijo et al., 2004, Kreemer et al, 2004). Το καθεστώς παραμόρφωσης στο δυτικό τμήμα της Ελληνικής Τάφρου κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές δημιούργησε το πολύπλοκο ανάγλυφο του πυθμένα με βαθιές λεκάνες, φαράγγια, ράχες, και απότομα πρανή. Η δομή και η στρωματογραφία της περιοχής έχει μελετηθεί διεξοδικά (Masclé et al., 1982; Chaumillon et al., 1996; Chaumillon and Masclé, 1997). Η σεισμικότητα του δυτικού τμήματος του Ελληνικού Τόξου παρουσιάζει δύο συνιστώσες: (1) μικρού μεγέθους σεισμοί που σχετίζονται με την τεκτονική των εβαποριτών και (2) έντονη σεισμικότητα που σχετίζεται είτε με συμπιεστικές κινήσεις (επωθήσεις, υποβύθιση), είτε με οριζόντιες μετατοπίσεις είτε ακόμη με εφελκυστική τεκτονική και κανονικά ρήγματα που διαμορφώνουν φαινομενικά εφελκυστικές δομές πίσω από το ενεργό τόξο. Η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής κατά τον τελευταίο αιώνα περιλαμβάνει εκατοντάδες σεισμούς μεγέθους $M > 4$, μεγάλο αριθμό σεισμών $M > 5$ και ένα σημαντικό πλήθος με μέγεθος $M > 7$. Η αναμενόμενη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση για τα επόμενα 50 χρόνια έχει εκτιμηθεί με πιθανότητα 70% σε 100-110 cm/s² (0.1-0.11 g) (Makropoulos and Burton, 1985). Η αντίστοιχη αναμενόμενη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση για τα επόμενα 25 χρόνια στην ευρύτερη περιοχή του παρατηρητήριου έχει εκτιμηθεί σε 100-125 cm/s², για 50 χρόνια σε 150-200 cm/s², για 75 χρόνια σε 200-250 cm/s², και για 100 χρόνια σε 250-300 cm/s² (Stavrakakis et al., 1989).

Το δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου αποτελεί περιοχή εκδήλωσης διαφόρων φαινομένων βαρυτικής ολίσθησης στην υφαλοκρηπίδα, τα απότομα πρανή και τις βαθιές λεκάνες. Ο πιο χαρακτηριστικός τύπος αστάθειας ιζημάτων στην υφαλοκρηπίδα είναι οι μικρής κλίμακας περιστροφικές κατολισθήσεις που εκδηλώνονται στις σύγχρονες (Ολοκαινικές) προδελταϊκές αποθέσεις όπως στην περιοχή του Κυπαρισσιακού Κόλπου, της Κυλλήνης κ.α. (Ferentinos et al., 1985; Hasiotis et al., 2002; Lykousis et al., 2008).

Μεγάλες κατολισθητικές δομές έχουν εντοπισθεί στα πρανή του Δυτικού Ελληνικού Τόξου, που σχετίζονται με σημαντικές ρηξιγενείς ζώνες, χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλούς ρυθμούς ιζηματογένεσης και έντονες σεισμικές κινήσεις (Ferentinos et al., 1985; Hasiotis et al., 2002; Hasiotis et al., 2005). Πιθανές επιφάνειες ολίσθησης στα υποθαλάσσια πρανή της Δυτικής Ελλάδας είναι: α) οι ιλυώδεις ημιπελαγικές αποθέσεις (υψηλή περιεκτικότητα σε νερό – χαμηλή διατμητική αντοχή) που έχουν αποτεθεί κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους του Πλειστόκαινου, β) αμμώδεις ορίζοντες που αποτέθηκαν σε πλημμυρικά επεισόδια σε παγετώδεις περιόδους (χαμηλή στάθμη θάλασσας) και πιθανόν γ) οι μικρής διατμητικής αντοχής σαπροπηλικοί ορίζοντες S4-S5 (Lykousis, 1991).

Η ευστάθεια πρανών έχει υπολογιστεί με τη μέθοδο Normalised-Soil-Parameter (NSP) και δείχνει ότι σε πρανή με σχετικά υψηλό ρυθμό ιζηματογένεσης (π.χ. Κυπαρισσιακός, Κυλλήνη) ολισθήσεις μπορούν να προκληθούν από σεισμικές επιταχύνσεις 12-14%g (Lykousis et al., 2008). Επομένως τα ιζήματα στα υποθαλάσσια πρανή του Δυτικού Ελληνικού Τόξου πρέπει να θεωρούνται ασταθή, αφού οι μέγιστες αναμενόμενες σεισμικές επιταχύνσεις στη περιοχή αυτή κυμαίνονται μεταξύ 20 – 30% (Makropoulos and Burton, 1985).

Περισσότερα από 10 επεισόδια μεγάλων tsunami έχουν αναφερθεί στο δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου τα τελευταία 2000 χρόνια (Galanopoulos, 1960; Papadopoulos et al., 2005). Το πιο καταστροφικό ήταν αυτό που προκλήθηκε από τον σεισμό του 365μΧ με μέγεθος M: 8-8.5 και επίκεντρο νοτιοδυτικά της Κρήτης (Shaw et al., 2008). Ο σεισμός αυτός προκάλεσε ανύψωση της ευρύτερης περιοχής Αντικυθήρων – Δυτικής Κρήτης, η οποία έφτασε μέγιστες τιμές 7-9μ. Το tsunami που προκλήθηκε επηρέασε τις ακτές όλης της Ανατολικής Μεσογείου και κατέστρεψε την παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας στην Αίγυπτο. Η περίοδος επανάληψης τέτοιων γεγονότων έχει εκτιμηθεί σε 1000-5000 χρόνια.

Η παρουσία και δράση μεγάλων ενεργών ρηγμάτων σε συνδυασμό με την υψηλή σεισμικότητα και το έντονο ανάγλυφο του πυθμένα, το οποίο ευνοεί την εκδήλωση κατολισθήσεων, αναδεικνύουν την Ανατολική Μεσόγειο ως την περιοχή με την μέγιστη επικινδυνότητα στην εκδήλωση tsunami με χρόνο επανάληψης 8-11 χρόνια (Soloviev et al., 2000; Schielein et al., 2007) και το δυτικό Ελληνικό τόξο ως την περιοχή με την μέγιστη επικινδυνότητα σε tsunami στην Ευρώπη.

2.3 Συνεισφορά του παρατηρητηρίου στην λεπτομερέστερη κατανόηση της δυναμικής των θαλασσιών μαζών της Μεσογείου

Η θάλασσα του Ιονίου έχει μια πολύπλοκη υδρολογία και μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια μεταβατική περιοχή όπου θαλάσσιες μάζες που έχουν σχηματιστεί στο Αιγαίο, την Αδριατική και την Λεβαντίνη συναντιούνται και αλληλοεπιδρούν με τις θαλάσσιες μάζες της Δυτικής Μεσογείου που φτάνουν μέσα από τα στενά της Σικελίας. Η τυπική δομή των θαλασσιών μαζών της περιοχής περιλαμβάνει: τα τροποποιημένα νερά του Ατλαντικού (Modified Atlantic Waters - MAW) που χαρακτηρίζονται από ελάχιστο αλατότητας και καταλαμβάνουν τα στρώματα των άνω 25-100m, τα ενδιάμεσα νερά της Λεβαντίνης (Levantine Intermediate Waters - LIW) που καταλαμβάνουν τυπικά το στρώμα των 100-500m και χαρακτηρίζονται από μέγιστο αλατότητας, τα μεταβατικά νερά (Transitional Waters - TW) που καταλαμβάνουν τα στρώματα των 500-1200m και τα βαθιά νερά της Ανατολικής Μεσογείου (Eastern Mediterranean Deep Waters - EMDW) που καταλαμβάνουν τα στρώματα βαθύτερα των 1200m (Nittis et al., 1993; Malanotte-Rizzoli et al., 1997). Το επονομαζόμενο Eastern Mediterranean Transient (EMT) της αρχής της δεκαετίας του 90 που σχετίζεται με μαζική παραγωγή βαθιών νερών στην περιοχή του Αιγαίου έκανε ακόμα πιο πολύπλοκη την παραπάνω δομή (Theocharis et al., 1999). Τα βαθύτερα στρώματα του Ιονίου γέμισαν με το νέο θερμό και αλμυρό νερό γνωστό ως Βαθύ Νερό του Κρητικού (ή του Αιγαίου) (Cretan Deep Water – CDW, or ADW) ανεβάζοντας έτσι τα παλαιότερα βαθιά νερά (EMDW) Αδριατικής προέλευσης σε μικρότερα βάθη δηλαδή στο μεταβατικό στρώμα. Επιπλέον, τα ενδιάμεσα στρώματα (150-500μ) κατελήφθησαν από το επονομαζόμενο Κρητικό ενδιάμεσο νερό (Cretan Intermediate Waters - CIW) που έχει χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του LIW (Malanotte-Rizzoli et al., 1999). Η προέλευση του EMT έχει αποδοθεί τόσο σε τοπικές μετεωρολογικές ανωμαλίες (κρύοι χειμώνες και παρατεταμένη ανομβρία) όσο και σε μακρόχρονες αλλαγές αλατότητας στην περιοχή που σχετίζονται με κλιματική μεταβλητότητα και ανθρωπογενείς επιδράσεις. Αυτή η σημαντική αλλαγή στην θερμόαλη κυκλοφορία της Μεσογείου κατέδειξε το πόσο ευάλωτη είναι η περιοχή σε εξωτερικές επιδράσεις, επιβεβαιώνοντας παράλληλα την υπόθεση ότι αποτελεί ιδανικό εργαστήριο μελέτης της θαλάσσιας δυναμικής περιλαμβανομένων επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής. Όσον αφορά την γενική κυκλοφορία της περιοχής, αυτή παρουσιάζει ισχυρή υπερετήσια μεταβλητότητα. Η μεγάλης κλίμακας αντικυκλωνική κυκλοφορία που επικρατούσε στο Ιόνιο την δεκαετία του 80 και αρχές 90 περιορίστηκε στο νότιο τμήμα της λεκάνης και αντικαταστάθηκε από κυκλωνική κυκλοφορία μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Στις περισσότερες περιπτώσεις η μεγάλης κλίμακας κυκλοφορία συνδυάζεται με ισχυρούς μέσης κλίμακας σχηματισμούς. Ιδιαίτερα η περιοχή όπου αναπτύσσεται το παρατηρητήριο της Πύλου, βρίσκεται κάτω από την επίδραση του

ισχυρότερου από αυτούς τους μέσης κλίμακας σχηματισμούς γνωστού ως αντικυκλώνα του Πέλοπα (Pelops anticyclone gyre, Malanotte-Rizzoli et al., 1997). Ο σχηματισμός αυτός είναι ενισχυμένος σε ενδιάμεσα και βαθιά στρώματα έχοντας ισχυρό σήμα θερμοκρασιακής ανωμαλίας στα άνω 500μ και ανωμαλίας αλατότητας βαθύτερα (Nittis et al., 1993). Επιπλέον, το νότιο-ανατολικό Ιόνιο χαρακτηρίζεται από την προς βορά ροή θαλάσσιων μαζών (CIW, CDW) που βγαίνουν από το Αιγαίο διαμέσου των δυτικών στενών, ιδιαίτερα σε ενδιάμεσα και μεγάλα βάθη και κινούνται κατά μήκος των δυτικών Ελληνικών ακτών. Για το λόγο αυτό το υπάρχον παρατηρητήριο ΠΟΣΕΙΔΩΝ-Πύλος έχει δώσει έμφαση, σε αυτά τα πρώτα στάδια, σε εξοπλισμό παρατήρησης υδρολογικών χαρακτηριστικών σε όλη την θαλάσσια στήλη αλλά και κοντά στον πυθμένα. Το ΕΛΚΕΘΕ (Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών) έχει ήδη σημαντική επιστημονική δραστηριότητα στην υποθαλάσσια περιοχή ΝΔ της Πύλου έχοντας αποτυπώσει με την μέγιστη λεπτομέρεια την μορφολογία του βυθού. Επίσης έχει ποντίσει στα πρηνή και στις βαθιές λεκάνες (βαθύτερες λεκάνες της Μεσογείου) ένα αγκυροβόλιο του συστήματος Poseidon και δύο ανεξάρτητα μεγάλου μήκους (1 και 4χλμ) αγκυροβόλια με ρευματογράφους/ίζηματοπαγίδες και με αντικείμενο την συνεχή υδρολογική και ίζηματολογική παρακολούθηση της στήλης του νερού.

Έτσι λοιπόν το παρατηρητήριο είναι στρατηγικά τοποθετημένο σε περιοχή κατάλληλη για συνεχή και μακροχρόνια παρατήρηση των χαρακτηριστικών των θαλάσσιων αυτών μαζών και μελέτη μηχανισμών ανάμιξης με τα βαθιά νερά που προέρχονται από την Αδριατική. Συνολικά, το παρατηρητήριο βρίσκεται σε ιδανική θέση για την μελέτη της θερμόαλης κυκλοφορίας της Ανατολικής Μεσογείου και της μεταβλητότητας της που σχετίζεται με περιφερειακές ή μεγάλης κλίμακας επιδράσεις και την κλιματική αλλαγή.

2.4 Συμβολή στον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα κατ' επέκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και κατα συνέπεια στον κύκλο της τροφικής αλυσίδας.

Περίπου το ένα τρίτο από την ανθρωπογενή παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα που διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα πιστεύεται ότι δεσμεύεται από την θάλασσα μέσω χημικών και βιολογικών διεργασιών (Sabine et al., 2004; Canadell et al., 2007). Η βασική διαδικασία γίνεται συνδυαστικά με την διαφορετικότητα της διαλυτότητας του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού καθώς και την μετακίνηση του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα μέσω της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Η μείωση της απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα από την θάλασσα σημαίνει πως ένα σημαντικό ποσοστό της ανθρωπογενούς παραγωγής θα συσσωρευτεί στην ατμόσφαιρα. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει πως τέτοιοι μηχανισμοί

απορρόφησης στην θάλασσα έχουν ήδη αρχίσει να ελαττώνουν την απόδοσή τους (Schuster and Watson, 2007). Οι τεχνικές βέβαια που δείχνουν τους ρυθμούς απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα έχουν μια ανεπαρκή ευαισθησία σε παροδικές μεταβολές (Gruber et al., 2009). Παρόλα αυτά η τιμή του pH δείχνει να μειώνεται παγκοσμίως κάνοντας το θαλασσινό νερό πιο όξινο (Feely et al., 2004; Orr et al., 2005; Raven et al., 2005; Fabry et al., 2008; Feely et al., 2008). Η αύξηση της οξύτητας μάλιστα αναμένεται να συνεχιστεί για αιώνες, σύμφωνα με αρκετά μοντέλα πρόβλεψης, όμως οι επιπτώσεις της σε πολλούς θαλάσσιους οργανισμούς και μικρο-οργανισμούς δεν είναι ακόμα επαρκώς κατανοητή (IPCC, 2007a; Zachos et al., 2008; Zeebe et al., 2008; Orr et al., 2005; Hoegh-Guldberg et al., 2007; Tyrrell, 2008), η δυνατότητα των οργανισμών να δημιουργήσουν σκελετικές δομές ασβεστίου και η βιοδιαθεσιμότητα ιχνομετάλλων (Fe, Cu κλπ) επίσης θα ελαττωθεί (Tyrrell, 2008; Raven et al., 2005) ενώ η μεταβολή στην ταχύτητα διάδοσης του ήχου θα έχει άγνωστες επιπτώσεις στην θαλάσσια ζωή (Hester et al., 2008). Η χρήση σε προγνωστικά μοντέλα των μέχρι τώρα δεδομένων για την μείωση του pH στην υδρόσφαιρα δεν δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα και τα αποτελέσματα από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα EPOCA (European Project Ocean Acidification) δείχνουν πως υπάρχει μεγάλη ανάγκη για συνεχείς και μεγάλης διάρκειας μετρήσεις.

Το επιφανειακό φυτοπλαγκτόν κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης λαμβάνει ανόργανο άζωτο, φώσφορο, πυρίτιο και διοξείδιο του άνθρακα και μόνο ένα μικρό μέρος από τα στοιχεία αυτά βυθίζεται στον πυθμένα με τον συνήθη βιολογικό κύκλο της απέκκρισης και της αποσύνθεσης των θαλάσσιων ζώων στην ζωική αλυσίδα (Volk and Hoffert, 1985; Ducklow et al., 2001; Buesseler et al., 2007). Η πρωτογενής παραγωγή του φυτοπλαγκτόν σχετίζεται άμεσα με τα θαλάσσια ρεύματα (κυκλοφορία) και την παροχή σε θρεπτικά συστατικά. Η παράκτια και πελαγική ανάβλυση που προκαλείται λόγω των ανέμων τείνει να εμπλουτίζει τα επιφανειακά νερά με θρεπτικά με καταγεγραμμένες μεταβολές σε δεκαετή κλίμακα (Ryckaczewski και Checkley, 2008). Τέτοια ανάβλυση παρατηρείται και σε μέσης κλίμακας (20-40 χλμ) σχηματισμούς ρευμάτων (Eddies) όπως σε αυτά που δημιουργούνται από το ρεύμα του κόλπου στον βόρειο Ατλαντικό (Taupier-Letage et al., 2003; McGillicuddy et al., 2007; Bashmachnikov et al., 2009). Η επιβράδυνση ή η εξαφάνιση τέτοιων σχηματισμών μειώνει δραστικά την αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων και κατά συνέπεια την δυνατότητα της θαλάσσιας περιοχής σε απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνοντας την συσσώρευση του στην ατμόσφαιρα (Zickfeld et al., 2008).

Ένας μηχανισμός εξίσου σημαντικός στην απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα είναι και η επίδραση της περιοχής της υφαλοκρηπίδας. Τέτοιες περιοχές χαρακτηρίζονται περιβάλλοντα πολύ θρεπτικά και παραγωγικά με αποτέλεσμα το διοξείδιο του

άνθρακα που διαλύεται ή βιολογικά δεσμεύεται να μετακινείται στο τέλος της υφαλοκρηπίδας και προοδευτικά να βυθίζεται σε ολόένα και μεγαλύτερα βάθη εφόσον επικρατούν συνθήκες που δημιουργούν κρύα και πυκνά νερά (e.g. Bauer and Druffel, 1998). Το μέγεθος και η διαδικασία αυτών των κυκλοφοριών ακόμα μελετάται όμως είναι πιθανό να αντιπροσωπεύει το 25% της συνολικής απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από τη θάλασσα παγκοσμίως (Chen and Borges, 2009).

Με το σκεπτικό αυτό η επιλεγμένη θέση του παρατηρητηρίου στην περιοχή της Πύλου είναι ιδανική για την περαιτέρω παρακολούθηση τέτοιων μηχανισμών στον Ελλαδικό χώρο.

2.5 Συμβολή στην θαλάσσια οικολογία

Μια επιστημονική πρόκληση για τις επόμενες δεκαετίες είναι η σωστή εκτίμηση της ευαισθησίας των οικοσυστημάτων στις ανθρωπογενείς αλλαγές (Sutherland et al., 2006). Η ζωή υπάρχει μόνο μέσα περιορισμένα περιβάλλοντα και πόρους, τα περισσότερα από τα οποία μόλις και που τα γνωρίζουμε. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί επηρεάζονται από το περιβάλλον τους και μπορούν να ανατροφοδοτήσουν δυναμικά την φυσική και την χημεία αυτού του περιβάλλοντος. Σε σύγκριση με τα οικολογικά συστήματα στην στεριά, στους ωκεανούς και τις θάλασσες οι οικολογικές μεταβολές λόγω της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας στον πλανήτη και την συσσώρευση του διοξειδίου του άνθρακα δημιουργούν πολλαπλές επιπτώσεις (Richardson, 2008). Τα συστήματα παρατήρησης, στο θαλάσσιο χώρο, αυτών των μεταβολών και πώς επηρεάζουν την θαλάσσια οικολογία είναι πολύ λίγα και ακόμα λιγότερα αυτά που μπορούν να παρέχουν δεδομένα για υπερετήσιες και δεκαετείς μεταβολές (Rosenzweig et al., 2008) είναι λοιπόν απαραίτητο να υπάρξει η δυνατότητα μιας ποσοτικής εκτίμησης στην θαλάσσια βιολογία για την ανθρωπογενή επίδραση στη λειτουργία αυτών των οικοσυστημάτων. Το κλίμα επηρεάζει την πρωτογενή παραγωγή σε θρεπτικά που έχει άμεση επίπτωση στα τροφικά πλέγματα. Εάν αποσταθεροποιηθούν θα υπάρχουν επιπτώσεις στην τροφική αλυσίδα και τις λειτουργίες του παγκόσμιου οικοσυστήματος με χρονική επίδραση δεκαετιών ή και ακόμα περισσότερο (Heath and Beare, 2008).

Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα σε κάθε τροφικό επίπεδο δαπανάται το 90% της τροφής που προσλαμβάνεται και αποθηκεύεται μόνο το 10% περίπου. Τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού επιστρέφονται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Μερικά από αυτά όπως το διοξείδιο του άνθρακα προσφέρονται για άμεση επαναχρησιμοποίηση άλλα όμως θρεπτικά συστατικά παραμένουν δεσμευμένα σε χημικά σύμπλοκα που αποδομούνται από βακτηρίδια πριν αποδεσμευτούν και εισέλθουν πάλι στο περιβάλλον. Η αποσύνθεση και η διάσπαση των

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

οργανικών ουσιών μέσα στα πυθμενικά ιζήματα μειώνουν την συγκέντρωση του οξυγόνου το οποίο δύσκολα ανανεώνεται. (Α. Θεοδώρου, Ωκεανογραφία εισαγωγή στο θαλάσσιο περιβάλλον 2004, σελ 500 -505).

Τα βενθικά παρατηρητήρια δίνουν την δυνατότητα της σύνδεσης των δειγματοληψιών με περιεκτικές οικολογικές μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο που θα βελτιώσουν την εικόνα για την λειτουργία των μικροβιακών οργανισμών στον πυθμένα που διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να μελετηθούν, αφού η πλειοψηφία αυτών των μικρο-οργανισμών δεν μπορεί ακόμα να καλλιεργηθεί σε κάποιο εργαστήριο (Paul et al.,2007). Ο συντονισμός τέτοιων προσπάθειών στην Ευρώπη γίνεται μεταξύ του Marine Genomics Europe, και του LifeWatch, που αποτελούν την υποδομή για την προώθηση των δεδομένων και των παρατηρητηρίων όσο αφορά την βιοποικιλότητα και μικροβιακούς οργανισμούς.

3. Θαλάσσια πολύ-παραμετρικά παρατηρητήρια

3.1 Εισαγωγή

Η απαίτηση για συνεχή και αποτελεσματική παρατήρηση των διεργασιών στον θαλάσσιο χώρο που περιεγράφηκαν συνοπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, εισάγει την αναγκαιότητα για συστήματα που δίνουν την δυνατότητα στους ειδικούς να αποκτήσουν τις ζητούμενες πληροφορίες όσο το δυνατόν πιο έγκυρα και άμεσα. Οι επαναλαμβανόμενες μετεωρολογικές και ωκεανογραφικές μετρήσεις σε συγκεκριμένες σταθερές θέσεις των ωκεανών μας δίνουν την δυνατότητα συνεχούς παρατήρησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, κατανόησης μηχανισμών και διεργασιών του οικοσυστήματος, καταγραφής αλλαγών, βαθμονόμησης και επαλήθευσης προγνωστικών μοντέλων. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια εγκατάστασης πολύ-παραμετρικών παρατηρητηρίων της θαλάσσιας στήλης σε διάφορες περιοχές της υδρογείου κάτω από τον συντονισμό του διεθνούς προγράμματος OceanSITES (www.oceansites.org). Τα θαλάσσια πολυπαραμετρικά παρατηρητήρια είναι ίσως η μόνη λύση για ένα τέτοιο πρόβλημα αφού οι εναλλακτικές μέθοδοι, όπως κατά κύριο λόγο αυτή της τηλεπισκόπησης από δορυφόρους, περιορίζονται σε επιφανειακές μετρήσεις κυρίως θερμοκρασίας, ανάλυση χρώματος της θάλασσας για βιολογικές παραμέτρους όπως η χλωροφύλλη και εκτίμησης των επιφανειακών ρευμάτων και της στάθμης της θαλάσσιας επιφάνειας. Οι αξιοπιστία στις μετρήσεις αυτές εξαρτάται πάντα από την ικανότητα κάθε μαθηματικού αλγόριθμου επεξεργασίας των ηλεκτρομαγνητικών φασμάτων που παρέχουν οι δορυφόροι για να εξάγει την μέτρηση και δεν είναι πάντα αποδεκτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πρόσφατη ανακοίνωση της NASA για διακοπή στην αναφορά της θαλάσσιας στάθμης από τον δορυφόρο Envisat διότι συστηματικά οι επεξεργασμένες μετρήσεις του έδειχναν μια σταθερή μείωση της στάθμης των ωκεανών από το 2009 μέχρι σήμερα (ESA European Space Agency website july 7 2013). Ένας ακόμα λόγος που οι δορυφορικές μετρήσεις είναι ανεπαρκείς είναι και η αδυναμία να μετρήσουν στο σύνολο της θαλάσσιας στήλης. Τα πολύ παραμετρικά παρατηρητήρια λοιπόν θεωρούνται η μόνη αξιόπιστη εναλλακτική για την συνεχή καταγραφή των αναγκαίων παραμέτρων απευθείας με ειδικά για κάθε παράμετρο μετρητικά όργανα και πολλές φορές από την επιφάνεια μέχρι και τον βυθό.

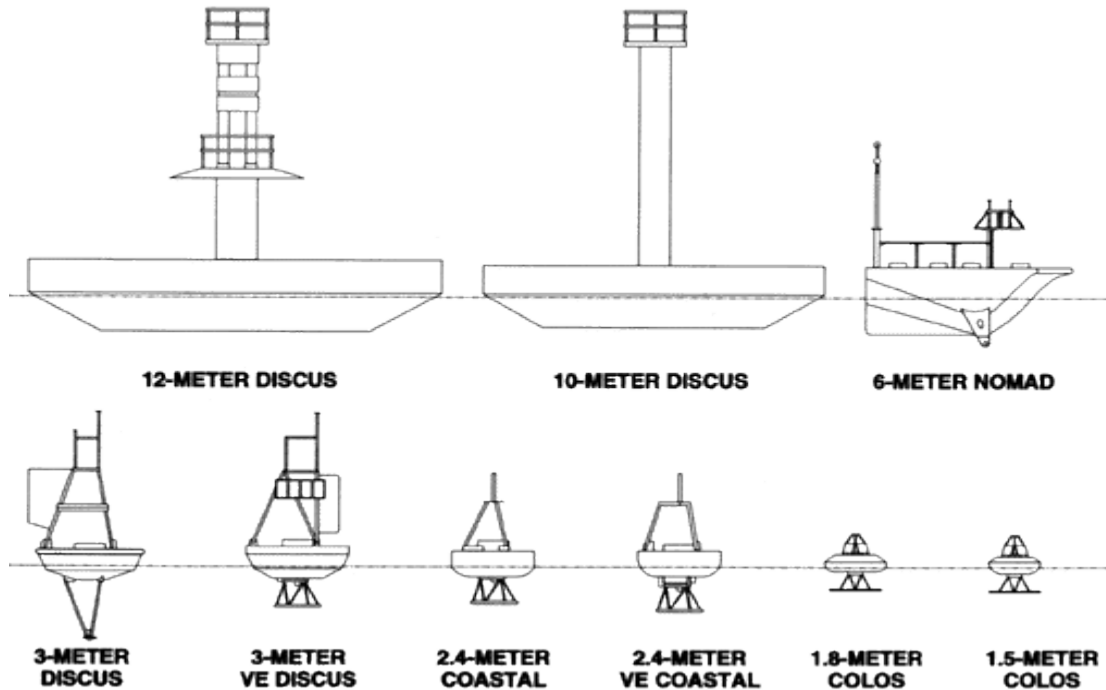
Ανάλογα με τις ανάγκες για μετρήσεις τα παρατηρητήρια μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Τα παρατηρητήρια με πλωτήρες
- Τα αυτόνομα παρατηρητήρια
- Τα καλωδιωμένα.

Να σημειωθεί εδώ πως ο όρος αυτόνομα δεν αναφέρεται μόνο στην ενεργειακή επάρκεια των μετρητικών σταθμών αλλά και στην δυνατότητά τους να μετακινούνται στο τρισδιάστατο περιβάλλον του θαλάσσιου χώρου για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα.

3.2 Παρατηρητήρια με Πλωτήρες

Τα παρατηρητήρια με πλωτήρες ξεκινούν επίσημα για πρώτη φορά την δεκαετία του πενήντα (1951). Η χρήση τους αρχικά ήταν για την επέκταση των μετρήσεων στην παράκτια ζώνη και την ανοικτή θάλασσα δίνοντας μετεωρολογικές μετρήσεις αρχικά για την βελτιστοποίηση των μετρήσεων των καιρικών συνθηκών που αφορούσαν την αεροπλοΐα με υδροπλάνα στοιχεία που μέχρι τότε δίδονταν μόνο από πλοία. Τα παρατηρητήρια με πλωτήρες για την αγκύρωση τους χρησιμοποιούσαν και τότε όπως και σήμερα έναν συνδυασμό από σχοινιά και αλυσίδες και κατάλληλους υποθαλάσσιους πλωτήρες. Με την πάροδο των ετών και την ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για περισσότερες και διαφορετικές μετρήσεις οι πλωτοί μετρητικοί σταθμοί αυτού του τύπου (Εικόνα 1) άρχισαν να ενισχύονται αριθμητικά και ανάλογα με τα όργανα που φέρουν και την κατάσταση της θάλασσας στην οποία λειτουργούν να ξεκινούν από μεγέθη 1,5 έως 12 μέτρων μέγιστης διαμέτρου και λειτουργία από βάθη 20 έως 5000 μέτρων. Το σχήμα τους είναι συνήθως δισκοειδές και το υλικό που προσφέρει πλευστότητα το πολυπροπυλένιο. Η φέρουσα κατασκευή για την προσάρτηση των μονάδων πλευστότητας, των μετεωρολογικών και επιφανειακών μετρητικών οργάνων καθώς και του υποστηρικτικού εξοπλισμού είναι ανοξειδωτος χάλυβας, αλουμίνιο για θάλασσα ή συνδυασμός (πιο σύνθητες).



Εικόνα 1. Τυπικά σχεδιαγράμματα πλωτήρων επιφανειακών μετρητικών σταθμών

Τυπικά τέτοιοι σταθμοί φέρουν ένα ιστό ύψους 3 – 10 μέτρα όπου και προσαρτώνται τα μετεωρολογικά όργανα που μετρούν την ταχύτητα και κατεύθυνση του αέρα, την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση, την βροχόπτωση, υγρασία, την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κ.α. Εκτός των μετεωρολογικών οργάνων στον ίδιο ιστό προσαρτώνται οι τηλεπικοινωνιακές κεραίες, οι φανοί σήμανσης, οι ανακλαστήρες ραντάρ (συνήθως παθητικοί) και το αλεξικέραυνο.

Στο κυρίως σώμα του πλωτού σταθμού αναρτώνται οι ωκεανογραφικοί αισθητήρες που συνήθως μετρούν θαλάσσια επιφανειακή αγωγιμότητα, θερμοκρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση ρευμάτων σε διάφορα βάρη (συνήθως έως 80 μέτρα), διαλυμένο οξυγόνο, διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα, κυματικό φάσμα κ.α.

Κάτω από τον πλωτήρα και τις περισσότερες φορές πάνω στην γραμμή αγκύρωσης προσαρτώνται επιπλέον όργανα για την μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων όπως αγωγιμότητα, θερμοκρασία, πίεση, θολερότητα, χλωροφύλλη τύπου Α, ανιχνευτές ακτινοβολίας γ κ.α. Τα όργανα αυτά μπορεί να φτάνουν μέχρι το τέλος της εύφωτης ζώνης ή να συνεχίζουν σε μεγάλο μήκος της αγκύρωσης ακόμα και μέχρι τα 2000 μέτρα.

Τα μετρητικά όργανα κάθε σταθμού εξαρτώνται από το μέγεθος του, την ενεργειακή του επάρκεια και την θέση που αυτός τοποθετείται. Συνήθως η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία του σταθμού παρέχεται από ηλεκτρικούς συσσωρευτές και μια συστοιχία ηλιακών

φωτοβολταϊκών στοιχείων υποβοηθούμενα από μια ανεμογεννήτρια. Μεγαλύτεροι σταθμοί ανοιχτής θάλασσας με μεγάλη περιοδικότητα συντήρησης (>1 έτους) και σε περιοχές με μικρή ηλιοφάνεια χρησιμοποιούν και γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος με κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τα μετρητικά όργανα καθώς και οι πληροφορίες για την λειτουργική κατάσταση του σταθμού αποθηκεύονται τοπικά και αποστέλλονται μέσω δορυφόρου ή κυψελοδικτύου σε έναν σταθμό λήψης στην στεριά όπου και γίνεται ανάλυση και φιλτράρισμα των μετρήσεων με τελικό σκοπό την διάχυση των δεδομένων στους ενδιαφερόμενους επιστήμονες ή της χρηστικής πληροφορίας στο απλό κοινό. Η όλη διαδικασία διεκπεραιώνεται στο μεγαλύτερο βαθμό με αυτοματοποιημένο τρόπο για την άμεση χρήση των δεδομένων με περίοδο που κυμαίνεται από κάθε 15 δευτερόλεπτα έως κάθε τρεις ημέρες ανάλογα τα δεδομένα. Τυπικά σταθμοί που εκπέμπουν μετεωρολογικές και ωκεανογραφικές μετρήσεις όπως αυτές που προαναφέρθηκαν λειτουργούν με περίοδο μίας ή τριών ωρών.

Αυτή την στιγμή στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν τέσσερις τέτοιοι μετρητικοί σταθμοί που αποτελούν μέρος του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ στα πλαίσια της επιχειρησιακής ωκεανογραφίας του ΕΛΚΕΘΕ.

3.3 Παρατηρητήρια Αυτόνομα

Τα αυτόνομα παρατηρητήρια περιλαμβάνουν όλους τους τύπους των παρατηρητηρίων που δεν έχουν σταθερή αγκύρωση αλλά μπορούν να μετακινούνται ελεύθερα πάνω και μέσα στον θαλάσσιο χώρο. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται παρασυρόμενοι πλωτήρες επιφανείας που φέρουν κατά κύριο λόγο μετεωρολογικά όργανα και παρασύρονται από τα επιφανειακά θαλάσσια ρεύματα και χωρίς μετεωρολογικά όργανα τα DRIFTERS, οι παρασυρόμενοι πλωτήρες τύπου ARGO που έχουν την δυνατότητα να μεταβάλουν την πλευστότητά τους και άρα να παρασύρονται και από υποεπιφανειακά θαλάσσια ρεύματα και πλωτήρες τύπου GLIDER με μεταβαλλόμενη πλευστότητα και δυνατότητα από τον χειριστή να θέτει στίγματα συντεταγμένων προορισμών.

Παρασυρόμενοι πλωτήρες με μετεωρολογικά όργανα:

Οι παρασυρόμενοι πλωτήρες με μετεωρολογικά όργανα τείνουν να εκλείψουν λόγω του οικονομικού κόστους λόγω απωλειών.

Παρασυρόμενοι πλωτήρες χωρίς μετεωρολογικά όργανα:

Οι μικροί όμως παρασυρόμενοι επιφανειακοί πλωτήρες (DRIFTERS) αποτελούν αυτή την στιγμή λόγω του μικρού κόστους και της ευκολίας στην πόντιση μια κατηγορία μετρητικών σταθμών με βασική συμμετοχή σε μεγάλες προσπάθειες οργανισμών όπως του NOAA μέσω του προγράμματος GDP (Global Drifter Program) για την ενίσχυση της πυκνότητας των μετρήσεων ταχύτητας και κατεύθυνσης επιφανειακών ρευμάτων, βαρομετρικής πίεσης, επιφανειακής θερμοκρασίας και αγωγιμότητας. Η χρησιμότητά τους προκύπτει και από το γεγονός ότι πλέον αποτελούν την βάση για να βαθμονομούνται οι δορυφορικές μετρήσεις που τροφοδοτούν προγνωστικά μετεωρολογικά μοντέλα και μοντέλα θαλάσσιας κυκλοφορίας.

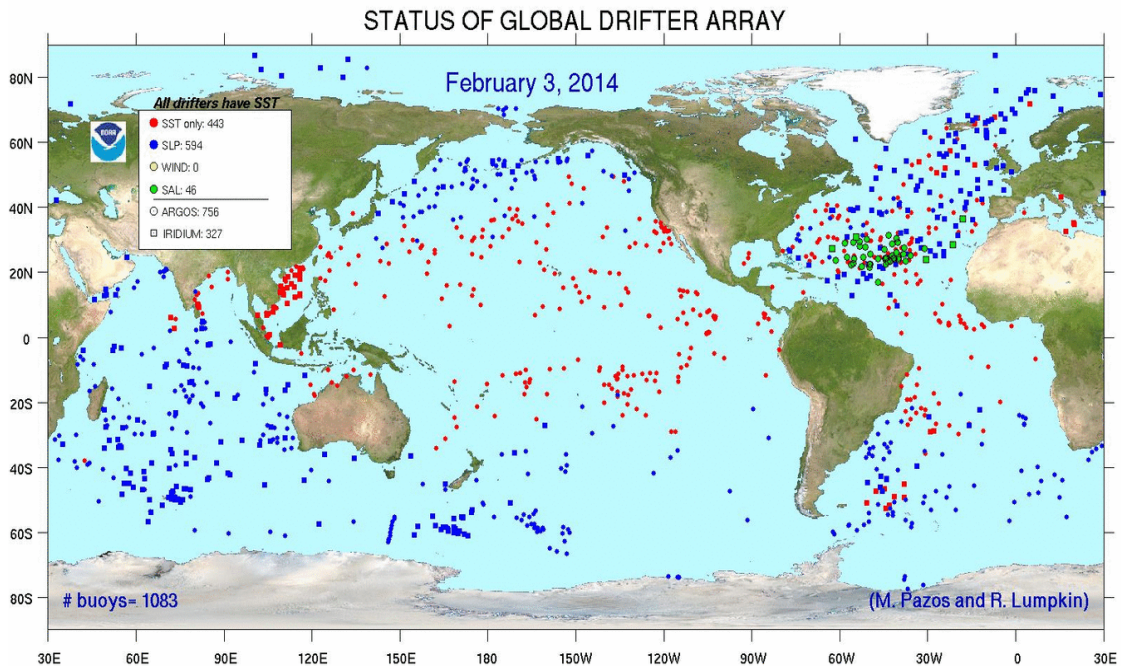
Οι παρασυρόμενοι πλωτήρες (Drifters) ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται από το 1979 στα πλαίσια του προγράμματος SVP (Surface Velocity Program) και σήμερα αποτελούν το βασικό κομμάτι του Global Drifter Program (GDP) που λειτουργεί στα πλαίσια του GOOS (NOAA's Global Ocean Observing System).

Οι πλωτήρες αυτοί είναι σφαιρικοί με τυπική διάμετρο τριάντα (30cm) εκατοστών. Το κυρίως σώμα του πλωτήρα είναι μια γυάλινη σφαίρα που εσωκλείει τα ηλεκτρονικά συστήματα για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας καθώς και της βαρομετρικής πίεσης. Το γυάλινο περίβλημα έχει μία υποδοχή για την κεραία του δορυφορικού συστήματος μετάδοσης των δεδομένων. Στο πλαστικό περίβλημα γύρω από την σφαίρα προσαρτάται από την μία άκρη ένα λεπτό σχοινί μήκους συνήθως δεκαπέντε (15m) μέτρων ενώ από την άλλη μια πλωτή άγκυρα. Η διάταξη αυτή με την επαναλαμβανόμενη εκπομπή των δεδομένων κάθε 90 λεπτά δίνει την δυνατότητα για εξαγωγή της επιφανειακής κυκλοφορίας των θαλασσιών ρευμάτων αφού εντοπιστεί η θέση του πλωτήρα μέσω του δορυφορικού συστήματος ARGO. Χρόνος ζωής ενός τέτοιου πλωτήρα είναι περίπου 450 ημέρες.

Σήμερα ο αριθμός τους ξεπερνά τα 1250 με μέση απόσταση 500 χιλιομέτρων μεταξύ δύο σταθμών. Στόχος των αρμόδιων οργανισμών είναι να μπορούν να συντηρήσουν το υφιστάμενο δίκτυο των πλωτήρων με την συνεχή πρόσθεση νέων σταθμών εφόσον είναι πολύ δύσκολο και οικονομικά ασύμφορο να περισυλλεχθούν μετά το πέρας της αποστολής τους. Βέβαια για κλειστές θάλασσες όπως η Μεσόγειος η περισυλλογή των πλωτήρων κυρίως από τους αλιείς είναι συνήθης.



Εικόνα 2.Τυπική φωτογραφία ενός πλωτήρα του προγράμματος GPD



Εικόνα 3. Δίκτυο παρασυρόμενων πλωτήρων Drifter.

Παρασυρόμενοι πλωτήρες τύπου ARGO:

Οι πλωτήρες τύπου ARGO (Εικόνα 4) ξεκίνησαν σαν ιδέα το 1999 από ένα συνέδριο που είχε σαν στόχο την συνδυασμένη προσπάθεια από διεθνής φορείς για δημιουργία ενός δικτύου ωκεάνιων παρατηρητηρίων. Είναι όπως προαναφέρθηκε πλωτήρες που επίσης παρασύρονται όμως φέρουν περισσότερα όργανα και δίνουν την δυνατότητα μετρήσεων pH, διαλυμένου οξυγόνου, θολερότητας, χλωροφύλλης A και πίεσης. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν όμως είναι η δυνατότητά τους να δίνουν προφίλ συνεχών μετρήσεων. Όπως προαναφέρθηκε διαθέτουν ένα σύστημα μεταβολής της πλευστότητάς τους. Αυτό επιτρέπει στον πλωτήρα να ξεκινά μετρήσεις από την επιφάνεια μέχρι το προσχεδιασμένο βάθος που μπορεί να φτάσει τα

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

2000 μέτρα και στην συνέχεια να αναδύεται πάλι επαναλαμβάνοντας έναν τέτοιο κύκλο λειτουργίας για διάστημα σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι 2 1/2 έτη.

Ο ρυθμός καθόδου και ανόδου του πλωτήρα καθορίζεται από τον χρήστη μέσα σε όρια μεγίστου και ελαχίστου που ορίζονται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του. Ο πλωτήρας μπορεί επίσης να προγραμματιστεί για να παραμένει σε κάποια προκαθορισμένα βάθη πάντα όμως παρασυρόμενος από τα υπο-επιφανειακά ρεύματα κυκλοφορίας.

Η δυνατότητα ρύθμισης της πλευστότητας γίνεται με την χρήση μίας ελαστικής κύστης και ενός δοχείου με λάδι. Μία αντλία υψηλής πίεσης μεταβάλλει τον όγκο της κύστης προσθέτοντας ή αφαιρώντας το λάδι. Η μεταβολή στον όγκο της κύστης μεταβάλλει την πλευστότητα. Η ρύθμιση της πλευστότητας γίνεται από ένα μικροελεγκτή που μεταξύ άλλων έχει σκοπό να κρατάει τον πλωτήρα στην επιφάνεια τόσο ώστε να μπορεί να εκπέμψει τα δεδομένα που συνέλεξε αλλά και να ακολουθεί την προγραμματισμένη πορεία καθόδου με τον ζητούμενο ρυθμό χωρίς να επιτρέψει ποτέ να ξεπεραστεί το όριο ασφαλείας.

Τυπικός χρόνος λειτουργίας είναι τα δύο χρόνια τα οποία συνήθως αντιστοιχούν σε περίπου 300 προφίλ ανόδου και καθόδου από την επιφάνεια μέχρι τα 2000 μέτρα.



Εικόνα 4. Χαρακτηριστική φωτογραφία ενός πλωτήρα ARGO

Πλωτήρες τύπου GLIDER:

Οι πλωτήρες τύπου GLIDER (Εικόνα 5) είναι παρατηρητήρια όπως αυτά των πλωτήρων ARGO. Η μεγάλη τους διαφορά εντοπίζεται στον σχεδιασμό πρόσθετων συστημάτων που προσδίδουν στον πλωτήρα χαρακτηριστικά πλευσης δίνοντάς του την δυνατότητα να κινείται σε προκαθορισμένα σημεία προορισμού στην επιφάνεια της θάλασσας. Ο πλωτήρας με την χρήση πτερυγίων και την δυνατότητα μεταβολής του κέντρου βάρους και της πλευστότητάς

του μπορεί εκμεταλλευόμενος την άνοδο και κάθοδό του μέσα στον θαλάσσιο χώρο να προωθείται παθητικά και να μετακινείται μεταξύ προκαθορισμένων επιφανειακών συντεταγμένων. Η γενικότερη φιλοσοφία στην μεταβολή της πλευστότητάς του δεν διαφέρει από αυτή που αναφέρθηκε στους πλωτήρες ARGO, τα GLIDER όμως διαθέτουν και ένα σύστημα μεταβολής του κέντρου βάρους τους. Αυτή η μεταβολή επιτυγχάνεται συνήθως με την μετατόπιση των ηλεκτρικών συσσωρευτών του (το βαρύτερο φορτίο του) εμπρός, πίσω, δεξιά και αριστερά κατά μήκος του πλωτήρα . Για τον λόγο αυτό οι συσσωρευτές βρίσκονται πάνω σε έναν άξονα που με την χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα μετακινούνται προς τα εμπρός και προς τα πίσω (κατά μήκος του πλωτήρα και με την χρήση ενός δεύτερου ηλεκτροκινητήρα περιστρέφονται δεξιά και αριστερά του άξονα δημιουργώντας έκκεντρο φορτίο. Η μεταβολή αυτή ουσιαστικά του κέντρου βάρους δίνει την δυνατότητα για μεταβολή στο προνευτασμό (pitch) και διατοιχισμό (roll) του πλωτήρα που σε συνδυασμό με την μεταβολή της πλευστότητας ανάλογα το βάθος δημιουργεί της συνθήκες για να μπορούν τα πτερύγια που διαθέτει να κατευθύνουν τον πλωτήρα στο επιθυμητό σημείο. Ο πλωτήρας επειδή παράλληλα μπορεί να παρεκκλίνει της πορείας του λόγω των υποθαλάσσιων ρευμάτων αναδύεται συχνά στην επιφάνεια όπου και λαμβάνει το στίγμα του κάνοντας τις απαραίτητες διορθώσεις για να επιστρέψει όσο το δυνατόν κοντύτερα στον προκαθορισμένο τελικό προορισμό του. Η τεχνολογία των πλωτήρων GLIDER είναι σχετικά πρόσφατη αν και οι πρώτες προσπάθειες ξεκίνησαν το 1960. Μόνο την τελευταία όμως δεκαετία η τεχνολογία στον τομέα της μικροηλεκτρονικής έδωσε την δυνατότητα να κατασκευαστούν πλωτήρες αξιόπιστοι με ικανή διάρκεια αποστολής. Το 2012 μάλιστα ένας πλωτήρας τέτοιου τύπου μπήκε στο βιβλίο Guinness σαν το πρώτο ρομπότ που αυτόνομα ταξίδεψε 14000 χιλιόμετρα στην θάλασσα μέσα σε περίπου ένα έτος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των πλωτήρων τύπου GLIDER είναι η δυνατότητα που δίνουν στους επιστήμονες για πολλαπλές μετρήσεις σε στοχευμένες περιοχές ενδιαφέροντος για μεγάλα διαστήματα με επιπλέον δυνατότητα αποστολής δεδομένων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (κάθε φορά που αναδύεται) και ανάκτησης του εξοπλισμού.



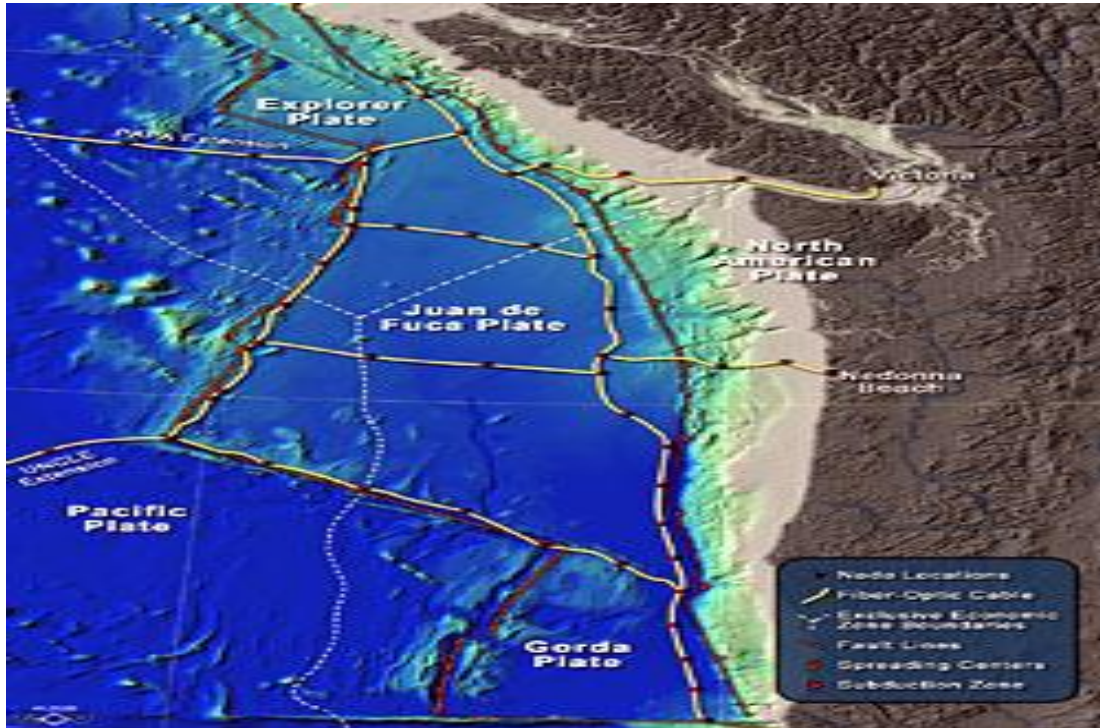
Εικόνα 5. Τυπική φωτογραφία ενός πλωτήρα τύπου GLIDER

3.4 Παρατηρητήρια Καλωδιωμένα

Τα καλωδιωμένα παρατηρητήρια είναι όπως μπορεί εύκολα να καταλάβει ο αναγνώστης εκείνα τα παρατηρητήρια που βρίσκονται μέσα στο θαλάσσιο περιβάλλον και είναι σταθερά συνδεδεμένα με την στεριά με ένα κατάλληλο υποβρύχιο καλώδιο που μεταφέρει τόσο τα δεδομένα στο κέντρο λήψης σε πραγματικό χρόνο όσο και την απαιτούμενη από το παρατηρητήριο ηλεκτρική ενέργεια.

Τα παρατηρητήρια αυτού του τύπου χρησιμοποιούν ένα καλώδιο που περιέχει οπτικές ίνες ή μεταλλικό αγωγό για την υλοποίηση της μεταφοράς των δεδομένων και των σημάτων ελέγχου και συνήθως χαλκό ή ανοξείδωτο ατσάλι για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η υποδομή επιτρέπει την υλοποίηση ενός δικτύου αισθητήρων για την συλλογή δεδομένων στον πυθμένα αλλά και την υπερκείμενη στήλη νερού. Οι ερευνητές με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ποντίσουν να ανακτήσουν και επαναποντίσουν μετρητικά όργανα για μακροχρόνιες παρατηρήσεις σε πραγματικό χρόνο και με την μέγιστη δυνατή δειγματοληψία.

Ένα πρωτοπόρο τέτοιο σύστημα εκτός Ευρώπης είναι εγκατεστημένο στον Βορειο-Δυτικό Ειρηνικό ωκεανό στα πλαίσια του προγράμματος NEPTUNE.



Εικόνα 6. Το δίκτυο του καλωδιωμένου παρατηρητήριου NEPTUNE

Το πρόγραμμα NEPTUNE έχει σαν στόχο την υλοποίηση ενός δικτύου 3000 χιλιομέτρων από κόμβους για την σύνδεση οργάνων στον πυθμένα, καλύπτοντας μια περιοχή της τεκτονικής πλάκας Juan de Fuca. Το πεδίο ενδιαφέροντος είναι ένα φυσικό εργαστήριο για πολλές σημαντικές γεωλογικές διεργασίες όπως υποθαλάσσια υδροθερμία, σεισμικότητα, ζώνες τεκτονικής καταβύθισης κ.α. όπως και η μελέτη ωκεανογραφικών και ακραίων βιολογικών διεργασιών. Το πρόγραμμα είναι μια κοινή προσπάθεια των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής και του Καναδά με βασικό συντονισμό μέσω του προγράμματος ORION του U.S. National Science Foundation.

Εξίσου σημαντικά προγράμματα που υλοποιούν παρόμοια παρατηρητήρια είναι:

Το NEPTUNE Canada, το MARS (Monterey Accelerated Research System), το H2O (Hawaii 2 Observatory 1998-2003), το VENUS και το DONET (Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis).

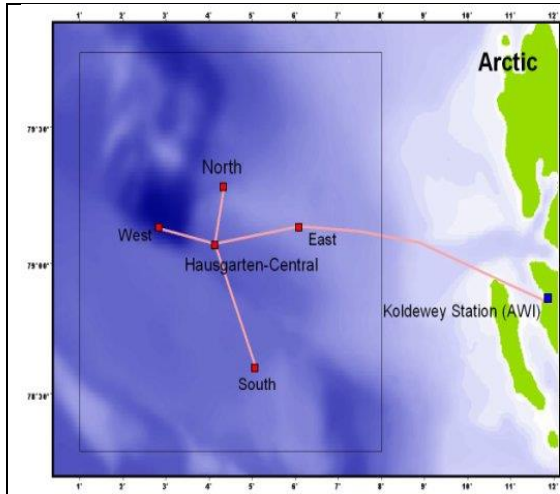
Ποιο συγκεκριμένα για τον Ευρωπαϊκό χώρο τα καλωδιωμένα παρατηρητήρια είναι στην γενικότερη εποπτεία του ESONET (European Sea Floor Observatory Network) το οποίο αποτελεί το υποθαλάσσιο μέρος του σχεδιασμού παρατηρήσεων του προγράμματος GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Στόχος του ESONET είναι η στρατηγική συμβολή στην δυνατότητα μακροχρόνιας καταγραφής δεδομένων από καλωδιωμένα παρατηρητήρια που καλύπτουν φαινόμενα και διεργασίες στην γεωφυσική, την γεωτεχνία, την

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΩΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

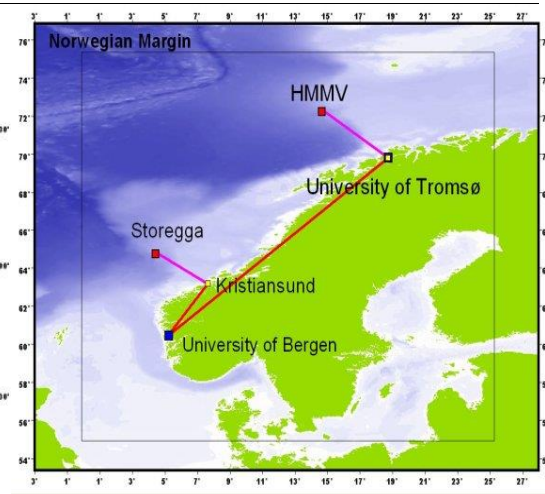
Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

χημεία, την βιοχημεία, την ωκεανογραφία, την βιολογία και την αλιεία σε 10 περιοχές ενδιαφέροντος στην Ευρώπη. Όπως το πρόγραμμα NEPTUNE στην Αμερική έτσι το ESONET στην Ευρώπη έχει σκοπό να εγκαταστήσει συνολικά 5000 χιλιόμετρα υποβρύχιων καλωδίων με οπτικές ίνες που θα συνδέουν τα παρατηρητήρια με την στεριά.

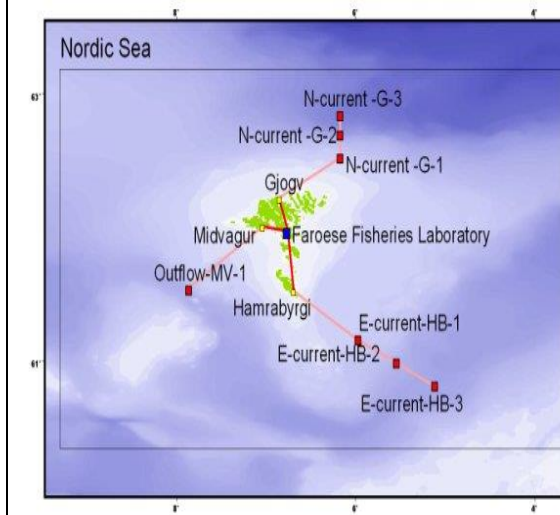
Οι περιοχές που έχουν επιλεγεί είναι οι εξής:



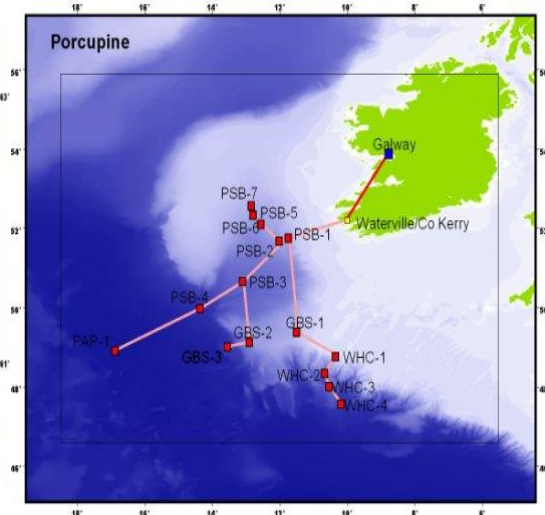
Εικόνα 7. Θέση Αρκτικού Ωκεανού (Θάλασσα Γροιλανδίας)



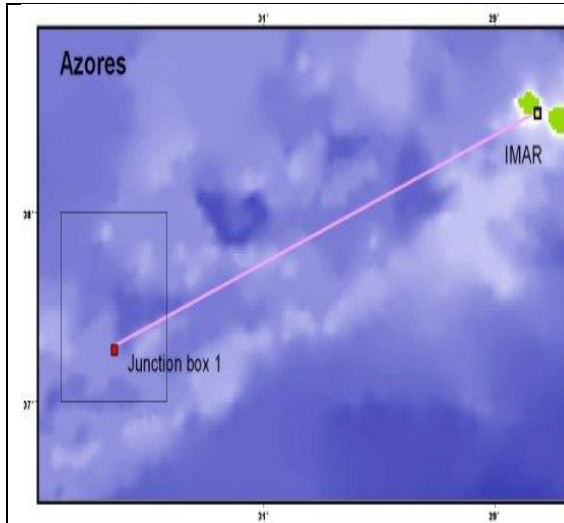
Εικόνα 8. Θέση Ατλαντικού Ωκεανού (Θάλασσα Νορβηγίας)



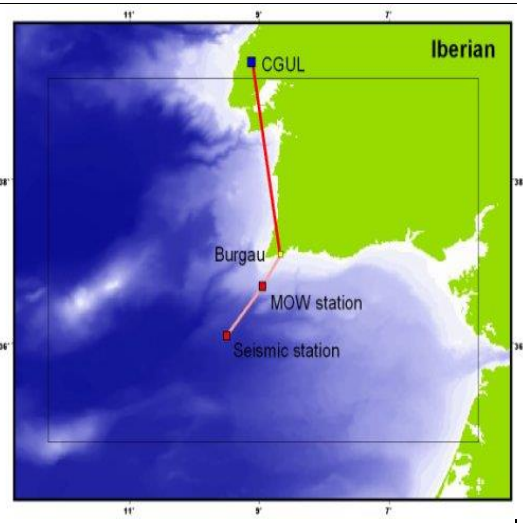
Εικόνα 9. Θέση Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού (Νήσοι Φαιρόες)



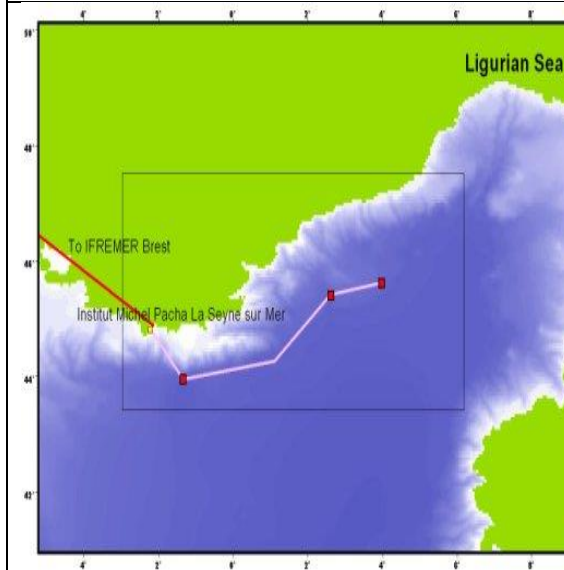
Εικόνα 10. Θέση Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού (Θάλασσα Ακανθόχοιρου)



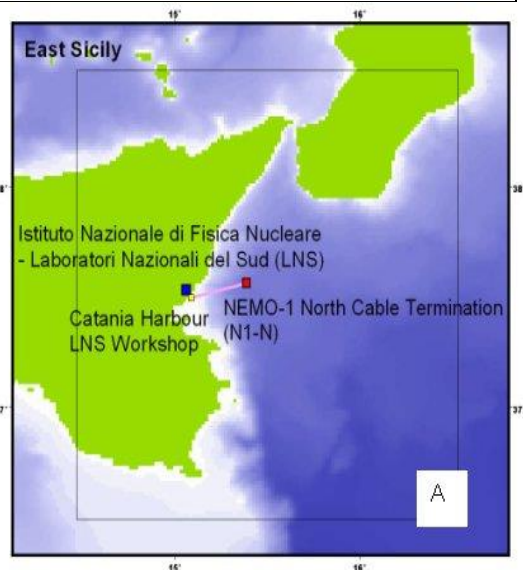
Εικόνα 11. Θέση Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού (Νήσος Αζόρες)



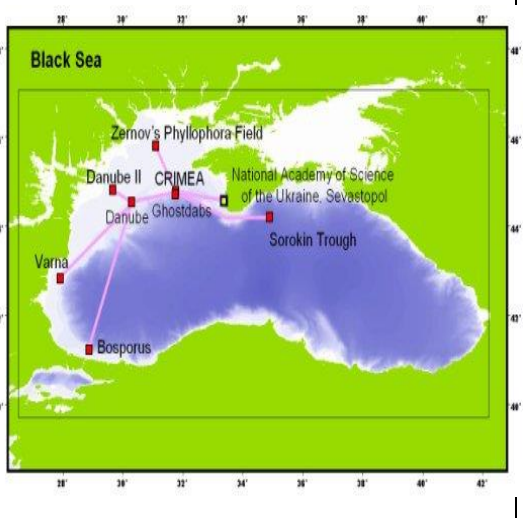
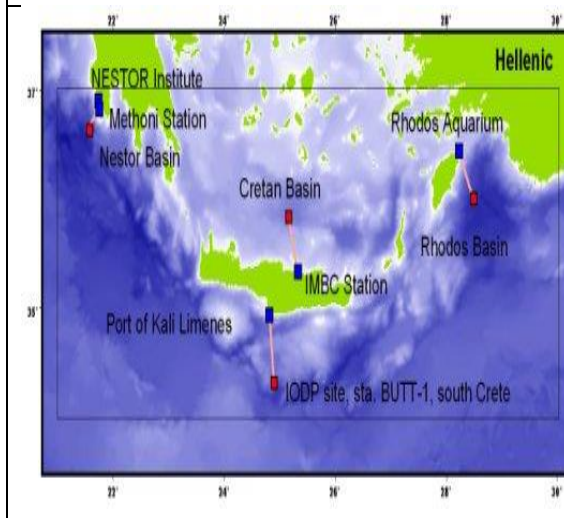
Εικόνα 12. Θέση Ατλαντικού Ωκεανού (Ιβηρική χερσόνησος)



Εικόνα 13. Θέση Μεσόγειου θάλασσας (Λιγκούρια θάλασσα)



Εικόνα 14. Θέση Μεσόγειου θάλασσας (Ανατολική Σικελία)



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Εικόνα 15. Θέση Μεσόγειου θάλασσας (Ιόνιο Πέλαγος, Ν. Κρητικό Πέλαγος, Β. θάλασσα Λεβαντίνης)	Εικόνα 16. Θέση Μαύρη θάλασσα
---	-------------------------------

Αναφορές εικόνων από <http://www.oceanlab.abdn.ac.uk/research/esonet.php>

Συμπληρωματικά θα υπάρξει και ένα κινητό παρατηρητήριο για άμεση διάθεση σε περιοχές με έντονη ανθρωπογενή παρέμβαση στον θαλάσσιο χώρο ή σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών. Το παρατηρητήριο αυτό θα παρέχει δεδομένα για την περιβαλλοντική διαχείριση στις αρμόδιες αρχές. Κάθε παρατηρητήριο θα έχει τον τοπικό διαχειριστή του ο οποίος πρέπει και να είναι μέλος της ομοσπονδίας του ESONET. Η ομοσπονδία έχει την εποπτεία για την εφαρμογή των προτύπων, και την διαχείριση των δεδομένων που θα μεταβιβάζονται από εθνικά σε διεθνή κέντρα.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια για την περιγραφή και εν δυνάμει υλοποίηση ενός τέτοιου καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου τυθμένα.

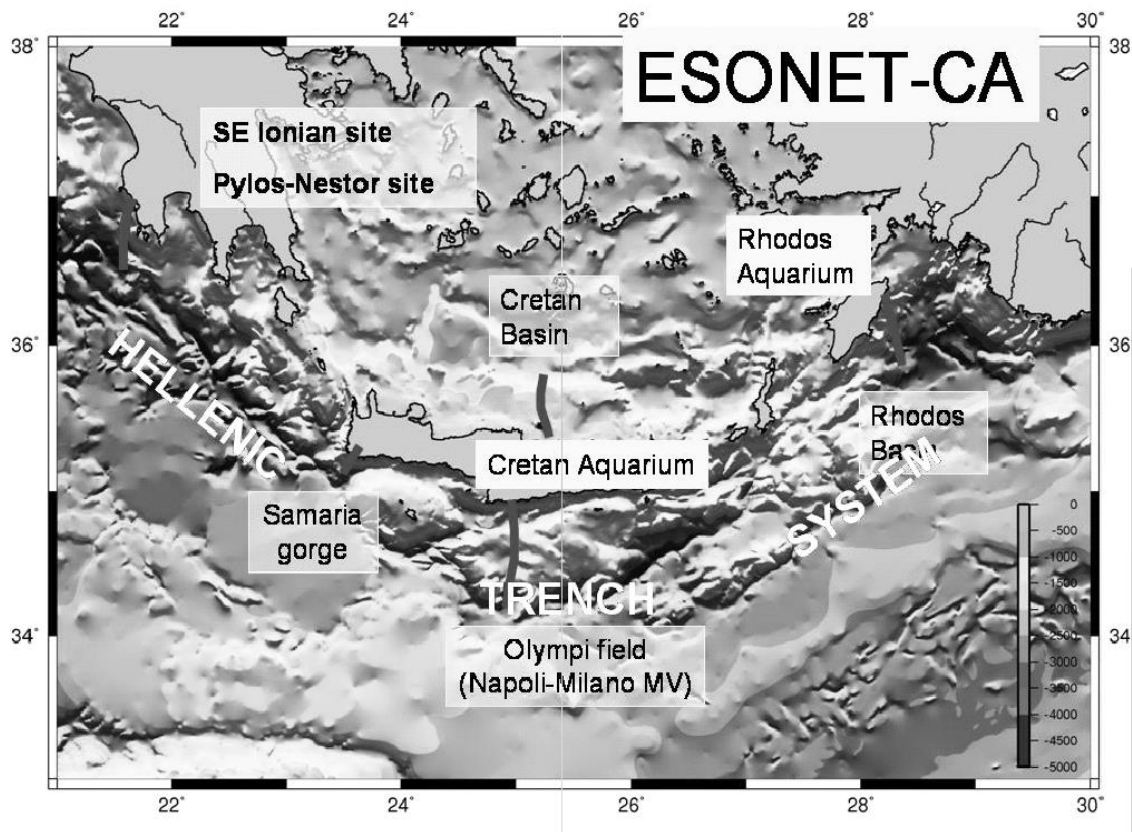
4. Ιστορική αναδρομή Ευρωπαϊκών προσπαθειών με Ελληνική συμμετοχή

4.1 ASSEM (2002-2005)

Η τεχνολογία ASSEM αναπτύχθηκε κυρίως από το IFREMER και αφορούσε στην ανάπτυξη μικρών και ευκίνητων πλαισίων με γεωλογικούς και περιβαλλοντικούς αισθητήρες, κεντρικό σύστημα συλλογής/αποθήκευσης δεδομένων, σύστημα επικοινωνίας με την επιφάνεια (υδρόφωνα) και επικοινωνίας με άλλες πλατφόρμες βυθού με σκοπό την ανταλλαγή/μετάδοση δεδομένων, την ενεργοποίηση και έλεγχο λειτουργίας των αισθητήρων κλπ. Το σύστημα ολοκληρώθηκε αλλά και υλοποιήθηκε μέσω του ομώνυμου κοινοτικού προγράμματος ASSEM (EVK3-CT2001-00051) με την πιλοτική πόντιση και λειτουργία τους στον Κορινθιακό κόλπο και στο Finneidfjord της Νορβηγίας. Τα πιλοτικά αυτά πειράματα είχαν απόλυτη επιτυχία και η τεχνολογία ASSEM προτάθηκε στο πρόγραμμα ESONET-Ca ως ένα από τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν στην υλοποίηση των παρατηρητηρίων πυθμένα στις Ευρωπαϊκές θάλασσες.

4.2 ESONET-Ca (2003-2006)

Το πρόγραμμα αυτό ουσιαστικά ήταν μια μελέτη σκοπιμότητας με σκοπό τον συντονισμό των Ευρωπαϊκών επιστημονικών ομάδων που δραστηριοποιούνται στον τομέα των παρατηρητηρίων βυθού και την πρόταση πιθανών περιοχών εγκατάστασης με εμπειριστατωμένη αντίστοιχη επιστημονική τεκμηρίωση. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού προτάθηκαν και συζητήθηκαν διαφορετικές τεχνικές που αφορούσαν την υλοποίηση των παρατηρητηρίων πυθμένα (πχ μετάδοση δεδομένων μέσω καλωδίου οπτικών ινών, υποθαλάσσια ακουστική επικοινωνία κλπ). Η Ελληνική επιστημονική ομάδα που συμμετείχε είχε προτείνει με βάση τα ιδιαίτερα βιο-γεω-οικολογικά χαρακτηριστικά πέντε θέσεις Κρητικό πέλαγος, Νότια της Κρήτης/2 θέσεις, Λεκάνη της Ρόδου, θαλάσσια περιοχή ΝΔ της Πύλου (Εικόνα 17).



Εικόνα 17. Θέσεις βαθιών παρατηρητηρίων που υιοθετήθηκαν από το πιλοτικό κοινοτικό πρόγραμμα ESONET- στα πλαίσια του ευρύτερου Ελληνικού (HELLENIC) site.

4.3 ESONET-NoE (2007-2011)

Στην δεύτερη φάση του κοινοτικού προγράμματος ESONET (ESONET-Network of Excellence /<http://www.esonet-emso.org/>) η Ελληνική επιστημονική ομάδα που συμμετείχε έθεσε σαν πρώτη προτεραιότητα εγκατάστασης παρατηρητηρίων βυθού την ευρύτερη θαλάσσια περιοχή ΝΔ της Πύλου (βαθύτερη λεκάνη της Μεσογείου) αξιοποιώντας και τις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου ΝΕΣΤΩΡΑ στην Πύλο ιδιαίτερα την δυνατότητα της μετάδοσης πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μέσω του υποθαλάσσιου καλωδίου οπτικών ινών, την κτηριακή υποδομή, την τεχνογνωσία, πλωτή πλατφόρμα ποντίσεων (Δέλτα Βερενίκη). Επίσης ελήφθη υπόψη και η πρόταση της μελλοντικής εγκατάστασης του υποθαλάσσιου τηλεσκοπίου ανίχνευσης Νετρίνων στην Ελλάδα (κοινοτικό πρόγραμμα KM3Net-Design study/ <http://www.km3net.org/home.php> και προτεινόμενη Ευρωπαϊκή υποδομή KM3Net-PP).

Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού εξετάστηκαν αναλυτικά όλες οι τεχνικές και τεχνολογίες αιχμής που πρέπει να εφαρμοστούν όπως επίσης και οι στρατηγικές και σενάρια υλοποίησης της εγκατάστασης παρατηρητηρίων βυθού στην Ευρωπαϊκές θάλασσες.

4.4 EUROSITES (2009-2012)

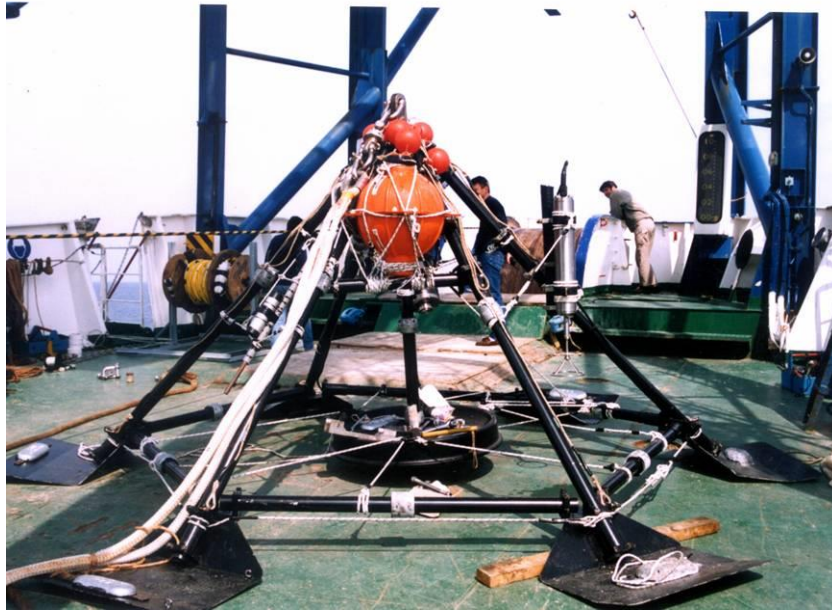
Σκοπός του προγράμματος είναι να ενσωματώσει τους υπάρχοντες σταθμούς παρατήρησης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Μέχρι σήμερα τα παρατηρητήρια αυτά μετρούν αυτόνομα τις βιολογικές, χημικές και φυσικές παραμέτρους οι οποίες είναι σημαντικές στο κλίμα μας και το ωκεάνιο οικοσύστημα. Δυστυχώς αν και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερος υψηλή ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν χαρακτηρίζεται ως ασυντόνιστος και κατακερματισμένος. Δεν υπάρχει κανένα συμφωνηθέν σύνολο βασικών παραμέτρων που πρέπει να μετρηθούν σε κάθε θέση ενώ κοινά πρωτόκολλα στοιχείων δεν ακολουθούνται. Η επίδραση των παραπάνω είναι ότι τα συστήματα παρατήρησης αποτυγχάνουν να παρέχουν ένα συνεπές δίκτυο ελέγχου ικανό να παρέχει μια σαφή περιγραφή των χαρακτηριστικών του ωκεάνιου συστήματος. Το EuroSITES έχει δύο κύριους στόχους - να ενσωματώσει και να ενισχύσει τα υπάρχοντα βαθιά ωκεάνια παρατηρητήρια σε ένα ευρωπαϊκό δίκτυο και να πραγματοποιήσει συγκεκριμένες επιστημονικές αποστολές οι οποίες στο μέλλον θα αποτελέσουν τη βάση για τη συνεχή παρακολούθηση βασικών περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών.

Το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του ΕΛΚΕΘΕ συμμετέχει ενεργά και στους δύο στόχους, αναβαθμίζοντας τα παρατηρητήρια σε Κρήτη (POSEIDON-E1M3A) και Πύλο (POSEIDON-PYLOS) με αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), θερμοκρασίας (T), αγωγιμότητας (C) και οξυγόνου (O₂). Ειδικότερα στην περιοχή της Πύλου για πρώτη φορά στη Μεσόγειο διαφορετικές πλατφόρμες (πλωτή συστοιχία & πλατφόρμα πυθμένα) συνδυάζονται σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρατήρησης γεωλογικών, φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων. Παράλληλα στην ίδια περιοχή λόγω της υψηλής σεισμικής δραστηριότητας το ΕΛΚΕΘΕ συντονίζει στοχευμένα πειράματα παρατήρησης της πίεσης στην διεπιφάνεια νερού – ιζήματος προκειμένου να υπάρξει συσχέτιση με την εμφάνιση σεισμών (πρόδρομα φαινόμενα). Επιπρόσθετα μελετάται η επίδραση των σεισμών στη σταθερότητα της υποθαλάσσιας κατωφέρειας.

5. Εθνικές προσπάθειες

5.1 ΝΕΣΤΩΡ-ΛΑΕΡΤΗΣ

Το Ινστιτούτο ΝΕΣΤΩΡ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Αθηνών πόντισε το σύστημα “LAERTIS”. Το “LAERTIS” είναι ένα πολυεπιστημονικό εργαστήριο μεγάλων θαλασσίων βαθών που κατασκευάστηκε στην Ελλάδα και που ποντίστηκε σε ένα βάθος περίπου 4200m, στα βαθύτερα μέρη της Ευρώπης ΝΔ της Πελοποννήσου, ανοικτά της Πύλου. Το εργαστήριο αυτό εποπτεύθηκε από το Ινστιτούτο ΝΕΣΤΩΡ και χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα και την μελέτη της τεχνολογίας μεγάλων θαλασσίων βαθών και της φυσικής Neutrino. Επιπλέον συμμετείχαν στη οργάνωση διάφορων ωκεανογραφικών αποστολών, δύο με τη συνεργασία του Shirshov Institute of Oceanology της Ρωσικής Ακαδημίας των Επιστημών (διάρκειας ενός μηνός εκάστη) και πολλές με τη συνεργασία του Ελληνικού Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών στην περιοχή NESTOR, όπου τελικά ποντίστηκε το LAERTIS. Έχουν διεξαγάγει πολλές μελέτες για το μηχανικό, ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό σχεδιασμό του LAERTIS. Στα πλαίσια του ΛΑΕΡΤΗ ποντίστηκε και ένα πειραματικό επιστημονικό παρατηρητήριο πυθμένα που συνδέετο με την ξηρά με ηλεκτρο-οπτικό καλώδιο (Εικόνα. 18). Η τροφοδοσία του έγινε μέσω ενός τυποποιημένου ηλεκτροοπτικού καλωδίου βαθιάς θάλασσας και τα στοιχεία που συλλέχτηκαν από τα σχετικά όργανα βαθιάς θάλασσας του LAERTIS (ρευματογράφοι, θερμομέτρα, πιεσόμετρα, OBS), εστάλησαν στην ακτή μέσω των οπτικών ινών σε πραγματικό χρόνο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ήταν η πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια σε Πανευρωπαϊκό επίπεδο μέτρησης και μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο επιστημονικών δεδομένων (σεισμικά γεγονότα, θερμοκρασία, ταχύτητα ρευμάτων) από μεγάλα βάθη. Σχετική δημοσίευση στο SEA TECHNOLOGY (July 2003, Vol. 44, No 7).



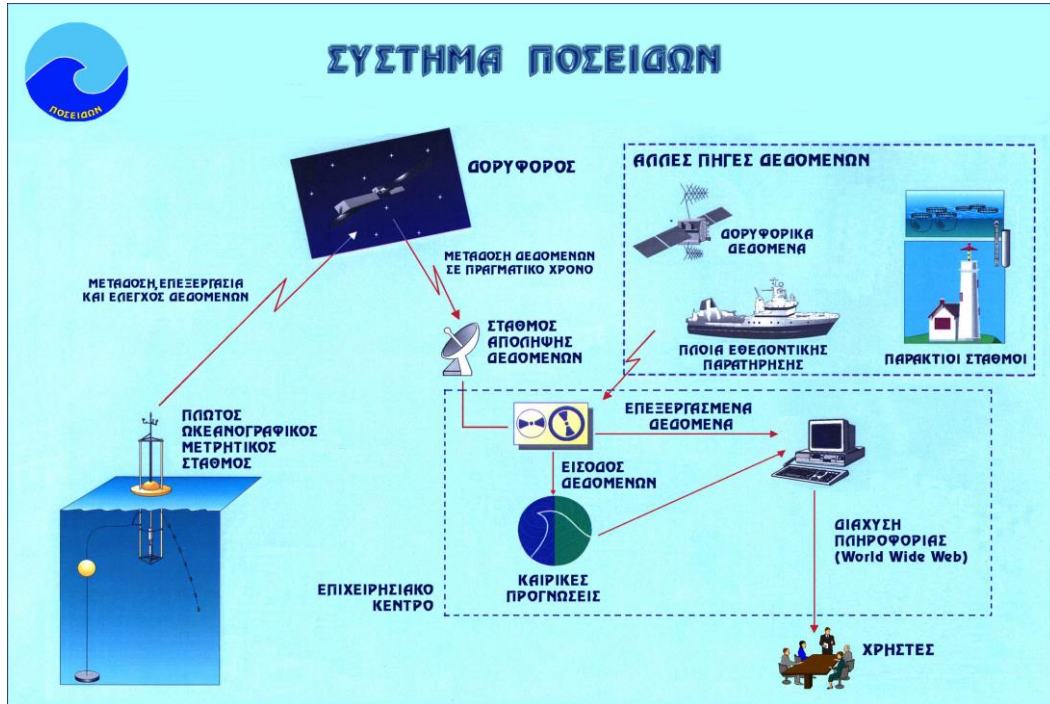
Εικόνα 18. Το πειραματικό επιστημονικό παρατηρητήριο πυθμένα του ΛΑΕΡΤΗ λίγο πριν την πόντισή του

5.2 Σύστημα Ποσειδών (I-II)

Την τελευταία δεκαετία το ΕΛΚΕΘΕ έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρατήρησης, πρόγνωσης και πληροφόρησης για τις Ελληνικές θάλασσες μέσα από τα έργα ΠΟΣΕΙΔΩΝ-I και II που χρηματοδοτήθηκαν από τον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο (ΕΟΧ) και Εθνικούς πόρους (1997-2000 14Μ€, 2005-2009 9.8 Μ€ αντίστοιχα). Ένα σύστημα Επιχειρησιακής Ωκεανογραφίας αποτελείται συνήθως από τρία μέρη

- α) το σύστημα συλλογής δεδομένων
- β) το σύστημα επεξεργασίας τους και παραγωγής προγνώσεων και
- γ) το σύστημα διάθεσης των τελικών προϊόντων.

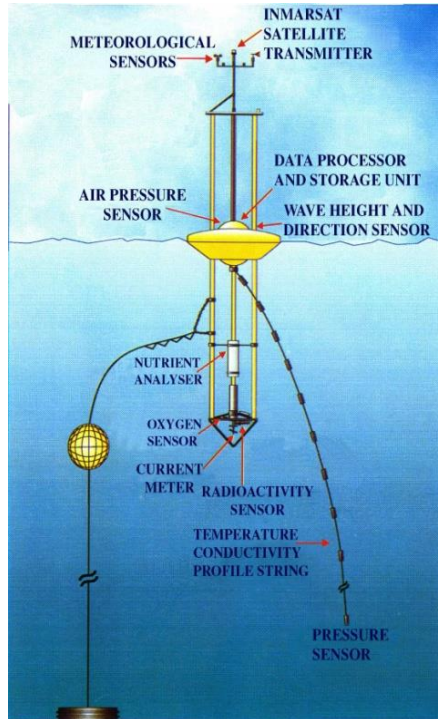
Τα τρία αυτά μέρη φαίνονται στην εικόνα 19 όπου παρουσιάζεται η δομή του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ. Το σύστημα βασίζεται σε δίκτυο πλωτών μετρητικών σταθμών που συλλέγει μετεωρολογικά και ωκεανογραφικά δεδομένα από διάφορα σημεία του Αιγαίου και Ιονίου. Τα δεδομένα μεταδίδονται με δορυφορική επικοινωνία στο επιχειρησιακό κέντρο όπου γίνεται η ανάλυση τους και η αξιοποίηση τους για την παραγωγή προγνώσεων. Τόσο τα δεδομένα όσο και οι προγνώσεις μετατρέπονται σε συμπυκνωμένες πληροφορίες και απλοποιημένα τελικά προϊόντα που διατίθενται στους τελικούς χρήστες μέσα από το διαδίκτυο ή χρησιμοποιώντας άλλα μέσα (κινητή τηλεφωνία).



Εικόνα 19. Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ όπου παρουσιάζονται οι βασικές του συνιστώσες (συλλογή δεδομένων, δορυφορική μετάδοση, ανάλυση και πρόγνωση, διάχυση πληροφορίας)

Επιπλέον, το επιχειρησιακό κέντρο του συστήματος ΠΟΣΕΙΔΩΝ συλλέγει δεδομένα από ανεξάρτητα συστήματα παρατήρησης όπως πλοία εθελοντικής παρατήρησης (VOS, SOOP, FerryBox) παρασυρόμενους μετρητικούς σταθμούς (Argo floats), παράκτια ραντάρ κ.α. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν στα πλαίσια ερευνητικών κυρίως προγραμμάτων τόσο στην περιοχή του Αιγαίου όσο και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

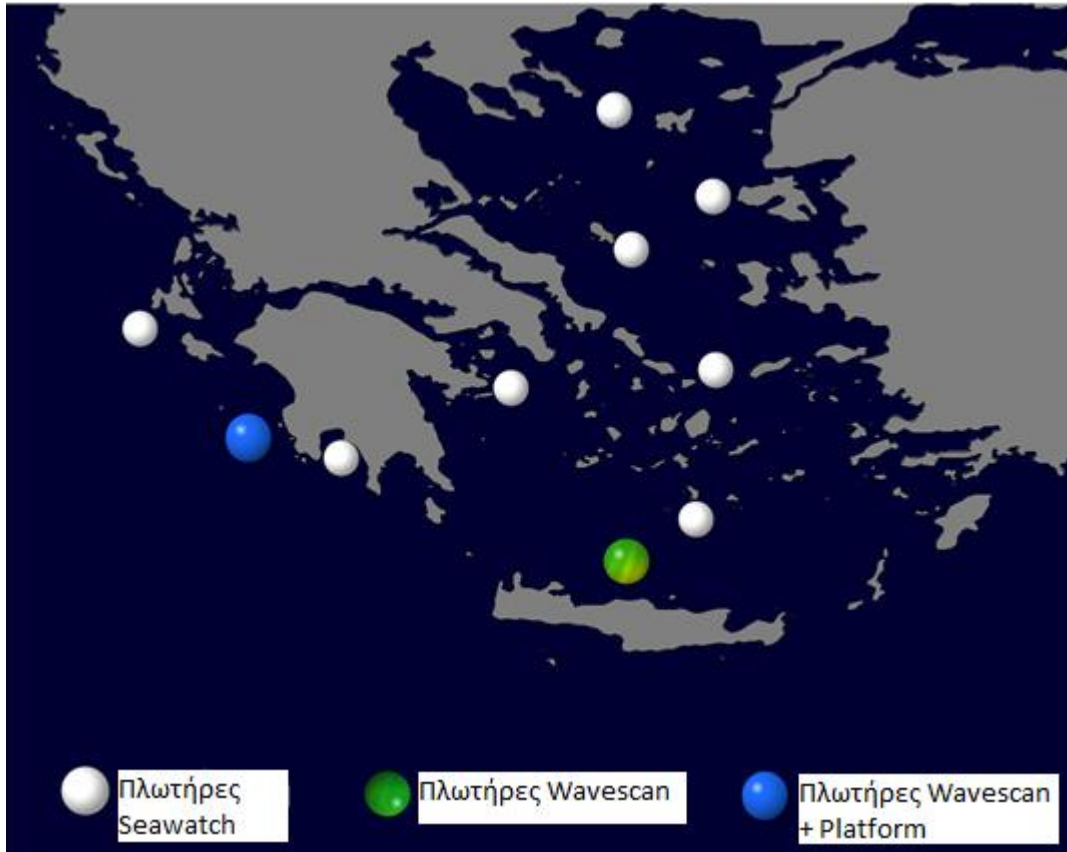
Η αρχική μετρητική υποδομή του έργου ΠΟΣΕΙΔΩΝ-I περιλάμβανε έντεκα (11) πλωτούς οκεανογραφικούς σταθμούς τύπου SeaWatch που χρησιμοποιήθηκαν για να υποστηρίξουν ένα δίκτυο 6 θέσεων το οποίο κάλυπτε το Αιγαίο Πέλαγος την περίοδο 2000-2005 (Εικόνα 20).



Parameter	Depths measured (m)	Sensor(s) used	Accuracy
Wind speed/dir.,	Surface	Young 04106	1m/sec, 10 deg
Air Pressure,	Surface	Vaisala PTB 220A	+0.15hPa
Air temperature,	Surface	Omega	+0.1oC
Wave Height, direction, period	Surface	Seatex MRU	0.05m, 2 deg, 0.15 sec
SST, SSS surface,	Surface (1m)	Aanderaa 3919A	+0.1 oC, 0.05 mS/cm
Currents	Surface (1m)	Nortek Aquadopp 400 kHz	Sp: +0.5 cm/sec Dir: +2 deg

Εικόνα 20. Σχηματική απεικόνιση σταθμού SeaWatch και τυπικός εξοπλισμός του για το δίκτυο ΠΟΣΕΙΔΩΝ.

Η υποδομή αναβαθμίστηκε από το έργο ΠΟΣΕΙΔΩΝ-II το οποίο πρόσθεσε 5 νέους μετρητικούς τύπου WaveScan και έκανε δυνατή την επέκταση του δικτύου στο Ιόνιο πέλαγος.



Εικόνα 21. Χάρτης των Ελληνικών θαλασσών με τις θέσεις του δικτύου ΠΟΣΕΙΔΩΝ (2010)

Οι σταθμοί τύπου SeaWatch είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες για:

- Μετεωρολογικές μετρήσεις (θερμοκρασία αέρα, ατμοσφαιρική πίεση, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου)
- Κυματικές μετρήσεις (ύψος, διεύθυνση και περίοδος κυματισμού)
- Ωκεανογραφικές μετρήσεις (θερμοκρασία, αλατότητα, ταχύτητα και διεύθυνση ρεύματος)

Επιπλέον μπορούν να εξοπλιστούν με αισθητήρες μέτρησης βιοχημικών παραμέτρων όπως χλωροφύλλη-α, διαλυμένο οξυγόνο και θολερότητα. Τέτοιοι αισθητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί κατά διαστήματα στο δίκτυο των SeaWatch αλλά σε προ-επιχειρησιακή βάση. Ο σταθμός μπορεί επίσης να εξοπλιστεί με διάταξη αισθητήρων θερμοκρασίας αλατότητας (CT) σε πολλαπλά βάθη, τυπικά 0-50μ. Η διάταξη αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε σταθμούς του δικτύου αλλά όχι σε συνεχόμενη βάση.

Το ενεργειακό σύστημα των σταθμών βασίζεται σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και συνδυασμό από ηλιακές κυψέλες και ανεμογεννήτριες που εξασφαλίζουν αυτονομία ακόμα και σε περίπτωση χρήσης μεγάλου αριθμού αισθητήρων. Το κεντρικό υπολογιστικό τους σύστημα έχει την ευθύνη συλλογής των δεδομένων από τους αισθητήρες, της προ-επεξεργασίας τους και της αποστολής τους στο επιχειρησιακό κέντρο του ΕΛΚΕΘΕ.

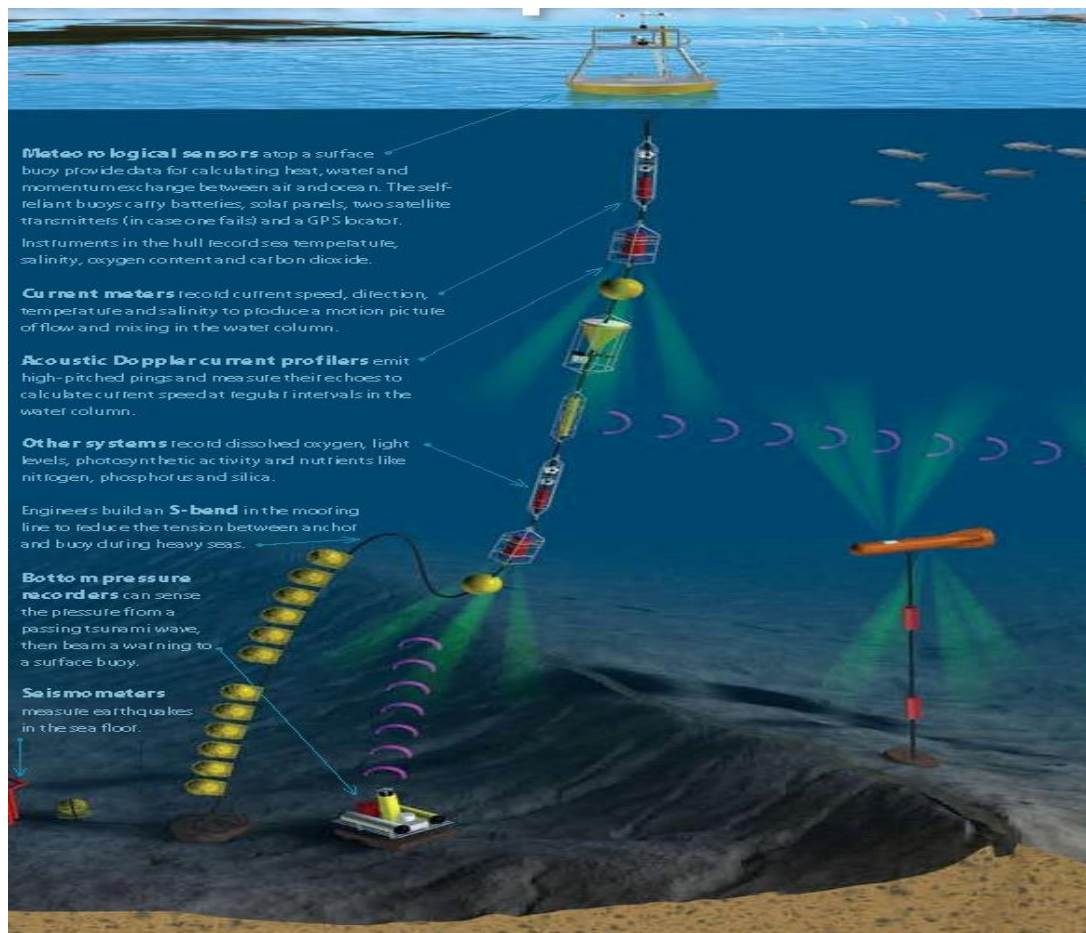
Η συχνότητα δειγματοληψίας και αποστολής δεδομένων έχει καθοριστεί σε 3 ώρες ενώ υψηλότερη συχνότητα (1 ώρα) έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν όταν απαιτείται. Για την αποστολή αλλά και γενικότερα την επικοινωνία μεταξύ τους σταθμού και του επιχειρησιακού κέντρου χρησιμοποιούνται διαφορετικά συστήματα που βασίζονται είτε σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (GSM, GPRS) ή σε δορυφορικά συστήματα (IMARSAT-C, Iridium).

Οι σταθμοί τύπου WaveScan έχουν παρόμοιο εξοπλισμό αλλά διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά και σχεδιασμό που τους κάνουν κατάλληλους για μετρήσεις ανοιχτής θάλασσας (μεγάλα βάθη πόντισης).

Ένα τυπικό παρατηρητήριο περιλαμβάνει: επιφανειακό μετρητικό σταθμό εξοπλισμένο με μετεωρολογικούς αισθητήρες, όργανα μέτρησης προσαρμοσμένα στη γραμμή ακύρωσης σε πολλαπλά βάθη, καθώς και την δυνατότητα επικοινωνίας με άλλα περιφερειακές πλατφόρμες μέτρησης είτε σε ξεχωριστά αγκυροβόλια ή στον πυθμένα. Ο επιφανειακός πλωτός μετρητικός σταθμός συλλέγει τα δεδομένα από τα επιμέρους υποσυστήματα και τους ανεξάρτητους αισθητήρες, τα προ-επεξεργάζεται και τα μεταδίδει μέσω κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Το ΕΛΚΕΘΕ μέσα από προγράμματα Ευρωπαϊκής χρηματοδότησης (MFSP, MFSTEP) έχει σχεδιάσει και αναπτύξει την τελευταία δεκαετία τις βασικές συνιστώσες ενός τέτοιου παρατηρητηρίου αποκτώντας την σχετική εμπειρία. Το πρώτο πειραματικό παρατηρητήριο, γνωστό ως E1-M3A, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε την περίοδο 1999-2001 και λειτούργησε σε ερευνητική προ-επιχειρησιακή βάση την περίοδο 2001-2006. Η περιοχή πόντισης του ήταν το Κρητικό πέλαγος σε βάθος 1400 περίπου μέτρων. Το σύστημα εστίασε σε φυσικές και βιοχημικές μετρήσεις στα άνω 100μ της θαλάσσιας στήλης (εύφωτη ζώνη) όπου πραγματοποιούνται οι βασικές βιοχημικές διεργασίες και σε φυσικές μετρήσεις (θερμοκρασία, αλατότητα, ρεύματα) στα 0-500μ στο στρώμα δηλαδή μέγιστης χρονικής και χωρικής μεταβλητότητας. Στην διάρκεια λειτουργίας του δόθηκε η δυνατότητα δοκιμής με τεχνολογία υδροακουστικών modems για υποθαλάσσια μετάδοση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών γραμμών ακύρωσης. Τα πειράματα έδειξαν ότι υπάρχουν προβλήματα όταν η μετάδοση γίνεται οριζόντια (δηλαδή στα ίδια βάθη ο πομπός και δέκτης) ενώ η μεθοδολογία αποδίδει

καλύτερα σε κάθετη μετάδοση. Τέλος, δόθηκε η δυνατότητα να δοκιμαστούν διάφορες μεθοδολογίες μείωσης των προβλημάτων βιοεπίστρωσης (biofouling).



Εικόνα 22. Πολύ-παραμετρικό Παρατηρητήριο (Eulerian type Observatory)

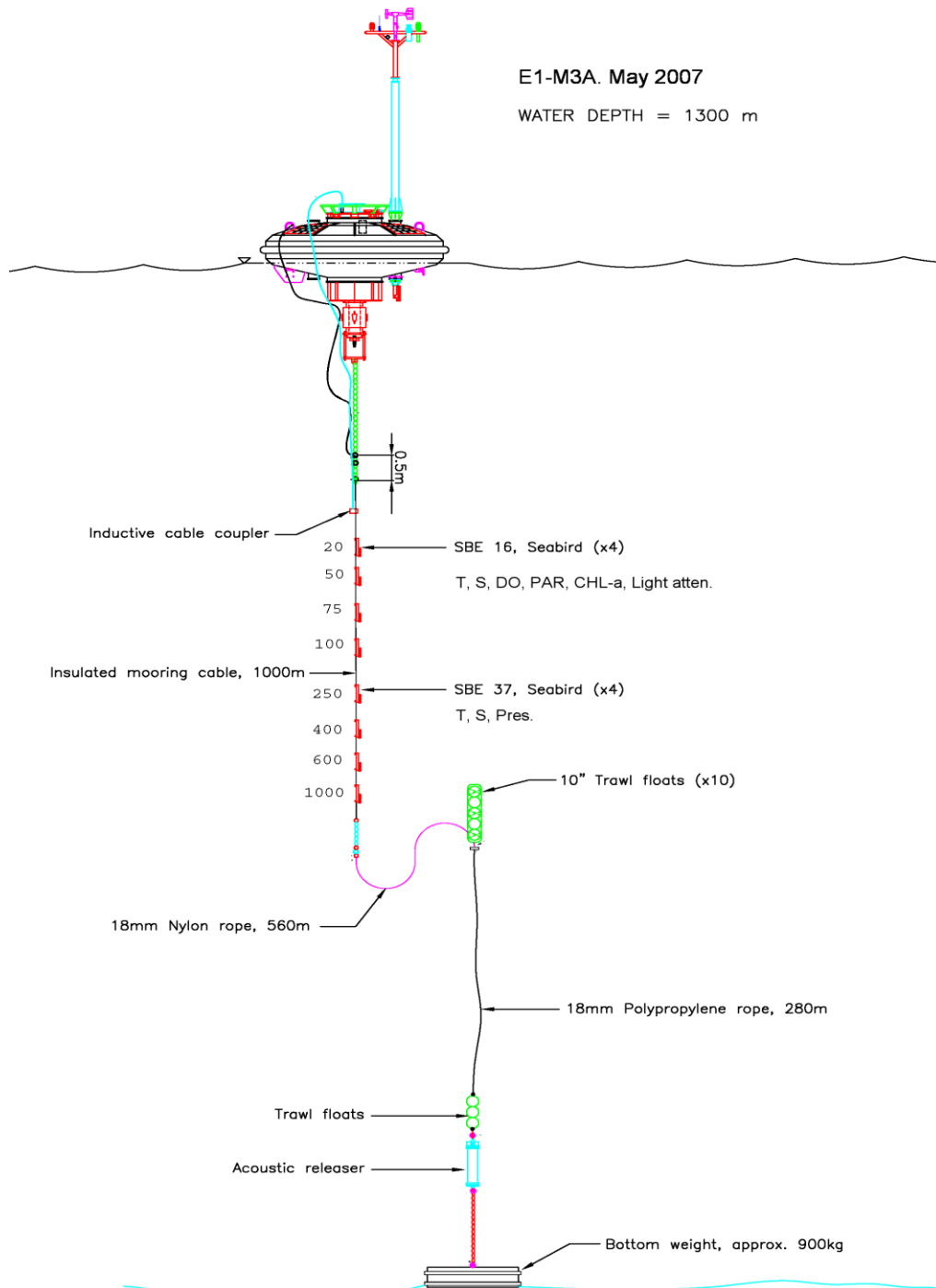
Στηριγμένο στην παραπάνω εμπειρία, μέσα από το πρόγραμμα ΠΟΣΕΙΔΩΝ-II, το ΕΛΚΕΘΕ επανα-σχεδίασε και κατασκεύασε το νέο πολύ-παραμετρικό παρατηρητήριο E1-M3A του Ν. Αιγαίου-Κρητικού (POSEIDON-E1M3A). Επιπλέον, ένα ακόμα σύστημα εστιασμένο στις διεργασίες βαθιάς θάλασσας έχει αναπτυχθεί στην περιοχή του ΝΑ Ιονίου όπου συναντάμε τα μεγαλύτερα βάθη της Μεσογείου (POSEIDON-Pylos). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει και πειραματική πλατφόρμα πυθμένα (βενθικό παρατηρητήριο εικόνα 24,25). Οι σημερινές δυνατότητες παρατήρησης που προσφέρει το παρατηρητήριο E1-M3A φαίνονται στο παρακάτω πίνακα και την εικόνα 23 .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Parameter	Depths measured (m)	Sensor(s) used
Wind speed/dir.,	Surface	Young 04106
Air Pressure,	Surface	Vaisala PTB 220A
Air temperature,	Surface	Omega
Wave Height	Surface	Fugro OCEANOR Wavesense
Pyranometer PSP,	Surface	Eppley
Radiometer PIR,	Surface	Epply
Relative humidity,	Surface	Vaisala HMP 45A
Precipitation sensor,	Surface	Young 50203
Radiance	Surface	Satlantic ocr-507-r10w
Irradiance	Surface	Satlantic ocr-507-ricsw
SST, SSS surface,	Surface (1m)	Aanderaa 3919A
Currents	5-50, 10 bins of 5m	Nortek Aquadopp 400 kHz
Temperature	20, 50, 75, 100m 250, 400, 600, 1000m	Seabird 16plus-IMP C-T Seabird 37-IM C-T
Salinity	20, 50, 75, 100 250, 400, 600, 1000m	Seabird 16plus-IMP C-T Seabird 37-IM C-T
Pressure	250m	Seabird 37-IM C-T-P
Turbidity	20, 50, 75, 100m	Wetlabs flntus-rt
Dissolved Oxygen	20, 50, 75, 100m	SBE43
Chl-a	20, 50, 75, 100m	Wetlabs flntus-rt
PAR	20, 50, 75, 100m	Licor LI-193

Πίνακας : Αισθητήρες που φιλοξενούνται από τον σταθμό Ε1-Μ3Α



Εικόνα 23. Σχηματικό διάγραμμα του παρατηρητηρίου E1-M3A του Κρητικού. Παρόμοιο σχεδιασμό ακολουθεί και το παρατηρητήριο της Πύλου με την διαφορά ότι δεν ενσωματώνει βιοχημικούς αισθητήρες ενώ συνοδεύεται και από αυτόνομη πλατφόρμα πυθμένα.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα και το σχετικό διάγραμμα, ο επιφανειακός πλωτήρας τύπου WaveScan που χρησιμοποιείται από το E1-M3A είναι εξοπλισμένος με σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό αισθητήρων (σε σχέση με αυτούς του βασικού δικτύου) για ατμοσφαιρικές κυρίως

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

μετρήσεις που περιλαμβάνουν: βροχόπτωση, σχετική υγρασία, εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία καθώς και μετρήσεις μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από ατμόσφαιρα και θάλασσα. Με τα δεδομένα αυτά είναι δυνατή η μελέτη των ανταλλαγών μάζας και ενέργειας μεταξύ θάλασσας και ατμόσφαιρας και ο υπολογισμός σχετικών ισοζυγίων. Οι ωκεανογραφικοί αισθητήρες που βρίσκονται στην εύρωτη ζώνη καταγράφουν τόσο τις φυσικές παραμέτρους (ρεύματα, θερμοκρασία, αλατότητα) όσο και βιοχημικές σε πολλαπλά βάθη (20-50-75-100μ): χλωροφύλλη-α, διαλυμένο οξυγόνο, θολερότητα, φωτεινότητα (PAR-Photosynthetically Active Radiation). Τα δεδομένα αυτά είναι απαραίτητα για την κατανόηση και παρακολούθηση των βιοχημικών διεργασιών αλλά και την ανάπτυξη/βαθμονόμηση οικολογικών μοντέλων για τις Ελληνικές θάλασσες. Τέλος ο σταθμός είναι εξοπλισμένος με αισθητήρες θερμοκρασίας και αλατότητας σε μεγαλύτερα βάθη (250-400-600-1000μ) για την παρακολούθηση των υδρολογικών χαρακτηριστικών. Με τα δεδομένα αυτά είναι δυνατή η μελέτη σημαντικών διεργασιών όπως η μίξη θαλάσσιων μαζών, η δημιουργία πυκνών νερών (Cretan Intermediate Water–CIW, Cretan Deep Water–CDW), εποχική μεταβλητότητα (ανάπτυξη και καταστροφή θερμοκλινούς), αλλά και η υπερετήσια μεταβλητότητα και ο εντοπισμός πολυετών τάσεων που μπορεί να σχετίζονται με κλιματικές μεταβολές.



Εικόνα 24. Το παρατηρητήριο βυθού με τον πλωτήρα τύπου Wavescan στον λιμένα της Πύλου



Εικόνα 25. Το παρατηρητήριο βυθού λίγο πριν την πόντισή του κοντά στον πλωτήρα της Πύλου

Η πλατφόρμα (Εικόνα 24 και 25) επεκτείνει τις μετρητικές δυνατότητες του πλωτήρα προσφέροντας την δυνατότητα συλλογής δεδομένων σε βάθος 1700 μέτρων. Οι παράμετροι που καταγράφει η πλατφόρμα είναι οι παρακάτω:

- Αλατότητα
- Θερμοκρασία
- Πίεση
- Διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα
- Διαλυμένο μεθάνιο
- Ταχύτητες και κατευθύνσεις ρευμάτων σε στήλη 100 μέτρων από τον πυθμένα
- Ανίχνευση κυμάτων tsunami
- Οξύτητα
- Οξυγόνο
- Θολερότητα

Τα δεδομένα συλλέγονται από έναν ψηφιακό καταγραφέα και στην συνέχεια αποστέλλονται στον επιφανειακό πλωτήρα με χρήση ενός ακουστικού μόντεμ.

Η συχνότητα καταγραφής των παραμέτρων είναι διαφορετική για κάθε παράμετρο με γνώμονα την ενεργειακή οικονομία. Το σύστημα παροχής ενέργειας αποτελείται από ειδικές μπαταρίες λιθίου και μπορούν να τροφοδοτούν την πλατφόρμα σε συνεχή φυσιολογική λειτουργία για διάρκεια δύο ετών.

Η πλατφόρμα έχει θετική πλευστότητα 450 κιλών και συγκρατείται στον πυθμένα μέσω ενός ακουστικού απελευθερωτή, αλυσίδας και έρματος βάρους 700 κιλών.

Η πλατφόρμα ποντίζεται από σκάφος με χρήση συρματόσχοινου και μιας μετρητικής τροχαλίας με δυναμόμετρο. Αφού ανακρεμαστεί η πλατφόρμα με το βάρος αγκύρωσης στα 400 μέτρα βάθος γίνεται επιβεβαίωση της επικοινωνίας της με τον επιφανειακό πλωτήρα που πρέπει να βρίσκεται το πολύ 300 μέτρα από αυτή. Η πλατφόρμα συνεχίζει την βύθισή της μέχρι τα 1600 μέτρα. Εκεί γίνεται πάλι μια δοκιμή επικοινωνίας με τον επιφανειακό πλωτήρα που δεν πρέπει να απέχει περισσότερο από 1000 μέτρα. Σε αυτή την φάση γίνεται και επιβεβαίωση του βάθους με χρήση του ακουστικού απελευθερωτή και εάν η ένδειξη της μετρητικής τροχαλίας και η τιμή από τον απελευθερωτή συμφωνούν συνεχίζει η πόντιση μέχρι τον πυθμένα. Τα τελευταία αυτά 100 μέτρα είναι και τα κρίσιμα. Εάν το βάρος της πλατφόρμας πατήσει στον πυθμένα η ένδειξη του δυναμόμετρου της μετρητικής τροχαλίας μειώνεται τόσο όσο είναι το βάρος αγκύρωσης μείον την πλευστότητά της. Το σημείο είναι κρίσιμο γιατί το βάρος του συρματόσχοινου (ανάλογο του μήκος του) σε τέτοιο βάθος εξασθενεί την μέτρηση και εάν δεν γίνει άμεσα αντιληπτό υπάρχει κίνδυνος το επιπλέον συρματόσχοινο που αφήνεται να προξενήσει ζημιά στην πλατφόρμα ή σε κάποιο από τα όργανα τα οποία φέρει. Για τον λόγο αυτόν η πόντιση πραγματοποιείται μόνο όταν ο κυματισμός είναι τόσο μικρός που δεν επηρεάζει την μέτρηση της τάσης που αναπτύσσεται στο δυναμόμετρο ενώ η πλατφόρμα ποντίζεται. Η όλη διαδικασία διαρκεί περίπου τρεις ώρες.

Μια άλλη μέθοδος που προσφέρει μια ασφάλεια στην πόντιση είναι η χρήση ενός υποβρύχιου οχήματος που θα παρακολουθεί την εναπόθεση της πλατφόρμας στον πυθμένα από άλλο σκάφος. Αυτό συμβαίνει διότι σε τέτοια μεγάλα βάθη είναι πολύ εύκολο το καλώδιο του υποβρύχιου οχήματος να τυλιχθεί γύρω από το συρματόσχοινο που χρησιμοποιείται για την πόντιση του παρατηρητηρίου. Η χρήση όμως ενός άλλου σκάφους με υποβρύχιο όχημα αυξάνει πάρα πολύ το κόστος ενός τέτοιου εγχειρήματος.

6. Ελληνική επιλογή θέσης για την ανάπτυξη ενός καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου

Το κύριο επιστημονικό αντικείμενο και στόχος της Ευρωπαϊκής υποδομής δικτύων παρατηρητηρίων-εργαστηρίων βυθού (ESFRI EMSO) είναι η μακροχρόνια παρατήρηση σε πραγματικό χρόνο περιβαλλοντικών διεργασιών και αλλαγών που συσχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ της γεώσφαιρας, βιόσφαιρας και υδρόσφαιρας και την δημιουργία χρονοσειρών δεδομένων σε επίπεδο δεκαετιών. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρακολούθηση του βενθοπελαγικού οικοσυστήματος και βιοποικιλότητας, των επικίνδυνων γεωλογικών, γεωφυσικών φαινομένων όπως σεισμοί, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, τσουνάμι, τουρβιδιτικές ροές-βενθικές «καταιγίδες», αλλά και στην επίδραση των κλιματικών αλλαγών στο βαθύ υδρολογικό περιβάλλον και το οικοσύστημα, στην υδροακουστική και βιοακουστική με ιδιαίτερη έμφαση στην παρακολούθηση πελαγικών ιχθυοπληθυσμών και θαλάσσιων θηλαστικών. Επίσης αποτελούν βασικό τμήμα του συστήματος της έγκαιρης προειδοποίησης για κύματα tsunami. Για την επίτευξη των στόχων της ερευνητικής υποδομής απαιτείται διεπιστημονική συνέργεια και χρήση εναλλακτικών και συμπληρωματικών τεχνικών μέτρησης επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρούμενων δεδομένων. Έτσι παραδοσιακές τεχνολογίες και μετρητικές τεχνικές συνεργάζονται με σύγχρονα συστήματα με στόχο την συγκέντρωση κατά το δυνατόν πληρέστερου όγκου δεδομένων τα οποία στη συνέχεια τροφοδοτούν τα μοντέλα ανάλυσης και πρόβλεψης για μία πλήρη και αξιόπιστη αποτίμηση των περιβαλλοντικών αλλαγών.

Το ολοκληρωμένο επιστημονικό καλωδιωμένο παρατηρητήριο/εργαστήριο πυθμένα στο «Ελληνικό» site (EMSO-Hellenic) προτείνεται να υλοποιηθεί στην θέση του Ποσειδών-Πυλος περίπου 12-13 χιλιόμετρα Ανατολικά της Μεθώνης και σε βάθος περίπου 1600μ. Η προτεινόμενη θέση αντιπροσωπεύει επιστημονικά την ευρύτερη περιοχή του Δυτικού τμήματος του Ελληνικού τόξου από την Δ. Κρήτη έως την ΝΔ Πελοπόννησο (ευρύτερη επιστημονική περιοχή «HELLENIC SITE» σύμφωνα με την προπαρασκευαστική φάση EMSO-PP) αλλά και των γεωδυναμικών, υδρολογικών, κλιματικών και βιολογικών διεργασιών που διέπουν την Ανατολική Μεσόγειο. Η προτεινόμενη Ελληνική περιοχή που ευρίσκεται στο Δυτικό τμήμα του Ελληνικού τόξου (Hellenic site) αποτελεί μία από τις προτεινόμενες θέσεις στην προπαρασκευαστική φάση της Ευρωπαϊκής υποδομής ESFRI-EMSO (<http://www.emso-eu.org/management>) αλλά και του προηγούμενου Ευρωπαϊκού προγράμματος αριστείας ESONET-NoE και θα αποτελέσει μέρος του μελλοντικού πανευρωπαϊκού δικτύου μετρητικών σταθμών-παρατηρητηρίων βυθού. Ο νέος σταθερά εγκατεστημένος στο βυθό σταθμός-παρατηρητήριο θα τροφοδοτείται με ενέργεια από καλώδιο

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

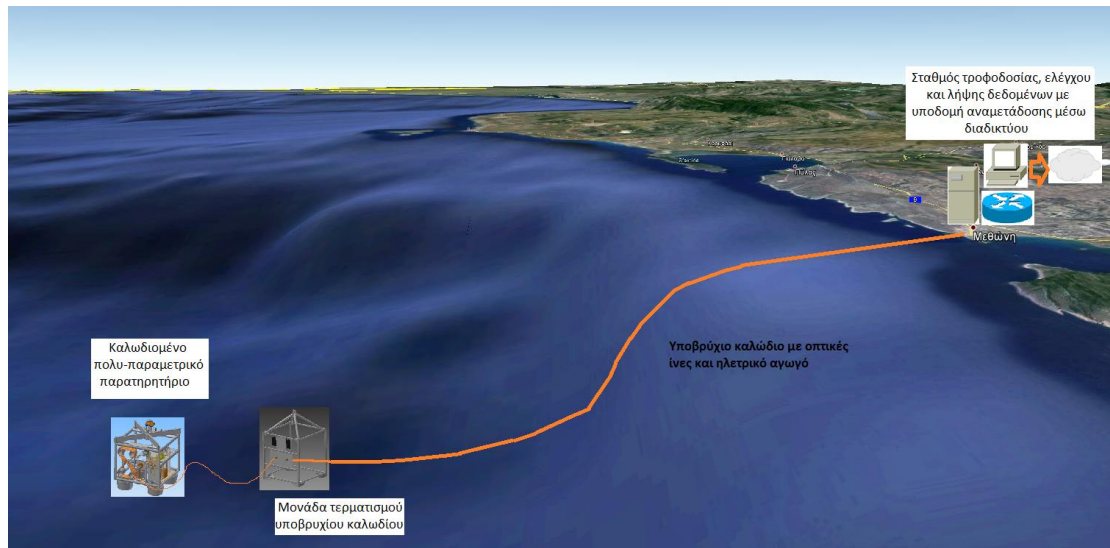
Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

οπτικών ινών συνδεδεμένο με την ξηρά το οποίο έχει την δυνατότητα να μεταφέρει μεγάλο όγκο δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (real time). Με αυτό τον τρόπο θα δίνεται η δυνατότητα να υπάρξει αλληλοσυμπλήρωση των παραμέτρων και διεργασιών που παρατηρούνται σε όλη την στήλη του νερού από την επιφάνεια της θάλασσας έως τον βυθό και τα υποστρώματά του. Κατά συνέπεια θα υλοποιηθεί στην Ελληνική θέση ένα ολοκληρωμένο δίκτυο παρατηρητηρίων του θαλάσσιου περιβάλλοντος της Α. Μεσογείου.

7. Αρχιτεκτονική συστήματος καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου

Όλα τα παρατηρητήρια στην φάση του σχεδιασμού πρέπει να ξεκινούν από την επιλογή των παραμέτρων που θέλουμε να μετρήσουμε και άρα κατά συνέπεια τον αριθμό και το είδος των μετρητικών οργάνων που θα φέρει το παρατηρητήριο. Η αρχική επιλογή των οργάνων είναι αυτή που θα καθορίσει τόσο την συγκεκριμένη αρχιτεκτονική του πλαισίου της πλατφόρμας που θα φέρει τα όργανα αλλά και τις επικοινωνιακές και ενεργειακές απαιτήσεις του παρατηρητηρίου. Αυτό έχει άμεση συνέπεια στην επιλογή του υποβρύχιου καλωδίου που θα εγκατασταθεί και αποτελεί μια κοστοβόρα και μόνιμη επιλογή. Για τον σκοπό αυτό κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση των μετρήσιμων παραμέτρων μέσα στα πλαίσια των προδιαγραφών του κοινοτικού προγράμματος ESONET-NoE, καθώς και η παρουσίαση μιας πιθανής επιλογής από όργανα που μπορεί να καλύψει τις μετρητικές μας ανάγκες. Στο κεφάλαιο 9 αναφέρονται αναλυτικά τα είδη των οργάνων του πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου με τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

Το γενικό πλαίσιο λειτουργίας είναι η δημιουργία ενός διαφανούς για τον χρήστη συστήματος που θα του επιτρέπει να συλλέγει τα δεδομένα από τα όργανα του παρατηρητηρίου και να ελέγχει αυτά σαν να τα είχε συνδέσει απευθείας στον υπολογιστή του. Τα όργανα θα βρίσκονται πάνω σε μία πλατφόρμα και θα συνδέονται με την μονάδα διασύνδεσης. Η μονάδα διασύνδεσης θα επικοινωνεί μέσω υποβρυχίου καλωδίου μικρού μήκους (<100 μέτρων) με την μονάδα τερματισμού του μόνιμου υποβρυχίου καλωδίου με οπτικές ίνες και αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος και θα καταλήγει μέσω αυτού στον χερσαίο σταθμό λήψης στην Μεθώνη. Εκεί σε κατάλληλη υπολογιστική και δικτυακή υποδομή θα γίνεται η ανάκτηση των δεδομένων που καταγράφουν τα όργανα, η προσωρινή αποθήκευσή τους και η διαδικτυακή μεταγωγή τους στους τελικούς αποδέκτες. Οι αποδέκτες αποτελούνται τόσο από εξειδικευμένους επιστήμονες και ερευνητές όσο και από απλό κόσμο που θα μπορεί να τους δίνονται επεξεργασμένα συμπεράσματα δεδομένων καθώς και εικόνες και βίντεο από το σύστημα εικονοληψίας. Η όλη διάταξη εποπτικά μπορεί να απεικονιστεί με την εικόνα 26.



Εικόνα 26. Μια γενική εικόνα για το βενθικό καλωδιωμένο παρατηρητήριο στην περιοχή της Πύλου. Στην εικόνα είναι εμφανής ο σταθμός λήψης, ελέγχου και τροφοδοσίας στην περιοχή της Μεθώνης, το υποβρύχιο καλώδιο με οπτικές ίνες και αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος, η διάταξη τερματισμού του υποβρυχίου καλωδίου και το παρατηρητήριο.

8. Τεχνικά κατασκευαστικά στοιχεία του πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου

8.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών που μπορεί να έχει ένα καλωδιωμένο πολυπαραμετρικό παρατηρητήριο βυθού για την επιλεγμένη θέση στην περιοχή της Πύλου. Δίνονται στοιχεία για το σύστημα διασύνδεσης των μετρητικών οργάνων, κατασκευαστικά και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που σε κάθε περίπτωση αποτελούν ενδεικτική και μόνο λύση.

8.2 Σύστημα Διασύνδεσης Παρατηρητηρίου

Σκοπός του συστήματος διασύνδεσης του παρατηρητηρίου είναι η σύνδεση όλων των μετρητικών οργάνων με σκοπό την μεταγωγή των δεδομένων τους στον σταθμό λήψης στην στεριά. Όλα τα συστήματα και τα υποσυστήματα πρέπει να ακολουθούν το δυνατόν τις οδηγίες κατά ITU-T (International Telecommunication Union for Telecommunication) (ITU-T Recommendations list) και των σχετικών προδιαγραφών. Το σύστημα αυτό είναι το σημείο απόληξης όλων των καλωδίων από τα όργανα, καθώς επίσης και από την βιντεοκάμερα με το σύστημα φωτισμού.

Η φιλοσοφία σχεδιασμού του συστήματος διασύνδεσης είναι όλα τα ψηφιακά δεδομένα από τα όργανα που φτάνουν με την μορφή σήματος διαμορφωμένο σύμφωνα με το πρότυπο EIA-232 να μετατρέπονται σε μορφή δικτυακού πρωτόκολλου (Ethernet). Για την μετατροπή αυτή προτείνεται να υπάρχει μια μονάδα διακομιστή από σειριακές θύρες σε δικτυακές (serial port server to Ethernet). Όλα τα δεδομένα από τα όργανα του παρατηρητηρίου αφού μετατραπούν σε μορφή δικτυακή θα προωθούνται σε κατάλληλους μεταγωγείς (switches) Ethernet (με υποστήριξη IEEE1588v2) για μεταγωγή στον σταθμό λήψης στην στεριά όπου θα ακολουθήσει η αντίστροφη διαδικασία. Οι μεταγωγείς θα πρέπει να υποστηρίζουν κατ' ελάχιστο το χρονισμό μέσω πρωτοκόλλου PTP για να δίνεται η δυνατότητα συνεχούς συγχρονισμού των σημάτων για την ικανοποίηση της ανάγκης για χρονική ακρίβεια μετρήσεων σε όλα τα όργανα και ιδιαίτερα τον σειсмоγράφο και το βαρυτόμετρο. Η μεταγωγή των δεδομένων από το παρατηρητήριο στον σταθμό λήψης θα πραγματοποιείται μέσω του υποβρυχίου καλωδίου και ποιο συγκεκριμένα μέσα από τέσσερεις (4) οπτικές ίνες. Στην ίδια ή διαφορετική μονάδα θα υπάρχει και το σύστημα παροχής ενέργειας στα όργανα. Κατά προτίμηση στο σύστημα αυτό θα υπάρχουν τόσα κανάλια εισόδου όσα και όργανα και αν είναι δυνατόν σε κάθε βύσμα ο

αριθμός των ακροδεκτών να μην ξεπερνά τους οχτώ (8). Όλες οι θύρες επικοινωνίας θα πρέπει να είναι αμφίδρομες. Ο αριθμός των ακροδεκτών πρέπει να περιοριστεί διότι στην πράξη έχει φανεί πως για τις υποβρύχιες δραστηριότητες η χρήση ενός μόνο βύσματος με πολλαπλούς ακροδέκτες εγκυμονεί σημείο αστοχίας που εάν μέσα από αυτό περνούν όλες οι συνδέσεις των περιφερειακών μονάδων σημαίνει και την ολική αστοχία του συστήματος.

8.3 Προστατευτικό Περίβλημα (Housing) του συστήματος διασύνδεσης

Όλα τα μέρη που απαρτίζουν το σύστημα τροφοδοσίας και επικοινωνίας θα περιέχονται εντός ενός περιβλήματος με μορφή κοίλου κυλίνδρου το οποίο θα είναι κατασκευασμένο από κατάλληλο υλικό για να παρέχει προστασία και αδιαβροχοποίηση μέχρι και βάθος 5000 μέτρων. Η διεπαφή για την μεταγωγή των δεδομένων θα βρίσκεται στην μια επίπεδη πλευρά του κυλίνδρου ενώ οι διεπαφές των οργάνων της επέκτασης και των συσσωρευτών στην άλλη. Το υλικό κατασκευής πρέπει να είναι τέτοιο που να μην εμφανίζει φαινόμενα γαλβανισμού λόγω των πιθανών διαφορών των υλικών κατασκευής των συνδέσμων - βυσμάτων. Το περίβλημα πρέπει να σχεδιαστεί με γνώμονα όχι μόνο την μηχανική του αντοχή αλλά και την βέλτιστη διάχυση της θερμοκρασίας ώστε να ψύχονται επαρκώς όλα τα ηλεκτρονικά του εξαρτήματα για αδιάλειπτη λειτουργία στο μέγιστο φορτίο. Η αναμενόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος στο νερό στην περιοχή πόντισης του παρατηρητηρίου είναι μεταξύ 12 και 16 βαθμών κλίμακας κελσίου.

8.4 Σύστημα επικοινωνίας του παρατηρητηρίου με τον χερσαίο σταθμό λήψης δεδομένων.

Το σύστημα επικοινωνίας είναι χωρισμένο σε δύο μέρη. Το υποθαλάσσιο που θα βρίσκεται πάνω στο παρατηρητήριο και του σταθμού λήψης που θα βρίσκεται στο κτήριο του ΟΤΕ στην Μεθώνη.

8.4.1 Τμήμα υποθαλάσσιο

Η συσκευή διασύνδεσης του παρατηρητηρίου πρέπει να παρέχει αμφίδρομη επικοινωνία με το σταθμό λήψης στην στεριά. Πρέπει να είναι ικανή να δεχτεί όλες τις απαραίτητες θύρες επικοινωνίας (EIA-232 και TCP/IP) από τα όργανα για την συλλογή και αποστολή των δεδομένων και των σημάτων ελέγχου. Σε αυτό θα γίνεται η μετατροπή τους σε δικτυακή μορφή και η αποστολή τους μέσω οπτικών ινών μήκους 15 χιλιομέτρων περίπου χωρίς αναμεταδότη.

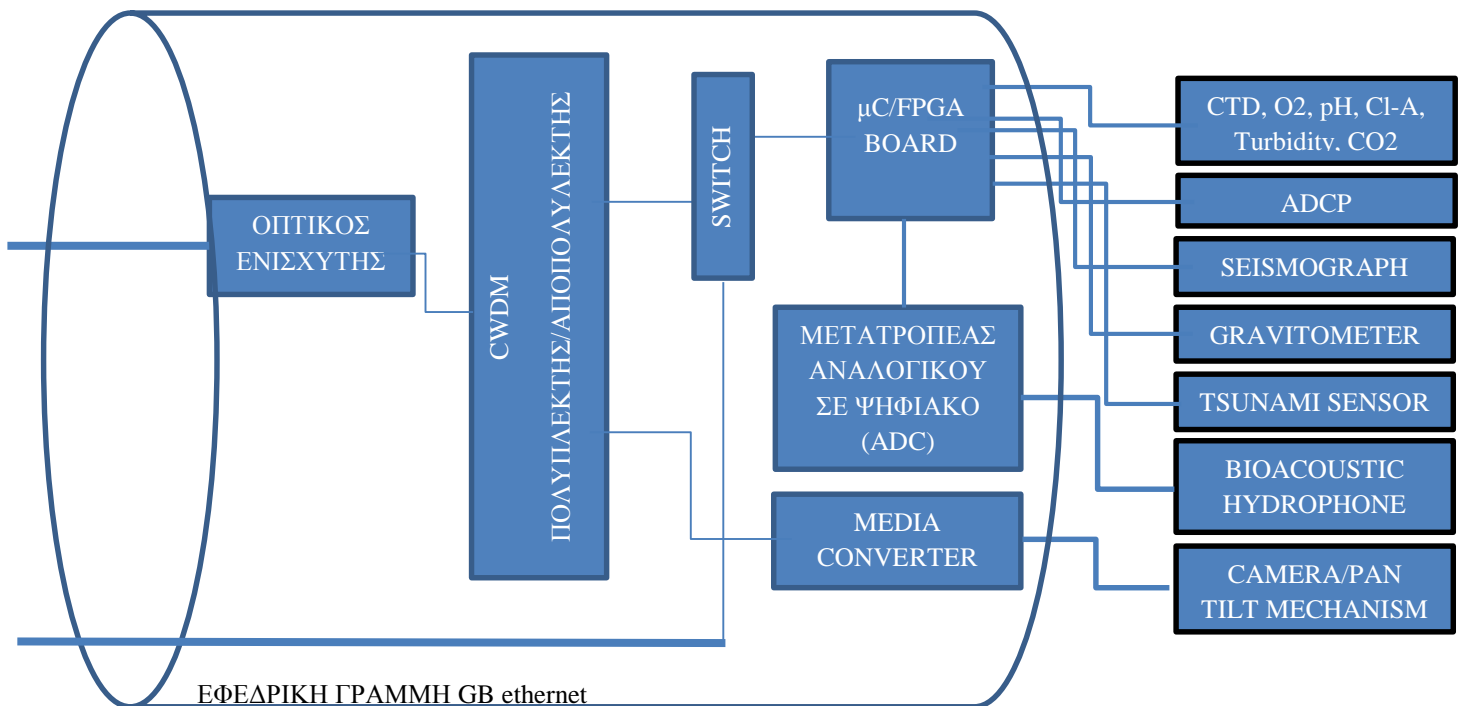
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Οι απαιτήσεις των διεπαφών συλλογής δεδομένων από τα όργανα που καλύπτουν τις ανάγκες τους είναι:

Πέντε (5) κανάλια EIA-232 μέχρι 115.2 Kb/s καλύπτοντας ανάγκες επεκτασιμότητας, ένα (1) κανάλι 100 Base T Ethernet IEEE 802.3 για χρήση από την IP βιντεοκάμερα και ένα (1) κανάλι 10/100 Base T Ethernet IEEE 802.3 για χρήση από τον σειсмоγράφο το βαρυτόμετρο και το όργανο περιβαλλοντικού ήχου και βιοήχου.

Ένα πιθανό τέτοιο σύστημα θα έχει την ακόλουθη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 27.



Περίβλημα μονάδας διασύνδεσης

Εικόνα 27. Γενικό διάγραμμα μονάδας διασύνδεσης

Η απαίτηση της διεπαφής μεταγωγής των δεδομένων προς τον σταθμό λήψης είναι δύο (2) κανάλια 1000 Base LX Ethernet από δύο (2) μονότροπες οπτικές ίνες (ITU-T G.652 SMF) ή καλύτερης κατηγορίας το καθένα με υποστήριξη του πρωτοκόλλου ελέγχου IEEE 802.1AX ή IEEE 802.3ad LACP.

Η ύπαρξη δύο ζευγών οπτικών ινών είναι καθαρά και μόνο για θέμα εφεδρείας σε περίπτωση βλάβης σε κάποια οπτική ίνα. Θα πρέπει δηλαδή το σύστημα να μπορεί να μεταβεί από το ένα ζεύγος στο άλλο σε περίπτωση βλάβης.

Η σύνδεση της διεπαφής από τη μονάδα διασύνδεσης στο υποβρύχιο καλώδιο θα γίνεται με χρήση ενός υποβρύχιου καλωδίου 15 μέτρων με τις απαραίτητες προδιαγραφές για χρήση ενός υποβρύχιου βύσματος υγρής σύνδεσης με τηλεχειριζόμενο όχημα (ROV hybrid wet mate able connector). Η χρήση υβριδικού βύσματος είναι απαραίτητη εφόσον από τον ίδιο σύνδεσμο θα παρέχεται και η ηλεκτρική ενέργεια. Οι συνδέσεις των οργάνων με την συσκευή θα γίνονται πριν την πόντιση του παρατηρητηρίου και θα είναι κατάλληλα αδιάβροχα βύσματα με προδιαγραφές στεγανότητας και λειτουργίας για 5000 μέτρα βάθος.

Για την υλοποίηση της σύνδεσης των οργάνων με την οπτική ίνα προτείνεται η χρήση των παρακάτω συσκευών. Ένας μετατροπέας ψηφιακών εισόδων βιομηχανικού τύπου με έξοδο δικτυακή (TCP/IP) απευθείας για χρήση με οπτική ίνα με κατανάλωση λιγότερη από 6 Watts στα 48 Volts (ICF-1150 Series της εταιρίας MOXA)



Εικόνα 28. Ο μετατροπέας MOXA ICF-1150 EIA-232 σε tcp/ip μέσω οπτικής ίνας

και ένας πολύ/από πλέκτης CWDM (express CWDM της ghIP Systems) παθητικός για την αποστολή των δεδομένων από τα όργανα στο αντίστοιχο σύστημα στον σταθμό λήψης στην Μεθώνη. Ο συγκεκριμένος πολύπλέκτης επειδή είναι παθητικός καλό είναι να χρησιμοποιείται με έναν ενισχυτή οπτικών ινών.



Εικόνα 29. Ο πολύ/από πλέκτης οπτικών ινών express CWDM

8.4.2 Τμήμα χειρσαίου σταθμού λήψης

Θα είναι σε συμφωνία με την συσκευή στο παρατηρητήριο και θα αναλαμβάνει την διαδικασία εξαγωγής των δεδομένων μέσω κατάλληλου υλικού και λογισμικού από την δικτυακή τους μορφή σε μορφή εικονικών σειριακών θυρών σε σύγχρονο υπολογιστικό σύστημα. Θα δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να χειρίζεται όλα τα όργανα και υποσυστήματα του παρατηρητηρίου σαν να τα είχε συνδέσει απευθείας σε έναν υπολογιστή. Εκεί τα δεδομένα από το παρατηρητήριο θα αποθηκεύονται για την περαιτέρω ανάλυσή τους και μεταγωγή τους στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα από κάθε όργανο ξεχωριστά θα αποθηκεύονται σε αντίστοιχους φακέλους για περαιτέρω επεξεργασία. Κάθε δυνατότητα για παραμετροποίηση στον τρόπο λειτουργίας των οργάνων (στα όργανα που είναι εφικτό πχ. Αλλαγή ρυθμού δειγματοληψίας, κ.α.) θα είναι εφικτό και από τον σταθμό λήψης με την εκτέλεση του λογισμικού που δίνει η κάθε κατασκευάστρια εταιρία.

8.5 Σχεδιασμός Πλαισίου Οργάνων

Το πλαίσιο στήριξης των οργάνων του πολύ παρατηρητηρίου θα πρέπει να είναι ικανό να φέρει το βάρος αυτής συμπεριλαμβανομένων και των μετρητικών οργάνων της μονάδας διασύνδεσης και όλων των βοηθητικών και παρελκόμενων συσκευών, εκτός και εντός του νερού και πρέπει να αντέχει σε πιέσεις πλέον των 7,25Kpsi. Η πίεση αυτή αντιστοιχεί σε βάθος νερού 5000 μέτρων ενώ το παρατηρητήριο θα ποντιστεί σε βάθος περίπου 1750 μέτρων. Η διαφορά για την ικανοποίηση ενός συντελεστή ασφαλείας τουλάχιστον 2 ικανοποιεί την πιθανή μελλοντική τοποθέτηση του παρατηρητηρίου σε μεγαλύτερα βάθη αλλά και την εξασφάλιση ότι το βάθος λειτουργίας δεν θα δημιουργήσει κόπωση στα δομικά μέρη αυτού.

Τα όργανα που θα φέρει πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις που ασφαλίζουν και επιτρέπουν την απρόσκοπτη λειτουργία τους προσφέροντας κατάλληλη απόσταση μεταξύ των οργάνων για αποφυγή παρεμβολών αλλά και εύκολη πρόσβαση σε αυτά των βραχιόνων τηλεχειριζόμενου οχήματος (ROV) με σκοπό την αφαίρεση/τοποθέτηση αισθητήρων αλλά και επισκευών πιθανών βλαβών. Ο σχεδιασμός πρέπει να είναι μελετημένος για αποφυγή ζημιών στα όργανα από την προσέγγιση και πιθανή πρόσκρουση τηλεχειριζόμενου οχήματος (ROV).

8.6 Γεωμετρία πλαισίου

Η γεωμετρία της πλατφόρμας πρέπει να είναι τέτοια ούτως ώστε να εδράζεται με ασφάλεια σε σχετικά μεγάλες κλίσεις πυθμένα και να επιτρέπει την εύκολη πόντιση και ανέλκυση αυτής με την χρήση σχοινοσύρματος από πλοίο στην επιφάνεια της θάλασσας. Προς τούτο πρέπει να διαθέτει ειδική κατασκευή ανακρέμασης .

Ο σχεδιασμός της πρέπει να περιλαμβάνει την δυνατότητα σε ένα τηλεχειριζόμενο όχημα (ROV) να πλησιάζει αυτήν για να αγκυρώσει το σχοινόσυρμα ανέλκυσης ή πόντισης χωρίς να κινδυνεύουν τα εποχούμενα όργανα.

Θα πρέπει να περιλαμβάνει ειδικό σημείο περιτύλιξης του καλωδίου που θα συνδέει αυτήν με το σημείο τερματισμού στο βυθό του υποβρυχίου καλώδιου από την στεριά. Το καλώδιο αυτό μαζί με το βύσμα της πρέπει να είναι δυνατόν να το προσεγγίσει με σκοπό να το ρυμουλκήσει ένα τηλεχειριζόμενο όχημα (ROV).

Το παρατηρητήριο θα πρέπει να εδράζεται στο βυθό σε τουλάχιστον τρία (3) σημεία με κατάλληλες πεπλατυσμένες άκρες για να αποφευχθεί η υπερβολική εισχώρηση του παρατηρητηρίου σε λασπώδη πυθμένα. Είναι δυνατόν επίσης να είναι κυκλική με κατάλληλα πεπλατυσμένη κατώτερη επιφάνεια. Στην εικόνα 30 παρουσιάζεται ένα πιθανό σενάριο κατασκευής ενός πλαισίου με διαστάσεις M:2300mm, Π:2300mm, και Υ:2300mm. Στο σενάριο αυτό υπάρχουν 4 σημεία έδρασης με πεπλατυσμένες άκρες.

8.7 Υλικά κατασκευής

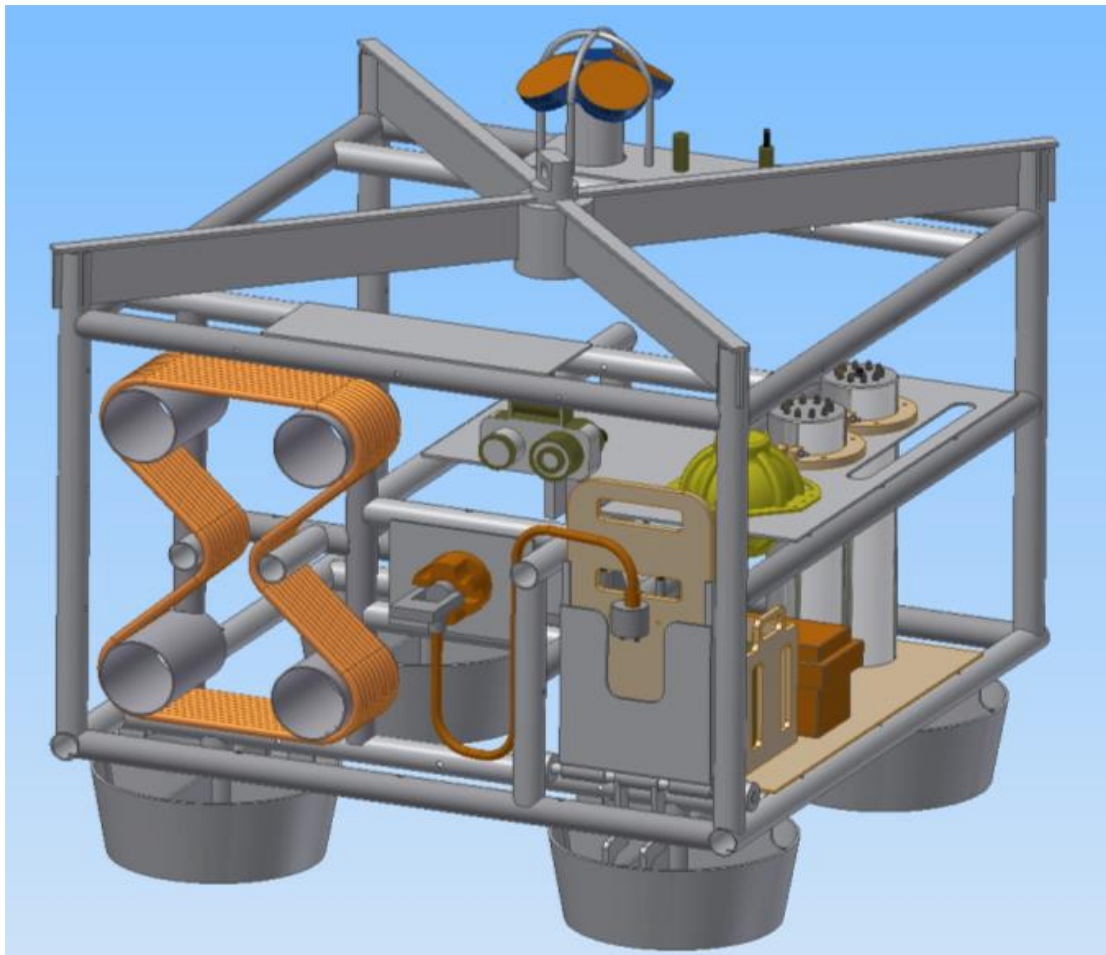
Τα υλικά κατασκευής της πλατφόρμας πρέπει να επιλεγθούν προσεκτικά με γνώμονα την αντοχή στην διάβρωση τόσο από το θαλασσινό νερό όσο και από γαλβανισμό στα επιμέρους μεταλλικά μέρη των συνδέσμων της αλλά και των οργάνων που θα προσαρτώνται σε αυτήν.

Ο σχεδιασμός για την αντοχή στην διάβρωση του πλαισίου της πλατφόρμας πρέπει κατ' ελάχιστον να είναι 2 έτη χωρίς συντήρηση και 25 με συντήρηση το πολύ μιας φοράς τα 2 έτη.

Τα ανόδια του πλαισίου που αναμένεται να χρειάζονται αλλαγή πρέπει να έχουν πρόσβαση που δεν απαιτεί την αποσυναρμολόγηση της πλατφόρμας.

Τα παράγωγα προϊόντα από την καθοδική προστασία δεν πρέπει να επηρεάζουν τις μετρήσιμες παραμέτρους από το παρατηρητήριο και το δυνατόν να μην επηρεάζουν καθόλου την βιολογία της βενθικής ζωής.

Στα υλικά κατασκευής είναι επιθυμητός ο τελικός έλεγχος να γίνει με βάση τις προδιαγραφές BS EN 15257 που αφορά τον σχεδιασμό και τον έλεγχο συστημάτων με καθοδική προστασία (BSI BS EN 15257: Cathodic protection - Competence levels and certification of cathodic protection personnel) . Στα μεταλλικά μέρη είναι επιθυμητό να αποφευχθούν υλικά όπως το αλουμίνιο με προσμίξεις και σε κάθε περίπτωση πρέπει να επιλέγονται με προσοχή τα μέρη από ανοξείδωτο ατσάλι ή τιτάνιο. Όπου υπάρχει ανάγκη για επαφή μεταλλικών επιφανειών διαφορετικού τύπου πρέπει να γίνει χρήση ειδικού τύπου αποστατών. Οι όποιες βαφές κριθούν αναγκαίες να εφαρμοστούν θα είναι σύμφωνες με τις προδιαγραφές κατά Norsok M501-revision 5, ISO 12944-1998 και ISO 20340-2003. Στην εικόνα 30 το πλαίσιο είναι σχεδιασμένο με κοίλους σωλήνες μήκους 2300mm. Μια εκτίμηση βάρους με εξωτερική διάμετρο 80mm και εσωτερική 70mm είναι περίπου 700 κιλά με χρήση ανοξείδωτου χάλυβα κατηγορίας 316. Μια σκέψη που όμως ανεβάζει το κόστος είναι η χρήση ανοξείδωτου ατσάλιου S32550 (super duplex) που έχει σχεδόν διπλάσιες μηχανικές αντοχές και δεν μαγνητίζεται.



Εικόνα 30. Στην εικόνα φαίνεται ενδεικτικά ένα σχέδιο του πολύ παραμετρικού παρατηρητηρίου με το καλώδιο διασύνδεσης στο σύστημα τερματισμού του υποβρυχίου καλωδίου, κυλίνδρους με το σύστημα διασύνδεσης για τα μετρητικά όργανα κλπ.

9. Μετρητικά όργανα

9.1 Μετρητικά όργανα φυσικών και χημικών παραμέτρων

Σημαντικές παράμετροι για την παρακολούθηση των ωκεανογραφικών διεργασιών και από τις πλέον βασικές είναι οι εξής:

- 1) Αγωγιμότητα
- 2) Θερμοκρασία
- 3) Πίεση
- 4) Χλωροφύλλη Α
- 5) Διαλυμένο οξυγόνο
- 6) Διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα
- 7) Θολρότητα
- 8) Οξύτητα (pH)

Σύμφωνα με τις οδηγίες προτύπων του ESONET Label οι παραπάνω παράμετροι πρέπει να μετρούνται με τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Για την Αγωγιμότητα

Εύρος μέτρησης	0 – 9	S/m
Ακρίβεια μέτρησης	0.001	S/m
Ευαισθησία μέτρησης	0.00005	S/m

Για την θερμοκρασία

Εύρος μέτρησης	-5 – 35	°C
Ακρίβεια μέτρησης	0.005	°C
Ευαισθησία μέτρησης	0.0001	°C

Για την πίεση

Εύρος μέτρησης	0 – 50000	Bar
Ακρίβεια μέτρησης	50	Bar
Ευαισθησία μέτρησης	0.5	Bar

Για την χλωροφύλλη Α

Εύρος μέτρησης	0 –50	μg/l
Ευαισθησία μέτρησης	0.02	μg/l

Για το διαλυμένο οξυγόνο

Εύρος μέτρησης	0 – 500 (με βαθμονόμηση για 0 με 50 psu αλατότητα)	μM
Ακρίβεια μέτρησης	5	μM

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Ευαισθησία μέτρησης	0.1	μM
---------------------	-----	----

Για το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα

Εύρος μέτρησης	0-4000	ppm
Ευαισθησία μέτρησης	1	ppm

Για την θολερότητα

Εύρος μέτρησης	0 –50 (0-5)	NTU (mg/l)
Ευαισθησία μέτρησης	0.01	NTU

Για την οξύτητα

Εύρος μέτρησης	0 –14	
Ευαισθησία μέτρησης	0.05	

Για την ικανοποίηση αυτών των προδιαγραφών στις μετρήσεις υπάρχει στην αγορά ένας σημαντικός αριθμός οργάνων. Η τελική επιλογή γίνεται με βασικό γνώμονα την μειωμένη κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια με την μικρότερη δυνατή ανάγκη για καλωδιώσεις και θύρες επικοινωνίας. Ο αναγνώστης μπορεί εύκολα να καταλάβει ότι το υποβρύχιο περίβλημα που τελικά θα περιέχει τα συστήματα συλλογής και αποστολής των δεδομένων από τα μετρητικά όργανα είναι καλύτερα να έχει όσο το δυνατόν λιγότερους υποβρύχιους συνδέσμους που αποτελούν εισαγωγή σημείων κατασκευαστικής αστοχίας που τελικά μπορεί να οδηγήσουν σε ολική αποτυχία του πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου.

Στα πλαίσια αυτά ένα όργανο που ικανοποιεί αυτές τις ανάγκες είναι το Seabird CTD 16Plus V2. Είναι ένα όργανο που μετρά αγωγιμότητα, θερμοκρασία και πίεση ενώ το ίδιο όργανο δέχεται εποχούμενους αισθητήρες για την μέτρηση της χλωροφύλλης, της θολερότητας, του οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και pH. Το όργανο λειτουργεί με τάση 12 V έχοντας μία διεπαφή σειριακής επικοινωνίας EIA-232 και παρέχεται με περίβλημα από τιτάνιο και προδιαγραφές βάθους λειτουργίας έως τα 7000 μέτρα. Η μέτρησης της θερμοκρασίας γίνεται από ένα θερμοστοιχείο ενώ της αγωγιμότητας με χρήση ηλεκτροδίων. Διαθέτει επιπλέον 5 θύρες επικοινωνίας EIA-232 ή αναλογικές (0-5Volts) ή συνδυασμό, για την σύνδεση επιπλέον οργάνων.

Τα επιπλέον όργανα που προτείνονται είναι τα SBE63 της ίδιας εταιρίας για την μέτρηση με οπτική μέθοδο του διαλυμένου οξυγόνου, το FLNTU (RT)D της εταιρίας WETLABS με την δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης της χλωροφύλλης A και της θολερότητας με μέθοδο οπτικής σκέδασης στα 700 νανόμετρα, το AMT pH που μετρά οξύτητα μέσω ηλεκτροδίων εκ των οποίων ένα βρίσκεται μέσα σε ένα διπλό γυάλινο δοχείο που περιέχει χλωριούχο κάλιο και

χλωριούχο άργυρο. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας pH μολονότι περιέχει αντιδραστήρια που αναλώνονται με την χρήση και άρα παρουσιάζει σημαντική σταδιακή απόκλιση στις μετρήσεις (drift) μέσα σε διάστημα λιγότερο των 2 ετών είναι αυτή την στιγμή και ο μόνος που διαθέτει τις κατάλληλες προδιαγραφές για πόντιση σε βάθη έως 6000 μέτρα. Τέλος ο αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα που προτείνεται είναι ο PSI CO₂-ProCV της ProOCEANUS ο οποίος χρησιμοποιεί ένα υπέρυθρο ανιχνευτή διοξειδίου του άνθρακα που περνά από το θαλασσινό νερό μέσα από μια ειδική ημιπερατή μεμβράνη ταχείας διάχυσης.

Το σύνολο αυτών των οργάνων επειδή επιδέχεται συχνής βαθμονόμησης είναι επιθυμητό να μπορεί να αποσπάται από το παρατηρητήριο με χρήση ROV (Remote Operated Vehicle) στο σύνολο του (SBE 16plus + επιπλέον όργανα (εικόνα 31)) για την βαθμονόμηση και επανεγκατάστασή του με την χρήση και πάλι ROV.



Εικόνα 31. Το seabird 16 plus με τα όργανα για την μέτρηση χλωροφύλλης-A, θολερότητας, οξυγόνου.

9.2 Όργανο εντοπισμού κυμάτων tsunami

Απαραίτητα σε ένα τέτοιο πολυπαραμετρικό παρατηρητήριο και σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ESONET Label είναι και η εγκατάσταση ενός οργάνου ικανού να εντοπίζει κύματα tsunami. Η ανάγκη για ένα τέτοιο όργανο έχει ήδη αναφερθεί στα αρχικά κεφάλαια. Την στιγμή της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής ένα όργανο που είναι η πρώτη προτίμηση πολλών επιστημόνων που ασχολούνται με το θέμα είναι το μοντέλο Digiquartz 410K-101 της εταιρίας Paroscientific. Το όργανο είναι στην ουσία ένα υπερευαίσθητο πιεσόμετρο με δυνατότητα μετρήσεων 1 χιλιοστού του μέτρου στα 1000 μέτρα υπερκείμενης στήλης νερού και δειγματοληψίας κάθε δευτερόλεπτο. Το όργανο έχει διεπαφή σειριακής επικοινωνίας EIA-232 και ενσωματώνει τον αλγόριθμο για την επεξεργασία των δεδομένων και την ανίχνευση των

κυμάτων tsunami και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Mofjeld με τυπική περιοχή ανίχνευσης κυμάτων με περίοδο από 2 – 90 λεπτά της ώρας που είναι και ο πλέον συνηθισμένος αλγόριθμος στα πλέον αξιόπιστα Αμερικάνικα συστήματα DART του NOAA. Σε κάθε περίπτωση τα δεδομένα του αισθητήρα θα αποστέλλονται συνεχώς και άρα στο κέντρο λήψης μπορούν να εφαρμοστούν εάν είναι επιθυμητό και άλλοι αλγόριθμοι εντοπισμού. Εξάλλου αυτό είναι και ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα ενός καλωδιωμένου παρατηρητηρίου, η συνεχής καταγραφή με σχεδόν άμεση αποστολή δεδομένων.



Εικόνα 32. Φωτογραφία του πιεσόμετρου ακριβείας Digiquartz 410K-101 για χρήση στον ανιχνευτή κυμάτων tsunami

9.3 Όργανο μέτρησης προφίλ ρευμάτων (ADCP)

Η μέτρηση των υποεπιφανειακών θαλασσιών ρευμάτων βασίζεται στις μέρες μας σχεδόν αποκλειστικά στην χρήση του ήχου και συγκεκριμένα στο φαινόμενο Doppler. Όργανα που μετρούν την ταχύτητα και την κατεύθυνση των θαλασσιών ρευμάτων με αυτή την αρχή αναφέρονται σαν όργανα ADCM (Acoustic Doppler Current Meters). Αυτά τα όργανα χάρη στην γεωμετρία των transducer τους στέλνουν έναν ηχητικό παλμό συγκεκριμένης συχνότητας και μετρούν την διαφορά φάσης στις ανακλάσεις που λαμβάνουν σε συγκεκριμένη απόσταση. Οι ανακλάσεις έχουν διαφορά στην φάση τους λόγω των σωματιδίων που περιέχει το θαλασσινό νερό. Η μέτρηση αυτή δίνει κατά συνέπεια την δυνατότητα εξαγωγής της ταχύτητας και κατεύθυνσης μιας θαλάσσιας μάζας νερού. Η ταχύτητα διάδοσης του συγκεκριμένου ήχου στο νερό αντισταθμίζεται με βάση των μετρήσεων ενός αισθητήρα θερμοκρασίας που επίσης φέρει το όργανο. Το ζητούμενο όργανο στην περίπτωση του παρατηρητηρίου πρέπει να μπορεί να μετρήσει σε περισσότερα από ένα σημεία τις ταχύτητες και κατευθύνσεις αν ήταν δυνατόν σε όλη την θαλάσσια στήλη (2000 μέτρα) για αυτό και προτείνεται η χρήση ενός όπως συνηθίζεται να λέγεται ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Ένα τέτοιο όργανο μετρά σχεδόν ταυτόχρονα σε πολλαπλά βάθη δίνοντας προφίλ μετρήσεων. Ένα από τα πιο αξιόλογα

όργανα με εύρος μετρήσεων έως τα 600 μέτρα είναι το Long Ranger της εταιρίας Teledyne. Με αυτό το όργανο δίνεται η δυνατότητα στο παρατηρητήριο να έχει συνεχείς μετρήσεις ανά 5 μέτρα στην στήλη των 600 μέτρων από το βυθό για τις ταχύτητες και τις κατευθύνσεις των υποθαλάσσιων ρευμάτων. Η μετρήσεις βέβαια έχουν αυξανόμενες με την απόσταση αποκλίσεις λόγω ανεπαρκούς πληροφορίας για την θερμοκρασίας της θαλάσσιας μάζας σε κάθε σημείο μέτρησης εκτός εάν το νερό είναι θερμικά ομογενοποιημένο ή τροφοδοτηθούν στο όργανο προφίλ θερμοκρασίας με άλλο τρόπο. Το όργανο διαθέτει διεπαφή σειριακής επικοινωνίας EIA-232.



Εικόνα 33. Φωτογραφία του μετρητικού οργάνου για προφίλ ταχυτήτων και κατευθύνσεων Long Ranger ADCP

9.4 Υδρόφωνο περιβαλλοντικού ήχου (Ambient noise) με έμφαση την ακουστική θαλάσσιων θηλαστικών /bioacoustics)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού ήχου στο θαλάσσιο χώρο αποτελεί στις μέρες μας έναν παγκόσμιο επιστημονικό στόχο που είναι ανάγκη να επιτευχθεί για την σωστή αποτίμηση των ανθρωπογενών πηγών θορύβου που κατακλύζουν τον θαλάσσιο χώρο και επηρεάζουν με εμφανή τρόπο τόσο τα θαλάσσια θηλαστικά όπως δελφίνια και φάλαινες αλλά και με τρόπο όχι τόσο προφανή την βιοποικιλότητα γενικότερα. Ένα όργανο που προσφέρει μια τέτοια δυνατότητα είναι ο βιοακουστικός αισθητήρας icListen της εταιρίας Instrument Concepts. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας διαθέτει ένα κεραμικό υδρόφωνο κατάλληλου για χρήση σε υψηλή πίεση (350 atm) και διαθέτει ψηφιακό μετατροπέα 24 bit με ψηφιακά φίλτρα για ευαισθησία -190dB για 1 Volt/μPascal στην περιοχή συχνοτήτων 10 – 200000 Hz. Για την συνεχή αποστολή του ψηφιοποιημένου ήχου στον χερσαίο σταθμό χρησιμοποιούνται ειδικά πρωτόκολλα συμπίεσης, εάν αυτό είναι επιθυμητό, με δυνατότητα πλήρης επανάκτησης του ηχητικού φάσματος (πχ συμπίεση FLAC).



Εικόνα 34. Ο βιοακουστικός αισθητήρας icListen

Η περίπτωση να τοποθετηθούν το λιγότερο τρία τέτοια υδρόφωνα δίνει και την δυνατότητα εντοπισμού του σχετικού σημείου της ηχητικής πηγής.

9.5 Όργανο μέτρησης Σεισμών

Σημαντικότερο όργανο που οπωσδήποτε πρέπει να περιλαμβάνεται στους αισθητήρες ενός καλωδιωμένου παρατηρητηρίου βυθού είναι και ο σειсмоγράφος. Το όργανο πρέπει να διαθέτει το λιγότερο τρία (3) κανάλια καταγραφής. Ένα κάθετο και δύο οριζόντια που αντιστοιχούν στα τρία γεώφωνα για τον καθορισμό της τρισδιάστατης κίνησης του εδάφους. Η ύπαρξη και τέταρτου καναλιού καταγραφής είναι επιθυμητή για την χρήση ακουστικού γεώφωνου στο εύρος των 0.05 με 1000 Hz. Το όργανο πρέπει να είναι ευραίου φάσματος (Broad Band OBS) με ελάχιστη περιοχή λειτουργίας τα 0.03 – 30 Hz. Ο σχεδιασμός για την τοποθέτηση του σειсмоγράφου πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να προσφύεται στο έδαφος επαρκώς για αξιόπιστες μετρήσεις. Ένα προτεινόμενο όργανο είναι το CMG-3TDE της εταιρίας Guralp. Έχει διεπαφή σειριακής επικοινωνίας EIA-232 και δυνατότητα καταγραφής με 24 bit ανα κανάλι σε εύρος από 0,1 – 50 Hz



Εικόνα 35. Ο σειсмоγράφος Guralp CMG-3TDE

9.6 Όργανο μέτρησης βαρυτικού πεδίου

Για την γεωλογία ένα σημαντικό όργανο που σύμφωνα με τις οδηγίες του ESONET πρέπει να περιλαμβάνεται στα σύγχρονα παρατηρητήρια βυθού είναι και το βαρυτόμετρο. Η αρχή λειτουργίας του μοιάζει με αυτήν του σειсмоγράφου αλλά μετρά επιταχύνσεις μίας δραστικής μάζας όπως αναφέρεται που δεν είναι τίποτε άλλο από ένα βάρος συνδεδεμένο μηχανικά με δύο πυκνωτές. Η κίνηση της δραστικής μάζας επιτρέπεται μόνο στον κατακόρυφο άξονα. Η μεταβολή στην χωρητικότητα των πυκνωτών που βρίσκονται επάνω και κάτω από την δραστική μάζα δίνει με μεγάλη ακρίβεια την μετατόπιση αυτής. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται για να εξασφαλιστούν δύο στοιχεία απόλυτα σημαντικά για αξιόπιστες μετρήσεις. Το πρώτο είναι η αυτόματη ευθυγράμμιση του βαρυτόμετρου με το κατακόρυφο και η διατήρηση μόνωσης από το περιβάλλον ιδίως για την αποφυγή μεταβολής της θερμοκρασίας κοντά στους πυκνωτές. Το δεύτερο συνήθως εξασφαλίζεται με ένα ευαίσθητο θερμοστοιχείο και ένα θερμαντικό στοιχείο (αντίσταση) το πρώτο με ένα σύστημα εξισορρόπησης που στην ουσία τοποθετεί το αισθητήριο σύστημα του βαρυτόμετρου σε ένα ειδικό gel μεγάλου ιξώδους που λειτουργεί και σαν αποσβεστήρας ταλαντώσεων πέραν του φιλτραρίσματος που γίνεται ηλεκτρονικά. Ένα τέτοιο όργανο που προτείνεται είναι το AGI s.r.l. Gravitometer με ευαισθησία 1mgal σε εύρος συχνοτήτων 0 – 10 Hz, 24 bit κωδικοποίηση και ψηφιακή έξοδο.

9.7 Σύστημα εικονοληψίας υψηλής ευκρίνειας και φωτογραφίας

Μια από τις προτάσεις για τον εξοπλισμό ενός βενθικού παρατηρητηρίου είναι και η τοποθέτηση κατάλληλου εξοπλισμού για εικονοληψίες και καταγραφή εικόνας βίντεο. Η παρατήρηση στο οπτικό και υπέρυθρο φάσμα του περιβάλλοντος που βρίσκεται το παρατηρητήριο είναι χρήσιμο πολλαπλά. Ένα πλεονέκτημα είναι η άμεση παρατήρηση της κατάστασης του παρατηρητηρίου και των οργάνων για εμφανείς οξειδώσεις ή άλλες ζημιές που πιθανόν να μην έχουν προχωρήσει σε σημείο που να προκαλούν δυσλειτουργία. Ένα δεύτερο είναι η καταγραφή εικόνας ή η λήψη βίντεο που μπορεί να δώσει σε μη επιστημονικό κοινό υλικό για την αφύπνιση ενδιαφέροντος στο θαλάσσιο βενθικό περιβάλλον ή ακόμα κατά συνέπεια αφύπνιση οικολογικού χαρακτήρα (πχ. σε περίπτωση που στην κάμερα εμφανίζονται απορρίμματα στον περιβάλλοντα χώρο...). Ένα τρίτο είναι η επιστημονική ανάλυση της λήψης για βιολογική παρουσία και καταγραφή ειδών ή ανεύρεσης νέων, όπως επίσης και επιπλέον στοιχεία για την καταγραφή και μελέτη αυτόφωτων οργανισμών. Το σύστημα θα μπορεί να καταγράφει και στο υπέρυθρο για να δίνεται η δυνατότητα παρακολούθησης χωρίς την ενόχληση που ίσως προκαλεί το φως σε σημείο που δεν θα έπρεπε να υπάρχει. Είναι επίσης

επιθυμητό να διαθέτει σύστημα «αυτοκαθαρισμού» του φακού από ανόργανο και κυρίως οργανικό υλικό που επικάθεται στον φακό και μειώνει σημαντικά αλλά σε μικρό χρονικό διάστημα την ποιότητα της μεταδιδόμενης εικόνας. Ένα τέτοιο σύστημα είναι το SIDUS SS429 με υποβρύχια βάση μηχανισμού περιστροφής (-170 - +170 μοίρες) και κλίσης (-90 - +90 μοίρες). Το σύστημα μπορεί να ποντιστεί μέχρι τα 3000 μέτρα ενώ διαθέτει διεπαφή με έξοδο απευθείας σε Ethernet 10/100 BT. Η ανάλυση είναι 1600x1200 pixels με ευαισθησία 0,001 lux και λήψη στο υπέρυθρο μέχρι τα 950 nm.



Εικόνα 36. Φωτογραφία του συστήματος εικονοληψίας με τον μηχανισμό κλίσης, περιστροφής καθώς και το σύστημα φωτισμού.

9.8 Σύστημα φωτισμού

Το σύστημα φωτισμού που είναι απαραίτητο εάν τοποθετηθεί το σύστημα εικονοληψίας πρέπει να επιλεγεί με προσοχή για να είναι ικανό να φωτίσει την περιοχή ενδιαφέροντος για παρατεταμένο χρονικό διάστημα είτε στο οπτικό είτε στο υπέρυθρο χωρίς να υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης. Πρέπει κατά προτίμηση να μπορεί να στρέφεται μαζί με την κάμερα δίνοντας παράλληλα και την δυνατότητα μεταβολής της έντασης του φωτισμού. Ένα τέτοιο σύστημα που πληροί αυτές τις προδιαγραφές είναι το SIDUS SS184 με τεχνολογία LED που είναι αναρτώμενο στο προτεινόμενο σύστημα εικονοληψίας.

10. Σύστημα τροφοδοσίας

Το σύστημα τροφοδοσίας θα αποτελεί υποσύστημα του συστήματος διασύνδεσης. Θα είναι σε θέση να δέχεται την τάση από το υποβρύχιο καλώδιο (300-400VDC @max 10A) και να την διανέμει καταλλήλως στα επιμέρους συστήματα του παρατηρητηρίου και τα όργανα. Η επιλογή για την τροφοδοσία με συνεχές ρεύμα και όχι εναλλασσόμενο γίνεται για δύο βασικούς λόγους. Το συνεχές ρεύμα σε σχέση με το εναλλασσόμενο δεν εμφανίζει προβλήματα χωρητικής και επαγωγικής παρεμβολής που αυξάνουν πολύ την σύνθετη αντίσταση του αγωγού. Το συνεχές σε σχέση με το εναλλασσόμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τροφοδοσία μέσω θάλασσας δηλαδή για τροφοδοσία με έναν μόνο αγωγό και ταυτόχρονη καθοδική προστασία. Η επιλογή για την ένταση του ρεύματος προτείνεται για τα δέκα (10) Amperes διότι μεγαλύτερες τιμές αλλάζουν κατηγορία στους υβριδικούς συνδέσμους και του υποβρύχιου καλωδίου με ραγδαία αύξηση του κόστους. Επιπλέον οι ανάγκες του προτεινόμενου παρατηρητηρίου είναι πέντε φορές μικρότερες.

Για κάθε κανάλι επικοινωνίας θα υπάρχει και το αντίστοιχο ζευγάρι καλωδίων για τροφοδοσία με επιλέξιμες σταθεροποιημένες τάσεις των 12, 24, 48VDC με δυνατότητα παροχής σε ρεύμα 5, 10 και 15 A σε συνδυασμούς κατάλληλους για τις ενεργειακές ανάγκες των οργάνων. Η τροφοδοσία θα παρακολουθείται συνεχώς και σε περίπτωση βλάβης θα διακόπτεται αυτόματα. Θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα από τον σταθμό λήψης (με το κατάλληλο λογισμικό ελέγχου) η κατά βούληση ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της παροχής σε κάθε ζεύγος τροφοδοσίας ξεχωριστά. Όλες οι παροχές θα είναι ηλεκτροπτικά προστατευμένες με τρόπο που δεν προξενείται μόνιμη βλάβη από τυχόν βραχυκυκλώματα είτε από δυσλειτουργία των οργάνων είτε από εισροή νερού σε κάποιο βύσμα.

Το σύστημα τροφοδοσίας θα παρέχει και ένα σύνδεσμο επέκτασης για το μελλοντικό ενδεχόμενο μια ίδια ή παρόμοια μονάδα να τοποθετηθεί παράλληλη συνδεσμολογία με το υποβρύχιο καλώδιο δίνοντας στην έξοδό της τα ίδια ηλεκτροπτικά χαρακτηριστικά.

Οι συνολικές ανάγκες σε ενέργεια για την λειτουργία του παρατηρητηρίου μπορούν να συνοψιστούν στον ακόλουθο πίνακα.

Όργανο	Τάση λειτουργίας (Volts)	Μέγιστο ρεύμα (Amperes)	Μέγιστη Ισχύς (Watts)
SBE 16 with pump	12	0,820	9,84
SBE63 oxygen	12	0,100	1,2
FLNTU CI-A, turbidity	12	0,100	1,2
PSI CO2	12	0,950	11,4
AMT pH	12	0,025	0,3

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Paroscientific pressure	12	0,038	0,456
Guralp Seismograph	12	0,100	1,2
icListen Bio-acoustic	24	0,100	2,4
RDI ADCP	48	1	48
AGI Gravimeter	12	0,100	1,2
SS429 Camera	48	0,600	28,8
SS120 Pan/Tilt system	24	2	48
SS184 Lights system	24	3	72
Ethernet Switch	12	0,175	2,1
DC/DC controller	300	1	300
Optical amplifier/Mux/Demux CWDM	48	0,300	14,4
Serial port server	48	0,180	8,64
		ΣΥΝΟΛΟ	551,136

Μια συσκευή που εύκολα μπορεί να καλύψει τέτοιες ανάγκες για την τροφοδοσία στο παρατηρητήριο είναι η DC/DC μονάδα VIPAC Array της εταιρίας Vicor.



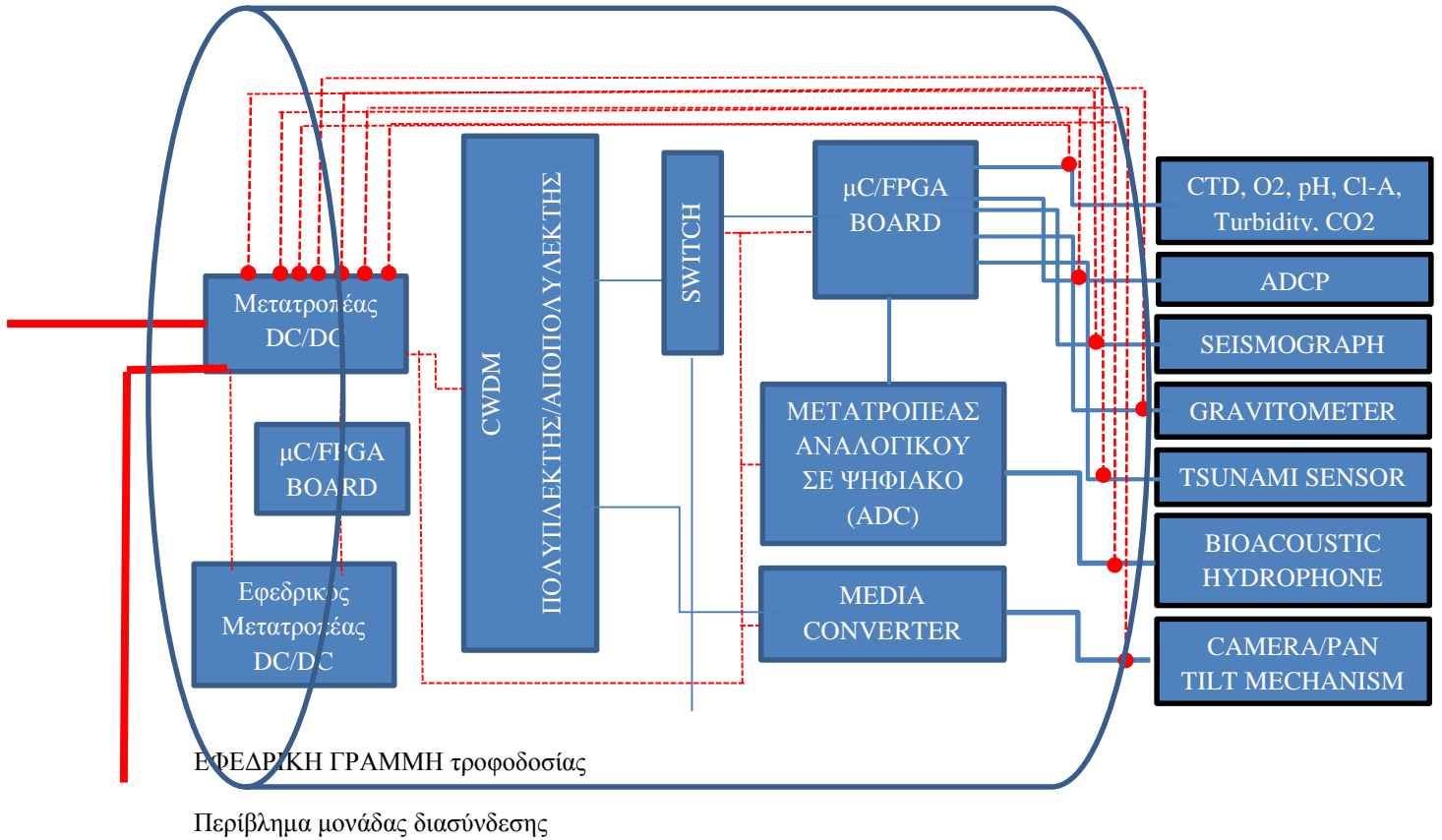
Εικόνα 37. Μετατροπέας DC/DC VIPAC Array της Vicor

Ο μετατροπέας έχει απόδοση μεγαλύτερη από 89% και για εύρος λειτουργίας από 1 – 48 Volts και διαθέτει έλεγχο με χρήση προγραμματιζόμενου $\mu\text{C}/\text{FPGA}$ με δυνατότητα τηλεχειρισμού μέσω ψηφιακής θύρας.

Για έναν συντελεστή ασφαλείας 3 στην παροχή του ρεύματος για την τροφοδοσία του παρατηρητηρίου αλλά και έχοντας υπόψιν μελλοντική επέκταση αυτού έχουμε πως για την ανάγκη των 551 Watt

$$W = VI \Rightarrow I = \frac{W}{V} \Rightarrow I = \frac{1653}{300} = 5,51 \text{ Amperes}$$

Ο υπολογισμός αυτός είναι κρίσιμος για την επιλογή του υποβρύχιου υγρού συνδέσμου για χρήση με ROV. Η ακόλουθη εικόνα 38 δίνει μια γενική εικόνα του συστήματος τροφοδοσίας



Εικόνα 38. Γενικό σχεδιάγραμμα τροφοδοσίας

11. Σύστημα τερματισμού υποβρύχιου καλωδίου

Η διάταξη θα περιλαμβάνει την απόληξη του υποβρύχιου καλωδίου με τον κατάλληλο τερματισμό του καθώς και το πλαίσιο στήριξης αυτού με το πλαίσιο στήριξης των υβριδικών βυσμάτων για την σύνδεση σε ένα από αυτά του παρατηρητηρίου.

Τερματισμός υποβρυχίου καλωδίου

Ο τερματισμός του υποβρυχίου καλωδίου περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μηχανολογικά μέρη για την μόνιμη εγκατάσταση στο βυθό μιας διάταξης που θα χωρίζει από το υποβρύχιο καλώδιο τον αγωγό και τις οπτικές ίνες προσφέροντας δύο συνδέσμους σε κατάλληλη μεταλλική πλάκα.

Η διάταξη τερματισμού θα προσφέρει μόνωση και αδιαβροχοποίηση στο σημείο απόληξης του υποβρυχίου καλωδίου και στα επιμέρους τμήματα διαχωρισμού και παροχής οπτικών ινών και ηλεκτρικού ρεύματος στα δύο βύσματα. Η διάταξη τερματισμού θα είναι ικανή να φέρει το ανάλογο βάρος του υποβρυχίου καλωδίου από τον βυθό στο καλωδιακό πλοίο στο σημείο πόντισης (ελάχιστο μήκος 4000 μέτρα) αλλά και σε περίπτωση ανέλκυσης αυτού για επισκευή. Η ένωση του υποβρύχιου καλωδίου με το σύστημα τερματισμού θα περιλαμβάνει τον διεθνή ταχυσύνδεσμο (UQJ) που εξασφαλίζει την αδιαβροχοποίηση και την διατήρηση των ηλεκτροοπτικών χαρακτηριστικών του καλωδίου.



Εικόνα 39. Τυπική φωτογραφία ενός σύγχρονου ταχυσυνδέσμου UQJ

Ο σχεδιασμός του συστήματος τερματισμού θα πρέπει περιλαμβάνει ένα κατάλληλο πλαίσιο για την στερέωση της διάταξης τερματισμού του καλωδίου (Cable Termination Assembly (CTA)). Στο μέρος όπου θα γίνει ο διαχωρισμός για την παροχή των δύο υποβρυχίων

συνδέσμων (βυσμάτων) (splitter box assembly) θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τις προδιαγραφές για μέγιστες τάσεις και ακτίνες καμπυλότητας του υποβρυχίου καλωδίου.

Τα δύο βύσματα θα βρίσκονται σε κάθετη ή με μικρή θετική κλίση προς τα επάνω μεταλλική πλάκα και θα είναι προσβάσιμα από τηλεχειριζόμενο όχημα (ROV) για την σύνδεση σε ένα από αυτά της άκρης του καλωδίου με το υγρού τύπου ROV mate able βύσμα από το σύστημα διασύνδεσης του παρατηρητήριου. Τα βύσματα θα είναι ίδια και θα είναι της ίδιας κατηγορίας με το αρσενικό βύσμα της απόληξης του καλωδίου από το παρατηρητήριο θα είναι δηλαδή το θηλυκό μέρος του βύσματος από το παρατηρητήριο. Τα χαρακτηριστικά τους θα είναι αντίστοιχα με τα χαρακτηριστικά του βύσματος στο καλώδιο από το παρατηρητήριο δηλαδή πρέπει να είναι υγρού τύπου για χρήση από ROV και να υποστηρίζουν 4 οπτικές ίνες κατηγορίας ITU-T G.652 SMF και με κατάλληλους ακροδέκτες για τροφοδοσία 1000VDC στα δέκα (10) Amperes ρεύμα. Σε ένα από τα δύο βύσματα θα τοποθετηθεί ένα βύσμα προστασίας (dummy plug) καθότι θα αποτελεί μέρος της μελλοντικής επεκτασιμότητας για σύνδεση επιπλέον οργάνων ή παρατηρητηρίου.



Εικόνα 40. Τυπική φωτογραφία ενός αρσενικού και ενός θηλυκού συνδέσμου υγρής σύνδεσης για χρήση από ROV

Το ύψος των βυσμάτων από τον πυθμένα θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε τα αιωρούμενα υλικά από τον πυθμένα κατά την προσέλευση του ROV να μην δημιουργούν προβλήματα στην διαδικασία σύνδεσης. Είναι επιθυμητό στο πλαίσιο του τερματισμού του καλωδίου ή στην πλάκα με τα βύσματα να τοποθετηθεί κατάλληλα σχεδιασμένη ράβδος για να προσφύεται ο ρομποτικός βραχίονας του ROV παρέχοντας έτσι σταθερότητα κατά την διάρκεια πραγμάτωσης της σύνδεσης των υποβρυχίων βυσμάτων.

Το βάρος της όλης κατασκευής εντός του νερού πρέπει να είναι τέτοιο που να μην επιτρέπει την μετακίνησή της κατά την διάρκεια εργασίας με το ROV.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Η γεωμετρία της όλης κατασκευής πρέπει να είναι τέτοια που να μην επιτρέπει την ανατροπή της ούτε κατά την διάρκεια που θα τοποθετηθεί στο βυθό ή και αργότερα από τυχαία πρόσκρουση με το ROV.

Θα ήταν επιθυμητό να εδράζεται σε τέσσερα σημεία περιμετρικά με πεπλατυσμένες άκρες παρόμοιες με αυτές στο παρατηρητήριο για την αποφυγή της εισχώρησής της στο βυθό ή την απόκτηση κλίσης μετά την πόντιση.

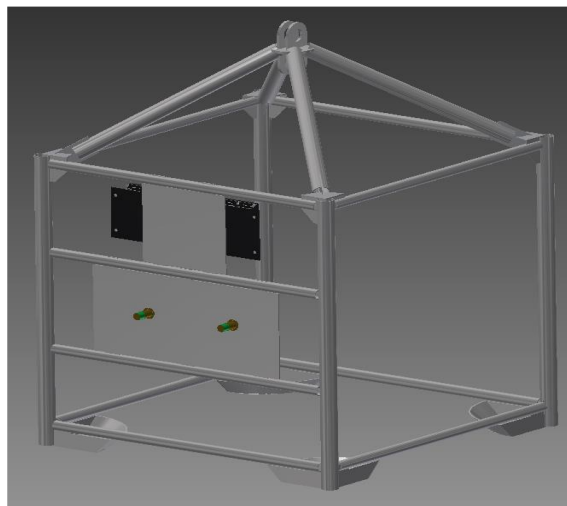
Υλικά κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής θα πρέπει να είναι προσεκτικά μελετημένα για να αποκλειστούν περιπτώσεις οξειδωσης και γαλβανισμού σε οποιοδήποτε μέρος της όλης κατασκευής.

Η διάταξη πρέπει να έχει χρόνο ζωής το λιγότερο 20 έτη, χωρίς συντήρηση εκτός νερού.

Η επιλογή για ανοδίωση θα πρέπει να γίνει με τέτοιον τρόπο ώστε τα τυχόν ανόδια που θα χρειαστούν να είναι δυνατόν να αντικατασταθούν με χρήση τηλεχειριζόμενου οχήματος (ROV).

Οι προδιαγραφές για καθοδική προστασία πρέπει να είναι σύμφωνες με το πρότυπο BS EN 15257 και όποιες βαφές χρησιμοποιηθούν θα είναι σύμφωνες με τα πρότυπα Norsok M501-rev 5, ISO 12944-1998 και ISO 20340-2003.



Εικόνα 41. Τυπική εικόνα ενός πλαισίου για τον τερματισμό του υποβρυχίου καλωδίου (CTA) και την στερέωση των υποβρυχίων βυσμάτων γρήγης σύνδεσης με χρήση ROV. Υ:240 εκ. Μ:200 εκ. Π:200 εκ.

12. Μελλοντική Επεκτασιμότητα

Το παρατηρητήριο στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική του επιτρέπει μια σειρά από μελλοντικές επεκτάσεις. Αυτές προκύπτουν από το πλεονέκτημα της μεγάλης και μόνιμης παροχής σε ηλεκτρική ενέργεια αλλά και στην ικανότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Μία επέκταση είναι η δημιουργία ενός δικτύου από παρατηρητήρια με τοπολογία αστεριού ή αλυσίδας προσφέροντας την δυνατότητα μετρήσεων σε αποστάσεις από το σημείο πόντισης του παρατηρητηρίου ανάλογα με την αρχική επιλογή του υποβρυχίου καλωδίου με οπτικές ίνες και αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος.

Μια δεύτερη μορφή επέκτασης είναι η χρήση μικρών τηλεχειριζόμενων οχημάτων με καλώδιο τα οποία θα μπορούν να λαμβάνουν δείγματα από τον πυθμένα ή το υπόστρωμα αυτού.

Μια τρίτη είναι η χρήση του παρατηρητηρίου σαν σταθμό σύνδεσης και επαναφόρτισης των συσσωρευτών του μιας νέας γενιάς GLIDER (με σύστημα ενεργής πρόωσης) ή ενός AUV (Autonomous Underwater Vehicle). Ένα τέτοιο όχημα θα μπορούσε να επεκτείνει τις μετρήσεις στον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο σε έκταση πολλών χιλιομέτρων.

13. Συμπεράσματα

Οι θαλάσσιες επιστήμες είναι απαραίτητες για την κατανόηση φυσικών διεργασιών που σχετίζονται έμμεσα και άμεσα με τα οικοσυστήματα που συντηρούν την ζωή στον πλανήτη μας. Η ανθρωπογενής επίδραση στο θαλάσσιο περιβάλλον αλλά και οι φυσικές διεργασίες που εντείνουν ή αποσβένουν αυτές τις επιδράσεις είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστες. Η εξαγωγή έγκυρων και έγκαιρων επιστημονικών συμπερασμάτων δεν μπορεί να αποτελείται μόνο από θεωρίες αλλά και από πειραματικές μετρήσεις. Στο σημείο των μετρήσεων οι ελλείψεις είναι εμφανείς. Ο μόνος τρόπος για να κατανοήσουμε σε βάθος τα φυσικά φαινόμενα είναι η στοχευμένη και συνεχής συλλογή δεδομένων για κρίσιμες παραμέτρους σε βάθος δεκαετιών. Σε αυτό το πλαίσιο η διεθνής επιστημονική κοινότητα που αφορά τις θαλάσσιες επιστήμες τα τελευταία χρόνια προσπαθεί μέσα από οργανισμούς όπως το GEO (Global Earth Observing), το GEOSS (Global Earth, Observation System of Systems), και το GOOS (Global Ocean Observing System) να φέρουν πιο κοντά τις διαφορετικές επιστημονικές ομάδες και να επεκτείνουν την συνεργασία με οικονομικές δραστηριότητες στο θαλάσσιο χώρο προσφέροντας πιο ποιοτικές και αξιόπιστες μετρήσεις. Αυτές οι προσπάθειες ενισχύουν την πεποίθηση ότι μακροχρόνιες παρατηρήσεις με ένα μεγάλο εύρος από μετρητικά όργανα και με σκοπό την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση τους σε συνεχή βάση μπορεί να προσφέρει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων και φυσικών κινδύνων.

Πιο συγκεκριμένα η Ευρωπαϊκή επιστημονική κοινότητα με αυτό το σκεπτικό προχωρά στην εξορθολόγηση των Ευρωπαϊκών υποδομών και την υλοποίηση συστημάτων που μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά μέσα από το EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory) και το ESONET (European Seas Observatory NETWORK)

Η παρούσα διπλωματική είχε σαν στόχο την ανάδειξη της ανάγκης και τον σχεδιασμό μιας τέτοιας υποδομής και πιο συγκεκριμένα ενός καλωδιωμένου πολυπαραμετρικού παρατηρητηρίου πυθμένα σε μια από τις προτεινόμενες Ελληνικές θέσεις Νότιο Δυτικά της Πελοποννήσου κοντά στην Πύλο.

Ο σχεδιασμός έγινε περιγράφοντας μια ρεαλιστική αρχιτεκτονική που θα μπορούσε ένα τέτοιο σύστημα να έχει και τις βασικές μετρητικές ανάγκες που θα μπορούσε να καλύψει. Η υλοποίηση ενός τέτοιου παρατηρητηρίου ικανοποιεί όλες τις προαναφερθείσες απαιτήσεις που μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- 1) Συνεχείς μετρήσεις για την δημιουργία υπερετήσιων χρονοσειρών
- 2) Ενεργειακή επάρκεια για χρήση ενεργοβόρων αισθητήρων όπως τα ADCP
- 3) Δυνατότητα χρήσης οργάνων με ανάγκη μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων όπως οι σειсмоγράφοι και υδροακουστικά
- 4) Δυνατότητα καταγραφής και αποστολής εικόνας και ήχου από μεγάλα βάθη
- 5) Αξιόπιστο σύστημα έγκαιρης ειδοποίησης φυσικών κινδύνων
- 6) Επεκτασιμότητα σε μορφή δικτύου παρατηρητηρίων
- 7) Ανάπτυξη τεχνολογίας αισθητήρων

Τα μειονεκτήματα που μπορεί κανείς να εντοπίσει είναι:

- 1) Σημειακές μετρήσεις
- 2) Μεγάλο κόστος εγκατάστασης
- 3) Αναγκαστική χρήση ROV για την εγκατάσταση

Το καλωδιωμένο παρατηρητήριο μπορεί να αποτελεί μια ουσιαστική υποδομή για την μελέτη των θαλασσιών διεργασιών αλλά πρέπει να λειτουργεί σε συνέργεια με άλλες μετρητικές μεθόδους δίνοντας στους επιστήμονες τις απαραίτητες αξιόπιστες μετρήσεις για την εξαγωγή συμπερασμάτων και κατά συνέπεια στην κοινωνία έγκαιρες προειδοποιήσεις φυσικών κινδύνων και μια δυνατότητα περιβαλλοντολογικής ευαισθητοποίησης.

14. Αναφορες

- Glover, A.G., Gooday, A.J., Bailey, D.M., Billett, D.S.M., Chevaldonnè, P., Colaço, A., Copley, J., Cuvelier, D., Desbruyères, D., Kalogeropoulou, V., Klages, M., Lampadariou, N., Lejeusne, C., Mestre, N.C., Paterson, G.L.J., Perez, T., Ruhl, H., Sarrazin, J., Soltwedel, T., Soto, E.H., Thatje, S., Tselepidis, A., Van Gaever, S., Vanreusel, A., 2010. *Temporal change in deep-sea benthic ecosystems: a review of the evidence from recent time-series studies. Advances in Marine Biology* 58. doi:10.1016/S0065-2881(10)58001-5.
- Ruhl, H.A., André, M., Beranzoli, L., Çağatay, M.N., Colaço, A., Cannat, M., Dañobeitia, J.J., Favali, P., Géli, L., Gillooly, M., Greinert, J., Hall, P.O.J., Huber, R., Karstensen, J., Lampitt, R.S., Larkin, K.E., Lykousis, V., Mienert, J., Miguel Miranda, J., Person, R., Priede, I.G., Puillat, I., Thomsen, L., Waldmann, C., 2011. *Societal need for improved understanding of climate change, anthropogenic impacts, and geo-hazard warning drive development of ocean observatories in European Seas. Progress in Oceanography* 91, 1–33.
- Priede, I.G., Mienert, J., Person, R., van Weering, T.C.E., Pfannkuche, O., O'Neill, N., Tselepidis, A., Thompson, L., Favali, P., Gasparioni, F., Zitellini, N., Millot, C., Gerber, H.W., Miranda, J.M.A., 2003. *ESONET – European sea floor observatory network. In: Dahlin, H., Fleming, N.C., Nittis, K., Petersson, S.E. (Eds.), Building the European Capacity in Operational Oceanography. Elsevier Oceanography Series 69. Elsevier, Amsterdam, pp. 291–294.*
- Priede, I.G., Person, R., Favali, P., 2005. *European seafloor observatory network. Sea Technology* 46, 45–49.
- Favali, P., Beranzoli, L., Italiano, F., Migneco, E., Musumeci, M., Papaleo, R., 2011. *NEMO-SNI observatory developments in view of the European Research Infrastructures EMSO and KM3NET. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 626-627, S53–S56.
- Boschi, E., Guidoboni, E., Ferrari, G., Valensise, G., Gasperini, P., 1997. *Catalogue of the Strong Earthquakes in Italy from 461 BC to 1990. ING-SGA, Bologna, 973 pp.*
- Baptista, M.A., Heitor, S., Miranda, J.M., Miranda, P., Mendes Victor, L., 1998. *The 1755 Lisbon Tsunami: evaluation of the Tsunami parameters. Journal of Geodynamics* 25, 143–157.
- Piatanesi, A., Tinti, S., 1998. *A revision of the 1693 eastern Sicily earthquake and tsunami. Journal of Geophysical Research* 103 (B2), 2749–2758.
- Yalçiner, A.C., Alpar, B., Altinok, Y., Ozbay, I., Imamura, F., 2002. *Tsunamis in the Sea of Marmara: historical documents for the past, models for future. Marine Geology* 190, 445–463.
- Tinti, S., Maramai, A., Graziani, L., 2004. *The new catalogue of Italian Tsunamis. Natural Hazards* 33, 439–465.
- Chester, D.K., 2008. *The effects of the 1755 Lisbon earthquake and tsunami on the Algarve region, southern Portugal. Geography* 93, 78–90.
- Dewey, J.F. and Sengoer, C.A.M., 1979. *Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone, Geol. Soc. Am. Bull.* 90, 84–92.

- Le Pichon, X., Angelier, J., and Sibuet, J.-C., 1982, Plate boundaries and extensional tectonics: Tectonophysics, v. 81, p. 239–256, doi: 10.1016/0040-1951(82)90131-7.*
- Meulenkamp, J.E., Wortel, M.J.R., Van Wamel, W.A., Spakman, W., and Hoogerduyn Strating, E., 1988, On the Hellenic subduction zone and the geodynamical evolution of Crete since the late Middle Miocene: Tectonophysics, v. 146, p. 203–215, doi: 10.1016/0040-1951(88)90091-1.*
- Jacobshagen, V., 1994, Orogenic evolution of the Hellenides: New aspects: Geologische Rundschau, v. 83, p. 249–256.*
- Fassoulas, C., Kiliyas, A., and Mountrakis, D., 1994, Postnappe stacking extension and exhumation of highpressure/low-temperature rocks in the island of Crete, Greece: Tectonics, v. 13, p. 127–138, doi: 10.1029/93TC01955.*
- Meijer, P.Th., and Wortel, M.J.R., 1997, Present-day dynamics of the Aegean region: A model analysis of the horizontal pattern of stress and deformation: Tectonics, v. 16, no. 6, p. 879–895, doi: 10.1029/97TC02004.*
- Cianetti, S., Gasperini, P., Giunchi, C., and Boschi, E., 2001, Numerical modelling of the Aegean-Anatolian region: Geodynamical constraints from observed rheological heterogeneities: Geophysical Journal International, v. 146, p. 760–780, doi: 10.1046/j.1365-246X.2001.00492.x.*
- Jolivet, L., 2001, A comparison of geodetic and finite strain pattern in the Aegean, geodynamic implications: Earth and Planetary Science Letters, v. 187, p. 95–104, doi: 10.1016/S0012-821X(01)00277-1.*
- Armijo, R., Flerit, F., King, G., and Meyer, B., 2004, Linear elastic fracture mechanics explains the past and present evolution of the Aegean: Earth and Planetary Science Letters, v. 217, no. 1–2, p. 85–95, doi: 10.1016/S0012-821X(03)00590-9.*
- Kreemer, C., Holt, W.E., Haines, A.J., 2003. An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation. Geophysical Journal International 154, 8–34.*
- Masclé, J., Le Quellec, P., Leite, O., Jongsma, D., 1982. Structural sketch of the Hellenic continental margin between the western Peloponnesus and eastern Crete. Geology, 10, 113-116.*
- Chaumillon, E., Masclé, J. & Hoffmann, H.J., 1996. Deformation of the western Mediterranean Ridge: Importance of Messinian evaporitic formations. Tectonophysics, 263, 163-190.*
- Chaumillon, E. & Masclé, J., 1997. From foreland to forearc domains: New multichannel seismic reflection survey of the Mediterranean ridge accretionary complex (Eastern Mediterranean). Marine Geology, 138, 237-259*
- Makropoulos, K. and Burton, P. 1985. Seismic hazard in Greece, II: ground acceleration. Tectonophysics, 117, 259-294.*
- Stavarakakis, G., Papouliou, J. and Drakopoulos, J. 1989. A fault rupture model for seismic hazard analysis in the area of Messinia, SW. Peloponnesus. Bull. Geol. Soc. Greece, XXIII/3, 365-371.*
- Ferentinos, G., Collins, M., Pattiaratchi, C., Taylor, P., 1985. Mechanisms of sediment transport and dispersion in a tectonically active submarine valley/canyon system: Zakynthos straits, NW Hellenic Trench. Mar. Geol. 65, 243–269.*

- Hasiotis, T., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., 2002. *A string of large and deep gas-induced depressions (pockmarks) offshore Killini peninsula, Western Greece. Geo-Mar. Lett.* 22 (3), 142–149.
- Hasiotis, T., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., 2005. *A high resolution approach in the recent sedimentation processes at the head of Zakynthos Canyon, western Greece. Mar. Geol.* 214, 49–73.
- Lykousis, V., Sakellariou, D., Rousakis, G., 2008. *Slope failures and stability analysis of shallow water prodeltas in the active margins of Western Greece, northeastern Mediterranean Sea. Journal of Earth Sciences DOI 10.1007/s00531-008-0329-9.*
- Lykousis V., 1991. *Submarine slope instabilities in the Hellenic Arc region, Northeastern Mediterranean Sea. Marine Geotechnology, 10:* 83-96.
- Galanopoulos, A.G. (1960). *“Tsunamis Observed on the Coasts of Greece from Antiquity to Present Time”, Annali di Geofisica, Vol. 13, pp. 369-386.*
- Papadopoulos, G.A., 2005. *“Tsunamis in the Mediterranean Sea” in “The Physical Geography of the Mediterranean Sea”, Oxford University Press*
- Papadopoulos, G.A. and Fokaefs, A., 2005. *Strong tsunamis in the Mediterranean Sea: A re-evaluation. ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 463, Vol. 42, No. 4, pp. 159-170*
- Shaw, B., Ambraseys, N. N., England, P. C., Floyd, M. A., Gorman, G. J., Higham, T. F. G., Jackson, J. A., Nocquet, J.-M., Pain, C. C. and Piggott, M. D., 2008. *Eastern Mediterranean tectonics and tsunami hazard inferred from the AD 365 earthquake. Nature Geoscience www.nature.com/naturegeoscience Published online: 9 March 2008; doi:10.1038/ngeo151*
- Soloviev, S.L., Solovieva, O.N., Go, C.N., Kim, K.S. & Shchetnikov, N.A., 2000. *Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 BC-2000AD. Kluwer, Dordrecht, 237 pp.*
- Schielein, P., Zschau, J., Woith, H. & Schellmann, G., 2007. *Tsunamigeferdung im Mittelmeer – Eine Analyse geomorphologischer and historischer Zeugnisse. Bamberger Geograph. Schrift. 22:* 153-199.
- Nittis K., N. Pinardi and A. Lascaratos, 1993 :*“Characteristics of the summer 1987 flow field in the Ionian Sea”, Journal of Geophysical Research, 1993, Vol. 98, pp171-184*
- Malanotte-Rizzoli et.al, 1997. *‘A synthesis of the Ionian Sea hydrography, circulation and water mass pathways during POEM-Phase I. Progress in Oceanography, 39:* 153-204.
- Malanotte-Rizzoli et.al, 1999. *‘The Eastern Mediterranean in thw 80s and in the 90s: the big transition in the intermediate and deep circulations. Dynamics of Atmospheres and oceans, 29 (1999) 365-395.*
- Sabine, C.L., Feely, R.A., Gruber, N., Key, R.M., Lee, K., Bullister, J.L., Wanninkhof, R., Wong, C.S., Wallace, D.W.R., Tilbrook, B., Millero, F.J., Peng, T.-H., Kozyr, A., Ono, T., Rios, A.F., 2004. *The oceanic sink for anthropogenic CO₂. Science 305, 367–371.*
- Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Houghton, R.A., Marland, G., 2007. *Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America 104, 18866–18870.*

- Schuster, U., Watson, A., 2007. A variable and decreasing sink for atmospheric CO₂ in the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research* 112. doi:10.1029/2006JC003941.
- Gruber, N., Gloor, M., Milakoff Fletcher, S.E., Doney, S.C., Dutiewicz, S., Follows, M., Gerber, M., Jacobson, A.R., Joos, F., Lindsay, K., Menemenlis, D., Mouchet, A., Müller, S.A., Sarmiento, J.L., Takahashi, T., 2009. Oceanic sources, sinks, and transport of atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB1005. doi:10.1029/2008GB003349.
- Feely, R.A., Sabine, C.L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V.J., Millero, F.J., 2004. Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science* 305, 362–366.
- Feely, R., Sabine, C.L., Martin Hernandez-Ayon, J., Ianson, D., Hales, B., 2008. Evidence for upwelling of corrosive “acidified” seawater onto the continental shelf. *Science* 320, 1490–1492.
- Orr, J.C., Fabry, V.J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S.C., Feely, R.A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, R.M., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar, R.G., Platter, G.-K., Rodgers, K.B., Sabine, C.L., Sarmiento, J.L., Schiltzer, R., Salter, R., Totterdell, I.J., Weirig, M.-F., Yamanka, Y., Yool, A., 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on marine calcifying organisms. *Nature* 437, 681–686.
- Raven, J., Caldeira, K., Elderfield, H., Hoegh-Guldberg, O., Liss, P., Riebesell, U., Shepherd, J., Turley, C., Watson, A., 2005. *Ocean Acidification due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide*. Royal Society, London. p. 60.
- Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A., Orr, J.C., 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65, 414–432.
- IPCC, 2007a. *Climate change 2007: the physical science basis*. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Zachos, J.C., Dickens, G.R., Zeebe, R.E., 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451, 279–283.
- Zeebe, R.E., Zachos, J.C., Caldeira, K., Tyrrell, T., 2008. Carbon emissions and acidification. *Science* 321, 51–52.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A., Hatziolos, M.E., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742.
- Tyrrell, T., 2008. Calcium carbonate cycling in future oceans and its influence on future climates. *Journal of Plankton Research* 30, 141–156.
- Hester, K.C., Peltzer, E.T., Kirkwood, W.J., Brewer, P.G., 2008. Unanticipated consequences of ocean acidification: a noisier ocean at lower pH. *Geophysical Research Letters* 35. doi:10.1029/2008GL034913.
- Volk, T., Hoffert, M.I., 1985. Ocean carbon pumps: analysis of relative strengths and efficiencies in ocean-driven atmospheric CO₂ changes. In: Sundquist, E.T.,

- Ducklow, H.W., Steinberg, D.K., Buesseler, K.O., 2001. Upper ocean carbon export and the biological pump. *Special Issue – JGOFS Oceanography* 14, 0–58.
- Buesseler, K.O., Lamborg, C.H., Boyd, P.W., Lam, P.J., Trull, T.W., Bidigare, R.R., Bishop, J.K.B., Casciotti, K.L., Dehairs, F., Elskens, M., Honda, M., Karl, D.M., Siegel, D.A., Silver, M.W., Steinberg, D.K., Valdes, J., Mooy, B.V., Wilson, S., 2007. Revisiting carbon flux through the ocean's twilight zone. *Science* 316, 567–570.
- Ryckaczewski, R.R., Checkley, D.M., 2008. Influence of ocean winds on the pelagic ecosystem in upwelling regions. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America* 105, 1965–1970.
- Taupier-Letage, I., Puillat, I., Millot, C., Raimbault, P., 2003. Biological response to mesoscale eddies in the Algerian Basin. *Journal of Geophysical Research* 108,3245. doi:10.1029/1999JC000117.
- McGillicuddy Jr., D.J., Anderson, L.A., Bates, N.R., Bibby, T., Buesseler, K.O., Carlson, C.A., Davis, C.S., Ewart, C., Falkowski, P.G., Goldthwait, S.A., Hansell, D.A., Jenkins, W.J., Johnson, R., Kosnyrev, V.K., Ledwell, J.R., Li, Q.P., Siegel, D.A., Steinberg, D.K., 2007. Eddy/wind interactions stimulate extraordinary midocean plankton blooms. *Science* 315, 1021–1026.
- Bashmachnikov, I., Mohn, C., Pelegri, J.L., Martins, A., Machin, F., Jose, F., White, M., 2009. Interaction of Mediterranean water eddies with Sedlo and Seine seamounts, Subtropical Northeast Atlantic. *Deep-Sea Research II* 56, 2593–2605.
- Zickfeld, K., Eby, M., Weaver, A.J., 2008. Carbon-cycle feedbacks of changes in the Atlantic meridional overturning circulation under future atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* 22, GB3024. doi:10.1029/2007GB003118.
- Bauer, J.E., Druffel, E.R.M., 1998. Ocean margins as a significant source of organic matter to the deep open ocean. *Nature* 392, 482–485.
- Chen, C.T.A., Borges, A.V., 2009. Reconciling opposing views on carbon cycling in the coastal ocean: continental shelves as sinks and near-shore ecosystems as sources of atmospheric CO₂. *Deep-Sea Research II* 56, 578–590.
- Sutherland, W.J., Armstrong-Brown, S., Armsworth, P.R., Brereton, T., Brickland, J., Campbell, C.D., Chamberlain, D.E., Cooke, A.I., Dulvy, N.K., Dusic, N.R., Fitton, M., Freckleton, R.P., Godfray, C.J., Grout, N., Harvey, H.J., Hedley, C., Hopkins, J.J., Kift, N.B., Kirby, J., Kunin, W.E., MacDonald, D.W., Marker, B., Naura, M., Neale, R., Oliver, T., Osborn, D., Pullin, A.S., Shardlow, M.E.A., Showler, D.A., Smith, P.L., Smithers, R.J., Solandt, J.C., Spencer, J., Spray, C.J., Thomas, C.D., Thompson, J., Webb, S.E., Yalden, D.W., Watkinson, A.R., 2006. The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology* 43, 617–627.
- Richardson, A.J., 2008. In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science* 65, 279–295.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T.L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S., Imeson, A., 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453, 353–357.
- Heath, M., Beare, D.J., 2008. New primary production in northwest European shelfseas, 1960–2003. *Marine Ecology Progress Series* 363, 183–203.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Δ.Π.Μ.Σ. «Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία κι Επιστήμη

Paul, J., Scholin, C., van den Engh, G., Perry, M.J., 2007. In situ instrumentation. Oceanography 20, 58–66.

ITU-T Recommendations list (<http://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/structure.aspx>)

BSI BS EN 15257: Cathodic protection - Competence levels and certification of cathodic protection personnel (http://www.british-standard.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=21906)

<http://wo.jcommops.org/cgi-bin/WebObjects/Argo>

http://www.emso-eu.org/management/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=40&Itemid=149

<http://www.esonet-noe.org/Main-activities/Standardization-and-interoperability>

http://wwz.ifremer.fr/esonet_emso/content/download/42247/574588/file/Deliverable_D68_esonet-label-definition_1.0.pdf