



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ & ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ & ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

*Η μεθοδολογία και συμβολή των σύγχρονων τεχνολογιών απεικόνισης
στην τεκμηρίωση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς σε
υποβρύχιο περιβάλλον*

Αικατερίνη Μέλλιου , 52014024

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Δρ Αγάθη Ανθούλα Καμινάρη

Φωτογραφία Εξωφύλλου:

Πηγή: Αρχείο Αικατερίνη Μέλλιου



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF APPLIED ARTS & CULTURE

**DEPARTMENT OF CONSERVATION OF ANTIQUITIES AND
WORKS OF ART**

Diploma Thesis

***The methodology and contribution of modern imaging technologies to the
documentation of cultural heritage objects in an underwater
environment***

Aikaterini Melliou, 52014024

Athens, February 2023

Supervisor:

Dr Agathi Anthoula Kaminari



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ & ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ

Τίτλος εργασίας

*Η μεθοδολογία και συμβολή των σύγχρονων τεχνολογιών απεικόνισης στην τεκμηρίωση
αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς σε υποβρύχιο περιβάλλον*

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	ΑΓΑΘΗ-ΑΝΘΟΥΛΑ ΚΑΜΙΝΑΡΗ	Εντεταλμένη Διδάσκουσα	
	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΠΟΥΡΝΟΥ	Καθηγήτρια	
	ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΚΟΚΛΑ	Επίκουρη Καθηγήτρια	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αικατερίνη Μέλλιου του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 52014024 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών & Πολιτισμού, του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή*

Η Δηλούσα



*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**
(Υπογραφή)

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

** Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του I.A. (σελ. 6):*

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	8
Abstract.....	9
Ευχαριστίες.....	10
1. Εισαγωγή	11
1.1 Εισαγωγή στην Υποβρύχια Πολιτιστική Κληρονομιά	11
1.2 Ο ορισμός της Ενάλιας Αρχαιολογίας	12
2. Γενικές Θεωρητικές Αρχές του Περιβάλλοντος και της Οπτικής Φυσικής	14
2.1 Υδάτινο Οικοσύστημα	14
2.2 Ιδιότητες του Θαλασσινού Νερού και η Επιρροή τους στην Υποβρύχια Φωτογράφιση	14
2.2.1 Πυκνότητα	14
2.2.2 Θερμοκρασία	15
2.2.3 Αλατότητα	16
2.2.4 Πίεση	17
2.3 Οι Εγγενείς Οπτικές Ιδιότητες του Θαλασσινού Νερού και η Επιρροή τους στην Υποβρύχια Φωτογράφιση.....	18
2.3.1 Εξασθένιση του ηλιακού φωτός, σκέδαση και οπισθοσκέδαση.....	19
2.3.2 Απώλεια του χρώματος.....	21
2.3.3 Οπτική μεγέθυνση	22
3. Φωτογραφία & Υποβρύχια Φωτογραφία	23
3.1 Ιστορική αναδρομή στην Υποβρύχια Φωτογραφία.....	23
3.2 Βασικοί Φωτογραφικοί Όροι.....	24
3.3 Συσχετισμός φωτογραφικών όρων	25
4. Υποβρύχιος Φωτογραφικός Εξοπλισμός	27
4.1 Κάμερες	27
4.1.1 Ψηφιακή Φωτογραφική Μηχανή.....	27
4.1.2 Nikonos Κάμερα.....	29
4.1.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Φωτογράφισης Στατικής Εικόνας.....	30
4.1.4 Κάμερες Δράσης (Action Cameras-AC)	31
4.1.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Φωτογράφισης με Action Camera.....	34
4.1.6 HOVs, ROVs & AUVs.....	35
4.2 Φωτογραφικοί Φακοί.....	38
4.3 Υποβρύχια Προστατευτικά Περιβλήματα – Housings	39
4.4 Φωτισμός	42
4.4.1 Φυσικό Φως.....	42
4.4.2 Τεχνητό Φως	43
4.5 Φίλτρα.....	48

4.6 Επιπρόσθετος Απαραίτητος Εξοπλισμός.....	48
4.7 Ρυθμίσεις Κάμερας.....	49
4.8 Διαδικασίες και Προγραμματισμός Υποβρύχιας Φωτογράφισης.....	50
4.9 Βοηθητικές και χρήσιμες τεχνικές για την υποβρύχια φωτογράφιση.....	53
4.10 Λίστα ελέγχου του απαραίτητου εξοπλισμού για την υποβρύχια φωτογράφιση.....	54
4.11 Λίστα ελέγχου πριν την υποβρύχια φωτογράφιση.....	55
5. Επιλεγμένες Φωτογραφικές Τεκμηριώσεις Υποβρύχιων Αρχαιολογικών Μνημείων Μέσω Ρομποτικών Συστημάτων.....	57
5.1 Παυλοπέτρι, η υποβρύχια πόλη της εποχής του Χαλκού στη Λακωνία.....	57
5.1.1 Εξοπλισμός.....	58
5.2 Το βυθισμένο λιμάνι στην αρχαία πόλη Ηράκλειο ή Θώνις, Αίγυπτος.....	62
5.2.1 Εξοπλισμός.....	65
5.3 Τιτανικός.....	67
5.3.1 Argo.....	70
5.3.2 HOV (Human Occupied Vehicle) Alvin.....	71
5.3.3 Jason Junior.....	71
5.3.4 Φωτιστικές πηγές.....	73
5.4 Το ναυάγιο των Αντικυθήρων.....	75
5.4.1 Η πρώτη προσπάθεια το 1900-1901.....	79
5.4.1 Η δεύτερη επιστροφή το 2005.....	80
5.4.2 Η τρίτη επιστροφή το 2012-2014.....	81
6. Συμπεράσματα.....	86
Βιβλιογραφία.....	87
Παράρτημα – Δοκιμαστική κατάδυση και υποβρύχια φωτογράφιση Αικατερίνης Μέλλιου...95	

Περίληψη

Η φωτογραφική τεκμηρίωση αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της συντήρησης και αποκατάστασης ευρημάτων. Με το πέρασμα των χρόνων όμως και με την αδιαμφισβήτητη συμβολή της τεχνολογίας τόσο τα μέσα, οι τεχνικές όσο και η ίδια η μεθοδολογία της υποβρύχιας τεκμηρίωσης έχει αλλάξει και έχει εξελιχθεί.

Στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής είναι η δημιουργία ενός σε βάθος θεωρητικού πλαισίου της απεικονιστικής τεκμηρίωσης των υποβρύχιων αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Θα γίνει αναφορά στην φωτογραφική ορολογία με έμφαση στην υποβρύχια φωτογραφία και την εξέλιξη της, σε όλα τα φυσικά φαινόμενα που επηρεάζουν τις λήψεις, καθώς και στη μεθοδολογία, φωτισμό και εξοπλισμό που απαιτούνται για τη σωστή φωτογραφική απεικόνιση τεκμηρίων της πολιτιστικής κληρονομιάς στο θαλάσσιο περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, θα δοθεί η δυνατότητα να αντιληφθούμε και να αναδείξουμε την σημασία της υποβρύχιας πολιτιστικής κληρονομιάς, μέσω της συμβολής της σύγχρονης τεχνολογίας απεικόνισης, καθώς και τα απαραίτητα εφόδια που χρειάζονται προκειμένου να έρθουμε ένα βήμα πιο κοντά με τον μυστηριώδη κόσμο τεκμηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς κάτω από την επιφάνεια του νερού. Τέλος, θα γίνει καταγραφή των κατάλληλων μέσων για μια ορθή φωτογράφιση υποβρύχιων ευρημάτων και μνημείων και θα παρουσιαστούν περιπτώσεις υποβρύχιας φωτογράφισης, ευρέως γνωστών υποβρύχιων τεκμηρίων πολιτιστικής κληρονομιάς.

Abstract

Photographic documentation is an integral part of the conservation and restoration of finds. However, over the years and with the undeniable contribution of technology the means, the techniques and the methodology of underwater documentation have changed and evolved.

The aim of this thesis is to create an in-depth theoretical framework for the visual documentation of underwater cultural heritage objects. Reference will be made to photographic terminology with an emphasis on underwater photography and its evolution, all the natural phenomena that affect photography, as well as the methodology, lighting and equipment required to acquire correct images of cultural heritage evidence in the marine environment. In this way, it will be possible to perceive and highlight the importance of underwater cultural heritage, through the contribution of modern imaging technology, as well as the necessary supplies needed to get one step closer to the mysterious world of cultural heritage objects below the surface of the water.

Finally, the appropriate means of properly photographing underwater finds and monuments will be listed and cases of underwater photography of well-known underwater cultural heritage objects will be presented.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, σε όλους τους συμπαραστάτες αυτής της εργασίας και πρωτίστως στους εκπαιδευτές δύτες, Δημήτρη Κουδούνα, Μαγδαληνή Μαντζίκα και Luuk Konijnenberg από το εκπαιδευτικό κέντρο «Intro Dive» στο Τολό, Αργολίδας τόσο γιατί με εκπαίδευσαν και με βοήθησαν να πραγματοποιήσω τις υποβρύχιες φωτογραφικές λήψεις αλλά και γιατί με πολύ αγάπη και πολλές συζητήσεις με έφεραν σε επαφή με έναν μοναδικό κόσμο και με ένα χόμπι που σίγουρα θα συνεχίσω. Και στη συνέχεια τον Παναγιώτη Βρανά από το «Go Scuba Diving Athens» στην Αγία Μαρίνα Αττικής με τον οποίο πραγματοποιήσαμε την κατάδυση στο ναυαγισμένο αεροπλάνο στην Παλαιά Φώκαια. Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων σε όλους τους δύτες που συνεργάστηκα και συνέβαλλαν με μοναδικό τρόπο στην υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Δρ Αγάθη Ανθούλα Καμινάρη για την αμέριστη βοήθεια, καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου.

1. Εισαγωγή

“Εάν αποσυνθέσεις την Ελλάδα, στο τέλος θα δεις να σου απομένουν μια ελιά, ένα αμπέλι κι ένα καράβι. Που σημαίνει: με άλλα τόσα την ξαναφτιάχνεις”

Οδυσσέας Ελύτης

1.1 Εισαγωγή στην Υποβρύχια Πολιτιστική Κληρονομιά

Σύμφωνα με το συνέδριο της UNESCO που διεξήχθη το 2001, η υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά ερμηνεύτηκε ως εξής: «Υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά, σημαίνει όλα τα ίχνη ανθρώπινης ύπαρξης με πολιτιστικό, ιστορικό ή αρχαιολογικό χαρακτήρα, τα οποία βρίσκονται εν μέρει ή πλήρως κάτω από το νερό, περιοδικά ή συνεχώς, για τουλάχιστον 100 χρόνια, όπως: (i) μνημεία, κτίσματα, κτίρια, τεχνουργήματα και ανθρώπινα λείψανα, μαζί με το αρχαιολογικό και φυσικό τους πλαίσιο· (ii) πλεούμενα, αεροσκάφη, άλλα οχήματα ή οποιοδήποτε μέρος τους, το φορτίο ή άλλο περιεχόμενό τους, μαζί με το αρχαιολογικό και φυσικό τους πλαίσιο· και (iii) αντικείμενα προϊστορικού χαρακτήρα» (UNESCO, 2002; Huang, 2013).

Η υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική υποκατηγορία της πολιτιστικής κληρονομιάς για τους αρχαιολόγους και τους διαχειριστές της πολιτιστικής κληρονομιάς (Portalés Ricart et al., 2018). Οι αρχαιολόγοι θέλουν να ερευνήσουν και να ερμηνεύσουν την αλληλεπίδραση των ανθρώπων με το περιβάλλον τους. Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές οπτικές σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να κινηθεί το ενδιαφέρον ενός αρχαιολόγου αφού υπάρχουν πάρα πολλοί τρόποι για να ερευνηθεί η επίδραση του νερού στη ζωή. Κάποιες φορές το ερευνητικό ενδιαφέρον έγκειται στον τρόπο που κατασκευάστηκε ένα ναυαγισμένο πλοίο προκειμένου να σχηματιστεί μία εικόνα για την ναυπηγική τεχνολογία της εποχής, άλλες μέσα από τα αντικείμενα που βρέθηκαν να μπορεί να σχηματιστεί μία εικόνα για το πώς ζούσαν οι άνθρωποι τότε, και άλλες φορές στη μελέτη της γεωμορφολογίας ενός τόπου στις περιπτώσεις βυθισμένων πόλεων κλπ (Kenyon, 2018, Portalés Ricart et al., 2018).

Η υποβρύχια πολιτιστική κληρονομιά μπορεί να απειληθεί όταν διενεργούνται ακατάλληλες και παράνομες δράσεις στους προστατευόμενους χώρους, ή ακόμα και κλοπές αντικειμένων από αυτούς, καθώς επίσης και από εργασίες που πραγματοποιούνται στην ακτή

ή το βυθό της θάλασσας κοντά στις περιοχές αυτές κ.α. Η εμπορική εκμετάλλευση της υποβρύχιας πολιτιστικής κληρονομιάς για εμπόριο ή κερδοσκοπία είναι θεμελιωδώς ασυμβίβαστη σε ότι αφορά με την προστασία και τη διαχείριση της κληρονομιάς. Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να μειωθούν ή ακόμα και να εξαλειφθούν με την έγκαιρη διαβούλευση των αρχαιολόγων και με την εφαρμογή περιοριστικών έργων, (Stratē, 1995; Broad, 1997; ICOMOS, 2011).

1.2 Ο ορισμός της Ενάλιας Αρχαιολογίας

Αρχαιολογία, είναι η επιστήμη που μελετά και ερευνά τη ζωή και τη δραστηριότητα των ανθρώπων παλαιότερων εποχών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από μία συνεχή μελέτη και έρευνα των ιχνών ενός πολιτισμού, δομών, ανθρωπίνων καταλοίπων ή ζώικών και φυτικών αποβλήτων. Η αρχαιολογία συνεργεί με πολλές επιστήμες (ιστορία, βιολογία, φωτογραφία, γεωλογία κ.λπ.) για να ερμηνεύσει το νόημα και το πλαίσιο των πολιτιστικών καταλοίπων καθώς και τη μορφή και την ουσία αυτών. Με αυτόν τον τρόπο ερχόμαστε πιο κοντά με το παρελθόν μας και την ιστορία μας, (Koutsogiannis, 2006; Meide, 2013).

Η Ενάλια Αρχαιολογία είναι ένας επιστημονικός κλάδος της αρχαιολογίας που επικεντρώνεται στην επιστημονική διερεύνηση πολιτισμικού υλικού που σχετίζεται με την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τη θάλασσα, περιλαμβάνοντας τη μελέτη πλοίων και ναυαγίων, θαλάσσιων υποδομών αλλά και άλλων τύπων κληρονομιάς, υλικής και άυλης, (Goggin, 1960; AIMA, 2020). Με τον όρο «Ενάλια» λοιπόν δεν εννοούνται μόνο τα πράγματα που χρησιμοποιούνταν στη ναυτιλία όπως τα πλοία και οι προεκτάσεις τους, αλλά χρησιμοποιείται ως μία έκφραση που πλαισιώνει με αυτό το τρόπο υλικά και άυλα στοιχεία τα οποία σχετίζονται με τη θάλασσα και την αλληλεπίδραση της με τον άνθρωπο. Θα λέγαμε ότι η ενάλια αρχαιολογία αποτελείται από δύο τομείς, τη θαλάσσια και την υποβρύχια. Οι δύο αυτοί όροι δεν θα έπρεπε να συγχέονται αφού όλη η θαλάσσια αρχαιολογία δεν είναι και υποβρύχια και όλη η υποβρύχια αρχαιολογία δεν είναι θαλάσσια. Για παράδειγμα όταν αναφερόμαστε σε υλικά κατάλοιπα της θαλάσσιας δραστηριότητας, δεν είναι απαραίτητο να είναι και βυθισμένα, (Delgado, 2001).

Η Ενάλια Αρχαιολογία σχετίζεται με την παρούσα πτυχιακή, κυρίως στο πεδίο της συστηματικής τεκμηρίωσης και ανάκτησης πληροφοριών από βυθισμένα πολιτιστικά μνημεία. Τα τεχνουργήματα, τα μνημεία αλλά και όλα όσα προδίδουν την παρελθοντική ανθρώπινη δραστηριότητα, παρέχουν πληροφορίες για την ανθρώπινη συμπεριφορά και την

αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τη φύση και τον πολιτισμό του. Οι ρίζες του ακαδημαϊκού πεδίου της ενάλιας αρχαιολογίας είναι σχετικά νέες, ξεκινώντας μόλις στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Η υποβρύχια αρχαιολογία σήμερα επηρεάζεται έντονα από τις ανθρωπολογικές και ιστορικές τάσεις και βασίζεται σε συναφή διεπιστημονικά πεδία, όπως η πολιτιστική ανάλυση υλικού, η γεωγραφία και η ωκεανογραφία. (US Department of Commerce, n.d.)

2. Γενικές Θεωρητικές Αρχές του Περιβάλλοντος και της Οπτικής Φυσικής

Σκοπός της 2ης ενότητας είναι να γίνει μία εισαγωγή σε γενικές αρχές του φυσικού περιβάλλοντος και των υδάτινων οικοσυστημάτων προκειμένου να αντιληφθούμε ποιες παράμετροι επηρεάζουν και σχηματίζουν το θαλάσσιο περιβάλλον. Με αυτό το τρόπο μπορούμε να κατανοήσουμε πώς το θαλάσσιο οικοσύστημα λειτουργεί και από ποιες συνιστώσες επηρεάζεται. Η φύση και η σύσταση του νερού επηρεάζουν άμεσα την υποβρύχια φωτογραφική απεικόνιση. Όπως θα αναφερθεί και πιο αναλυτικά παρακάτω, η πυκνότητα του νερού, η αλατότητα, η κυματότητα και η αναταραχή του, είναι μεταβαλλόμενα στοιχεία που καθορίζουν τις συνθήκες του εκάστοτε θαλάσσιου περιβάλλοντος και γενικότερα του νερού. Επιπροσθέτως αφού αναλυθούν τα παραπάνω θα ακολουθήσει η ερμηνεία και εξήγηση βασικών αρχών της οπτικής φυσικής. Η οπτική φυσική αποτελεί την εξήγηση των φυσικών φαινομένων και πως αυτά και γιατί διαφοροποιούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

2.1 Υδάτινο Οικοσύστημα

Ο όρος υδάτινα οικοσυστήματα περιγράφει όλα τα οικοσυστήματα στα οποία κυριαρχεί το νερό και έτσι καλύπτει ένα ευρύ φάσμα από τους ωκεανούς έως τις μικρές λίμνες και τους βάλτους (Mann 1991). Υπάρχουν δύο είδη υδάτινων οικοσυστημάτων με βάση την αλατότητα, i) τα θαλάσσια και ii) τα οικοσυστήματα των γλυκών υδάτων. Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις όπως στις εκβολές ποταμών όπου το αλμυρό και το γλυκό νερό μπορεί να αναμειγνύονται, δημιουργούνται οικοσυστήματα υφάλμυρων υδάτων. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι (>20%), σε σύγκριση με οικοσυστήματα γλυκών υδάτων που έχουν πολύ χαμηλή (<5%), ενώ η αλατότητα των οικοσυστημάτων υφάλμυρων υδάτων κυμαίνεται μεταξύ 5-20% (Ρουμπου, 2020).

2.2 Ιδιότητες του Θαλασσινού Νερού και η Επιρροή τους στην Υποβρύχια Φωτογράφιση

2.2.1 Πυκνότητα

Το νερό είναι ένα εγγενώς διαφορετικό μέσο από τον αέρα με πρώτη και σημαντικότερη διαφορά στην πυκνότητά τους. Το θαλασσινό νερό συγκεκριμένα είναι κατά

800 φορές πυκνότερο από τον αέρα, γεγονός που επηρεάζει την υποβρύχια εικόνα, καθώς αλλάζουν οι διαδρομές των οπτικών ακτίνων. Η πυκνότητα του νερού δεν είναι σταθερή στο βάθος αλλά αποτελεί μία σχέση αλληλεξάρτησης μεταξύ της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πίεσης (Slater, 2014).

Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού επηρεάζεται από τρεις βασικούς παράγοντες: την αλατότητα, τη θερμοκρασία και την πίεση. Η πυκνότητα του νερού αυξάνεται, όταν αυξάνεται η αλατότητα, όταν μειώνεται η θερμοκρασία αλλά και όσο αυξάνεται η πίεση λόγω της συμπίεσης του νερού. Η αλατότητα θεωρείται ισχυρός παράγοντας μεταβολής της πυκνότητας. Το νερό με χαμηλότερη αλατότητα είναι λιγότερο πυκνό και θα βρίσκεται πάνω από το νερό της ίδιας θερμοκρασίας υψηλότερης αλατότητας. Η αλατότητα επηρεάζει τη συσσωμάτωση των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η αλατότητα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο σχηματισμός συσσωματωμάτων σωματιδίων και τόσο μεγαλύτερη η καθίζηση. Ωστόσο η επίδραση της πίεσης στην πυκνότητα είναι πολύ μικρή σε σχέση με τους άλλους δυο παράγοντες. Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού στα μεγάλα βάθη, όπου βρίσκεται υπό πίεση εκατοντάδων ατμοσφαιρών είναι μόνο 5% περίπου μεγαλύτερη από αυτή επιφανειακού ύδατος ίδιας θερμοκρασίας και αλατότητας. (Ernest, 1955; Pournou, 2020).

Η πυκνότητα του νερού επηρεάζει την υποβρύχια φωτογραφία, καθώς το νερό απορροφά και διασκορπίζει το φως περισσότερο από τον αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη ορατότητα, τη παραμόρφωση του χρώματος και κατά συνέπεια και τη μείωση των χρωματικών αντιθέσεων. Πιο αναλυτικά, καθώς το φως ταξιδεύει μέσα στο νερό, συναντά διάφορα σωματίδια που το διασκορπίζουν προς διαφορετικές κατευθύνσεις. Αυτό οδηγεί στην απώλεια λεπτομερειών και ευκρίνειας, ιδιαίτερα σε μεγαλύτερα βάθη όπου η διείσδυση του φωτός γίνεται ακόμα πιο περιορισμένη. Επιπλέον, οι υποβρύχιες εικόνες εμφανίζονται συχνά μπλε ή πρασινωπές λόγω της απορρόφησης μικρότερων μηκών κύματος φωτός και τα αντικείμενα μπορεί να φαίνονται μεγαλύτερα και πιο κοντά από ό,τι στην πραγματικότητα λόγω του φαινομένου της υποβρύχιας μεγέθυνσης που προκαλείται από διάθλαση φωτός στη διεπαφή νερού-αέρα. (Ernest, 1955; Pateman, 2009; Pournou, 2020)

2.2.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία της θάλασσας είναι ένας από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς παράγοντες του θαλάσσιου οικοσυστήματος καθώς επηρεάζει πολλά φυσικά, χημικά και γεωχημικά γεγονότα (Lalli and Parsons 1997; Drinkwater et al. 2010). Η θερμοκρασία ελέγχει

επίσης πολυάριθμες βιολογικές διεργασίες, όπως η ανάπτυξη, η φαινομενολογία, η ταχύτητα κολύμβησης και ο ρυθμός δραστηριότητας, η αναπαραγωγή, η κατανομή και η θνησιμότητα των οργανισμών (Lalli and Parsons 1997; Drinkwater et al. 2010). Η θερμοκρασία της θάλασσας είναι μάλλον μεταβλητή και εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος, το βάθος και το κλίμα.

Η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας στα επιφανειακά ύδατα λόγω γεωγραφικών και εποχιακών διαφορών μπορεί να είναι από 2° C έως περισσότερο από 28° C και είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στα βαθιά νερά όπου η θερμοκρασία παραμένει αρκετά σταθερά κρύα. Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει εξίσου τη φωτογράφιση υποβρυχίως. Επιδρά στην ποιότητα της εικόνας ενώ μπορεί να επηρεάσει και στα φωτογραφικά μέσα (κάμερα, φώτα, κλπ). Η θερμοκρασία του νερού επιδρά στη βιολογική δραστηριότητα και ζωή του υδάτινου οικοσυστήματος. Σε θερμότερα νερά, τείνεται να προάγεται περισσότερη βιολογική δραστηριότητα και ζωή, άρα αυξημένα σωματίδια και πλαγκτόν, ενώ σε πιο κρύο νερό μικρότερη. Η βιολογική δραστηριότητα και ζωή συμβάλει κατά συνέπεια στη διασπορά του φωτός και μειώνουν ή αυξάνουν την ορατότητα. Επιπλέον η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την απόδοση των καμερών και του εξοπλισμού φωτισμού. Οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και τη λειτουργία της κάμερας. (Pateman, 2009).

2.2.3 Αλατότητα

Η αλατότητα του θαλασσινού νερού εκφράζει την ποσότητα των διαλυμένων ανόργανων αλάτων που εμπεριέχει. Τα στοιχεία που υπάρχουν στο θαλασσινό νερό με τη μορφή ιόντων είναι κυρίως χλώριο (Cl⁻) και νάτριο (Na⁺), ενώ άλλα ιόντα όπως το θειικό (SO₄²⁻), το μαγνήσιο (Mg²⁺), το ασβέστιο (Ca²⁺) και το κάλιο (K⁺) είναι υπάρχουν σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Ο μέσος αριθμός του ποσοστού της αλατότητας στην ανοιχτή θάλασσα είναι 35%. Το ποσοστό αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, από την απόρριψη των ποταμών όπου σε αυτή τη περίπτωση η αλατότητα μειώνεται στην περιοχή λόγω της εισροής γλυκού νερού και τέλος από την εξάτμιση στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη όπου σε αυτή τη περίπτωση η αλατότητα αυξάνεται κατά τους ζεστούς μήνες. (Pournou, 2020)

Η αλατότητα επηρεάζει τη συσσωμάτωση των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η αλατότητα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο σχηματισμός συσσωματωμάτων σωματιδίων και τόσο μεγαλύτερη η καθίζηση (Pournou, 2020). Η αλατότητα ή η

περιεκτικότητα σε αλάτι του νερού, έχει επιπτώσεις στην υποβρύχια φωτογραφική τεκμηρίωση καθώς επηρεάζει τη μετάδοση του φωτός αλλά και στην άνωση. Η αλατότητα επηρεάζει τη μετάδοση του φωτός αλλάζοντας τον δείκτη διάθλασης του νερού, ο οποίος επηρεάζει την ταχύτητα και την κατεύθυνση του φωτός καθώς ταξιδεύει μέσα στο μέσο. Τα υψηλότερα επίπεδα αλατότητας συνήθως οδηγούν σε καθαρότερο νερό με καλύτερη ορατότητα, καθώς η αυξημένη πυκνότητα μειώνει τη σκέδαση και την απορρόφηση του φωτός. Αντίθετα, χαμηλότερα επίπεδα αλατότητας, όπως σε περιβάλλοντα υφάλμυρου ή γλυκού νερού, μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένη ορατότητα και μεγαλύτερη εξασθένηση του φωτός λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων και της οργανικής ύλης. Επιπλέον, η αλατότητα επηρεάζει την άνωση των αντικειμένων και των δυτών κάτω από το νερό, επηρεάζοντας τη σταθερότητα και την κίνησή τους, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση και το κάδρο των φωτογραφιών (Pournou, 2020; Modi, Gadani and Rana, 2021).

2.2.4 Πίεση

Παρόλο που η επίδραση της πίεσης είναι ένας εξαιρετικά κρίσιμος παράγοντας και οφείλεται να εξετάζεται σωστά, η διακύμανση της πίεσης με το βάθος επηρεάζει οποιοδήποτε υποβρύχιο οπτικό σύστημα σε οποιοδήποτε βάθος. Άλλα οπτικά φαινόμενα πρέπει να ληφθούν υπόψη υποβρύχια, όλα σχετίζονται με τις λεγόμενες εγγενείς οπτικές ιδιότητες που διέπουν τη διάδοση του φωτός στο νερό και αναλύονται στο Κεφάλαιο 2.3 (Slater, 2014)

Η πίεση του νερού αυξάνεται λόγω της συμπίεσης του νερού. Ωστόσο η επίδραση της πίεσης στην πυκνότητα είναι πολύ μικρή σε σχέση με τους άλλους δυο παράγοντες. Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού στα μεγάλα βάθη, όπου βρίσκεται υπό πίεση εκατοντάδων ατμοσφαιρών είναι μόνο 5% περίπου μεγαλύτερη από αυτή του επιφανειακού ύδατος με ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας.

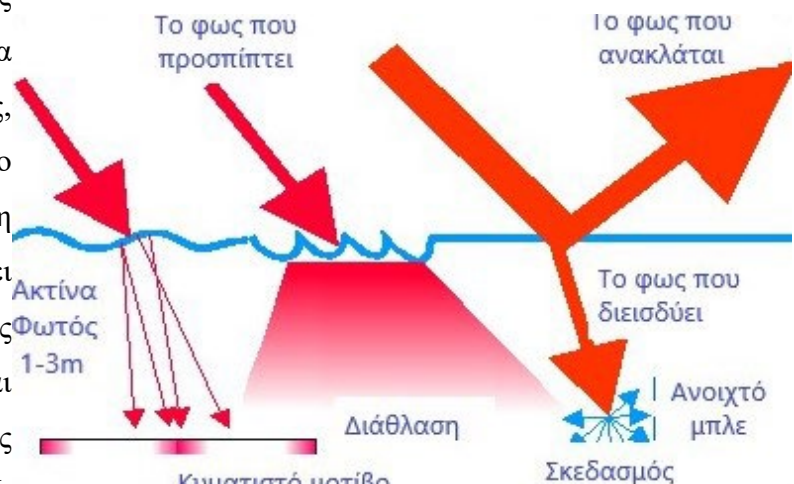
Η κατανόηση των επιπτώσεων της πίεσης του νερού είναι απαραίτητη για τους υποβρύχιους φωτογράφους ώστε να διασφαλίζουν την ασφάλεια των ίδιων και του εξοπλισμού τους, καταγράφοντας παράλληλα εικόνες υψηλής ποιότητας σε υδάτινα περιβάλλοντα. Η πίεση του νερού επηρεάζει τη συμπεριφορά του φωτός, με αποτέλεσμα αλλαγές στη θερμοκρασία χρώματος, την αντίθεση και τη διαύγεια στις υποβρύχια φωτογραφίες. Τα μήκη κύματος φωτός διαπερνούν το νερό διαφορετικά σε διάφορα βάθη, οδηγώντας σε αλλαγές χρώματος και μειωμένη ορατότητα, ιδιαίτερα σε βαθύτερα νερά όπου η πίεση είναι υψηλότερη. Επιπλέον, η πίεση επηρεάζει την άνωση και την κινητικότητα των δυτών, επηρεάζοντας την

ικανότητά τους να τοποθετούνται για βέλτιστη σύνθεση και καδράρισμα φωτογραφιών. Επιπλέον μπορεί να επηρεάσει τη δομική ακεραιότητα των περιβλημάτων της κάμερας. (Pateman, 2009)

2.3 Οι Εγγενείς Οπτικές Ιδιότητες του Θαλασσινού Νερού και η Επιρροή τους στην Υποβρύχια Φωτογράφιση

Το φως κατά την διείσδυση του κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, εξασθενεί με δύο τρόπους. Αρχικά, εφόσον περνά από ένα οπτικά λιγότερο πυκνό μέσο σε ένα πυκνότερο, από τον αέρα στο νερό, ένα μέρος του ανακλάται και ένα άλλο μέρος του εισέρχεται στο νερό. Η ποσότητα του φωτός που ανακλάται προς τα πάνω εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θέση του ήλιου (τόπος στη γη, ώρα της ημέρας και εποχή), την κατάσταση της θάλασσας, από το πόσο ήρεμη ή κυματιστή είναι και την γωνία πρόσπτωσης, όπου όταν είναι λιγότερο από 10 μοίρες, δηλαδή, όταν ο ήλιος είναι χαμηλά στον ορίζοντα, το 35% της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, ενώ, όταν οι ακτίνες

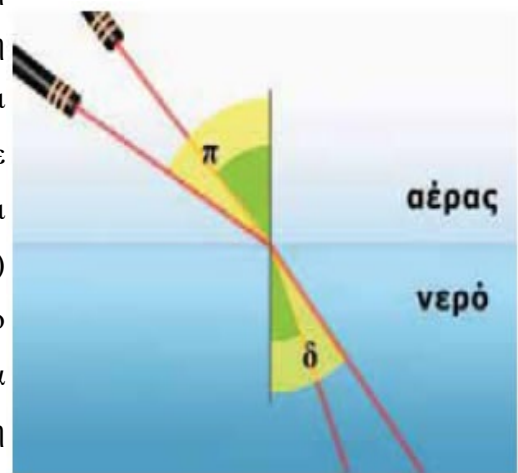
του ηλίου προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια της θάλασσας, τότε η διείσδυση προσεγγίζει το 100%. Έτσι ανάλογα με τη φύση του νερού, όπως μπορεί να γίνει κατανοητό από την Εικ.1, το φως είτε διασκορπίζεται είτε διαχέεται τυχαία προς όλες τις κατευθύνσεις. (N.G. Jerlov, 1976; J Floor, 2005; Dasenakis et al., 2021).



Εικόνα 1: Οι ιδιότητες του φωτός στην επιφάνεια και κάτω από την επιφάνεια του νερού

Πηγή: Floor Anthoni, 2005

Στην Εικ.2, παρατηρείται πώς αλλάζει η διεύθυνση διάδοσης μιας δέσμης φωτός ή η απόκλιση μιας ακτίνας φωτός από την πορεία της, όταν διαδίδεται από ένα υλικό με συγκεκριμένο δείκτη διάθλασης σε ένα άλλο με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, αυτό είναι το φαινόμενο της διάθλασης, (Αντωνίου et al., 2012) Πιο συγκεκριμένα όταν αναφερόμαστε στο φαινόμενο της διάθλασης και ειδικότερα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, ερχόμαστε αντιμέτωποι με την μειωμένη



ένταση του φωτός. Αυτή η εξασθένηση, οφείλεται στην απορρόφηση του φωτός από τα μόρια του νερού, από

Εικόνα 2: (π) η προσπίπτουσα δέσμη, (δ) η διαθλώμενη.
Πηγή: Αντωνίου et al., 2012

ιόντα ή μόρια που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό ή ακόμα λόγω πολλαπλών ανακλάσεων του σε αιωρούμενα σωματίδια και νανο- ή μικροπλαγκτόν. Όσο πιο ολιγοτροφική είναι μια θαλάσσια περιοχή, τόσο πιο διαυγή είναι τα νερά της, άρα τόσο μεγαλύτερο θα είναι το βάθος διείσδυσης του ορατού φωτός. Με τον όρο ολιγοτροφική, ορίζουμε μια θαλάσσια περιοχή η οποία έχει χαμηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών. Τα θρεπτικά συστατικά παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βιολογική παραγωγικότητα. Το άζωτο και ο φωσφόρος θεωρούνται οι πλέον σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των οργανισμών. Έτσι μαζί με τη μειωμένη ένταση του φωτός παρατηρείται και απώλεια του χρώματος και της αντίθεσης υποβρυχίως. (Boffety, Galland and Allais, 2012; Parry-Hill and Davidson, n.d.).

2.3.1 Εξασθένηση του ηλιακού φωτός, σκέδαση και οπισθοσκέδαση

Η ένταση του φωτός, κατά τη διέλευσή του από το θαλασσινό νερό εξασθενεί λόγω απορρόφησής του από τα μόρια του διαλύτη (νερό), από ιόντα ή μόρια που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτόν ή ακόμα λόγω πολλαπλών ανακλάσεων του σε αιωρούμενα σωματίδια και νανο- ή μικροπλαγκτόν. Όσο πιο ολιγοτροφική είναι μια θαλάσσια περιοχή, τόσο πιο διαυγή είναι τα νερά της, άρα τόσο μεγαλύτερο θα είναι το βάθος διείσδυσης του ορατού φωτός. Ο νόμος του Beer δεν ισχύει για το ορατό φως αφού αυτό είναι μίγμα μηκών κύματος από 400 έως 750 nm και η απορρόφηση καθενός από αυτά, όταν διέρχονται από το θαλασσινό νερό είναι διαφορετική. Το μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης έχει το κυανό και το πράσινο φως και το μικρότερο το ερυθρό και το ιώδες. Ουσιαστικά, το 50% της ηλιακής ακτινοβολίας

απορροφάται στα πρώτα 10 εκατοστόμετρα του θαλασσινού νερού, ενώ στα πρώτα 10 μέτρα βάθους έχει πλέον απορροφηθεί άνω του 90% αυτής. Σε βάθος 100 μέτρων φτάνει μόλις το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα τα μικρά μήκη κύματος (κυανό και πράσινο). Το ερυθρό και το υπέρυθρο φως δεν κατορθώνει να διεισδύσει σε βάθος παραπάνω από 1 μέτρο. Ανάλογα με τη διαύγεια του θαλασσινού νερού το φως μπορεί να φτάσει σε βάθη μέχρι 200 μέτρα, αλλά, όπως συνάγεται από τα παραπάνω, η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία που λαμβάνει χώρα ουσιαστικά στα πρώτα 10 – 15 μέτρα. Η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας στη θάλασσα εξαρτάται και από τη γωνία πρόσπτωσης: όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της θάλασσας, τόσο μεγαλύτερο ποσοστό αυτής διεισδύει. (Dasenakis et al., 2021).

Η οπτική σκέδαση ή η διάχυτη ανάκλαση είναι ένα οπτικό φαινόμενο που προκύπτει όταν οι ακτίνες φωτός αποκλίνουν τυχαία από τις ευθείες διαδρομές τους και περιορίζει την αντίθεση και την ανάλυση της εικόνας. Η σκέδαση παράγεται από μια μεγάλη ποικιλία τύπων σωματιδίων που ποικίλλουν σε ένα ευρύ φάσμα διαστάσεων. Η σκέδαση εμφανίζεται οπουδήποτε συμβαίνει μια απότομη αλλαγή στον δείκτη διάθλασης. Η σκέδαση από σωματίδια μικρότερα από ένα μήκος κύματος, συμπεριλαμβανομένων των μορίων του νερού, προκαλεί μια μπλε μετατόπιση σύμφωνα με το νόμο Rayleigh. Η σκέδαση Rayleigh έχει εξάρτηση $1/\lambda^4$ μήκος κύματος προς την 4η δύναμη με το μπλε τμήμα του φάσματος να είναι πιο σκεδασμένο. Η σκέδαση Mie όσον αφορά σωματίδια που δεν απορροφούν, με μέγεθος όσο το μήκος κύματος, εξαρτάται από το μήκος κύματος. Τα μεγαλύτερα απορροφητικά σωματίδια δεν είναι ευαίσθητα στο μήκος κύματος εκτός εάν είναι έγχρωμα. Το μεγαλύτερο μέρος της υποβρύχιας οπτικής σκέδασης οφείλεται σε σωματίδια μεγαλύτερα από ένα οπτικό μήκος κύματος. Η υποβρύχια ορατότητα είναι σχεδόν πάντα μικρότερη από 30 μέτρα και γενικά πολύ μικρότερη, μερικές φορές λιγότερο από 1 μέτρο (Slater, 2014).

Όταν χρησιμοποιούνται στροβοσκοπικά φώτα δηλαδή τεχνητός φωτισμός κατάδυσης, σε μια υποβρύχια φωτογράφιση μπορεί επίσης να προκληθεί οπισθοσκέδαση. Η οπισθοσκέδαση είναι ένα φαινόμενο παρόμοιο με τη σκέδαση με τη διαφορά ότι το φως από την τεχνητή πηγή ανακλάται από τα σωματίδια κυρίως πίσω στην κάμερα. Για να μειωθεί η οπισθοσκέδαση, τα φώτα θα πρέπει να τοποθετούνται προσεκτικά, αποφεύγοντας να στρέφονται απευθείας στο θέμα. Όσο πιο κοντά είναι το φλας στην κάμερα, τόσο περισσότερη οπισθοσκέδαση παράγεται. Όσο πιο κοντά στο θέμα λαμβάνεται η φωτογραφία, όσο λιγότερο νερό και σωματίδια υπάρχουν μεταξύ της κάμερας και του θέματος, τόσο λιγότερη οπισθοσκέδαση παράγεται. Ως συνέπεια των αναφερόμενων εκτιμήσεων, είναι προφανές ότι

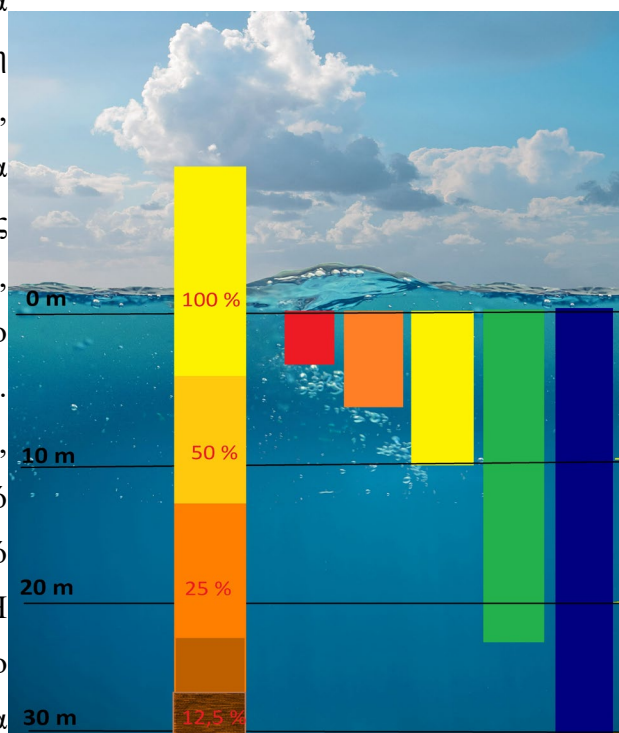
η λήψη φωτογραφιών κάτω από το νερό εξαρτάται αυστηρά από τα χαρακτηριστικά του μέσου, μεταξύ των οποίων η θολότητα είναι ο κύριος περιορισμός. (Nocerino et al., 2016)

Συμπερασματικά, τόσο η σκέδαση όσο και η οπισθοσκέδαση, μειώνουν την αντίθεση του θέματος και την τελική ποιότητα της εικόνας. Λαμβάνοντας υπόψη την ειδική ρύθμιση φωτισμού που απαιτείται υποβρύχια, ακόμη και σε πολύ καθαρό νερό, ωστόσο η λήψη εικόνας μπορεί να είναι δύσκολη. Πράγματι, όταν απόσταση από το θέμα αντιστοιχεί σε πολλά μέτρα, θα απαιτούνταν ισχυρός φωτισμός για να φωτιστεί το αντικείμενο και μια ευρύτερη γραμμή βάσης θα ήταν απαραίτητη μεταξύ των δύο πλευρικών πηγών φωτός. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το σύστημα των καμερών και των στροβοσκοπικών φώτων θα απαιτούσε περισσότερους από έναν δύτες. (Nocerino et al., 2016)

2.3.2 Απώλεια του χρώματος

Η απώλεια του χρώματος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, είναι ένα φαινόμενο το οποίο οφείλεται στη βαθμιαία απορρόφηση διαφορετικών μηκών κύματος φωτός. Επομένως συμβαίνει μία εκθετικά ταχεία απώλεια της έντασης του φωτός που εξαρτάται από το βάθος και το μήκος κύματος κάθε συστατικού, (Dasenakis et al., 2021). Η σειρά με την οποία απορροφώνται τα χρώματα είναι η σειρά με την οποία εμφανίζονται σε ένα ουράνιο τόξο και χαρακτηρίζονται από τα διαφορετικά

μήκη κύματος τους. Τα μεγαλύτερα μήκη κύματος στο ορατό φάσμα (κόκκινο, πορτοκαλί) μαζί με την υπέρυθη ακτινοβολία απορροφώνται πρώτα, τα μικρά μήκη κύματος απορροφώνται τελευταία. Κατά σειρά δηλαδή, το κόκκινο απορροφάται πρώτο, ακολουθεί το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο και το μπλε. Το κόκκινο, το οποίο επηρεάζεται περισσότερο, μειώνεται στο 1/3 της έντασής του μετά από ένα μέτρο και ουσιαστικά χάνεται μετά από απόσταση 4 ή 5 μέτρων κάτω από το νερό. Η Εικ.3, παρουσιάζει ένα σχήμα, σύμφωνα με το οποίο παρουσιάζεται τα διαφορετικά χρώματα και η απορρόφηση τους στο θαλασσινό νερό της Μεσογείου, (Saxena and Gupta, 2021).



Εικόνα 3: Το αποτέλεσμα φιλτραρίσματος του χρώματος ανάλογα με το βάθος

2.3.3 Οπτική μεγέθυνση

Υποβρυχίως, η αντίληψη του μεγέθους έχει διάφορες θεωρητικές προσεγγίσεις. Το μέγεθος του αντικειμένου είτε μέσα είτε έξω από το νερό, δεν αλλάζει. Αυτό που αλλάζει είναι η οπτική αντίληψη του αντικειμένου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το γωνιακό μέγεθος, το μέγεθος εικόνας αμφιβληστροειδούς δηλαδή, προσδιορίζει την γωνιακή απόσταση που περιγράφει πόσο μεγάλο είναι ένα αντικείμενο από μία δεδομένη οπτική γωνία. Στις επιστήμες που απευθύνονται στην όραση, ονομάζεται οπτική γωνία και στην οπτική είναι το γωνιακό εύρος ενός φακού. Το γωνιακό εύρος μπορεί εναλλακτικά να θεωρηθεί ως η γωνιακή μετατόπιση μέσω της οποίας ένα μάτι ή μια κάμερα πρέπει να περιστραφεί για να κοιτάξει από τη μία πλευρά ενός φαινομένου κύκλου στην αντίθετη πλευρά. Οι άνθρωποι μπορούν να διακρίνουν με γυμνά μάτια διαμέτρους έως και 1 λεπτό του τόξου (περίπου $0,017^\circ$ ή $0,0003$ ακτίνια). Αυτό αντιστοιχεί σε 0,3 m σε απόσταση 1 km υπό βέλτιστες συνθήκες. (Yanoff, Duker and Augsburger, 2004).

Υποβρυχίως, ως αποτέλεσμα της διάθλασης των ακτίνων φωτός στη διεπαφή νερού-αέρα, το γωνιακό μέγεθος κάνει τα αντικείμενα να εμφανίζονται $\frac{3}{4}$ μεγαλύτερα απ' ό τι στον αέρα ενώ ταυτόχρονα μειώνει και την πραγματική απόσταση κατά $\frac{1}{4}$. Στην πραγματικότητα το αντιληπτό γραμμικό μέγεθος καθορίζεται από την αντιληπτή απόσταση και από το πραγματικό μέγεθος. Στην Εικ.4 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα του φαινομένου, (Luria and Kinney, 1970a; Ross and Nawaz, 2003)



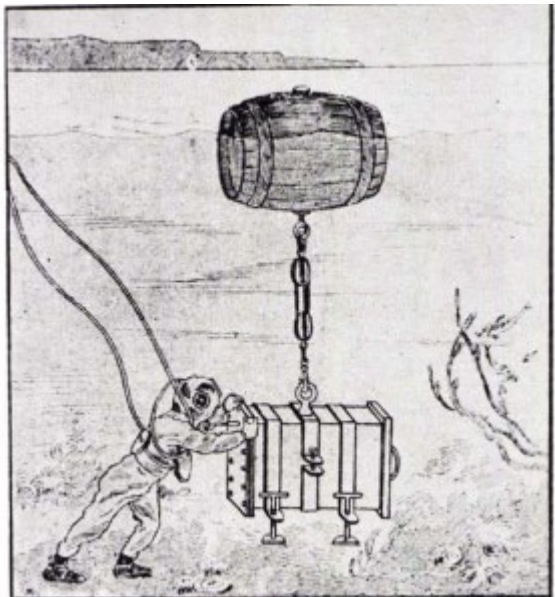
Εικόνα 4: Παράδειγμα οπτικής μεγέθυνσης, οπτική παραμόρφωση

3. Φωτογραφία & Υποβρύχια Φωτογραφία

3.1 Ιστορική αναδρομή στην Υποβρύχια Φωτογραφία

Η ιστορική αναδρομή της υποβρύχιας φωτογραφικής τεκμηρίωσης ξεκινάει το 1856 με την πρώτη προσπάθεια του William Thompson και του Mr Kenyon, να δημιουργήσουν ένα μεταλλικό κουτί προκειμένου να προστατέψουν την φωτογραφική τους κάμερα από το νερό. Η απόπειρα αυτή δεν επέφερε καρπούς αφού το μεταλλικό κουτί πλημμύρισε στα πρώτα 10 λεπτά αλλά ήταν η ιδέα που έδωσε το έναυσμα να παρακινηθούν και άλλοι μελετητές. (Abbas, 2016)

Το 1893, πραγματοποιείται η πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια για υποβρύχια φωτογραφία από τον Louis Boutan, που κατασκευάστηκε από τον ίδιο και τον μηχανικό Joseph David (Εικ.5). Οι πειραματισμοί του και η πρωτοπορία του έφερε τη δημιουργία της πρώτης αδιάβροχης φωτογραφικής θήκης που βέβαια ήταν τόσο βαριά που χρειαζόταν τρεις και παραπάνω άντρες για τη μεταφορά της. Το 1923, λαμβάνεται η πρώτη έγχρωμη υποβρύχια φωτογραφία. Ο βοτανολόγος W.H. Longley και ο φωτογράφος Charles Martin, χρησιμοποίησαν ένα φλας



Εικόνα 5: Η προσπάθεια του Louis Boutan το 1893

Πηγή: Rebikoff, 1967

βασισμένο στο μαγνήσιο για να αποτυπώσουν το χρώμα στην εικόνα. Χάρη σε εκείνους, το 1927, το περιοδικό «National Geographic» εμφανίζει στο κοινό υποβρύχιας φωτογραφίες με τα αυθεντικά χρώματα των κοραλλιών, των ψαριών κ.α. Το έτος 1957, όμως, ήταν ορόσημο για την υποβρύχια φωτογραφία γιατί παρουσιάστηκε η αμφίβια φωτογραφική μηχανή Calypso (και μετέπειτα Nikonos) από τους Jean De Wouters και Jacques -Yves Cousteau. (Abbas, 2016; Rebikoff, 1967)

3.2 Βασικοί Φωτογραφικοί Όροι

Στον Πίνακα.1, γίνεται μία αναφορά το βασικότερων φωτογραφικών όρων προκειμένου να γίνει αντιληπτή η σημασία τους.

Πίνακας 1: Βασικοί Φωτογραφικοί Όροι

ISO	<p>Το ISO είναι η ευαισθησία του φιλμ ή του αισθητήρα, χαρακτηριστικό που αναφέρεται στην ποσότητα του φωτός που χρειάζεται για τη σωστή έκθεση. Το φιλμ ή ο αισθητήρας μπορεί να συγκριθεί με το δοχείο, που για να επηρεαστεί σωστά, πρέπει να γεμίσει φως. Το «γέμισμα» ανταποκρίνεται σε μία μέση αμαύρωση του φιλμ ή μέση φωτεινότητα του αισθητήρα, που πρακτικά είναι ένα μεσαίο γκρίζο. Αν περάσει περισσότερο φως, θα είναι σαν να «ξεχειλίζει» το δοχείο, κάτι που σε αρνητικό φιλμ θα μεταφράζεται με την αύξηση της αμαύρωσης (πολύ σκούρο – καμένο), σε slides και σε ψηφιακή μηχανή με αύξηση της φωτεινότητας.</p> <p>Παίρνει τιμές από 25-4.000 ISO</p> <p>Καθώς αυξάνεται ο αριθμός ISO, τόσο πιο ευαίσθητη γίνεται στο φως άρα και οι φωτογραφίες γίνονται προοδευτικά πιο φωτεινές. Για αυτό το λόγο, το ISO μπορεί να βοηθήσει στη λήψη εικόνων σε πιο σκοτεινά περιβάλλοντα ή στην ευελιξία σχετικά με τις ρυθμίσεις διαφράγματος και ταχύτητας κλείστρου. (Σχίζας, 2020)</p>
Διάφραγμα	<p>Είναι ένας μηχανισμός στο φακό της μηχανής, ο οποίος κλείνοντας, μειώνει τη ποσότητα του φωτός που τον διαπερνά. Το διάφραγμα είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε κλείσιμό του, το φως που το διαπερνά να μειώνεται κατά το μισό. Συμβολίζεται με το γράμμα f και οι τιμές που παίρνει είναι $f: 1,4, 2, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22$. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός, τόσο κλείνει το διάφραγμα, άρα μικραίνει η διάμετρος του ανοίγματος. (Σχίζας, 2020)</p>
Ταχύτητα	<p>Είναι ο χρόνος που το κλείστρο παραμένει ανοιχτό, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός και επομένως την έκθεση του φιλμ ή του αισθητήρα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος έκθεσης, άρα όσο πιο αργή η ταχύτητα του κλείστρου, τόσο περισσότερο φως θα περάσει. (Σχίζας, 2020)</p> <p>Οι ταχύτητες κλείστρου εκφράζονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου: $1/30, 1/60, 33\ 1/125, 1/250$ και ούτω καθεξής. Το κλάσμα διπλασιάζεται μεταξύ μιας ταχύτητας και της επόμενης, δηλαδή το κλείστρο παραμένει ανοιχτό δύο φορές περισσότερο. (Σχίζας, 2020)</p>
Βάθος Πεδίου	<p>Αναφέρεται σε ένα εύρος αποστάσεων, πλησιέστερων και απομακρυσμένων σημείων, από τη φωτογραφική μηχανή μέσα στο</p>

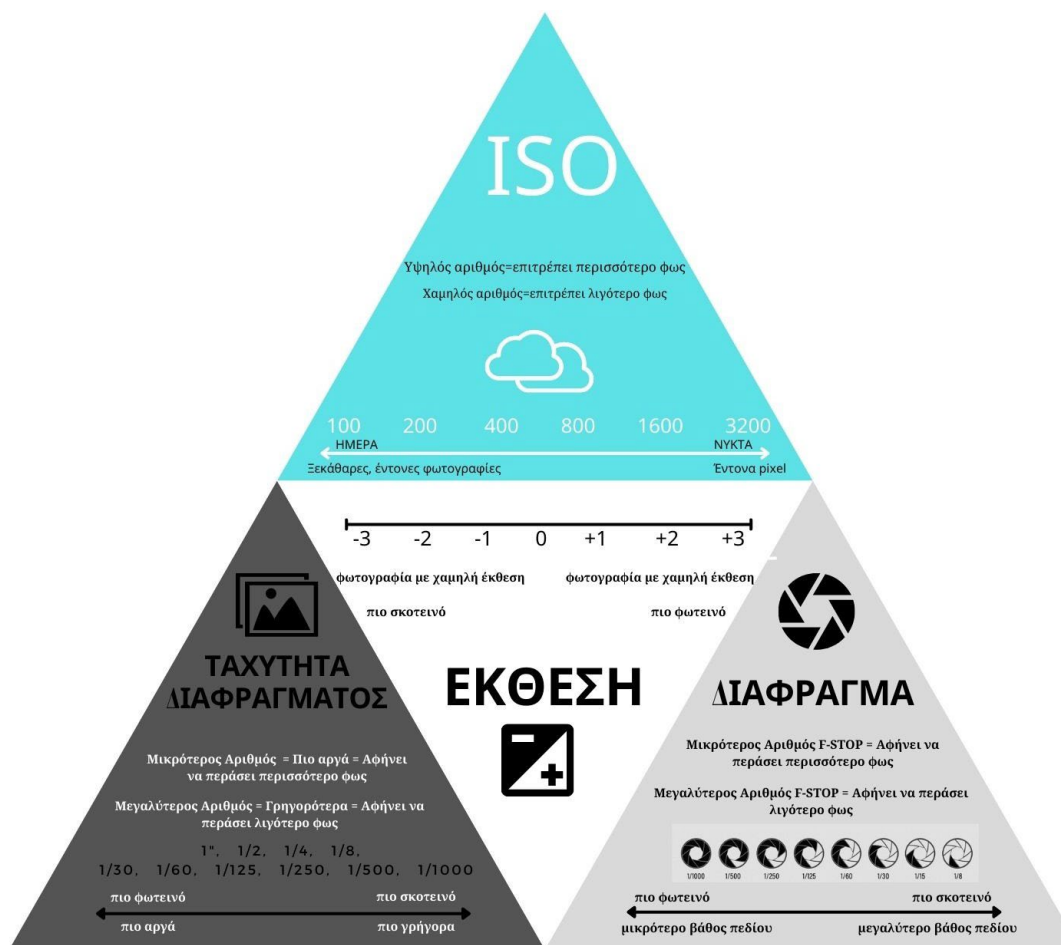
	οποίο το απεικονιζόμενο θέμα μπορεί να αποτυπωθεί με ευκρίνεια. (Robinson, 2016)
--	--

3.3 Συσχετισμός φωτογραφικών όρων

Το διάφραγμα μιας κάμερας είναι το άνοιγμα που επιτρέπει στο φως να εισέλθει στην κάμερα. Εάν το διάφραγμα είναι πολύ μικρό, τότε λειτουργεί παρόμοια με μια κάμερα pinhole με μεγάλο βάθος πεδίου και μικρή εικόνα. Όσο ανοικτό είναι το διάφραγμα, τόσο μικρότερο είναι το βάθος πεδίου. Ο αριθμός f μιας φωτογραφικής μηχανής είναι ο λόγος του εστιακού μήκους του φακού (η απόσταση από τον φακό στο σημείο στο οποίο εστιάζονται οι ακτίνες φωτός) προς τη διάμετρο του διαφράγματος. Ένας μικρότερος αριθμός f σημαίνει μεγαλύτερο διάφραγμα, φωτεινότερη εικόνα στον αισθητήρα εικόνας και πιο ρηχό βάθος πεδίου. Για να δοθεί έμφαση σε ένα θέμα ενώ δεν δίνεται έμφαση στο φόντο, ένας μικρός αριθμός f (ευρύ διάφραγμα και ένα ρηχό βάθος πεδίου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να θολώσει τις εικόνες των αντικειμένων πιο κοντά ή μακρύτερα από το κύριο θέμα. Αντίθετα, για μια ευκρινή εικόνα πολλών αντικειμένων σε διαφορετική απόσταση από τον φακό, η κάμερα θα πρέπει να έχει μεγάλο βάθος πεδίου. Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιείται ένα κλειστό διάφραγμα (υψηλός αριθμός f), με συμπληρωματικό φως από ένα φλας εάν χρειάζεται (Taheri, Yentzer and Feldman, 2013).

Στη φωτογραφία υπάρχει ένας συσχετισμός μεταξύ του βάθους πεδίου και της ευκρίνειας της εικόνας. Βασικό κριτήριο επιλογής ενός μεγαλύτερου ή μικρότερου βάθους πεδίου είναι το αποτέλεσμα που θέλει να αποδοθεί. Όσο μεγαλώνει το βάθος πεδίου, τόσα περισσότερα στοιχεία του θέματος εστιάζονται με αποτέλεσμα τη συνολική καθαρότητα της εικόνας. Αντιθέτως, όσο μικραίνει το βάθος πεδίου συμβάλει στην απομόνωση κάποιου στοιχείου του θέματος, θολώνοντας το περιβάλλον του. (Bishop and Favaro, 2012)

Στην Εικ. 6, παρουσιάζεται ένα διάγραμμα που περιγράφει τον συσχετισμό, ISO, έκθεσης, διαφράγματος και ταχύτητας διαφράγματος και βάθους πεδίου.



Εικόνα 6: Διάγραμμα που περιγράφει τον συσχετισμό, ISO, έκθεσης, διαφράγματος και ταχύτητας

4. Υποβρύχιος Φωτογραφικός Εξοπλισμός

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η οπτική απεικόνιση των υποβρύχιων φωτογραφικών μέσω γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη. Στην υποβρύχια φωτογράφιση τα φαινόμενα που παρατηρούνται μέσω της διάδοσης του φωτός στο νερό, όπως η σκέδαση του φωτός και η απορρόφηση του φωτός από το νερό, δημιουργούν περιορισμούς και προβλήματα που είναι συνετό να εξαλείφονται όσο το δυνατόν περισσότερο. Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αυτά, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει η κάμερα, οι φακοί αλλά και ο φωτισμός που θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να αποτυπωθεί η πιο ρεαλιστική φωτογραφική απεικόνιση του θέματος, (Boffety, Galland and Allais, 2012).

4.1 Κάμερες

4.1.1 Ψηφιακή Φωτογραφική Μηχανή

Στην υποβρύχια φωτογράφιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν ψηφιακές μηχανές στεριάς τοποθετημένες σε ένα ειδικά διαμορφωμένο αδιάβροχο υποβρύχιο περίβλημα (underwater housing) έτσι ώστε να προφυλάσσονται από το νερό, (Drafahl and Drafahl, 2005; Green, 2020).

Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης μιας φωτογραφικής μηχανής SLR σε μια προστατευτική αδιάβροχη θήκη είναι η ικανότητα να τραβάει φωτογραφίες με ακριβή εστίαση τόσο σε κοντινές όσο και μακρο φωτογραφίες. Στο σύστημα αυτό, ενώ επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε μία ήδη υπάρχουσα SLR κάμερα, δεν σημαίνει ότι μας προσφέρει και την πιο οικονομική λύση. Αντίθετα το περίβλημα είναι συνήθως πολύ ακριβό και μπορεί να κοστίσει περισσότερο από ένα πλήρες σύστημα Nikonos. Επιπλέον συναντάμε τεχνικά μειονεκτήματα τα οποία δεν μας διευκολύνουν σε μία τεκμηρίωση η οποία είναι εκ των πραγμάτων πιο απαιτητική. Αρχικά, για να τοποθετηθεί κάτι στην κάμερα είναι συνήθως απαραίτητο να αφαιρεθεί από την προστατευτική της θήκη. Δεύτερον, μεταξύ του συστήματος φακών και της αδιάβροχης προστατευτικής θήκης, δημιουργείται μία σειρά από φαινόμενα παραμόρφωσης. Τα φαινόμενα αυτά μπορούν να διορθωθούν χρησιμοποιώντας μια ειδικά σχεδιασμένη θύρα με θόλο. Τρίτον, οι θήκες της κάμερας είναι συνήθως ογκώδεις και σχετικά ευάλωτες, (Green, 2020).

Οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές έχουν ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο δεν είναι άλλο από τη σύνδεση τους με τον υπολογιστή. Με αυτό τον τρόπο το αποτέλεσμα των φωτογραφιών εμφανίζονται άμεσα χωρίς να χάνεται χρόνος και η επεξεργασία τους μπορεί να γίνει μέσω των λογισμικών επεξεργασίας εικόνας. Το βασικότερο μειονέκτημά τους μέχρι στιγμής, είναι ότι παράγουν φωτογραφίες χαμηλής ανάλυσης με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιορισμένες περιστάσεις, (Green, 2020).

Με την εισαγωγή των καμερών 4,5 και υψηλότερων mega pixel, η εικόνα που προκύπτει είναι πολύ κοντά στη συμβατική αναλογική φωτογραφία 35 mm. Οι εικόνες μπορούν να μεγεθυνθούν σε μέγεθος A3 και να διατηρούν την ευκρίνεια, με πιθανή εμφάνιση όμως του φαινομένου pixelation. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται όταν τα pixel γίνονται ορατά με γυμνό μάτι και δεν αναμειγνύονται ομαλά. Οι κάμερες αυτές όμως δεν είναι υποβρύχιες, έτσι απαιτείται η τοποθέτηση τους σε ένα ειδικά κατασκευασμένο περίβλημα το οποίο την προστατεύει από το νερό, (Green, 2020).

Εδώ θα πρέπει να αναφερθούν και οι μηχανές compact (PnS - point & shoot), οι οποίες είναι αρκετά προσιτές από θέμα τιμής, σαν μια πρώτη προσέγγιση στην υποβρύχια φωτογραφία. Οι μηχανές compact χωρίζονται και αυτές με τη σειρά τους σε πλήρως αυτοματοποιημένες και σε αυτές με πλήρη στοιχεία. Οι πλήρως αυτοματοποιημένες δεν χρειάζονται γνώσεις φωτογραφίας και ο χρήστης απλά πατά το κουμπί για τραβήξει την φωτογραφία που θέλει. Οι μηχανές compact με πλήρη στοιχεία μοιάζουν με τις DSLR γιατί επιτρέπουν τον πλήρη έλεγχο όλων των παραμέτρων που υπεισέρχονται στη λήψη μιας φωτογραφίας. Η βασική τους διαφορά με τις DSLR είναι ότι φέρουν σταθερό φακό. Οι περισσότερες τεχνικές των DSLR ισχύουν και για τις συγκεκριμένες compact, αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο περιορισμός της εστιακής απόστασης λόγω του σταθερού ευρυγώνιου ή υπερευγώνιου φακού που φέρουν οι μηχανές compact. Τέλος, κατά την επιλογή μιας τέτοιας μηχανής θα ήταν καλό να έχει όσο το δυνατόν περισσότερες ρυθμίσεις παρόμοιες με αυτές μιας DSLR, όπως η αντιστάθμιση έκθεσης (exposure compensation) κ.α. (Friedrich, 2014, Gates, 2016)

Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί πολλά διαφορετικά είδη φωτογραφικών μηχανών και παρελκόμενων για υποβρύχια φωτογράφιση, που περιλαμβάνουν στατική φωτογράφιση, φωτογράφιση δράσης (action cameras) καθώς και φωτογράφιση σε μεγάλα βάθη, όπου η λήψη των φωτογραφιών από ανθρώπου είναι απαγορευτική και γι' αυτό χρησιμοποιούνται τηλεκατευθυνόμενα συστήματα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν παραδείγματα από τις τρεις αυτές κατηγορίες.

4.1.2 Nikonos Κάμερα

Η κάμερα Nikonos είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές υποβρύχιες κάμερες για υποβρύχιες αρχαιολογικές εργασίες (Εικ.7). Η κάμερα αυτή εξαλείφει όλα τα προβλήματα τα οποία δημιουργούνται λόγω του αδιάβροχου περιβάλλοντος στο οποίο τοποθετούνται οι κάμερες στεριάς. Το βασικό της πρόβλημα όμως είναι το κόστος της, ειδικά όταν χρησιμοποιείται και ο 15-mm διορθωτικός φακός. (Church, 1994)

Το σύστημα Nikonos έχει αυτονομία στην μπαταρία η οποία όμως εξαρτάται από την χρήση της κάμερας. Το σύστημα αυτό από το 1961 μέχρι και σήμερα έχει υποστεί αρκετές αλλαγές, με μικρές βελτιώσεις και τροποποιήσεις. Ουσιαστικά είναι ένας τύπος κάμερας που παρέχει μια εικόνα στο σκόπευτρο μέσω ξεχωριστού υδατοστεγούς φακού. Το σύστημα των φακών του έχει μία βάση στο χείλος του φακού με «δοντάκια» προκειμένου ο φακός με τη φωτογραφική μηχανή να εναλλάσσονται γρήγορα και εύκολα. Το σώμα της κάμερας διαθέτει κλείστρο εστιακού επιπέδου. Η ταχύτητα κλείστρου κυμαίνεται από 500 έως 30 του δευτερολέπτου και χρονική καθυστέρηση (Church, 1994; Edge, 2010)

Οι φακοί του συστήματος Nikonos περιλαμβάνουν δύο βασικούς τύπους, τους φακούς που είναι χερσαίοι με επίπεδο φακό και αυτούς που έχουν σχεδιαστεί για υποβρύχιες εργασίες, οι διορθωτικοί φακοί της οπτικής του νερού. Η Nikon προσφέρει τρία είδη φακών: εστιακής απόστασης 35-mm, 28-mm και 15-mm. (Church, 1994; Edge, 2010)

Ο 35-mm φακός, από μόνος του, προσφέρει ένα σύστημα εξαιρετικής ποιότητας και την καθιστά μία εξαιρετικά ελκυστική πρόταση για υποβρύχιες εργασίες. Εάν το γυαλί του φακού έρθει σε επαφή με το νερό, σκόνη ή λάσπη μπορεί εύκολα και απλά να σκουπιστεί (Church, 1994; Edge, 2010).

Στα μέσα του 1960 εμφανίζεται κατά παραγγελία ο επαναστατικός διορθωτικός φακός νερού 28-mm και η ποιότητα των φωτογραφιών έγινε αμέσως εμφανής. Το ιδιαίτερο στοιχείο αυτού του φακού, όπως φανερώνεται και από το όνομα του (διορθωτικός φακός νερού), είναι ότι δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου σφαιρική παραμόρφωση άρα δεν παραμορφώνεται το θέμα. Η μικρή του εστιακή απόσταση μειώνει την απόσταση φακού-θέματος, μειώνοντας έτσι και την περίπτωση μη αποτελεσματικής απεικόνισης λόγω της κακής ορατότητας. Σε καθαρά νερά, τα κοντινά πλάνα φαίνονται σαν να έχουν τραβηχτεί σε συνθήκες αέρα. (Church, 1994; Edge, 2010)

Ο 15-mm φακός έχει εξαιρετικό βάθος πεδίου με σταθερή εστίαση. Σε υψηλά επίπεδα φωτισμού χρησιμοποιώντας f16, το βάθος πεδίου είναι από το άπειρο μέχρι το 0,25m. (Church, 1994; Edge, 2010)

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ NIKONOS



1. CALYPSO



2. NIKONOS



3. NIKONOS 2



4. NIKONOS 3



5. NIKONOS 4-A



6. NIKONOS 5

Εικόνα 7: Η εξέλιξη των υποβρύχιων φωτογραφικών καμερών Nikonos

4.1.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Φωτογράφισης Στατικής Εικόνας

Πλεονεκτήματα:

1. Ποιότητα εικόνας: Οι κάμερες στατικής εικόνας, ειδικά οι φωτογραφικές μηχανές DSLR και οι κάμερες χωρίς καθρέφτη (mirrorless), προσφέρουν συνήθως υψηλότερη ποιότητα εικόνας με μεγαλύτερους αισθητήρες και τη δυνατότητα χρήσης φακών υψηλής ποιότητας. Αυτό είναι ωφέλιμο για τη λήψη λεπτομερών και υψηλής ανάλυσης υποβρύχιων φωτογραφιών.

2. Ευελιξία: Οι φωτογραφικές μηχανές επιτρέπουν ένα ευρύ φάσμα δημιουργικού ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων τόσο των χειροκίνητων ρυθμίσεων για το διάφραγμα, την ταχύτητα κλείστρου και το ISO όσο και για την εναλλαγή των φωτογραφικών φακών.
3. Μορφή RAW: Με αυτή τη μορφή, επιτρέπονται πολλές δυνατότητες στην μετά επεξεργασία της εικόνας.
4. Απόδοση χαμηλού φωτισμού: Οι αισθητήρες τους, τους επιτρέπουν τη καλύτερη απόδοση σε χαμηλό φωτισμό, επιτρέποντας την πιο καθαρή απεικόνιση σε υποβρύχιες συνθήκες, χαμηλού φωτισμού.

(Edge, 2010; Gates, 2011; O'Byrne et al., 2018)

Μειονεκτήματα:

1. Μέγεθος και βάρος: Οι φωτογραφικές μηχανές, ειδικά οι DSLR, μπορεί να είναι πιο ογκώδεις και βαρύτερες σε σύγκριση με τις κάμερες δράσης. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την πλευστότητα τους κάτω από το νερό και μπορεί να είναι λιγότερο βολικές για ταξίδια.
2. Κόστος: Οι φωτογραφικές μηχανές υψηλής ποιότητας και τα υποβρύχια περιβλήματα μπορεί να είναι ακριβά, καθιστώντας τα λιγότερο εφικτά για ορισμένους φωτογράφους.
3. Γνωστικό επίπεδο: Η χρήση φωτογραφικών μηχανών απαιτεί ένα ορισμένο επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων φωτογραφίας.

(Edge, 2010; Gates, 2011; O'Byrne et al., 2018)

4.1.4 Κάμερες Δράσης (Action Cameras-AC)

Οι κάμερες δράσης (action cameras) αποτελούν την πιο σύγχρονη και οικονομικά αποδοτική μέθοδος υποβρύχιας φωτογραφικής τεκμηρίωσης και συλλογής δεδομένων. Οι κάμερες δράσης παράγονται από διάφορους κατασκευαστές και παρέχουν στους καταναλωτές μια ποικιλία σχετικά φθηνών επιλογών. Η χαμηλή αναλογία κινδύνου-ανταμοιβής, τους δίνει ένα μεγάλο πλεονεκτήματα όταν συγκρίνονται με άλλες εξειδικευμένες κάμερες σε απαγορευτικές τιμές, όπως τα ROV ή τις υποβρύχιες μονάδες κάμερας σόναρ (Zach, 2015).

Η ποιότητα της εικόνας τους καθορίζεται κυρίως από έναν συνδυασμό της ευκρίνειας της εικόνας, του ρυθμού καρέ και της ποιότητας του φακού και του αισθητήρα εικόνας. Οι περισσότερες AC παρέχουν τόσο ποιοτικές στατικές εικόνες, καθώς όσο και υψηλής ποιότητας βίντεο. Κάποιες AC μπορούν επίσης να κινηματογραφήσουν σε αργή κίνηση, με γρηγορότερους ρυθμούς καρέ, παρέχοντας τη δυνατότητα επιβράδυνσης του βίντεο για παρατήρηση. Πολλά μοντέλα έχουν συμπληρωματικούς αισθητήρες εικόνας και φακούς υψηλής ποιότητας. Οι ευρυγώνιοι φακοί, γνωστοί και ως φακοί “fisheye” είναι τοποθετημένοι σε όλα τα μοντέλα AC προκειμένου να δώσουν όσο μεγαλύτερο εύρος και προσφέρουν έως και 180 μοίρες γωνία θέασης. Η ευρυγώνια θέαση παρέχει μεγάλο οπτικό πεδίο και μειώνει την πιθανότητα να λείπουν αντικείμενα ενώ ορισμένοι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει και περιστρεφόμενο φακό ή συστήματα με πολλαπλούς φακούς σε μία μόνο κάμερα για λήψεις από διαφορετικές οπτικές γωνίες, (Zach, 2015).

Η δημιουργία της ιδέας ξεκίνησε περίπου το 1960 από τον αλεξιπτωτιστή Bob Sinclair (Εικ.8). Μέχρι τότε οι φωτογραφίες και τα βίντεό του τραβιόντουσαν από τρίτα άτομα μέχρι που ο ίδιος αποφάσισε ότι ήθελε να αποτυπώσει μία πιο ρεαλιστική και ακραία εικόνα κατά την πτώση του από το αεροπλάνο, την οποία θα κατάφερνε αν τοποθετούσε την φωτογραφική μηχανή κάπου πάνω του. Ήθελε να προκαλέσει στον θεατή το ακραίο συναίσθημα και έτσι αποφάσισε να σταθεροποιήσει την κάμερα στο κράνος του. (Zach, 2015)



Εικόνα 8: Ο Bob Sinclair κατά την πτώση του με την επαναστατική του ιδέα

Πηγή: Zach, 2015

Από εκείνο το πρώτο μοντέλο της GoPro μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί κατά κόρων οι δυνατότητες της με LCD οθόνη αφής, 4K¹, WiFi, εφαρμογές και το πιο σημαντικό, υψηλής ευκρίνειας φωτογραφίες και βίντεο σε μικρότερη κάμερα. Φυσικά μετά την GoPro και άλλες γνωστές εταιρείες ανέπτυξαν την κατηγορία των action κάμερα. Ενδεικτικά στον Πίνακα. 2 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των πιο δημοφιλή φωτογραφικών μηχανών δράσης για το 2023. (Struthers et al, 2015; Zach, 2015)

Πίνακας 2: Πίνακας ενδεικτικών μοντέλων action cameras

Μοντέλο	Τιμή	Βάθος	Οπτικό Πεδίο Φακού	Χρόνος Μπαταρίας	Θερμοκρασίες λειτουργίας	Εικόνα / Βίντεο	Ανάλυση
GoPro Hero11	590 €	10 μ. (χωρίς στεγανή θήκη) - 60 μ. (με την αδιάβροχη θήκη)	Fish-eye φακός	60-120 λεπτά (ανάλογα τις ρυθμίσεις)	-10° C μέχρι 35° C	Εικόνα	27.13 MP
						Βίντεο	5.3K/60fps ²
Akaso Brave 8	172€	10 μ. (χωρίς στεγανή θήκη) 60 μ. (με την αδιάβροχη θήκη)	Fish-eye φακός	110 λεπτά	-	Εικόνα	20MP
						Βίντεο	4K/30FPS
GoPro Hero10	520-550€	10 μέτρα (χωρίς την αδιάβροχη θήκη) - 60 μ. (με την αδιάβροχη θήκη)	Ultra-wide 150°	120 λεπτά	-10° C μέχρι 35° C	Εικόνα	24MP
						Βίντεο	5.3K/60fps
DJI Osmo Action 3	360-380€	16 μ. (χωρίς την αδιάβροχη θήκη) – 60 μ. (με την αδιάβροχη θήκη)	Fish-eye φακός	160 λεπτά	-20° μέχρι 45° C	Εικόνα	12MP
						Βίντεο	4K-60fps

1 Υψηλής ευκρίνειας (high-definition-HD) όπου έχει τέσσερις φορές την ανάλυση μιας 1080p HD φωτογραφίας ή βίντεο.

2 FPS(=frames per second): Το βίντεο προκύπτει από την προβολή διαδοχικών εικόνων, όπου ο ρυθμός προβολής των εικόνων μετριέται σε πλαίσια αν δευτερόλεπτο (frames per second)

Wolfgang GA400	120-140€	8 μ. (χωρίς την αδιάβροχη θήκη) – 40 μ. (με την αδιάβροχη θήκη)	Fish-eye φακός	60 λεπτά	-	Εικόνα	20MP
						Βίντεο	4K/60fps
Insta360 X3	480-500€	10 μ. (χωρίς την αδιάβροχη θήκη)	Fish-eye φακός	81 λεπτά	-20°C μέχρι 40°C	Εικόνα	72MP
						Βίντεο	360: 5.7K/24FPS Λειτουργία μονού φακού: 4K / 24FPS

4.1.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Φωτογράφισης με Action Camera

Πλεονεκτήματα:

1. Μέγεθος και βάρος: Οι κάμερες δράσης είναι μικρές, ελαφριές και εύκολες στο χειρισμό, γεγονός που δίνει μεγάλη δυνατότητα και άνεση στο φωτογράφο. Ιδανική για ταξίδια και λήψη φωτογραφιών σε στενούς χώρους.
2. Εύκολη χρήση: Είναι σχεδιασμένες για να είναι εύκολες στη χρήση. Συχνά διαθέτουν αυτόματες ρυθμίσεις και απλοποιημένες διαδικασίες λήψης.
3. Ανθεκτικότητα: Είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν τις αντίξοες συνθήκες. Επίσης είναι αδιάβροχες ως ένα βάθος και δεν χρειάζεται να επανατοποθετούνται σε αδιάβροχο περίβλημα.

(Zach, 2015; Raghavan, n.d.)

4. Ευρυγώνια προοπτική: διαθέτουν συνήθως ευρυγώνιο φακό που τις καθιστά ιδανικές για τη λήψη εκτεταμένων θεμάτων.
5. Κόστος: Οι κάμερες δράσης είναι πιο προσιτές από οικονομική άποψη σε σύγκριση με της στατικής εικόνας παρέχοντας ταυτόχρονα αποτέλεσμα υψηλής ποιότητας.

(Zach, 2015; Raghavan, n.d.)

Μειονεκτήματα:

1. Περιορισμένος χειροκίνητος έλεγχος: Οι κάμερες δράσης ενδέχεται να έχουν περιορισμένο χειροκίνητο έλεγχο σε σύγκριση με της κάμερες στατικής εικόνας.
2. Ποιότητα εικόνας: Αν και υπάρχει μεγάλη εξέλιξη, ενδέχεται η ποιότητα των εικόνων να μην συνάδει με αυτή των φωτογραφικών μηχανών στατικής εικόνας, ιδιαίτερα σε συνθήκες δύσκολου φωτισμού.
3. Αμετάβλητος φακός: Οι κάμερες δράσης διαθέτουν σταθερό φακό, που δεν αλλάζει, περιορίζοντας έτσι τη δυνατότητα εναλλαγής για διαφορετικού τύπου λήψεων.

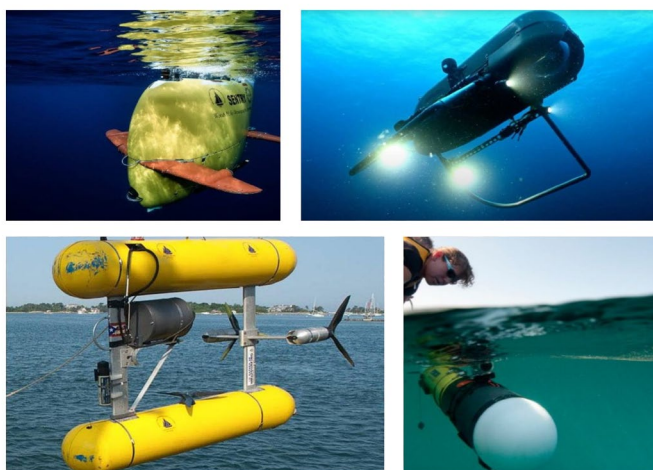
4.1.6 HOVs, ROVs & AUVs

Τη δεκαετία του 1960 πρωτοεμφανίζεται μία νέα σύγχρονη μέθοδος διερεύνησης και έρευνα του βυθού και των αρχαιολογικών του μνημείων και ευρημάτων, τα ρυμουλκούμενα συστήματα που διαχειρίζονται από ανθρώπους, τα HOVs (Human Occupied Vehicles). Επίσης υπάρχουν τα ROVs (Remotely Operated Vehicles) και AUVs (Autonomous Underwater Vehicles) το καθένα εκ των οποίων έχει δυνατότητες για διάφορες συνθήκες λειτουργίας και τύπους παρατήρησης. Η βασική τους διαφορά είναι ότι ένα AUV εκτελεί μία προγραμματισμένη αποστολή έρευνας, χωρίς την παρέμβαση χειριστή. Με την ολοκλήρωση της έρευνας το όχημα θα επιστρέψει σε μία προκαθορισμένη τοποθεσία όπου από τα δεδομένα του μπορούν να ληφθούν και να υποβληθούν την απαραίτητη επεξεργασία. Το ROV από την άλλη είναι ένα υποβρύχιο ρομπότ όπου συνδέεται και καθοδηγείται από ένα πλοίο μέσω μιας σειράς καλωδίων, (Roman and Mather, 2016).

Στα μέσα περίπου του 1980 εμφανίζεται μία επαναστατική μέθοδος υποβρύχιας εξερεύνησης, τα οχήματα απομακρυσμένης διαχείρισης, γνωστά και ως ROV. Τα οχήματα αυτά, όπως αποκαλύπτεται και από το όνομα τους, καθοδηγούνται από τον χειριστή τους, ο οποίος βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας και χρησιμοποιούνται συνήθως για υποβρύχια επιθεώρηση και παρατήρηση αντικειμένων μέσω των καμερών τους σε πραγματικό χρόνο. Ο χειρισμός τους πραγματοποιείται μέσω βίντεο και συσκευές ανθρώπινης διεπαφής. (Roman and Mather, 2016)

Όπως όλα τα πράγματα, έτσι και τα ROV, έχουν εξελιχθεί με την πάροδο των χρόνων και φτάνουν σήμερα να διαθέτουν ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία τους. Οι σύγχρονοι μηχανισμοί που διαθέτουν έχουν εξελιγμένες μορφές προώθησης, ελιγμών και πλευστότητας. (Bingham et al., 2010; Roman and Mather, 2016)

Τα AUV (Εικ.9) εμφανίστηκαν και αναπτύχθηκαν στις ΗΠΑ στο WHOI «Woods Hole Oceanographic Institution». Διαθέτουν ηλεκτρονικά χαμηλής ισχύος τα οποία τους επιτρέπουν να έχουν πάνω από 24 ώρες συνεχόμενη κατάδυση, εμβέλεια μεγαλύτερη από 100 km, και την ικανότητα να μεταφέρουν μια τεράστια γκάμα ακουστικών, οπτικών, και χημικών αισθητήρων. Η ανάπτυξη των θαλάσσιων ρομποτικών συστημάτων και ιδιαίτερα των AUV, έχει ξεκινήσει μια επανάσταση στην ωκεανογραφική επιστήμη και εξερεύνηση (Bingham et al., 2010; João Varner, 2012; Costa et al., 2019).



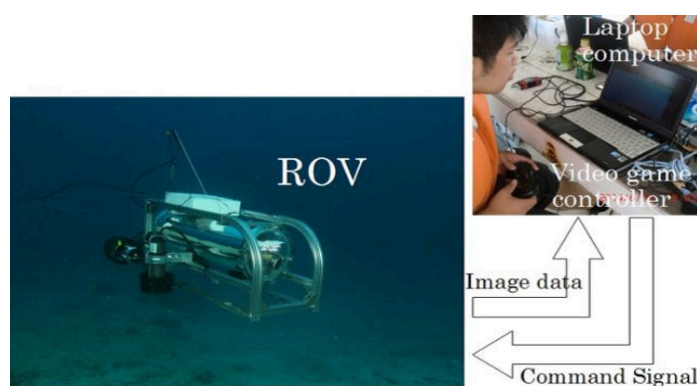
Εικόνα 9: Παραδείγματα AUV οχημάτων

Πηγή: Woods Hole Oceanographic Institution, 2023

Σε περιπτώσεις αρχαιολογικής κατάδυσης σε μεγάλα βάθη, οι ικανότητες των αυτόνομων υποβρυχίων οχημάτων (AUV) αποτελούν ένα συναρπαστικό πλαίσιο στο οποίο επιδεικνύονται οι τρέχουσες δυνατότητες τους αλλά και οι μελλοντικές ανάγκες εξέλιξης τους. Η διαδικασία της υποβρυχίας αρχαιολογικής έρευνας με αυτά τα συστήματα γίνεται μέσω της τηλεπισκόπησης, της ανάλυσης και ερμηνείας δηλαδή πληροφοριών μέσω εικόνων που έχουν ληφθεί από διάφορους αισθητήρες. Μέσω των υποβρυχίων συστημάτων μπορεί να γίνουν διαδικασίες, όπως εξερεύνηση μιας περιοχής, η ταυτοποίηση και αναγνώριση στόχων, η λεπτομερής έρευνα αλλά και μία πιθανή ανασκαφή. Στη θαλάσσια αρχαιολογία συγκεκριμένα, τα AUV συνθέτουν ένα πλήρες πρόγραμμα πεδίου: αναζήτηση μεγάλης περιοχής, αναγνώριση

στόχων, εντοπισμένη έρευνα και ανασκαφή. (Bingham et al., 2010; Varner, 2012; João Costa et al., 2019)

Οι πιο κοινοί στόχοι για αυτές τις έρευνες είναι τα ναυάγια. Οι αρχαιολόγοι εναλίων χρησιμοποιούν τεχνικές οπτικής έρευνας και μια σειρά γεωφυσικών εργαλείων όπως ρυμουλκούμενα βυθόμετρα πλευρικής σάρωσης, πολλαπλές δέσμες βαθυμετρίας και μαγνητόμετρα για τον εντοπισμό αυτών των ειδών των αντικειμένων. Συνδυάζοντας αυτά τα γεωφυσικά όργανα με πλατφόρμες AUV προσφέρεται η προοπτική της πολύ αυξημένης αποτελεσματικότητας της αρχαιολογικής έρευνας του ναυαγίου που επιδιώκει να μεγιστοποιήσει την κάλυψη της αρχαιολογικής περιοχής. (Bingham et al., 2010; Varner, 2012; João Costa et al., 2019)



Εικόνα 10: Σύστημα ROV για την παρακολούθηση και καταγραφή υποβρύχιων αρχαιολογικών μνημείων

Πηγή: Sakagami et al., 2015

Τα τηλεχειριζόμενα οχήματα (ROVs) επέτρεψαν στους αρχαιολόγους να εντοπίσουν και να διερευνήσουν ναυάγια βαθέων υδάτων. Το ROV είναι μηχανοκίνητο και διαθέτει δύο οριζόντιους προωθητήρες, οι οποίοι εξυπηρετούν στην κίνηση σε κύμα και σε στροφική οριζόντια κίνηση, και δύο κατακόρυφους προωθητήρες. Το αδιάβροχο περίβλημα περιέχει έναν υπολογιστή μονής πλακέτας, βιντεοκάμερα υψηλής ανάλυσης, αισθητήρα βάθους, μαγνητική πυξίδα και φώτα LED. Όπως φαίνεται στην Εικ. 10, η πορεία του οχήματος μπορεί να παρακολουθείται από τους χρήστες του μέσω βίντεο στην οθόνη του υπολογιστή. Η εικόνα έρχεται από την κάμερα του ρομπότ μέσω οπτικής ίνας. (Bingham et al., 2010; Varner, 2012; João Costa et al., 2019)

Τέλος απαντώνται, λιγότερο συχνά και κυρίως σε οργανισμούς ή εταιρείες, τα βαθυσκάφη. Το βαθυσκάφος είναι ένα σκάφος το οποίο δίνει την δυνατότητα στον ή στους επιστήμονες να επιβιβασθούν σε αυτό και να εργαστούν με ασφάλεια σε μεγάλα βάθη.

Ανάμεσα σε αυτές τις εταιρείες βρίσκεται και το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε (Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών) που διαθέτει το βαθυσκάφος «ΘΕΤΙΣ» (Εικ.11). Με τη βοήθεια των βαθυσκαφών οι ίδιοι οι επιστήμονες μπορούν να επισκεφτούν απροσέγγιστα σημεία του βυθού. (Mohamed, 2014)



Εικόνα 11: Το βαθυσκάφος «ΘΕΤΙΣ»

Πηγή: Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), 2023

4.2 Φωτογραφικοί Φακοί

Στον Πίνακα 3, γίνεται αναφορά στους βασικότερους όρους που σχετίζονται με τους φωτογραφικούς φακούς.

Πίνακας 3: Βασικοί Όροι για τους Φακούς

Εστιακό επίπεδο	Η επίπεδη επιφάνεια όπου σχηματίζεται καθαρό το είδωλο του αντικειμένου που θέλουμε να φωτογραφίσουμε
Εστιακή Απόσταση	Το διάστημα από το φακό μέχρι το εστιακό επίπεδο.
Εστίαση	Η μετακίνηση του φακού μακρύτερα ή κοντύτερα σε σχέση με το επίπεδο του ανιχνευτή.

Λόγω του περιβάλλοντος, δημιουργούνται πολλοί περιορισμοί σχετικά με τη καταλληλότερη επιλογή φωτογραφικού φακού. Βασικός στόχος που επιδιώκεται να επιτευχθεί είναι η μείωση της στήλης νερού μεταξύ θέματος και φωτογραφικού φακού. Αυτοί που απαντώνται κατά κύριο λόγο στην υποβρύχια φωτογράφιση, είναι τρεις: οι ευρυγώνιοι, οι υπερευρυγώνιοι (fish-eye) και οι macro (Friedrich 2014).

Οι ευρυγώνιοι φακοί μπορούν να φωτογραφίζουν μια μεγάλη περιοχή σε μικρή απόσταση, γεγονός που εξυπηρετεί ιδιαίτερα ενάλιους αρχαιολογικούς χώρους μεγάλης έκτασης και υποβρύχιες ανασκαφές. Οι ευρυγώνιοι φακοί έχουν τη δυνατότητα να αποτυπώσουν ένα θέμα μεγάλων διαστάσεων, λόγω του μεγάλου βάθους πεδίου τους αλλά και να εστιάσουν πολύ κοντά στο επιθυμητό θέμα. Με τους ευρυγώνιους φακούς δεν υπάρχει πρόβλημα παραμόρφωσης του θέματος, άρα αυτό αποδίδεται απόλυτα ρεαλιστικά. (Edge, 2010; Slater, 2014; Jung, Kim and Yoo, 2021)

Οι υπερευρυγώνιοι φακοί, οι γνωστοί και ως «fish-eye», επιτρέπουν στην κάμερα να τοποθετηθεί κοντά στο αντικείμενο που φωτογραφίζεται, μειώνοντας έτσι τη διασπορά και την απορρόφηση από το νερό. (North Atlantic Treaty Organization, 1973). Με έναν φακό fisheye 16 mm, για παράδειγμα, το βάθος πεδίου είναι τόσο μεγάλο που το θέμα δεν μπορεί να αποτυπωθεί ρεαλιστικά. (Edge, 2010)

Οι φακοί macro έχουν επίσης την δυνατότητα να εστιάσουν πολύ κοντά στο θέμα αλλά λόγω της μικρής γωνίας θέασης³, καθίστανται ιδανικοί μόνο για μικρά αντικείμενα. (Edge, 2010)

Αναφορικά με τη χρήση φακών ζουμ (zoom) οι απόψεις δίστανται. Ο Martin Edge (2010) υποστηρίζει ότι γενικότερα δεν συνιστάται να γίνεται χρήση φακών zoom (24-mm-80-mm), αλλά ο εκάστοτε φωτογράφος να πλησιάζει όσο το δυνατόν πιο κοντά στο επιθυμητό θέμα, επειδή το αποτέλεσμα των φωτογραφιών με τη χρήση των φακών zoom χάνει σε χρώμα, ευκρίνεια και ποιότητα. Αντίθετα, οι Tobias Friedrich (2014) και Larry Gates (2016) χρησιμοποιούν ζουμ φακούς, εκμεταλλευόμενοι τις γρήγορες εναλλαγές που προσφέρουν σε διαφορετικές αποστάσεις.

4.3 Υποβρύχια Προστατευτικά Περιβλήματα – Housings

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι φωτογραφικές μηχανές στεριάς πρέπει να τοποθετούνται σε στεγανό προστατευτικό περίβλημα για την υποβρύχια χρήση τους. Οι υποδοχές και τα κουμπιά στο περίβλημα επιτρέπουν τη λειτουργία των περισσότερων λειτουργιών μιας DSLR κάτω από το νερό και γι' αυτό κάθε εταιρεία και μοντέλο φωτογραφικής μηχανής έχει και αντίστοιχα

³Η "γωνία θέασης" περιγράφει το ποσοστό της σκηνής μπροστά από τη μηχανή που θα αποτυπωθεί από τον αισθητήρα της μηχανής. Με κάπως πιο τεχνικούς όρους, είναι η επέκταση της σκηνής στις γωνίες που αποτυπώνεται στον αισθητήρα, με διαγώνια μέτρηση. Είναι σημαντικό να θυμάστε ότι η γωνία θέασης καθορίζεται εξ ολοκλήρου από την εστιακή απόσταση του φακού και από το σχήμα του αισθητήρα μηχανής

προστατευτικά περιβλήματα. Τα περισσότερα υποβρύχια περιβλήματα περιλαμβάνουν συναγερμό διαρροής που ειδοποιεί τους φωτογράφους για διαρροή νερού (Friedrich, 2014).

Τα πλαστικά (πολυανθρακικά) περιβλήματα είναι ελαφριά και οικονομικά προσιτά, αλλά μπορεί να θολώσουν γρήγορα και δεν είναι τόσο ανθεκτικά όσο τα περιβλήματα αλουμινίου. Τα περιβλήματα από άνθρακα και αλουμίνιο είναι στιβαρά και ανθεκτικά, αλλά μπορεί να κοστίζουν δύο ή τρεις φορές περισσότερο από τα πλαστικά περιβλήματα. Σε γενικές γραμμές, το περίβλημα της φωτογραφικής μηχανής θα πρέπει να είναι άνετο στα χέρια του δύτη και θα πρέπει να προσφέρει εύκολη πρόσβαση στα χειριστήρια - συμπεριλαμβανομένου του διαφράγματος, του κλείστρου ταχύτητα και ISO, ώστε να μην χρειάζεται να βγάζει τα χέρια του από τις λαβές (Friedrich, 2014).

Αντίστοιχα υπάρχουν και προστατευτικά περιβλήματα (ports) τα οποία τοποθετούνται στους φωτογραφικούς φακούς. Τα περιβλήματα αυτά, χωρίζονται στα επίπεδα και τα κοίλα (Εικ.12). Τα επίπεδα, συχνά συνδυάζονται με μακρο και close-up φακούς, ενώ τα κοίλα, με ευρυγώνιους και υπερευρυγώνιους. (Αντωνίου et al., 2005)



Τα δύο αυτά είδη διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και επηρεάζουν τη λήψη και το σχηματισμό εικόνας. Το ανόμοιο αποτέλεσμα και η συμπεριφορά τους οφείλεται στα σχήματά τους: οι επίπεδες θύρες, που είναι επίπεδες επιφάνειες μεταξύ δύο διακριτών μέσων που χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς

Εικόνα 12: Στην επάνω φωτογραφική μηχανή έχει τοποθετηθεί το επίπεδο προστατευτικό ενώ στην κάτω το θολωτό

Πηγή: Outex, 2020

δείκτες διάθλασης (δηλαδή, νερό έξω από το αδιάβροχο περίβλημα και αέρας μέσα) υπακούουν στο νόμο του Snell. Κατά συνέπεια, οι οπτικές ακτίνες αποκλίνουν από την αρχική διαδρομή, όταν περνούν από την επίπεδη θύρα από το νερό στο σύστημα κάμερας-φακού μέσα στο περίβλημα πίεσης και διαθλώνται προς την κανονική επιφάνεια της θύρας. Αντίθετα, οι ημισφαιρικές θύρες θόλου αποτελούνται από δύο σφαιρικές επιφάνειες (εξωτερική και εσωτερική), οι οποίες θεωρητικά θα πρέπει να έχουν το ίδιο κέντρο καμπυλότητας. Το πάχος της θύρας θόλου παρέχεται από τη διαφορά των ακτίνων καμπυλότητας των δύο επιφανειών

και θα πρέπει να κατασκευάζεται όσο το δυνατόν περισσότερο ομοιόμορφα. Εάν το κέντρο του φακού (ίριδα εισόδου του φακού, EP, που αντιπροσωπεύει επίσης το κέντρο προοπτικής) τοποθετηθεί σωστά στο ιδανικά μοναδικό κέντρο των σφαιρικών επιφανειών, οι ακτίνες φωτός εισέρχονται στη θύρα θόλου σχεδόν κάθετα και πηγαινούν στο EP χωρίς διάθλαση. Για την επαλήθευση τέτοιων συνθηκών, η κατασκευή των θυρών θόλου θα πρέπει να είναι υψηλής ακρίβειας, επομένως είναι πιο απαιτητική και δαπανηρή από την παραγωγή επίπεδων θυρών. (Nocerino et al., 2016)

Οι φωτογραφικοί φακοί στεριάς, οι οποίοι τοποθετούνται σε αδιάβροχο περίβλημα, προκειμένου να προστατευτούν κατά τη χρήση τους υποβρυχίως μπορεί να έχουν πρακτικά προβλήματα λόγω του διαφορετικού δείκτη διάθλασης μεταξύ αέρα ($n = 1,0$) και νερού ($n = 1,333$). Ο δείκτης διάθλασης του νερού αυξάνεται σταδιακά με την αλατότητα. Τα προβλήματα αυτά είναι η οπτική παραμόρφωση της εικόνας (η οπτική μεγέθυνση και το φαινόμενο της αλλαγής βάθους, όταν το αντικείμενο φαίνεται δηλαδή πιο κοντά από ότι είναι στην πραγματικότητα) και η στένωση του οπτικού πεδίου (FOV). Οι γωνίες πρόσπτωσης και διάθλασης του φωτός που διέρχονται από ένα όριο μεταξύ δύο διαφορετικών ιστροπικών μέσων, όπως το νερό, το γυαλί ή ο αέρας, μπορούν να υπολογιστούν με το νόμο του Snell⁴ (Αντωνίου et al., 2005).

Το **επίπεδο προστατευτικό περίβλημα (flat port)** (Εικ.12) δεν είναι σε θέση να διορθώσει την παραμόρφωση που προκαλείται από τις διαφορές μεταξύ των δεικτών διάθλασης φωτός στον αέρα και το νερό και μπορεί εισάγει έναν αριθμό εκτροπών:

- Διάθλαση
- Χρωματική εκτροπή. Όταν το λευκό φως διαθλάται και διαχωρίζεται στα επιμέρους χρώματα, τα διαφορετικά χρώματα αρχίζουν και αλληλοεπικαλύπτονται προκαλώντας απώλεια ευκρίνειας και κορεσμού χρώματος. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο εμφανές σε ευρύτερους φακούς και δεν συνίστανται καθόλου η χρήση του σε ευρυγώνιους. (Outex, 2020)
- Ακτινική παραμόρφωση. Οι επίπεδες θύρες δεν παραμορφώνουν εξίσου τις ακτίνες φωτός, οπότε έχουν προοδευτική ακτινική παραμόρφωση που γίνεται πιο

4 Νόμος του Snell: (ο νόμος της διάθλασης) είναι μια μαθηματική σχέση που περιγράφει την σχέση της γωνίας πρόσπτωσης με την γωνία διάθλασης του φωτός σε μια διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων (π.χ. από αέρα-κενό σε νερό ή γυαλί). Στην επιστήμη της οπτικής ο νόμος αυτός χρησιμοποιείται για να βρούμε την τροχιά του φωτός που προσπίπτει ή διαθλάται σε μια επιφάνεια. Στην πειραματική οπτική και στην γεωμετρία ο νόμος αυτός χρησιμοποιείται για την εύρεση του δείκτη διάθλασης ενός υλικού. Ο νόμος αναφέρει ότι ο λόγος n_2/n_1 των δεικτών διάθλασης (ο δείκτης αυτός εξαρτάται από το μέσο) είναι αντιστρόφως ανάλογος με το λόγο των ταχυτήτων στα δύο μέσα και αντιστρόφως ανάλογος του λόγου των ημιτόνων των γωνιών πρόσπτωσης θ_1 και διάθλασης θ_2 .

εμφανής με τους ευρύτερους φακούς. Το αποτέλεσμα είναι ένα προοδευτικό θάμπωμα, το οποίο αυξάνεται με μεγάλα διαφράγματα σε ευρείς φακούς.

Το **θολωτό προστατευτικό περίβλημα (dome port)** (Εικ.12), μειώνει σημαντικά τα προβλήματα διάθλασης, χρωματικής εκτροπής και ακτινικής παραμόρφωσης. Το θολωτό προστατευτικό περίβλημα, τοποθετείται σαν ένας ομόκεντρος φακός που λειτουργεί ως ένα επιπλέον οπτικό στοιχείο στον φακό της κάμερας. Η μοναδική προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία του περιβλήματος είναι η ακριβής τοποθέτηση της στον φακό της κάμερας. (Outex, 2020)

Τα περιβλήματα για τα σώματα των φωτογραφικών μηχανών πρέπει να αλλάζουν ανάλογα με το φακό που χρησιμοποιείται. Για τη μεγιστοποίηση των ιδιοτήτων απεικόνισης για τους συνδυασμούς περιβλήματος και φακού μπορεί να χρειαστούν ειδικοί δακτύλιοι προσαρμογής.

4.4 Φωτισμός

Οι τύποι φωτός που υπάρχουν είναι δύο: 1) Το φυσικό φως που προέρχεται από τον ήλιο και 2) το τεχνητό φως που προέρχεται από κάποια τεχνητή φωτιστική πηγή. Από τις επιλογές της φωτογραφικής μηχανής μπορεί να επιλεγθεί το βάθος πεδίου και διαφράγματος, με αποτέλεσμα να καταγραφεί το επιθυμητό διαθέσιμο φως και να συμβάλει στην ένταση του φωτός.

4.4.1 Φυσικό Φως

Το φυσικό φως χρησιμοποιείται σπάνια σε close-up και μακρο, λόγω της ανάγκης να μεγιστοποιηθεί το βάθος πεδίου. Τις περισσότερες φορές το φυσικό φως χρησιμοποιείται στη λήψη ευρείας γωνίας, είτε μόνο του είτε σε συνδυασμό με φλας όπου τα δύο συνδυάζονται. Αυτή η τεχνική είναι κοινώς γνωστή ως «φλας πλήρωσης» ή «ισορροπημένο φως».

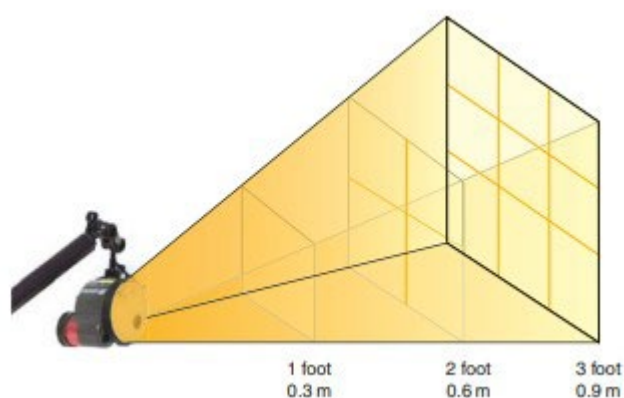
Αν στην κάμερα κατά την οποία χρησιμοποιούμε υποβρυχίως μπορούμε να ρυθμίσουμε χειροκίνητα την έκθεση, τότε δίνονται κάποια πλεονεκτήματα. Η χρήση της χειροκίνητης λειτουργίας σε αυτές οι συνθήκες είναι ένα πλεονέκτημα, καθώς αντιλαμβανόμαστε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το φως κάτω από το νερό. Το διάφραγμα και η προτεραιότητα κλείστρου δίνουν επίσης κάποιο έλεγχο, αλλά εάν επιλέξουμε να ρυθμίσουμε αυτόματο ή λειτουργία προγράμματος, η κάμερα θα αφαιρέσει κάθε έλεγχο που

έχουμε και θα τα κάνει όλα αυτή αντί για εμάς. Αν και αυτό μπορεί να λειτουργήσει καλά μερικές φορές, δεν μπορούμε να επιλέξουμε τις παραμέτρους για τον έλεγχο του φυσικού φωτός.

Κατά τη διεξαγωγή λήψεων στη θάλασσα, η ένδειξη του μετρητή στο σκόπευτρο της κάμερας θα υποδείξει την επιλογή της κάμερας για τη σωστή έκθεση. Εάν υποδεικνύει διάφραγμα f 5,6 στο 1/100 s αλλά επιλεγθεί η ρύθμιση στο f 8, δεν είναι λάθος – σημαίνει απλώς ότι το μπλε θα καταγραφεί λίγο πιο σκούρο.

4.4.2 Τεχνητό Φως

Η ένταση μιας τεχνητής φωτιστικής πηγής εξασθενεί αναλογικά με την απόσταση. Στην Εικ.13 φαίνεται πως ένα θέμα σε απόσταση 0,6 μέτρων λαμβάνει το $\frac{1}{4}$ του φωτός. Η ένταση του φωτός, σύμφωνα με το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου πέφτει ή μειώνεται με ρυθμό αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της απόστασης που διανύει από την πηγή του



Εικόνα 13: Νόμος του αντίστροφου τετραγώνου

Πηγή: Edge, Martin. *The Underwater Photographer*. 1996. 4th ed., Focal Press, 18 Feb. 2010.

Χρησιμοποιώντας μία ή δύο φωτιστικές πηγές, υπάρχουν πολλές επιλογές για το πώς η φωτιστική πηγή θα φωτίσει το θέμα. Μπορεί να τοποθετηθούν κάτω από την κάμερα, πάνω από την κάμερα, δεξιά και αριστερά από εκείνη αλλά το αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση θα διαφέρει. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος τοποθέτησης της φωτιστικής πηγής είναι πάνω από την κάμερα και σε απόσταση 70 cm από την κάμερα και όχι σε μεγαλύτερη απόσταση. Το σκεπτικό αυτής της μεθόδου είναι η αποφυγή φωτισμού του νερού ανάμεσα στην κάμερα και

το θέμα. Με αυτό το τρόπο μειώνεται η εμφάνιση των σωματιδίων και αποτυπώνονται εικόνες πιο καθαρές, ευδιάκριτες και με πιο έντονο χρώμα. Επίσης είναι χρήσιμο να αξιοποιείται το εύρος της ακτίνας φωτός που προέρχεται από τη πηγή, έτσι ώστε το κάτω άκρο της δέσμης φωτός να κόβει ακριβώς το θέμα και να φωτίζεται με το εξωτερικό άκρο τις δέσμης σε σχέση με το κέντρο.

Ένας επιπλέον λόγος για την τοποθέτηση μίας φωτιστικής πηγής από πάνω είναι προκειμένου να γίνει προσομοίωση του ηλιακού φωτός. Με αυτό το τρόπο δημιουργούνται βέβαια κάποιες σκιάσεις στο θέμα, όμως το ανθρώπινο μάτι είναι συνηθισμένο να τις βλέπει. Συχνά χρησιμοποιείται και μία δεύτερη φωτιστική πηγή, όχι για να αυξηθεί η ένταση του φωτός αλλά προκειμένου:

- Να μειώσει τις έντονες σκιάσεις που προκαλούνται από τη χρήση του ενός φλας
- Να βελτιώσει και να αυξηθεί η ποιότητα του φωτός, επιτυγχάνοντας κάποιο φωτογραφικό εφέ
- Να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη κάλυψη για ευρυγώνια φωτογράφιση, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται fisheye φακοί.

Το πρόβλημα της οπισθοσκέδασης κατά τη διάρκεια μιας υποβρύχιας φωτογράφισης μπορεί να παρατηρηθεί σε διάφορες περιπτώσεις. Η ελαχιστοποίηση του προβλήματος αυτού μέσω των φωτιστικών πηγών είναι εφικτή, δημιουργώντας ένα τεχνητό ηλιακό φως. Αν χρησιμοποιηθεί μία πολύ δυνατή μονάδα φλας αρκετά μέτρα πάνω από την κάμερα, τότε το φλας θα λειτουργήσει ως πηγή διάχυτου φωτός. Η τεχνική αυτή είναι η πλέον αποτελεσματική, με εξαίρεση τις κοντινές λήψεις (300-500 mm). Στην περίπτωση που η φωτογράφιση πραγματοποιείται σε περιβάλλον με θολό νερό (ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων), ακόμα και αν τα επίπεδα φωτισμού (στην επιφάνεια) είναι υψηλά, το φως φιλτράρεται από την θολότητα του νερού, άρα μειώνεται σταδιακά και η φωτεινότητα ανάλογα με το βάθος. Η χρήση φλας τονίζει τα μικρά σωματίδια που βρίσκονται στο νερό ανάμεσα στην κάμερα και το θέμα, με αποτέλεσμα να επανέρχεται το πρόβλημα της οπισθοσκέδασης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να μειωθεί, τοποθετώντας το φλας σε έναν μακρύ βραχίονα αρκετά πάνω από την κάμερα και το θέμα.

Τα φώτα κατάδυσης, ή αλλιώς strobes, χωρίζονται σε φλας (flash) και φώτα εστίασης (focus light) (Friedrich 2014). Η ισχύς μιας μονάδας φλας υποδεικνύεται από το guide number, το οποίο περιγράφει πόση λαμπρότητα μπορεί να εκπέμψει το φλας. Το guide number μετριέται πάντα στα ISO 100. Το παράγωγο μιας μονάδας φλας μειώνεται στο μισό μέσα στο νερό, για

παράδειγμα, μια μονάδα φλας με guide number 22, παράγει αποτέλεσμα αντίστοιχο με guide number 11 όταν χρησιμοποιείται μέσα στο νερό. Ένα μεσαίου τύπου φλας με guide number 12 είναι αρκετά δυνατό για να μπορεί να εκθέσει σωστά τα περισσότερα αντικείμενα. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός guide number τόσο περισσότερες οι πιθανότητες να φωτιστούν πιο ικανοποιητικά τα αντικείμενα.

Μία άλλη παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η θερμοκρασία χρώματος. Αν ένα φλας δίνει πιο ψυχρό ή πιο θερμό φως, αυτό καταγράφει με διαφορετικό τρόπο τα αντικείμενα στην τελική απεικόνιση. Βέβαια, οι περισσότερες μηχανές μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με τα Kelvin των φωτιστικών πηγών, διορθώνοντας με αυτό τον τρόπο το τελικό αποτέλεσμα.

Προφανώς υπάρχουν διάφορα παρελκόμενα που μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει για την στερέωση των φλας στην φωτογραφική μηχανή, όπως βραχίονες διαφορετικών μηκών ή/και με επιπλέον αρθρώσεις ώστε ο φωτογράφος να φωτίσει το θέμα του με όποιο τρόπο εκείνος θέλει π.χ. πιο ομοιόμορφα ή με πιο έντονη φωτοσκίαση. Η θέση των φλας θα πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με το είδος της φωτογράφισης του κάθε αντικειμένου.

Ένα άλλο πολύ βασικό ζήτημα είναι η ένταση του φλας σε σχέση με την απόσταση του αντικειμένου. Όπως και στις φωτογραφικές μηχανές στην στεριά, έτσι και υποβρυχίως, η καλύτερη μέτρηση γίνεται με τεχνολογία TTL δηλαδή *Through the Lens*, μέσω του φακού. Αυτό προϋποθέτει ότι τα φλας θα έχουν αυτή την δυνατότητα και ότι θα συνδέονται με το σώμα της μηχανής (προφανώς μέσω του αδιάβροχου περιβλήματος) με ειδικά καλώδια.

Τα φλας λειτουργούν συνήθως με μπαταρίες AA ή με εξειδικευμένες μονάδες μπαταρίας.

Τα focus lights είναι βοηθητικά φώτα σε περιπτώσεις που ο περιβάλλον φωτισμός δεν επαρκεί για σωστές λήψεις, ιδιαίτερα όταν ο φωτογράφος θέλει να χρησιμοποιήσει αυτόματη εστίαση AF, auto focus). Παρόλο που τα φλας συνήθως φέρουν λάμπες πιλότους, οι τελευταίοι μπορεί να είναι αδύναμοι να φωτίσουν σωστά ένα θέμα. Και σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα focus lights. Τα focus lights δεν χρησιμοποιούνται ποτέ αυτόνομα για φωτογραφίες γιατί είναι πιο αδύναμα από τα φλας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται πίνακες με φώτα που χρησιμοποιούνται για υποβρύχια φωτογράφιση (πίνακας 4), αλλά και φώτα κατάδυσης (πίνακες 5-8).

Πίνακας 4: Φώτα υποβρύχιας φωτογράφισης (φλας – φώτα εστίασης)

Βασικά Φώτα Κατάδυσης					
	Guide number	Θερμοκρασία χρώματος	Αριθμός φλας	Χρόνος Μπαταρίας	Καταλληλότητα Βάθους
Backscatter Mini Flash 2 (Macro)	16	-	Πάνω από 2000	12 ώρες	100 μέτρα
Ikelite Substrobe DS51 II Underwater Strobe	17	5700K	300-1000		100 μέτρα
Ikelite Substrobe DS162 Underwater Strobe	24	4800K	300-1000		100 μέτρα
Sea & Sea YS-01 Solis Underwater Strobe	20	5600K	300		75 μέτρα

Πίνακας 5: Βασικά Φώτα Κατάδυσης

Βασικά Φώτα Κατάδυσης					
	Ένταση	Lumens	Φάσμα / Γωνία Φωτισμού	Χρόνος Μπαταρίας	Καταλληλότητα Βάθους
Underwater Kinetics C8 eLED (L2)	Χαμηλή	560	100,6 μέτρα	5,30 ώρες	152,4 μέτρα
	Υψηλή	1200		3 ώρες	
Light & Motion Sola Nightsea 3000 Lumens	Χαμηλή	750	60° max	280 λεπτά	100 μέτρα
	Μέτρια	1500		140 λεπτά	
	Υψηλή	3000		70 λεπτά	
Underwater Kinetics Light Cannon L1 eLED	Χαμηλή	440	100,6 μέτρα	20 ώρες	152,4 μέτρα
	Υψηλή	1100		16 ώρες	

Πίνακας 6: Δευτερεύοντα Φώτα Κατάδυσης

Δευτερεύοντα Φώτα Κατάδυσης				
	Lumens	Φάσμα	Χρόνος Μπαταρίας	Καταλληλότητα Βάθους
Princeton Tec AMP 1 LED Flashlight with Cone	90	64 μέτρα	72 ώρες	100 μέτρα
Kraken 650 Lumen Dive Light	Με μπαταρίες 3+AAA: 350 Με μπαταρίες λιθίου: 800	64 μέτρα	Με μπαταρίες 3+AAA: 90 λεπτά Με μπαταρίες λιθίου: 120 λεπτά	100 μέτρα

Πίνακας 7: Φώτα Κατάδυσης Κεφαλής

Φώτα Κατάδυσης Κεφαλής					
	Ένταση	Lumens	Φάσμα	Χρόνος Μπαταρίας	Καταλληλότητα Βάθους
Bigblue HL 1000N 1000Lumens Head Lamp	Ένταση I	100	260 μέτρα	24 ώρες	100 μέτρα
	Ένταση II	250		8 ώρες	
	Ένταση III	500		4 ώρες	
	Ένταση IV	1000		2 ώρες	

Πίνακας 8: Φώτα κατάδυσης Canister

Φώτα κατάδυσης Canister					
	Ένταση	Lumens	Φάσμα	Χρόνος Μπαταρίας	Καταλληλότητα Βάθους
OrcaTorch D620 2700 Lumens Canister Light	Χαμηλή	150	260 μέτρα	37 ώρες	150 μέτρα
	Μέτρια	800		8 ώρες & 50 λεπτά	
	Υψηλή	2700		2 ώρες & 30-λεπτά	

4.5 Φίλτρα

Όπως έχει αναφερθεί, όταν το φως του ήλιου διαπερνά το νερό, τα χρώματα απορροφώνται με διαφορετικούς ρυθμούς. Για παράδειγμα, αν τραβηχτεί μια εικόνα σε βάθος 10 μέτρων σε τροπικά νερά το αποτέλεσμα θα είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου μπλε. Τα ζεστά χρώματα έχουν απορροφηθεί σημαντικά και το φάσμα φωτός που προκύπτει τείνει στα ψυχρότερα χρώματα. Άρα η χρήση φίλτρων γίνεται προκειμένου να εξασθενίσει το φιλτράρισμα των υπόλοιπων χρωμάτων μειώνοντας παράλληλα και την ποσότητα του μπλε φωτός. Ιδανικά θέλουμε το φίλτρο να αποκαταστήσει την ισορροπία των χρωμάτων και να παράξει ένα ομοιόμορφο φάσμα φωτός. Επομένως τα φίλτρα δεν προσθέτουν χρώμα αλλά μειώνουν τα χρώματα που δεν θέλουμε. (Pateman, 2009; Edge, 2010)

Ο μεγαλύτερος περιορισμός των φίλτρων είναι ότι το κάθε φίλτρο έχει δικά του χαρακτηριστικά φιλτραρίσματος και είναι αποτελεσματικό εντός συγκεκριμένων ορίων. Τα φίλτρα έχουν ένα βέλτιστο εύρος βάθους ή πιο σωστά ένα βέλτιστο μήκος διαδρομής φωτός, το οποίο καθορίζεται από το πόσο μακριά ταξίδεψε το φως από την επιφάνεια της θάλασσας, στο θέμα και στη φωτογραφική μηχανή. Τα περισσότερα φίλτρα τοποθετούνται απευθείας στον φακό μιας φωτογραφικής μηχανής και δεν μπορούν να αλλάξουν κατά την κατάδυση. Γενικότερα προτείνεται να χρησιμοποιούνται σε περιβάλλοντα στα οποία είναι γνωστές οι συνθήκες και το σχέδιο κατάδυσης. (Edge, 2010)

Ο έλεγχος της απώλειας χρώματος υποβρύχια απαιτεί χρήση τεχνητού φωτός και εργασία κοντά στο θέμα. Είναι σαφές ότι η χρήση έγχρωμων φίλτρων για τη «διόρθωση της απώλειας χρώματος» πέρα από τα μικρότερα βάθη δεν μπορεί να ανακτήσει πλήρως τα ζωντανά χρώματα. Ο έλεγχος αυτής της απώλειας επιτυγχάνεται καλύτερα τοποθετώντας τόσο την πηγή φωτός όσο και την κάμερα κοντά στο θέμα για να μειωθεί η διαδρομή του φωτός. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας είναι ένας από τους λόγους για τη γενική χρήση πολύ ευρυγώνιων φακών στην υποβρύχια φωτογραφία. (Scuba Diving Editors, 2017; Rander, 2019)

4.6 Επιπρόσθετος Απαραίτητος Εξοπλισμός

Κλίμακα φωτογράφισης

Κατά τη φωτογραφική τεκμηρίωση ευρημάτων, είτε σε χερσαίο είτε σε ενάλιο περιβάλλον, είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μιας απόλυτης κλίμακας, σε κάθε λήψη, κοντά στο θέμα. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται το μέγεθος του απεικονιζόμενου θέματος.

(Εικ.14) (Πουλιανός, 2011) Ιδιαίτερα στην υποβρύχια φωτογράφιση απαιτείται κλίμακα με βάρος ώστε να μένει στο επίπεδο του βυθού και να μην επιπλέει.



Εικόνα 14: κλίμακα

4.7 Ρυθμίσεις Κάμερας

Πέρα από όλα τα σωστά και απαραίτητα μέσα και εργαλεία για την επίτευξη μια σωστής υποβρύχιας απεικόνισης, είναι εξίσου σημαντικές και οι ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν στην κάμερα (Edge 2010; Friedrich 2014; Gates 2016). Γενικά, δεν ενδείκνυται η χρήση αυτόματων ρυθμίσεων. Εντός της θάλασσας το περιβάλλον είναι σκοτεινό και η αυτόματη ρύθμιση μπορεί να υπερ φωτίσει τις φωτογραφίες. Απαιτείται πολύ καλή γνώση του τριγώνου έκθεσης ISO, διαφράγματος και ταχύτητας.

Πιο συγκεκριμένα:

1. White Balance (Ισορροπία λευκού): Ρυθμίζεται προκειμένου να επιτευχθούν τα ακριβή και φυσικά χρώματα. Δυστυχώς ανάμεσα στα έτοιμα προγράμματα που έχουν οι DSLR δεν περιέχεται κάποιο για υποβρύχια φωτογράφιση. Έτσι, το white balance μπορεί να ρυθμιστεί είτε αυτόματα (AWB), είτε εισάγοντας θερμοκρασία χρώματος (K), είτε κάνοντας μέτρηση. Για να γίνει μέτρηση πρέπει να χρησιμοποιηθεί λευκή ή γκριζα κάρτα, με σβηστά τα φώτα, σε συγκεκριμένο βάθος. Είναι χρονοβόρα μέθοδος και συνήθως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου δεν αλλάζει το βάθος κατάδυσης, όπως για παράδειγμα σε ναυάγια. Εφόσον αλλάξει το βάθος κατάδυσης θα πρέπει να γίνει εκ νέου ρύθμιση. Όταν χρησιμοποιούνται φλας, θεωρητικά θα πρέπει να εισάγεται η θερμοκρασία χρώματος που παρέχει ο κατασκευαστής, αλλά καλό θα ήταν στην αρχή της φωτογράφισης να γίνει ένα bracketing αλλάζοντας τους βαθμούς Kelvin ώστε να εντοπιστούν οι βέλτιστες συνθήκες.
2. ISO: Συστήνεται να διατηρείται το ISO όσο το δυνατόν χαμηλότερο για να ελαχιστοποιηθεί ο θόρυβος στις εικόνες. Σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, πρέπει να αυξηθεί το ISO για να διατηρηθεί η σωστή έκθεση.

3. Διάφραγμα: Συστήνεται ένα μικρό έως μεσαίο διάφραγμα (μεγαλύτερος αριθμός f) για μεγαλύτερο βάθος πεδίου.
4. Ταχύτητα κλείστρου: Η επιλογή της ταχύτητας κλείστρου επιλέγεται με βάση τον διαθέσιμο φωτισμό.
5. Εστίαση: Συστήνεται η χειροκίνητη εστίαση, καθώς η αυτόματη μπορεί να είναι δύσκολη σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας.
6. Λήψη εικόνων σε RAW: Η λήψη εικόνων σε μορφή RAW προσδίδουν μεγαλύτερη ευελιξία στη μετα-επεξεργασία. Τα αρχεία RAW διατηρούν περισσότερες πληροφορίες, επιτρέποντας καλύτερες προσαρμογές στην έκθεση, το χρώμα και την ευκρίνεια κατά την επεξεργασία.
7. Ιστόγραμμα: το ιστόγραμμα είναι ένα γράφημα που εμφανίζει την κατανομή των τονικών τιμών για μια εικόνα. Οι σκοτεινές τιμές εμφανίζονται στα αριστερά του γραφήματος- οι φωτεινές τιμές είναι στα δεξιά. Ιδανικά, η κατανομή των τιμών θα πρέπει να μοιάζει με ένα βουνό στο ιστόγραμμα, με τις περισσότερες τιμές να πέφτουν κοντά στη μέση. Σε μια καλλιτεχνική λήψη, ακόμη και υποβρύχια, μπορεί σκόπιμα η κορυφή ή κορυφές να μετατοπιστούν προς σκούρες ή πιο φωτεινές περιοχές. Σε μια φωτογράφιση αρχαιολογικού ενδιαφέροντος όμως, πρέπει να υπάρχει μέριμνα να γίνεται σωστή λήψη βάσει του ιστογράμματος.

4.8 Διαδικασίες και Προγραμματισμός Υποβρύχιας Φωτογράφισης

Κινούμενος υποβρυχίως, ο δύτης βρίσκεται εκ των πραγμάτων εκτός του φυσικού του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο χρειάζεται η κατάλληλη εκπαίδευση και η αντίστοιχη εμπειρία και ψυχραιμία. Από τους βασικότερους κανόνες που μαθαίνει ένας δύτης κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης του είναι ότι δεν πρέπει να νιώθει άβολα για την πραγματοποίηση μιας κατάδυσης ή εάν νιώσει άβολα κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης τότε θα πρέπει να την τερματίσει αμέσως. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κίνδυνοι που караδοκούν σε περίπτωση που ο δύτης καταβληθεί από άγχος, μπορεί να είναι μη αντιστρέψιμοι (Berg, 1991) Φυσικά λόγω του ιδιαίτερου φυσικού περιβάλλοντος που καλείται να πραγματοποιηθεί η φωτογραφική τεκμηρίωση επιβάλλεται να υπάρχει μία πολύ συγκεκριμένη μεθοδολογία αλλά και ένα καλά μελετημένο πλάνο. Κάποιες βασικές διαδικασίες, που συνίστανται τόσο ως προς τη διαδικασία

της κατάδυσης όσο όμως και για τη διαδικασία της φωτογραφίας υποβρυχίως, παρατίθενται παρακάτω.

Βασικές Διαδικασίες Κατάδυσης:

1. Ασφάλεια: Η κατάλληλη πιστοποίηση κατάδυσης και η συμμόρφωση με όλα τα πρωτόκολλα ασφαλείας για τη συγκεκριμένη τοποθεσία κατάδυσης.
2. Εξοπλισμός: Επιθεώρηση και τακτική συντήρηση του εξοπλισμού υποβρύχιας φωτογραφίας, συμπεριλαμβανομένης της κάμερας, του περιβλήματος, των δακτυλίων στεγανοποίησης και του εξοπλισμού φωτισμού.
3. Σχεδιασμός της κατάδυσης: η υποβρύχια φωτογράφιση πρέπει να έχει σχεδιαστεί μέχρι και την τελευταία λεπτομέρεια, καθώς πρόκειται για ενέργεια εκτός του φυσικού μας περιβάλλοντος (αέρας, ατμόσφαιρα). Καιρικές συνθήκες, τοποθεσία, βάθος αντικειμένων, έλεγχος καταδυτικού εξοπλισμού και έλεγχος στεγανοποίησης φωτογραφικού εξοπλισμού είναι μόνο μερικά από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να έχουν τακτοποιηθεί πριν την κατάδυση. Επίσης, πριν από την κατάδυση χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι υποβρύχιες συνθήκες, η ορατότητα, ο τύπος της θαλάσσιας ζωής αλλά και οι υποβρύχιες συνθήκες και να οργανωθεί ένα πλάνο σχετικό με την κατάδυση.
4. Πλευστότητα: Η σωστή και σταθερή πλευστότητα προσφέρει στο δύτη ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του. Του δίνει τη δυνατότητα να αποφεύγει την αναστάτωση του υδάτινου περιβάλλοντος και κατά συνέπεια συμβάλλει στη καθαρότερη και σταθερότερη αποτύπωση της φωτογραφίας.
5. Προετοιμασία φωτογράφου – δύτη: ο φωτογράφος, όπως και όλοι οι υπόλοιποι δύτες, θα πρέπει να βρίσκεται σε ήρεμη ψυχική κατάσταση ώστε να πάρει σωστές αποφάσεις – μια λάθος απόφαση μπορεί να αποβεί μοιραία. Η κατάλληλη τεχνική προετοιμασία, σε συνδυασμό με τις γνώσεις κατάδυσης και ασφαλείας στο υδάτινο στοιχείο, την κριτική σκέψη και αυτοαξιολόγηση είναι απαραίτητα εφόδια.

(Berg, 1991; Edge, 2010; Scaradozzi et al., 2013; Scaradozzi et al., 2013)

Βασικές Διαδικασίες Υποβρύχιας Φωτογράφισης:

1. Βάθος: Χρειάζεται να ληφθεί υπόψη το βάθος που πρόκειται να πραγματοποιηθεί η φωτογραφική αποτύπωση του θέματος. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνεται υπόψη και το διαθέσιμο φυσικό φως και προσαρμόζονται ανάλογα και οι ρυθμίσεις της κάμερας.
2. Τοποθέτηση φωτιστικών πηγών: Τοποθέτηση των φωτιστικών πηγών (φλας, στροβοσκόπιο, φώτα εστίασης) προκειμένου να μειωθεί η οπισθοσκέδαση (ανεπιθύμητες αντανακλάσεις φωτός από τα σωματίδια στο νερό) και να φωτιστεί αποτελεσματικά το θέμα.
3. Ισορροπία λευκού: Ρύθμιση της ισορροπίας λευκού στη φωτογραφική μηχανή για να αντισταθμιστούν οι χρωματικές αλλαγές που προκαλούνται από το νερό. Χρήση των φίλτρων διόρθωσης χρώματος εάν χρειάζεται.
4. ISO: Διατήρηση του ISO όσο το δυνατόν χαμηλότερο για να ελαχιστοποιήσει του θορύβου στις εικόνες. Ωστόσο, σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, μπορεί να χρειαστεί αύξηση του ISO για τη διατήρηση της σωστής έκθεσης.
5. Διάφραγμα: Χρήση μικρού έως μεσαίου διαφράγματος για μεγαλύτερο βάθος πεδίου. Αυτό βοηθά να διατηρείται περισσότερο η υποβρύχια σκηνή στο επίκεντρο, ειδικά για ευρυγώνιες λήψεις.
6. Ταχύτητα κλείστρου: Επιλογή της κατάλληλης ταχύτητας κλείστρου με βάση το διαθέσιμο φως και την ανάγκη παγώματος της κίνησης. Οι μεγαλύτερες ταχύτητες κλείστρου είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη θεμάτων που κινούνται γρήγορα, αλλά χρειάζεται προσοχή στη διατήρηση της σωστής έκθεσης.
7. Εστίαση: Χρήση της χειροκίνητης εστίασης κατά τη λήψη κοντινών πλάνων ή φωτογραφιών macro. Η αυτόματη εστίαση μπορεί να είναι δύσκολη σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας.

(Berg, 1991; Edge, 2010; Scaradozzi et al., 2013)

Η τυποποίηση αυτών των διαδικασιών και ρυθμίσεων βοηθά στη συνέπεια στην υποβρύχια φωτογράφιση και στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας των εικόνων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να υπάρχει ευελιξία και προσαρμογή με βάση τις συγκεκριμένες συνθήκες κάθε κατάδυσης και τους δημιουργικούς στόχους που τίθενται για τις λήψεις.

4.9 Βοηθητικές και χρήσιμες τεχνικές για την υποβρύχια φωτογράφιση

Στη συνέχεια παρουσιάζονται χρήσιμες τεχνικές για την λήψη υποβρύχιων φωτογραφιών:

- Γωνία λήψης-Προοπτική: η προοπτική παίζει βασικό ρόλο στην αποτύπωση/καταγραφή ενός αντικειμένου, ιδιαίτερα εντός του υδάτινου στοιχείου που επιφέρει πολλές παραμορφώσεις. Θα πρέπει να γίνουν δοκιμαστικές λήψεις με σκοπό να εντοπιστεί η καταλληλότερη θέση και κλίση της φωτογραφικής μηχανής ώστε, ανάλογα και με τον φωτογραφικό φακό που φέρει η μηχανή, να λαμβάνονται σωστές απεικονίσεις.
- Κάδρο: σε μια καλλιτεχνική φωτογραφία υπάρχουν διάφοροι κανόνες (κανόνας τρίτων, χρυσή τομή, σπείρα, διαγώνιες κλπ), που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να αποτελείται ένα ευχάριστο ή ελκυστικό για τον θεατή. Σε μια τεκμηρίωση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς, όμως, απαιτείται η καταγραφή των αντικειμένων ως έχουν, όσο πιο ρεαλιστικά, με χρήση κλίμακας ώστε να είναι εμφανές το είδος του αντικειμένου, το μέγεθός του και η κατάσταση διατήρησής του.
- Κοντράστ: η αντίθεση (κοντράστ) μεταξύ φωτεινών και σκοτεινών περιοχών σε μια εικόνα αποτελεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για τον φωτογράφο. Αξιοποιώντας την αντίθεση μεταξύ ανοιχτόχρωμου βυθού με άμμο, μπορούν να καταγραφούν λεπτομέρειες στο σώμα του πλοίου ενός ναυαγίου. Εκτός των καλλιτεχνικών φωτογραφιών, το κοντράστ μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να αναδείξει περιοχές των αντικειμένων ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, όπως εγχάρακτα γράμματα και μορφές σε βυθισμένα αντικείμενα.
- Απόσταση μεταξύ κάμερας και αντικειμένου: όσο πιο μακριά είναι η φωτογραφική μηχανή από το αντικείμενο, το φως λιγοστεύει, τα χρώματα εξασθενούν και αιωρούμενα σωματίδια εισέρχονται στην ενδιάμεση περιοχή, άρα τόσο λιγότερες οι πιθανότητες για μια σωστή λήψη. Όσο πιο κοντά είναι το θέμα ενδιαφέροντος, τα χρώματα είναι πιο έντονα και λαμπερά και καταγράφονται περισσότερες λεπτομέρειες. Σε λήψεις αντικειμένων με μεγάλα μεγέθη, π.χ. ένα ναυάγιο (ολόκληρο το κέλυφος), όπου η απόσταση είναι επιβεβλημένη, απαιτείται πιο έντονος φωτισμός, άρα είτε περισσότερες μονάδες φλας είτε φλας με μεγαλύτερη ένταση.

4.10 Λίστα ελέγχου του απαραίτητου εξοπλισμού για την υποβρύχια φωτογράφιση

Μια σωστή φωτογράφιση, και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για υποβρύχια φωτογράφιση, απαιτεί εκ των προτέρων σωστή οργάνωση. Ένας καλός τρόπος είναι η ομαδοποίηση εξοπλισμού και των παρελκόμενων σε λίστες ελέγχου (checklists) (Friedrich 2014). Τέτοιες λίστες μπορεί να περιέχουν τον ακόλουθο εξοπλισμό ανά κατηγορία:

Καταδυτικός εξοπλισμός

- Δίπλωμα αντίστοιχης κατάδυσης εξειδίκευσης (specialty)
- Στολή κατάδυσης
- Ρυθμιστής αναπνοής (1ο και 2ο στάδιο)
- Ρυθμιστής πλευστότητας
- Υπολογιστής κατάδυσης / κονσόλα οργάνων (diving computer)
- Αρχείο καταγραφής καταδύσεων (Logbook)
- Βατραχοπέδιλα
- Επιπλέον λουράκια για βατραχοπέδιλα
- Μάσκα
- Επιπλέον λουράκι για μάσκα
- Αναπνευστήρας
- Κάλτσες νεοπρένιου ή/και μπότες
- Γάντια
- Πινακίδα γραφής
- Πυξίδα
- Σημαδούρα επιφανείας

Φωτογραφικός εξοπλισμός

- Σώμα φωτογραφικής μηχανής
- Δεύτερο σώμα φωτογραφικής μηχανής
- Μπαταρίες για τη φωτογραφική μηχανή
- Φακός macro
- Κανονικός φακός ζουμ
- Υπερευρυγώνιος φακός
- Ευρυγώνιος φακός
- Τηλεφακός

- Καλώδιο USB
- Κάρτες μνήμης
- Φορτιστής

Εξοπλισμός υποβρύχιας φωτογραφίας

- Υποβρύχιο προστατευτικό περίβλημα (housing)
- Μονάδα φλας και δεύτερη μονάδα φλας
- Φώτα εστίασης (focus light)
- Λουράκια ασφαλείας
- Μπαταρίες
- Διαχυτήρας φωτός (diffuser)
- Βραχίονες στήριξης φλας και παρελκόμενα συναρμογής τους
- Επίπεδο και θολωτό προστατευτικό περίβλημα φακών (flat port / dome port)
- Στεγανωτικό / μονωτικό υλικό, λιπαντικό
- Εργαλεία π.χ. κατσαβίδι, allen κλπ
- Εξάρτημα προσοφθάλμιου (Viewfinder)

Ηλεκτρονικά

- Ηλεκτρονικός υπολογιστής
- Εξωτερικού σκληροί δίσκοι
- Πανάκια καθαρισμού / πανάκια μικροϊνών
- Φορτιστής και καλώδια H/Y
- Card reader
- Κινητό τηλέφωνο
- Φορτιστής και καλώδια τηλεφώνου
- Μετασχηματιστής

4.11 Λίστα ελέγχου πριν την υποβρύχια φωτογράφιση

- Λίπανση δακτυλίων στεγανοποίησης
- Έλεγχος φόρτισης μπαταριών φωτογραφικής μηχανής και φλας
- Αφαίρεση καπακιού από τον φακό
- Τοποθέτηση δακτυλίου ζουμ στο φακό (αν ισχύει) και έλεγχος καλής λειτουργίας.

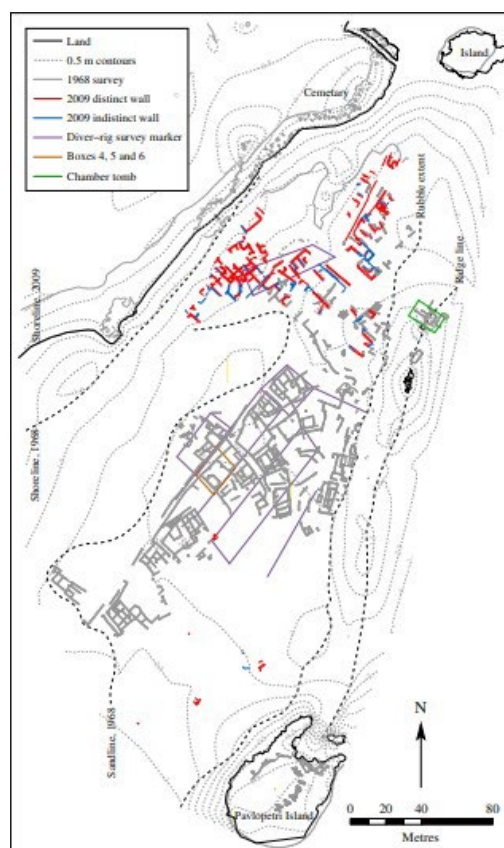
- Ρύθμιση φωτογραφικής μηχανής στο χειροκίνητο
- Έλεγχος χώρου και καλής λειτουργίας της κάρτας μνήμης
- Δοκιμαστική λήψη
- Έλεγχος καλής λειτουργίας των φλας
- Προγραμματισμός βασικών ρυθμίσεων έκθεσης
- Έλεγχος στεγανότητας περιβλήματος
- Απενεργοποίηση φωτογραφικής μηχανής και φλας
- Τοποθέτηση προστατευτικού καλύμματος για τις θύρες
- Αποθήκευση του εξοπλισμού σε ασφαλές μέρος μακριά από το άμεσο ηλιακό φως

5. Επιλεγμένες Φωτογραφικές Τεκμηριώσεις Υποβρύχιων Αρχαιολογικών Μνημείων Μέσω Ρομποτικών Συστημάτων

Στην παρακάτω ενότητα παρατίθεται μία σειρά ενάλιων αρχαιολογικών ευρημάτων, τα οποία, προκειμένου να τεκμηριωθούν φωτογραφικά, έχει χρησιμοποιηθεί η πιο σύγχρονη για την εποχή της μορφή μέσω φωτογραφικής τεκμηρίωσης. Τα μνημεία αυτά έχουν φωτογραφηθεί μέσω ρομποτικών συστημάτων τα οποία, όπως αναφέρεται στα παραδείγματα, μπορούν να καλύψουν, από πολύ μικρά βάθη έως πολύ μεγάλα, να συλλέξουν αντικείμενα και να τα ανακτήσουν στην επιφάνεια της θάλασσας, εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την ασφάλεια του δύτε-φωτογράφου. Παρατίθενται όσα περισσότερα στοιχεία βρέθηκαν σχετικά με τις εξορμήσεις αυτές.

5.1 Παυλοπέτρι, η υποβρύχια πόλη της εποχής του Χαλκού στη Λακωνία

Το μνημείο βρίσκεται στη θάλασσα, έξω από τη χερσόνησο Μαλέα και απέναντι από το νησί της Ελαφονήσου στην περιοχή Βιγκλαφίων Νεάπολης Βοιών. Το όνομα του πάρθηκε από το μικρό νησί Παυλοπέτρι, που απέχει περίπου 200 μέτρα από την ακτή. Τα κατάλοιπα καλύπτουν έκταση περίπου 50.000 τετραγωνικών μέτρων, αλλά η αρχική έκταση του οικισμού ήταν ακόμη μεγαλύτερη (Εικ.15). Η χρονολόγηση των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών και των επιφανειακών ευρημάτων όπως και των κεραμικών υποδηλώνουν ότι κατοικήθηκε τουλάχιστον από την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού περίπου το 3000 π.Χ έως και το τέλος της Ύστερης Εποχής του Χαλκού περ. 1100 π.Χ. (Harding et al, 1960). Για την ανάδειξη του μνημείου συνεργάστηκε η Εφορεία Ενάλιων Αρχαιοτήτων, η Βρετανική Αρχαιολογική Σχολή και το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών. Η έρευνα ξεκίνησε το 1967



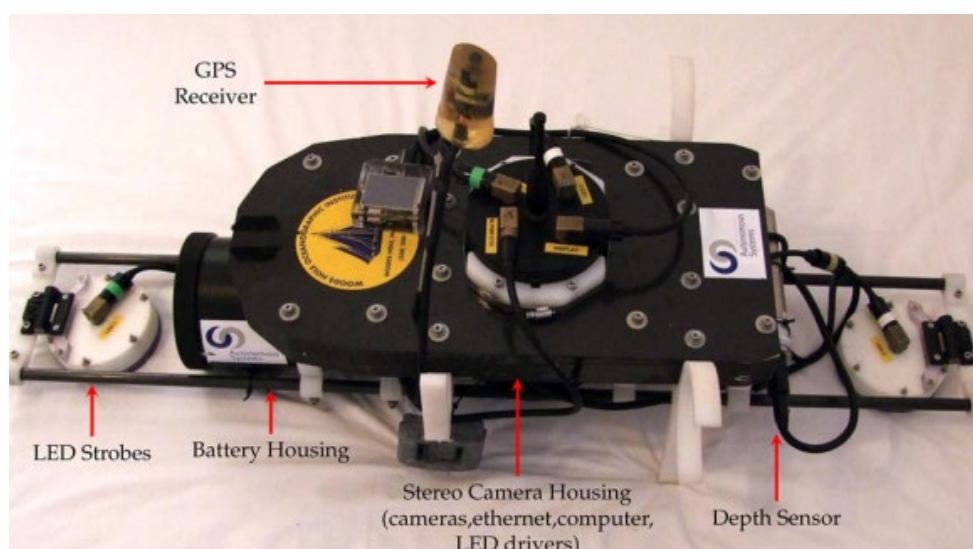
Εικόνα 15: Χαρτογράφηση του αρχαιολογικού χώρου Παυλοπέτρι

Πηγή: Henderson et al., 2011

από την Εφορεία Πελοποννήσου και τη Βρετανική Σχολή. Η έρευνα της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων ανέδειξε κτιριακά συγκροτήματα οικισμών και ταφικά μνημεία ενώ περισυλλέχθηκαν και κεραμικά της Γεωμετρικής, Κλασικής, Ελληνιστικής και Βυζαντινής Εποχής. Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην ψηφιακή αποτύπωση της θέσης του οικισμού και των ταφικών καταλοίπων. Επιπλέον, έγινε προσπάθεια προκειμένου να προσδιοριστούν οι θέσεις καθώς επίσης και να ανασυσταθεί ο τρόπος και ο χρόνος της βύθισης της περιοχής, αλλά και της αρχαίας ακτογραμμής. Με το τέλος των ερευνών στο Παυλοπέτρι, ολοκληρώθηκε η χαρτοσκόπηση και καταγραφή όλου του σημαντικού βυθισμένου οικισμού, που μέχρι τώρα παρέμενε άγνωστος.

5.1.1 Εξοπλισμός

Για την αποτύπωση του μνημείου, το Αυστραλιανό Κέντρο Ρομποτικού Πεδίου (ACFR), ανέπτυξε έναν μηχανισμό, ο οποίος συλλέγει πληροφορίες ψηφιακών δεδομένων εικόνας μέσω αισθητήρων. Ο μηχανισμός αυτός αναφέρεται ως «diver-rig» και αποτελείται από ένα σύνολο από κάμερες, φωτισμό, αισθητήρες, όργανα και πηγή ενέργειας που απαιτείται για τη λήψη εικόνων υψηλής ανάλυσης του βυθού (Εικ.16). Λεπτομέρειες για τον εξοπλισμό του παρατίθενται στον Πίνακα 9.



Εικόνα 16: Ο ρομποτικός μηχανισμός «Diver Rig»

Πηγή: Johnson-Roberson et al., 2016

Ο πυρήνας του συστήματος αποτελείται από δύο εξαιρετικά ευαίσθητα ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ρυθμισμένες ως στερεοσκοπικό ζεύγος με κατεύθυνση προς τα κάτω. Το στερεοσκοπικό ζεύγος φωτογραφικών μηχανών αποτελείται από μία έγχρωμη και μία με

κλίμακα του γκρι, την AVT Prosilica GC1380, που έχουν φακούς 8mm και παρέχουν οπτικό πεδίο 42 x 34 μοιρών στο νερό και ενεργοποιούνται ταυτόχρονα από ένα μικρο-χειριστήριο. Παρέχετε επίσης η δυνατότητα εκπομπής φωτός (LED) μέσω των στερεοσκοπικών καμερών μπροστά και πίσω, σε απόσταση 0,5m, γεγονός που δίνει την δυνατότητα να εκπέμπεται ένα συνεχόμενο εύρος φωτισμού.

Τα δευτερεύοντα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι ο αισθητήρας πίεσης (βάθους), το GPS (Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας) και το IMU⁵ (Μονάδα Μέτρησης Αδράνειας).

Πίνακας 9: Χαρακτηριστικά “Diver-Rig”

Απεικόνιση	
Κάμερα	Prosilica GC1350 12bit 1360×1024
Οπτικό πεδίο	42 μοίρες × 34 μοίρες
Stereo Baseline	7,5 cm μεταξύ των καμερών
Συμμετρικός διαχωρισμός	0,5 m μεταξύ της κάμερας και των φώτων
Πρόγραμμα οδήγησης LED	Gardasoft PP-520F Πρόγραμμα οδήγησης LED
Επεξεργασία	ADL945PC Core 2 Duo PC/104 Plus
Αποθηκευτικός χώρος	640 GB (περίπου 8 ώρες @ 4 Hz)
Εξωτερικά εξαρτήματα	
Φωτισμός	Δύο συστοιχίες LED 12000 Lumen, 4 ms στην ώρα
Κεραία ACFR	GPS

Χρησιμοποιείται ένας σχεδιασμός που αποτελείται από επιμέρους τμήματα, όπου τα φωτογραφικά στοιχεία διαχωρίζονται από το ισχυρό υποσύστημα και τα δευτερεύοντα εργαλεία. Με αυτόν τον σχεδιασμό επιτρέπεται στη κάμερα να τροφοδοτείται από διαφορετικές πηγές, όπως ένα ROV, AUV ή πηγή που προέρχεται από τη στεριά κατά την εκτέλεση δοκιμών ή βαθμονόμησης. Οι δύο αυτές μονάδες συνδέονται μέσω Ethernet,

⁵ IMU: Ηλεκτρονική συσκευή που μετρά και αναφέρει τη συγκεκριμένη δύναμη, τον γωνιακό ρυθμό και μερικές φορές τον προσανατολισμό του σώματος, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό επιταχυνσιόμετρων, γυροσκοπία και μερικές φορές μαγνητόμετρα. Οι πρόσφατες εξελίξεις επιτρέπουν την παραγωγή συσκευών GPS με δυνατότητα IMU. Ένα IMU επιτρέπει σε έναν δέκτη GPS να λειτουργεί όταν τα σήματα GPS δεν είναι διαθέσιμα, όπως σε σήραγγες, μέσα σε κτίρια ή όταν υπάρχουν ηλεκτρονικές παρεμβολές)

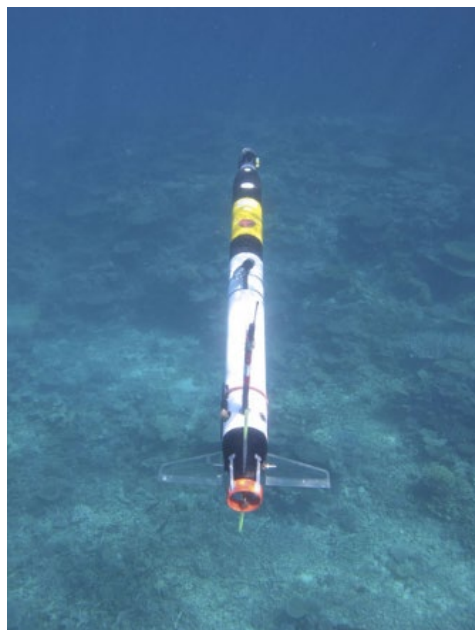
επιτρέποντας όλα τα δεδομένα που προκύπτουν να καταγράφονται στη μονάδα μνήμης της κάμερας.

Ως συμπλήρωμα της έρευνας και του «Diver-Rig», αναπτύχθηκε άλλο ένα AUV τορπιλοειδές σύστημα, το OceanServer Technology Iver2 (Εικ.17,18). Οι λεπτομέρειές του παρατίθενται στον Πίνακα 10. Η χρήση ενός AUV αυξάνει σημαντικά την κάλυψη της περιοχής που ερευνήθηκε. Η χαρτογράφηση της αρχαίας πόλης του Παυλοπέτρι χρειάστηκε λιγότερο από 24 ώρες.



Εικόνα 17: Σύστημα OceanServer Technology Iver2

Πηγή: High-Resolution Underwater Robotic Vision-Based Mapping and Three-Dimensional Reconstruction for Archaeology



Εικόνα 18: Σύστημα OceanServer Technology Iver2

Πηγή: High-Resolution Underwater Robotic Vision-Based Mapping and Three-Dimensional Reconstruction for Archaeology

Πίνακας 10: Ιδιότητες “ OceanServer Technology Iver2”

Απεικόνιση	
Κάμερα	Prosilica GC1350 12bit 1360×1024 Στερεοφωνικό ζεύγος CCD
Οπτικό πεδίο	42 μοίρες × 34 μοίρες (down-looking)
Stereo Baseline	9,0 cm μεταξύ των καμερών
Συμμετρικός διαχωρισμός	0,5 m μπροστά και 1,2 m μεταξύ της κάμερας και των φώτων
Πρόγραμμα οδήγησης LED	ACFR LED driver
Επεξεργασία	ADL945PC Core 2 Duo PC/104 Plus

Αποθηκευτικός χώρος	640 GB (8 ώρες τυπικά @ 4 Hz)
Εξωτερικά εξαρτήματα	
Φωτισμός	Δύο συστοιχίες LED 12000 Lumen

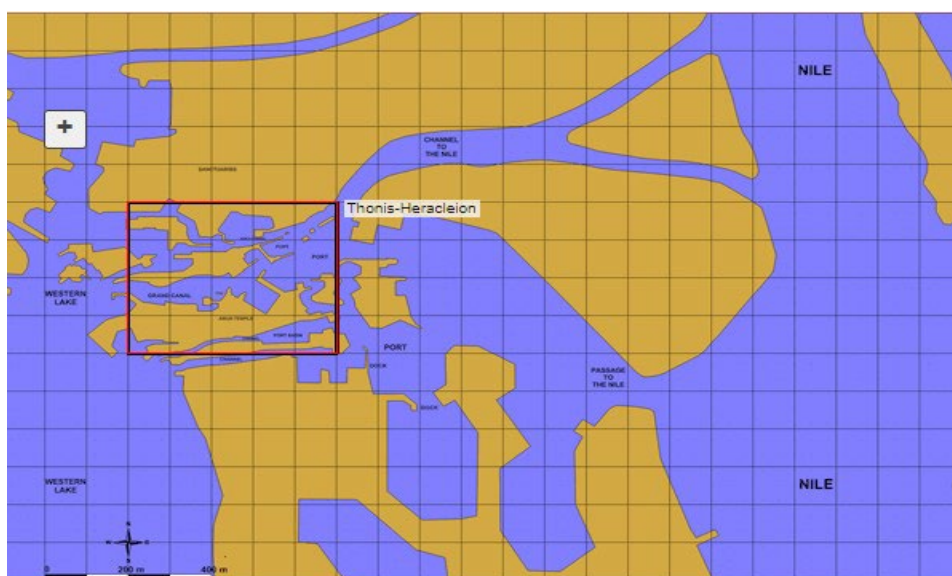
5.2 Το βυθισμένο λιμάνι στην αρχαία πόλη Ηράκλειο ή Θώνις, Αίγυπτος

Τα φορτηγά πλοία των Αιγυπτίων είναι καμωμένα από ακακία, η οποία στη μορφή μοιάζει πολύ με τον κυρηναικό λωτό και το δάκρυ της είναι κόμμι· απ' αυτή την ακακία λοιπόν κόβουν τα ξύλα ίσαμε δύο πήγες και τα ταιριάζουν όπως τις πλίθες και κατασκευάζουν το πλοίο ως εξής: τα δίπηχα ξύλα τα στερεώνουν σε πυκνούς και μακριούς πασσάλους και αφού κατασκευάσουν έτσι το πλοίο, στρώνουν από πάνω ξύλα τραβέρο. Κυρτά ξύλα δεν χρησιμοποιούν καθόλου· τους αρμούς τους καλαφατίζουν από μέσα με πάπυρο. Πηδάλιο φτιάχνουν ένα, που περνάει μέσα από την καρίνα.

Χρησιμοποιούν κατάρτι από ακακία, πανιά από πάπυρο.

Ευτέρπη, Κεφάλαιο 96. Ηρόδοτος

Όταν ο Ηρόδοτος πήγε στην Αίγυπτο τον 5ο αιώνα π.Χ., έφτασε στην πόλη Θώνις – Ηράκλειο. Σε αυτό τον τόπο είδε ένα είδος πλοίου και πήγε σε ένα ναυπηγείο για να δει από κοντά και να περιγράψει πως κατασκευαζόταν. Το παραπάνω κείμενο αποτελεί την πρώτη πηγή που αποδεικνύει την ανθρώπινη ύπαρξη στην περιοχή. Παρόλα αυτά οι μελετητές του Ηροδότου ισχυρίστηκαν πως η κατασκευή ενός τέτοιου πλοίου, με τέτοιο τρόπο, δεν είναι δυνατή και έτσι ξεκίνησε η αντιπαράθεση για την ανακρίβεια των λεγομένων του. Τέσσερις αιώνες μετά την επίσκεψη του Ηροδότου στην Αίγυπτο, ο γεωγράφος Στράβων παρατήρησε ότι η πόλη του Ηρακλείου, που διέθετε τον ναό του Ηρακλή, βρίσκεται ευθεία στα ανατολικά του Κανώπου στις εκβολές του Κανωπικού, παρακλάδι του ποταμού Νείλου (Εικ.19-20). Έτσι,



Εικόνα 19: Χαρτογράφηση της βυθισμένης πόλης Θώνις-Ηράκλειο

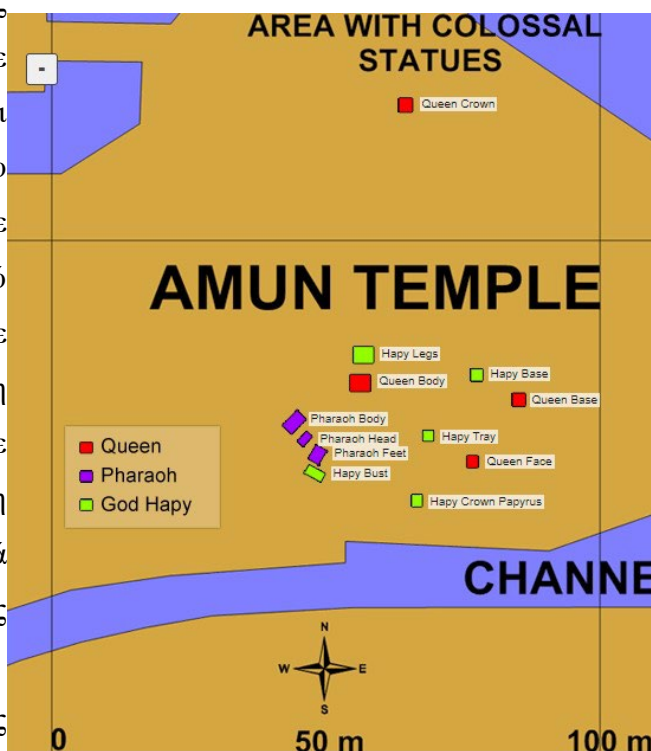
Πηγή: KW, n.d.

και ενώ η πόλη είχε σχεδόν διαγραφεί από την ανθρώπινη μνήμη, τα ίχνη της βρέθηκαν και οι πηγές που προερχόντουσαν από τον Ηρόδοτο ήταν απόλυτα ακριβείς.

Πριν από την ίδρυση της Αλεξάνδρειας το 331 π.Χ., η πόλη γνώριζε ένδοξες εποχές ως υποχρεωτικό λιμάνι εισόδου στην Αίγυπτο για όλα τα πλοία που προέρχονται από τον ελληνικό κόσμο. Είχε επίσης θρησκευτική σημασία λόγω του ναού του Άμωνα, που έπαιζε σημαντικό ρόλο σε τελετουργίες που συνδέονταν με τη συνέχεια της δυναστείας. Η πόλη ιδρύθηκε πιθανώς γύρω στον 8ο αιώνα π.Χ., υπέστη διάφορες φυσικές καταστροφές και τελικά βυθίστηκε εξ ολοκλήρου στα βάθη της Μεσογείου τον 8ο αιώνα μ.Χ.

Μερικές από τις πιο συναρπαστικές υποβρύχιες αρχαιολογίες βρίσκονται στη Μεσόγειο και το Θώνις-Ηράκλειο δεν αποτελεί εξαίρεση. Η σημαντικότερη απόπειρα ανακάλυψης της αρχαίας πόλης ήρθε το 2000 από τον Frank Goddio.

Τα αντικείμενα που ανακτήθηκαν από τις ανασκαφές απεικονίζουν την ομορφιά και τη δόξα των πόλεων, τη μεγαλοπρέπεια των μεγαλοπρεπών ναών τους και την αφθονία των ιστορικών στοιχείων: κολοσσιαία αγάλματα, επιγραφές και αρχιτεκτονικά στοιχεία, κοσμήματα και νομίσματα, τελετουργικά αντικείμενα και κεραμικά. Τα στοιχεία ενός πολιτισμού που κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας παραμένουν παγωμένα στο χρόνο. Βρέθηκαν σημαντικές πληροφορίες για τα αρχαία ορόσημα του Θώνη-Ηρακλείου, όπως ο μεγάλος ναός του Αμούν και του γιου του Khonsou (Ηρακλής για τους Έλληνες), τα λιμάνια που κάποτε έλεγχαν όλο το εμπόριο στην Αίγυπτο, και την καθημερινότητα των κατοίκων της. Έχει επίσης λύσει ένα ιστορικό αίνιγμα που έχει προβληματίσει τους Αιγυπτιολόγους όλα αυτά τα χρόνια: το αρχαιολογικό υλικό αποκάλυψε ότι το Ηράκλειο και η Θώνις ήταν στην πραγματικότητα μία και η αυτή πόλη με δύο ονόματα. Ηράκλειο είναι το όνομα της πόλης για τους Έλληνες και Θώνις για τους Αιγύπτιους. Από τότε, έχουν καταβληθεί τεράστιες προσπάθειες για την ανάκτηση σημαντικών αντικειμένων που μπορούν να μας αναδείξουν



Εικόνα 20: Χαρτογράφηση της βυθισμένης πόλης Θώνης-Ηράκλειο και τα σημαντικότερα ευρήματα

Πηγή: KW, n.d.

ιδιαίτερες πληροφορίες για το εμπόριο μεταξύ της Αιγύπτου και της υπόλοιπης Μεσογείου.
(Εικ.21,22)



Εικόνα 21: Ένα κολοσσιαίο άγαλμα από κόκκινο γρανίτη (5,4 μ.), που αντιπροσωπεύει τον θεό Χάπι, θεό της πλημμύρας του Νείλου και σύμβολο της αφθονίας και της γονιμότητας που διακοσμεί το ναό του Ηρακλείου.

Πηγή: KW, n.d.



Εικόνα 22: Ο Franck Goddio με την ακέραια εγχάρακτη στήλη Thonis-Heracleion ύψους 1,90 μ., παραγγελία του Nectanebo I (378-362 π.Χ.)

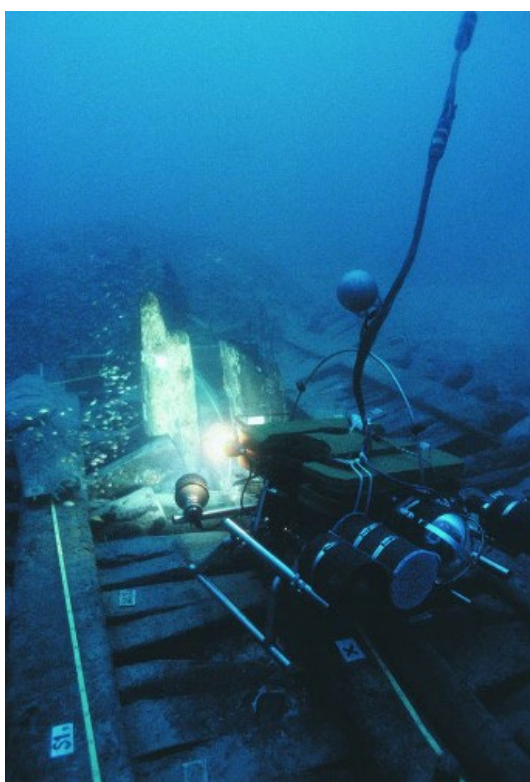
Πηγή: KW, n.d.

Η ποσότητα και η ποιότητα του αρχαιολογικού υλικού που ανασκάφηκε από τη θέση Θώνις-Ηρακλείου δείχνουν ότι η πόλη αυτή γνώρισε μια εποχή ακμής από τον 6ο έως τον 4ο αιώνα π.Χ. Αυτό φαίνεται εύκολα στη μεγάλη ποσότητα νομισμάτων και κεραμικών που χρονολογούνται σε αυτήν την περίοδο. Το λιμάνι Θώνις-Ηρακλείου διέθετε πολυάριθμες μεγάλες λεκάνες και λειτουργούσε ως κόμβος διεθνούς εμπορίου. Η έντονη δραστηριότητα στο λιμάνι ευνόησε την ευημερία της πόλης. Βρέθηκαν περισσότερες από επτακόσιες ανακαλυφθείσες αρχαίες άγκυρες διαφόρων μορφών και 79 ναυάγια που χρονολογούνται από τον 6ο έως το 2ο αιώνα π.Χ.

5.2.1 Εξοπλισμός

Η υποβρύχια φωτογραφική τεκμηρίωση του μνημείου έγινε με τα οχήματα τηλεχειρισμού (ROV) που είναι εξοπλισμένα με κάμερες και είναι σε θέση να εκτελούν έρευνες σε βαθιά νερά. Μπορεί κανείς να παρακολουθήσει την εξερεύνηση του ρομπότ σε πραγματικό χρόνο μπροστά από οθόνες.

Τα μικρά υποβρύχια Jules και Jim (Εικ. 23, 24), τα οποία σχεδιάστηκαν για έρευνα σε μεγάλα βάθη, χρησιμοποιήθηκαν από τον Franck Goddio για ανασκαφές. Με δυνατότητα κατάδυσης σε βάθος 1.000 μέτρων και μεταφοράς ενός επιβάτη και ενός πιλότου, ήταν εξοπλισμένα με κάμερα και ισχυρούς προβολείς. Τα Deep Rovers (Εικ. 25) ήταν εξοπλισμένα με πολυλειτουργικούς αρθρωτούς ρομποτικούς βραχίονες με τσιμπίδα στη μία πλευρά και βεντούζα από την άλλη, που επέτρεπε τη λεπτή λήψη αντικειμένων. Το πλαστικό περίβλημα μέσα στο οποίο ταξιδεύουν οι επιβάτες μπορεί να αντέχει την πίεση της θάλασσας και επιτρέπει μια πανοραμική θέα 320°. Κάθε κατάδυση μπορούσε να διαρκέσει έως και 8 ώρες.



Εικόνα 23: Υποβρύχιο όχημα (ROV)

Πηγή: KW, n.d.



Εικόνα 24: Υποβρύχιο όχημα (ROV)

Πηγή: KW, n.d.



Εικόνα 25: Υποβρύχιο όχημα « Deep Rover»

Πηγή: KW, n.d.

5.3 Τιτανικός

Ο Τιτανικός ήταν ένα επιβατηγό και ταχυδρομικό πλοίο το οποίο κατά τη Χρυσή Εποχή (Gilded Age) σχεδιάστηκε προκειμένου να εκπληρώσει τις νέες ανάγκες της εποχής: την ευημερία, την εμπιστοσύνη και την ευπρέπεια. Τα στοιχεία αυτά στην επιχείρηση της υπερατλαντικής ατμοπλοΐας μεταφράζονταν σε μέγεθος, ταχύτητα και άνεση. Ο Τιτανικός αποτέλεσε το μεγαλύτερο κινητό αντικείμενο που κατασκευάστηκε ποτέ από τον άνθρωπο και χαρακτηρίστηκε από τον τύπο ως το «αβύθιστο» πλοίο. Η τραγική ιστορία του έχει γίνει γνωστή λόγω της σύγκρουσης του με παγόβουνο κατά το παρθενικό του ταξίδι από το Σαουθάμπτον της Αγγλίας προς τη Νέα Υόρκη, στις 14 Απριλίου 1912. Το πλοίο μετέφερε περισσότερους από 2.200 επιβάτες και πλήρωμα. Ως αποτέλεσμα της σύγκρουσης, το πλοίο βυθίστηκε τις πρώτες πρωινές ώρες της 15ης Απριλίου, παίρνοντας μαζί του πάνω από 1.500 άτομα, καθιστώντας το μια από τις πιο θανατηφόρες θαλάσσιες καταστροφές εν καιρώ ειρήνης στην ιστορία.



Εικόνα 26: Η πλώρη του Τιτανικού

Πηγή: National Geographic, 2012

Ο Τιτανικός αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση στον βυθό της θάλασσας. Το ναυάγιο τοποθετείται πάνω από δύο μίλια κάτω από το νερό σε χαμηλές θερμοκρασίες που έχουν διατηρήσει πολλά από τα ανόργανα αντικείμενα. Ο Τιτανικός μετά τη σύγκρουση του με το παγόβουνο και κατά τη διάρκεια της βύθισης του, έσπασε σε δύο μεγάλα κομμάτια. Και τα δύο κομμάτια είναι άθικτα, αλλά τα συντρίμμια από τη διάσπαση έχουν δημιουργήσει ένα εκτεταμένο πεδίο συντριμμίων. Στις Εικόνες 26-29, παρουσιάζεται μία σειρά φωτογραφιών της όψης και του εσωτερικού του Τιτανικού.



Εικόνα 27: Πριν και μετά φωτογραφίες του εσωτερικού του Τιτανικού

Πηγή: National Geographic, 2012



Εικόνα 28: Πριν και μετά φωτογραφίες του εσωτερικού του Τιτανικού

Πηγή: National Geographic, 2012



Εικόνα 29: Πριν και μετά φωτογραφίες του εσωτερικού του Τιτανικού

Πηγή: National Geographic, 2012

Την 1η Σεπτεμβρίου του 1985, μέσω μιας κοινής αποστολής, η Αμερική συνεργάζεται με τη Γαλλία και ανακαλύπτεται το ναυάγιο του Τιτανικού 340 ναυτικά περίπου μίλια μακριά από τις ακτές της Νέας Γης (Καναδάς) και 3.800 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Επικεφαλής των ομάδων ήταν από την πλευρά των Αμερικάνων ο Robert D. Ballard, ωκεανογράφος και πρώην αξιωματικός του ναυτικού και από την πλευρά των Γάλλων ο Jean-Luis Michel από το IFEMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer). Η ανακάλυψη έγινε με τη ρυμούλκηση του ρομπότ Argo από το επιβατηγό σκάφος, σε βάθος 3.800 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Η αποστολή ανακάλυψε ότι το τμήμα της πρύμνης ήταν περίπου 600 μέτρα μακριά από το τμήμα της πλώρης και δεν βυθίστηκε άθικτο στον πυθμένα, όπως πίστευαν προηγουμένως. Αμέσως μετά την ανακάλυψη του ναυαγίου κινήθηκαν όλες οι απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου να προστατευτεί τόσο το πλοίο όσο και όλα τα αντικείμενα τα οποία πήρε μαζί του ο Τιτανικός.

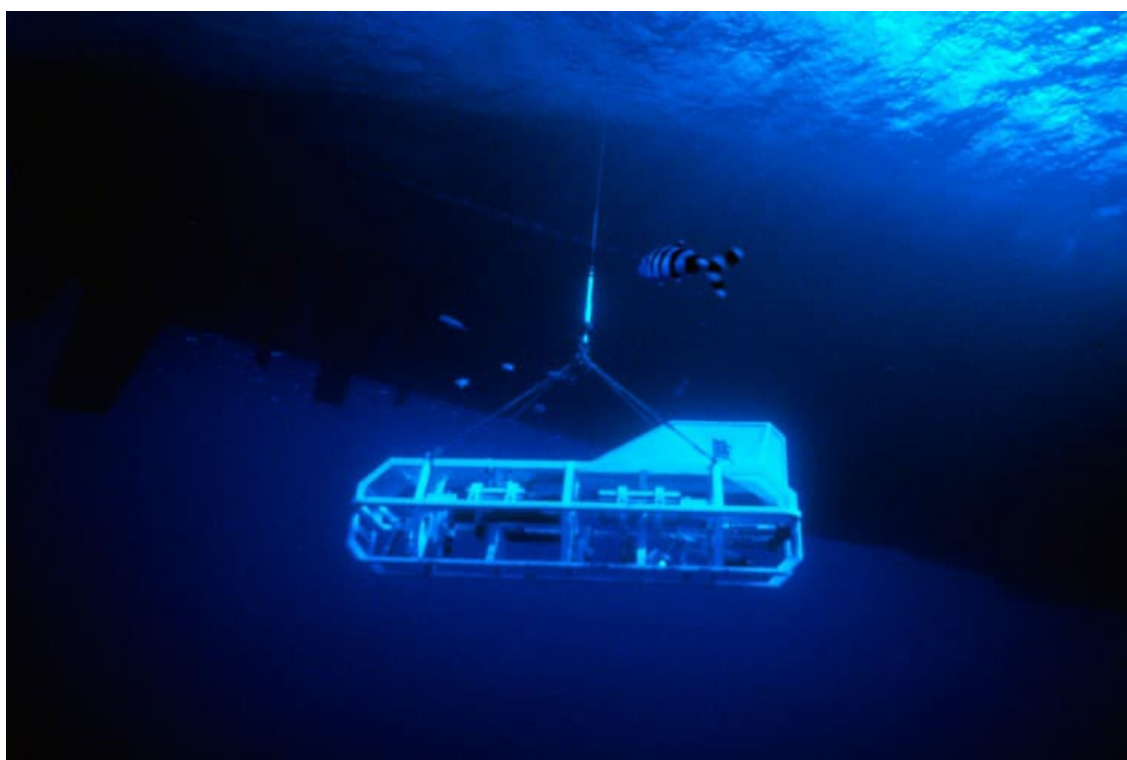
Το 1986 ο Ballard και η ομάδα του γύρισαν ξανά με το υποβρύχιο «Alvin» του Πολεμικού Ναυτικού, το οποίο ήταν ικανό να μεταφέρει τρία άτομα σε βάθη μέχρι και 4.000 μέτρων. Ο Ballard χρησιμοποίησε το υποβρύχιο προκειμένου να τροφοδοτεί και να καθοδηγεί το «Jason Junior», ένα μικρό τηλεχειριζόμενο όχημα. Στο ROV εστίασε την προσοχή του στην τοποθέτηση μέσω βιντεοσκόπησης και φωτογράφισης σε συνδυασμό με φώτα υψηλής έντασης προκειμένου να αποτυπωθούν και να φωτογραφηθούν χιλιάδες αντικείμενα που κείτονταν μέσα στο πεδίο των συντριμμιών.

Παρόλα αυτά για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία και επέτρεψαν τη μετάδοση τεράστιων ποσοτήτων έγχρωμων εικόνων, αλλά και άλλων δεδομένων στον πυθμένα της θάλασσα.

5.3.1 Argo

Το Argo (Εικ.30), το 1985 αντιπροσώπευε μια νέα γενιά οχημάτων εξερεύνησης, ένα σύστημα αποτελούμενο από τηλεοπτικές κάμερες και σύστημα εντοπισμού ήχου sonar. Αναπτύχθηκε στο Ωκεανογραφικό Ίδρυμα Woods Hole (WHOI) με πόρους που παρέχονταν από το Γραφείο Ναυτικής Έρευνας, ως μέρος ενός συστήματος αποτελούμενο από δύο οχήματα, Argo/Jason για την έρευνα του βυθού του ωκεανού. Έχει ενσωματωμένες μία σειρά από κάμερες που κοιτούν προς τα εμπρός και προς τα κάτω, στροβοσκόπια και φωτιστικές πηγές πυρακτώσεως.

Οχήματα σχεδιασμένα να ρυμουλκούνται από ένα δεύτερο σκάφος μπορούν να λειτουργούν 24ώρες το 24ωρο. Με αυτή την προϋπόθεση μπορούν να κάνουν την βασική αναγνωριστική έρευνα που θα έκαναν άλλα οχήματα ή άνθρωποι σε αντίστοιχες υποβρύχιες εξερευνήσεις. Έχουν την ικανότητα λειτουργίας σε ανώμαλες επιφάνειες, σε μεγάλα βάθη (έως 6.000 μέτρων) που του δίνουν πρόσβαση στο 98% του βυθού του ωκεανού.



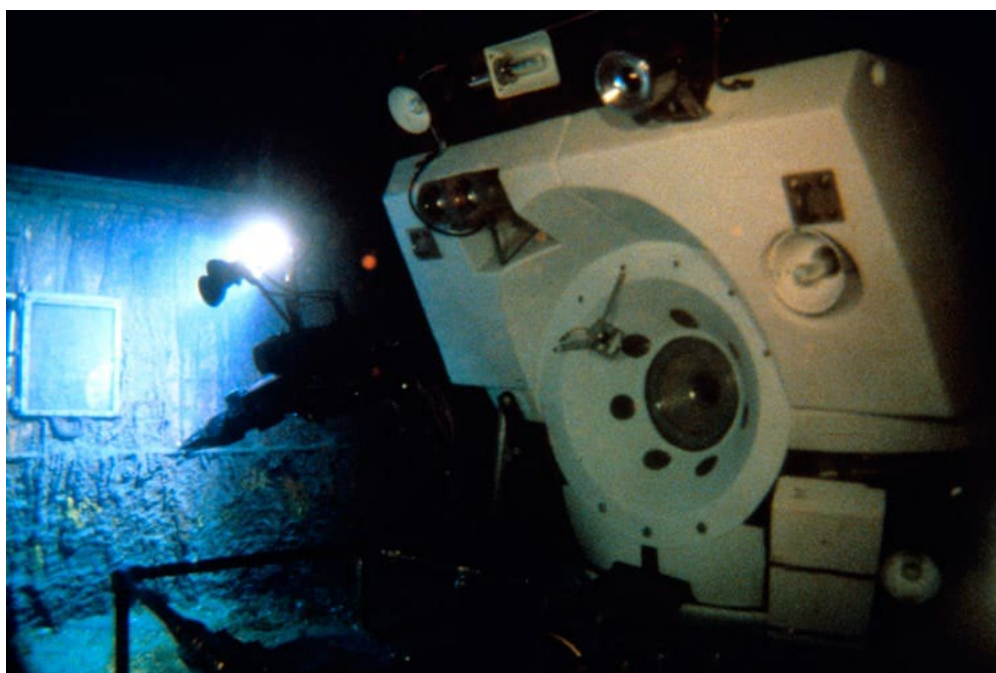
Εικόνα 30: Argo, το σύστημα τηλεοπτικών καμερών και σόναρ που βοήθησαν στην εύρεση του Τιτανικού

Πηγή: <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/underwater-archaeology/rms-titanic/ships-technology-used-during-the-titanic-expeditions/>

5.3.2 HOV (Human Occupied Vehicle) Alvin

Το HOV Alvin (Εικ.31), αναπτύχθηκε από το Ωκεανογραφικό Ίδρυμα Woods Hole (WHOI) και το ονόμαζαν Deep Submergence Vehicle (DSV) Alvin. Αποτελεί ένα όχημα όπου διαθέτει θέσεις για δύο επιστήμονες και έναν πιλότο στο εσωτερικό του σε μία τυπική οχτάωρη κατάδυση και βάθους έως και 4.500 μέτρα (14.767 πόδια). Το μέγιστο αυτό βάθος το διανύει σε 2 ώρες.

Είναι σχεδιασμένο να αιωρείται, να ελίσσεται σε ανώμαλη τοπογραφία ή ακόμα και να κάθεται στον πυθμένα της θάλασσας. Συνήθως, διαθέτει στο εξωτερικό του τέσσερις βιντεοκάμερες και φέρει ειδικά φώτα για να φωτίσει τον βυθό. Ιδιαίτερο σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του οχήματος είναι ότι διαθέτει δύο υδραυλικούς ρομποτικούς βραχίονες όπου μπορεί να πραγματοποιήσει δειγματοληψίες ή πειράματα. Στο μπροστινό μέρος του διαθέτει επίσης ένα καλάθι μέσα στο οποίο μπορούν να τοποθετηθούν δείγματα, επιστημονικός εξοπλισμός κ.α. έως και περίπου 450 κιλά.



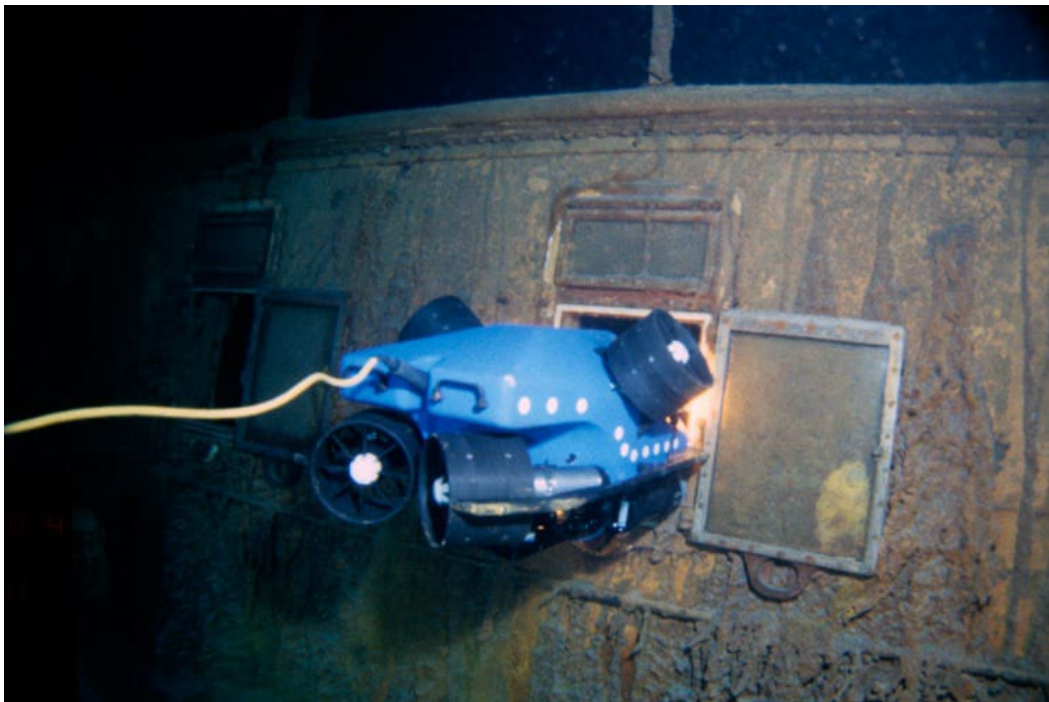
Εικόνα 31: HOV Alvin. Ερευνώντας το βυθισμένο υπερωκεάνιο Τιτανικό το 1986

Πηγή: <https://www.who.edu/know-your-ocean/ocean-topics/underwater-archaeology/rms-titanic/ships-technology-used-during-the-titanic-expeditions/>.

5.3.3 Jason Junior

Το Jason Junior ή JJ (Εικ.32) ήταν ένα μικρό τηλεχειριζόμενο όχημα (ROV) που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από το Ωκεανογραφικό Ίδρυμα Woods Hole (WHOI). Αποτέλεσε το πρωτότυπο όχημα για τη μεταγενέστερη έκδοση του, το Jason, το οποίο ήταν μεγαλύτερο και

πιο ικανό ROV. Ιδιαίτερο πλεονέκτημά του αποτελεί το μέγεθος του. Χάρη στο μέγεθός του οι επιστήμονες κατάφεραν να εξερευνήσουν σημεία του Τιτανικού που δεν χωρούσε το όχημα Alvin και τράβηξαν κάποιες εκπληκτικές φωτογραφίες. Το JJ ήταν συνδεδεμένο με το όχημα Alvin μέσω ενός καλωδίου οπτικών ινών περίπου 90 μέτρων και ελεγχόταν εξ αποστάσεως από έναν χειριστή. Όταν το JJ δεν χρησιμοποιούταν βρισκόταν τοποθετημένο σε ένα μεταλλικό χώρο, στο μπροστινό μέρος του Alvin. Μεταγενέστερα, μετά την πρώτη ανακάλυψη του Τιτανικού, το πολυεθνικό έργο έφερε κοντά ένα ερευνητικό συνδυασμό βαθιάς κατάδυσης, ένα πολύ μεγάλο πλοίο και τους πιο ταλαντούχους ειδικούς στον υποβρύχιο φωτισμό και απεικόνιση. Τα σοβιετικά υποβρύχια Mir-1 και Mir-2 είναι ικανά να καταδύονται για εκτεταμένες περιόδους (έως και 20 ώρες) σε βάθος 6.000 μέτρων. Όσοι σχετίζονται με το έργο πιστεύουν ότι έχουν πάρει τις καλύτερες εικόνες που έγιναν ποτέ από το πλοίο του Τιτανικού.



Εικόνα 32: HOV Alvin. Ερευνώντας το βυθισμένο υπερωκεάνιο Τιτανικό το 1986.

Πηγή: <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/underwater-archaeology/rms-titanic/ships-technology-used-during-the-titanic-expeditions/>

Το υποβρύχιο Mir διαθέτει μία μονάδα μπαταρίας 100 KW. Η μπαταρία αυτή είναι αρκετά ισχυρή ώστε να παρέχει όλη την απαραίτητη ισχύ τόσο στο δευτερεύον φως όσο και στα φώτα HMI. Αποτελείται από ένα ζευγάρι ρομποτικών ειδικευμένων χειριστών, καλά τοποθετημένο ενισχυμένα στηρίγματα για την στερέωση εξοπλισμού. Όλες οι παραπάνω μοναδικές λειτουργίες καθιστούν το υποβρύχιο Mir, ως ένα λειτουργικά εξαιρετικό μηχανισμό.

Η χρήση δύο υποβρυχίων επέτρεψαν μοναδικές ευκαιρίες, όπως οι ρυθμίσεις φωτισμού με οπίσθιο φωτισμό και κλιμακωτών φωτισμών. Σύμφωνα με τον φωτογράφο του IMAX, Ralph White «το δεύτερο υποβρύχιο σε περίπτωση προβλήματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ρυμουλκό.

Τα δύο υποβρύχια πραγματοποιούσαν την εξής διαδρομή: συναντιόντουσαν στην πλήρη του βυθισμένου πλοίου, του Τιτανικού, στη συνέχεια χωρίζονταν προκειμένου να τραβήξουν συγκεκριμένα και προγραμματισμένα πλάνα και τέλος ξανασυναντιόντουσαν για κοινά πλάνα. Η χαρτογράφηση της εκάστοτε περιοχής προετοιμαζόταν και συζητιόταν προσεκτικά πριν από κάθε προγραμματισμένη κατάδυση.

5.3.4 Φωτιστικές πηγές

Οι νέες τεχνολογίες έκαναν τη διαφορά. Σύμφωνα με τον Kristof «κατά σειρά σπουδαιότητας, τα φώτα HMI υψηλής ισχύος ήταν τα πρώτα που έκαναν τη διαφορά και το δεύτερο ήταν η χρήση δύο υποβρυχίων. Ο συνδυασμός τους μας έδωσε τη δυνατότητα να απεικονίσουμε πολύ μεγάλες περιοχές».

Τα φώτα HMI είναι συμπαγείς πηγές φωτός υψηλής απόδοσης που παράγουν ένα φάσμα εκπομπής κοντά στο φως της ημέρας που διεισδύει πολύ περισσότερο στο θαλασσινό νερό από τα συμβατικά υποβρύχια φώτα. Το όνομα προέρχεται από το H (Hg) για τον υδράργυρο, το M για τα μέταλλα (το δυσπρόσιο, το θούλιο και το όλμιο) και το I για την ένωση αλογόνου (ιωδιούχο και βρωμιούχο).

Ένας λαμπτήρας 1.200 watt⁶ παράγει 110.000 lumens⁷ στην πηγή. Η διαφορά είναι σημαντική, αφού είναι έως και πέντε φορές πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως βολφραμίου-αλογόνου.

Τέσσερις λαμπτήρες HMI εγκαταστάθηκαν τόσο στο Mir-1 όσο και στο Mir-2. Τοποθετήθηκαν ανά ζεύγη σε δύο βραχίονες όπου σταύρωναν πάνω από το μπροστινό μέρος των υποβρυχίων.

Ο φωτογράφος Kristof είπε,

«είχα 20 φορές περισσότερο φωτισμό από ό,τι είχε ο Alvin το 1986».

6 Watt: μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής ισχύος

7 Lumen: μονάδα μέτρησης της ροής του φωτός

Ο Olsson πρόσθεσε, «αυτό που με εντυπωσίασε περισσότερο ως σχεδιαστή είναι ότι τοποθετήσαμε 250.000 Watt φωτός ισοδύναμου με αυτό της πυρακτώσεως σε αυτά τα δύο υποβρύχια με πρόθεση την αύξηση της ηλεκτρικής απόδοσης, την αλλαγή της θερμοκρασίας χρώματος και την υψηλή απόδοση ανακλαστήρων».

5.4 Το ναυάγιο των Αντικυθήρων

Το ναυάγιο των Αντικυθήρων χρονολογείται κατά το 60 π.Χ. έξω από τις βορειοανατολικές ακτές του μικρού νησιού Αίγιλα, στο πέρασμα μεταξύ Κρήτης και Πελοποννήσου (Εικ.33). Το εμπορικό πλοίο ήταν περίπου 40 μέτρων μήκους και μετέφερε εκτός από τους συνήθεις αμφορείς με κρασί και άλλα εμπορεύσιμα αγαθά, χάλκινα και μαρμάρινα αγάλματα αλλά και γυάλινα σκεύη. Τα χάλκινα αγάλματα που μεταφέρονταν ήταν κατασκευασμένα περίπου έναν ή και περισσότερο αιώνα νωρίτερα. Άλλα πολύτιμα αντικείμενα που βρέθηκαν ήταν νεότερα. Στο πλοίο επέβαινε επίσης και επιβάτες, με τουλάχιστον μία γυναίκα, στην οποία ανήκαν δύο ζεύγη κομψών χρυσών ενωτίων. (Christopoulou et al., 2012)



Εικόνα 33: Χάρτης που δείχνει τη θέση των Αντικυθήρων και το ναυάγιο στα ανοικτά της βορειοανατολικής ακτής τους

Πηγή: Alison Mackey/Discover/NASA

Το ναυάγιο ανακαλύφθηκε το 1900, βορειοανατολικής της ακτής του ελληνικού νησιού των Αντικυθήρων. Το ναυάγιο ανακαλύφθηκε από μια ομάδα σφουγγαράδων, οι οποίοι βουτούσαν με τη χρήση συστήματος εξαρτημένης κατάδυσης. Το μπρούντζινο σκάφανδρο και η ολόσωμη στεγανή στολή που φορούσαν τούς επέτρεπαν να λαμβάνουν αέρα από την επιφάνεια μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα και να μένουν κάτω από το νερό περισσότερη ώρα. Κατ' αυτό τον τρόπο μπορούσαν να φτάνουν σε μεγαλύτερα βάθη. Οι δύτες βρέθηκαν κατά τύχη στο σημείο όπου βρισκόταν το πλοίο, όταν σταματήσαν για λίγο στα Αντικύθηρα για να προφυλαχτούν από μια απρόσμενη κακοκαιρία. Τα δύο σκάφη που αποτελούσαν την ομάδα ήταν το κυρίως πλοίο *Ευτέρπη* μήκους 15 μέτρων, που μετέφερε τις προμήθειες και τα

αλιευμένα σφουγγάρια, και μια καταδυτική λέμβος, η *Καλλιόπη*, και τα δύο ιδιοκτησίας Φώτιου Λινδιακού, που έπλεαν με καπετάνιο τον κουνιάδο του Δημήτρη Κοντό, ο οποίος, εκτός από τα πληρώματα των δύο σκαφών, είχε μαζί του και οκτώ δύτες. Η ανακάλυψη έγινε από έναν δύτε, τον Ηλία Σταδιάτη, που είδε θραύσματα χάλκινων αγαλμάτων σε βάθος άνω των 60 μέτρων. Από τον βυθό ανασύρθηκε ένας χάλκινος βραχίονας ανδρός, φυσικού μεγέθους, ο οποίος αργότερα πιστοποιήθηκε ως τμήμα αγάλματος που έγινε γνωστό ως «φιλόσοφος». Ο Κοντός και οι άντρες του παρέδωσαν τον βραχίονα στις Αρχές και έκλεισαν συμφωνία με την κυβέρνηση να είναι αυτοί που θα ερευνήσουν το ναυάγιο. (Εικ.34) (Return to Antikythera, n.d.; McIntosh, 2021).



Εικόνα 34: Αριστερά: το λουτρό που φωτογραφήθηκε στο ωκεανογραφικό σκάφος Calypso. Δεξιά: Ο Albert Falco, ο Jacques-Yves Cousteau και ο Lazaros Kolonas παρουσιάζουν χάλκινα αγαλματίδια που βρέθηκαν στην εκστρατεία διάσωσης του 1976. Παρακάτω, πλάνα από την αποστολή 2019 του έργου Επιστροφή στα Αντικύθηρα

Πηγή: ΥΠΠΟ

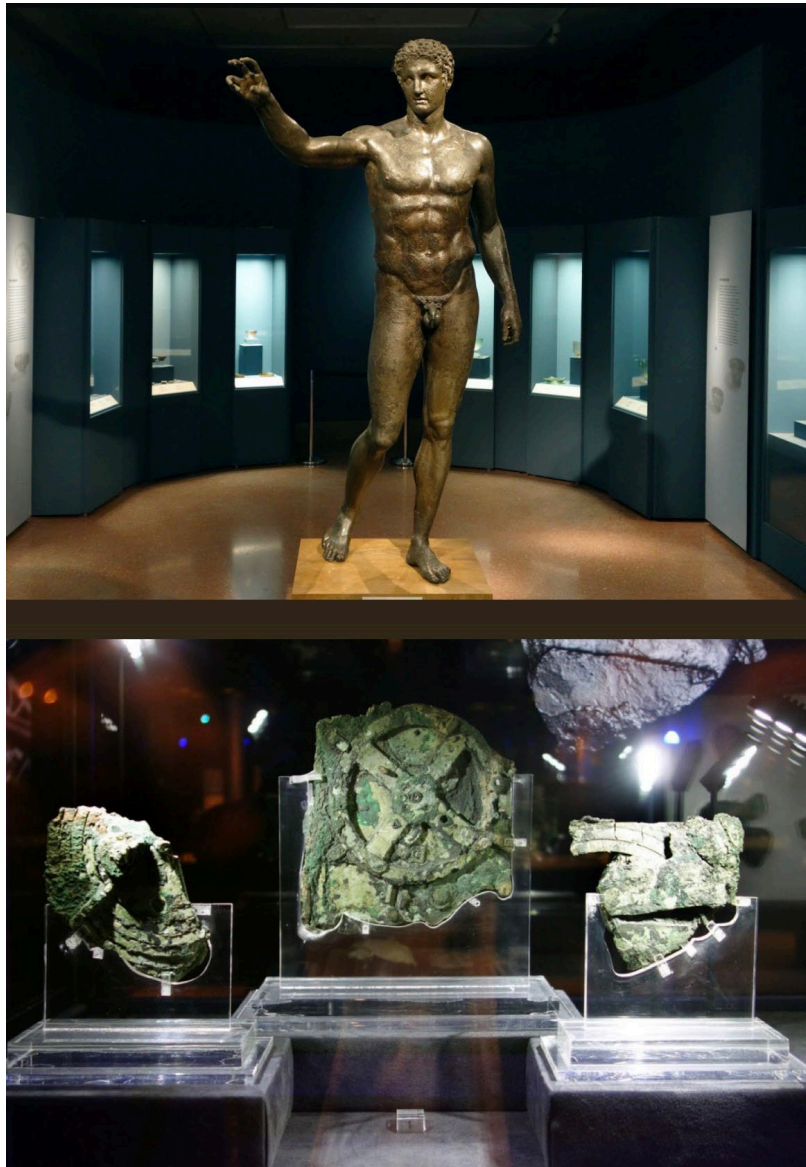
Διασκορπισμένα κατά μήκος του πυθμένα της θάλασσας, σε βάθος 42–52 μέτρων, ήταν τα υπολείμματα ξύλινης σανίδας από το κύτος ενός αρχαίου φορτηγού πλοίου και μια εντυπωσιακή σειρά αντικειμένων που δεν έφτασαν ποτέ στον προορισμό τους. Αυτή η ανακάλυψη, η οποία επέδρασε καταλυτικά στην ανάπτυξη του κλάδου της υποβρύχιας αρχαιολογίας, ήταν η πρώτη από μια σειρά αρχαίων ναυαγίων που εντοπίστηκαν στην Ανατολική Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα. Η ιστορική του σημασία είναι αναμφισβήτητη. (Leidwanger and Knappett, 2018)

Το πιο διάσημο εύρημα, που χρονολογείται περίπου στο 100 π.Χ., είναι ένας μηχανισμός (Εικ.35) που θεωρείται πλέον ως ο παλαιότερος αναλογικός υπολογιστής στον

κόσμο. Χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των αστρονομικών θέσεων, ο μηχανισμός μπορεί να βασίστηκε στο έργο του Αρχιμήδη. (Natural Sciences, 2009)

Τα περισσότερα από τα διασωθέντα τμήματα του πλοίου και το περιεχόμενό του ανακτήθηκαν σε δύο ξεχωριστές εκστρατείες: η πρώτη από Έλληνες και ξένους δύτες το 1900–1901, και η δεύτερη με την πρόσθετη ανάπτυξη ενός σωλήνα κενού που μεταφέρθηκε στο ερευνητικό σκάφος Calypso του Jacques-Yves Cousteau το 1976 (Εικ.36). Η εξέταση των ευρημάτων από εμπειρογνώμονες βελτίωσε τις γνώσεις μας για πολλές πτυχές του αρχαίου μεσογειακού κόσμου, από τις τεχνικές ναυπηγικής και το θαλάσσιο εμπόριο, στην τέχνη και άλλα εμπορεύματα στις ταραχώδεις τελευταίες δεκαετίες της ελληνιστικής περιόδου (323–31 π.Χ.).

Παρά τις ηράκλειες προσπάθειες, ένα άγνωστο ποσοστό του ναυαγίου εξακολουθεί να βρίσκεται στο βυθό της θάλασσας. Το 2014, ξεκίνησε μια τρίτη εκστρατεία εξερεύνησης με στόχο τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών για τη χαρτογράφηση της τοποθεσίας και τη διάσωση πρόσθετων τεχνουργημάτων από το βυθό. (McIntosh, 2021)



Εικόνα 36: Δύο από τα σημαντικότερα ευρήματα του ναυαγίου των Αντικυθήρων. Πάνω «Νέος των Αντικυθήρων», άγαλμα από μπρούτζο. Κάτω «η μηχανή των Αντικυθήρων»

Πηγή: <https://smarthistory.org/the-antikythera-shipwreck/>



Εικόνα 36: Ευρήματα από το ναυάγιο των Αντικυθήρων. Δεξιά άγαλμα «Γυμνός Νέος». Δεξιά μαρμάρινο γλυπτό που πιθανολογείται να απεικονίζει τον Ηρακλή

Πηγή: <https://smarthistory.org/the-antikythera-shipwreck/>

5.4.1 Η πρώτη προσπάθεια το 1900-1901

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο τρόπος με τον οποίο οι αρχικοί δύτες του ναυαγίου των Αντικυθήρων καταδύονταν, τους απέφερε παραπάνω χρόνο στην βυθό της θάλασσας αλλά μοιράζονταν μια στολή κατάδυσης με μολύβδινες μπότες και ένα ορειχάλκινο κράνος που τροφοδοτούσε αέρα μέσω ενός σωλήνα. Βάσει του εξοπλισμού που διέθεταν είναι άξιο απορίας πώς πραγματικά κατάφεραν να διασώσουν τόσα ευρήματα. (Return to Antikythera, n.d.; McIntosh, 2021).

«Παρά τη μεγάλη ικανότητα και την προσωπική γενναιότητα των δυτών, δύο άνδρες τραυματίστηκαν σοβαρά και ένας άλλος δύτες έχασε τη ζωή του», σύμφωνα με τα αρχεία της ερευνητικής ομάδας. «Μέχρι το τέλος της επιχείρησης, τον Σεπτέμβριο του 1901, μόνο πέντε άνδρες ήταν ακόμα ικανοί να βουτήξουν».

Το 1900, όταν ανακαλύφθηκε αρχικά το ναυάγιο των Αντικυθήρων από σφουγγαράδες, ο φωτογραφικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν υποτυπώδης σε σύγκριση με τα σύγχρονα πρότυπα. Η πρώτη υποβρύχια φωτογραφία βασιζόταν σε μεγάλες, δυσκίνητες κάμερες που στεγάζονταν σε στεγανά περιβλήματα, χρησιμοποιώντας αρνητικά από γυάλινες πλάκες επικαλυμμένα με ευαίσθητα στο φως χημικά για τη λήψη εικόνων. Αυτές οι κάμερες λειτουργούσαν χειροκίνητα, καθιστώντας τη διαδικασία δύσκολη και απαιτώντας προσεκτικό χειρισμό για να διασφαλιστεί ότι ο εξοπλισμός παρέμενε στεγανός και ότι οι πλάκες ήταν σωστά εκτεθειμένες. Συχνά, η φωτογράφιση γινόταν από την επιφάνεια χρησιμοποιώντας βάρκες ή πλατφόρμες, με δύτες να τακτοποιούν αντικείμενα για τεκμηρίωση. Επιπλέον, για να συμπληρώσουν τα φωτογραφικά αρχεία, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη τεκμηρίωση των ευρημάτων, χρησιμοποιήθηκαν λεπτομερείς απεικονίσεις και γραπτές περιγραφές από καλλιτέχνες και αρχαιολόγους. (Return to Antikythera, n.d.; McIntosh, 2021).

5.4.1 Η δεύτερη επιστροφή το 2005

Το 2005 ξεκινάει η συνεργασία της Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων, μετά από παρακίνηση της Κατερίνας Δελαπόρτα με τον Dr. Brendan Foley, όταν κάλεσε μια ομάδα από το WHOI (Woods Hole Oceanographic Institution) και το MIT (Massachusetts Institute of Technology) προκειμένου να ερευνήσουν ένα χώρο του 4ου αιώνα μ.Χ. Το πρώτο αυτό έργο ήταν η αφετηρία δημιουργίας μιας συστηματικής συνεργασίας με την Ελλάδα και την ομάδα του WHOI. Μέσα στις συνεργασίες που προέκυψαν, συμπεριλήφθηκε και η πρόσκληση για διερεύνηση του ναυαγίου στα Αντικύθηρα, μια σημαντική τοποθεσία για τους υποβρύχιους αρχαιολόγους. Παρά το βάθος και τα χαρακτηριστικά του, η ομάδα αποφάσισε να ανταποκριθεί στην πρόκληση και να το εξερευνήσει με τον παλιομοδίτικο τρόπο, μέσω της κατάδυσης, καθώς κανένα ρομπότ δεν ήταν κατάλληλο για την εργασία. (Return to Antikythera, n.d.; Tourtas et al., 2015).

Ενδεχόμενος εξοπλισμός:

Το 2005, η ομάδα από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole (WHOI) και οι συνεργάτες τους πιθανότατα χρησιμοποίησαν έναν συνδυασμό προηγμένου υποβρύχιου φωτογραφικού εξοπλισμού που ήταν διαθέσιμος εκείνη την εποχή.

- Ψηφιακές φωτογραφικές: μηχανές υψηλής ανάλυσης τοποθετημένες σε ειδικά αδιάβροχα περιβλήματα για να αντέχουν την πίεση. Οι δημοφιλείς επωνυμίες για την υποβρύχια αρχαιολογία εκείνη την εποχή περιλάμβαναν τη Nikon και την Canon, με εξειδικευμένα υποβρύχια περιβλήματα από εταιρείες όπως η Ikelite ή η Sea & Sea.
- Εξοπλισμός φωτισμού: Ισχυρά συστήματα υποβρύχιου φωτισμού ήταν απαραίτητα για να φωτιστεί το ναυάγιο σε τέτοια βάθη. Αυτά πιθανότατα περιλάμβαναν φώτα LED ή HID που τοποθετήθηκαν στις κάμερες ή μεταφέρονταν από τους δύτες για να εξασφαλίσουν καθαρές, καλά φωτισμένες φωτογραφίες.

(Tourtas et al., 2015)

5.4.2 Η τρίτη επιστροφή το 2012-2014

Παρά τον πλούτο και την ποικιλία των ανακαλύψεων στα Αντικύθηρα, η τοποθεσία του ναυαγίου παρέμεινε σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητη. Όπως έχει προαναφερθεί, η θέση και ο σχηματισμός του πυθμένα δυσκολεύει την εξερεύνηση του, αφού το βάθος είναι μεγάλο για τους αυτοδύτες, αλλά πολύ ρηχό για να χρησιμοποιηθεί ένα υποβρύχιο υπό ανθρώπινη χρήση ή ένα τηλεκατευθυνόμενο όχημα (ROV). Η τοποθεσία είναι επίσης κοντά σε απότομους υποβρύχιους βράχους και το ναυάγιο βρίσκεται σε μια γωνία που καθιστά δύσκολο για ένα αυτόνομο υποβρύχιο όχημα (AUV) για να ερευνήσει με σόναρ. (Tourtas et al., 2015)

Η έρευνα σε αυτόν τον χώρο απαιτούσε την ανάπτυξη και χρήση εξειδικευμένων τεχνικών και εξοπλισμού χωρίς προηγούμενο στον τομέα της θαλάσσιας αρχαιολογίας. Το 2012 και ξανά το 2014, μια ομάδα με επικεφαλής τον θαλάσσιο αρχαιολόγο της WHOI, Brendan Foley και τον Θεοτόκη Θεοδούλου από την Ελληνική Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων, εφάρμοσε σύγχρονα εργαλεία στο έργο της έρευνας και εξερεύνησης της τοποθεσίας και του εγγύς θαλάσσιου πυθμένα στην πρώτη σύγχρονη προσπάθεια συστηματικής μελέτης του Ναυαγίου των Αντικυθήρων.

Πριν από οποιαδήποτε ενέργεια, η αυστραλιανή ομάδα απέστειλε AUV (Εικ.37) για να φτιάξει ακριβείς χάρτες της τοποθεσίας του ναυαγίου. Κατά τη διάρκεια της αποστολής του 2012, η ομάδα χρησιμοποίησε σόναρ για να εντοπίσει τους πιθανούς στόχους. Για την ανάσυρση πιθανών βαριών ευρημάτων, ένα πλοίο του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού θα διέθετε γερανό χωρητικότητας πέντε τόνων. (Return to Antikythera, n.d.)

Μετά από μια εβδομάδα εργασιών AUV, δέκα δύτες με εξοπλισμό rebreather⁸ (Εικ.38), συμπεριλαμβανομένων έξι Ελλήνων βατραχανθρώπων, χτένισαν τα ιζήματα του πυθμένα της θάλασσας και το ναυάγιο με ανιχνευτές μετάλλων για να βρουν πιθανούς αρχαιολογικούς στόχους ώστε στη συνέχεια να ακολουθήσουν οι πιθανές ανασκαφικές διαδικασίες.



Εικόνα 37: Η χρήση του AUV στο ναυάγιο των Αντικυθήρων

Πηγή: Tourtas et al., 2015

8 Rebreather: Ένας τύπος καταδυτικού αναπνευστικού εξοπλισμού που ανακυκλώνει τον εκπνεόμενο αέρα του δύτη, αφαιρεί το διοξείδιο του άνθρακα και αναπληρώνει το οξυγόνο. Η διαδικασία εκτελείται σε ένα κλειστό κύκλωμα.



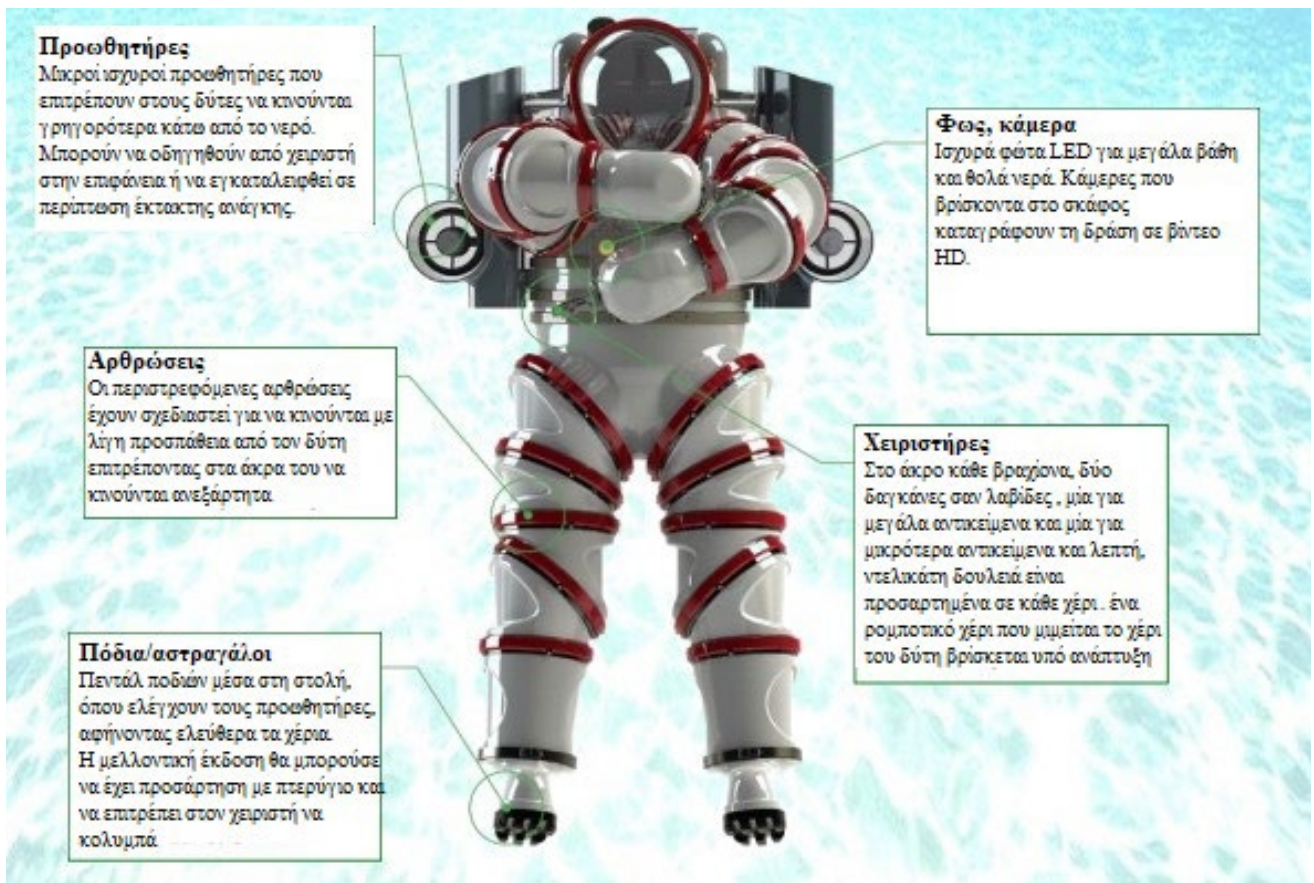
Εικόνα 38: Δύτης με τη συσκευή «rebreather» στο ναυάγιο των Αντικυθήρων

Πηγή: <https://smarthistory.org/the-antikythera-shipwreck/>



Εικόνα 39: Δύτης στη στολή «exosuit» στο ναυάγιο των Αντικυθήρων

Πηγή: <https://smarthistory.org/the-antikythera-shipwreck/>



Εικόνα 40: Η στολή «Exosuit» και τα χαρακτηριστικά της

Ο Jonathan Knowles δήλωσε: «Η τεχνολογία μας για την καταγραφή της πραγματικότητας δεν βοηθά μόνο να μοιραστούμε την καταπληκτική ιστορία του ναυαγίου των Αντικυθήρων με τον κόσμο χρησιμοποιώντας ψηφιακά μοντέλα και τρισδιάστατα εκτυπωμένα αντικείμενα, αλλά επιτρέπει την σημαντική διατήρησή του και περαιτέρω ουσιαστική έρευνα». (Woods Hole Oceanographic Institution, 2014)

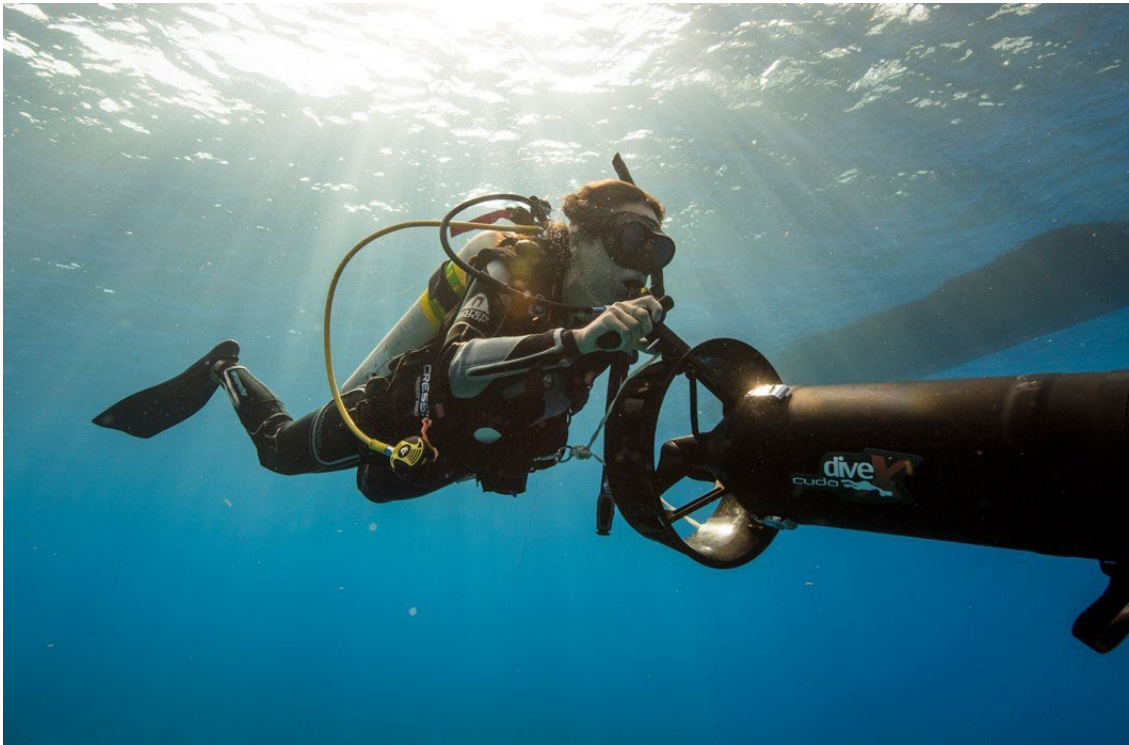
Εξοπλισμός:

Ο ακριβής φωτογραφικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε η ομάδα που ερευνούσε το ναυάγιο των Αντικυθήρων:

- Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή: Canon EOS-5D Mark III, SLR, η οποία αποδίδει αποτελέσματα υψηλής ποιότητας και ανάλυσης, ακόμα και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Οι κάμερες ήταν τοποθετημένες σε προσαρμοσμένα υποβρύχια περιβλήματα για να τις προστατεύουν από την πίεση του νερού και να επιτρέπουν στους δύτες να τις χειρίζονται αποτελεσματικά σε μεγάλα βάθη.
- Ισχυρός υποβρύχιος φωτισμός: Για να εξασφαλίσει τις βέλτιστες συνθήκες φωτισμού για φωτογράφιση σε τέτοια βάθη, η ομάδα χρησιμοποίησε ισχυρά υποβρύχια φώτα LED. Αυτά τα φώτα βοήθησαν να φωτιστεί το ναυάγιο, επιτρέποντας στις κάμερες να τραβήξουν καθαρές και λεπτομερείς εικόνες.
- Οχήματα Προώθησης Δύτη (Diver Propulsion Vehicle - DPV): Οι δύτες χρησιμοποίησαν DPV⁹ για να κάνουν πιο αποτελεσματικούς ελιγμούς γύρω από την τοποθεσία, επιτρέποντάς τους να καλύπτουν μεγαλύτερες περιοχές και να τραβούν περισσότερες φωτογραφίες σε μικρότερο χρονικό διάστημα. (Εικ.41)

(Tourtas et al., 2015)

9 Τα DPV, που ονομάζονται επίσης υποβρύχια σκούτερ, επιτρέπουν την γρήγορη υποβρύχια μετάβαση από ένα μέρος στο άλλο και την εξοικονόμηση αέρα.



Εικόνα 41: Το μηχανήμα DPV που χρησιμοποιούσαν οι δύτες

Πηγή: <https://www.padi.com/courses/diver-propulsion-vehicle>

6. Συμπεράσματα

Η φωτογραφική αποτύπωση στη συντήρηση αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της επιστημονικής τεκμηρίωσης των χερσαίων ή ενάλιων ευρημάτων. Οι υποβρύχιες αρχαιολογικές έρευνες ακολουθούν γενικά τις ίδιες μεθόδους επιστημονικής προσέγγισης με τις χερσαίες, με τη διαφορά ότι εφαρμόζουν πλήθος διαφορετικών τεχνικών αλλά και τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού, λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο διεξάγονται.

Η υποβρύχια φωτογραφική τεκμηρίωση μπορεί να επηρεαστεί είτε από περιβαλλοντικούς παράγοντες που καθιστούν τη σύσταση του υδάτινου περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία, η πυκνότητα και η πίεση, είτε από εγγενής οπτικές ιδιότητες του θαλασσινού νερού, όπως από την εξασθένηση του ηλιακού φωτός, από τη σκέδαση, την οπισθοσκέδαση, την απώλεια του χρώματος και την οπτική μεγέθυνση. Βάσει των παραγόντων αυτών η δυσκολία της φωτογράφισης αυξάνεται αλλά μπορεί να επιτευχθεί με την επιλογή του σωστού εξοπλισμού.

Σε γενικό κανόνα για την υποβρύχια φωτογραφική τεκμηρίωση συνιστάται:

1. Σωστός και προσεκτικός σχεδιασμός της κατάδυσης και της φωτογράφισης.
2. Λήψη των κατάλληλων διαδικασιών και μέτρων ασφάλειας και προστασίας του δύτε – φωτογράφου.
3. Η επιλογή του κατάλληλου φωτογραφικού εξοπλισμού, ανάλογα με το αντικείμενο, τις φωτιστικές συνθήκες και το βάθος κατάδυσης.

Σε μεγάλες αρχαιολογικές έρευνες όπου συμμετέχουν ωκεανογραφικοί οργανισμοί, το πιο σύνηθες είναι να χρησιμοποιούνται HOVs, ROVs ή AUVs. Σε αυτή τη περίπτωση όλα είναι πιο αυτοματοποιημένα από άποψη φωτογράφισης αλλά αλλάζει η μέθοδος αφού χρειάζεται εξειδικευμένος χειριστής για την σωστή καθοδήγηση τους.

Με μια σωστή φωτογραφική τεκμηρίωση φροντίζουμε να διατηρήσουμε και να παραδώσουμε με ασφάλεια τα ευρήματα του υδάτινου κόσμου στις μεταγενέστερες γενιές.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- NOAA Ocean Exploration (2008). *Exploration Tools: HOVs: NOAA Office of Ocean Exploration and Research*. [online] oceanexplorer.noaa.gov. Available at: <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/subs/hovs/hovs.html>.
- Abbas, F.I. (2016). *Under water images enhancement and classification for moving objects*. PhD Thesis, Al-Mustansiriya University, Bagdad, Iraq.
- AIMA: Australasian Institute for Maritime Archaeology (2020). *What is Maritime Archaeology?* | *Australasian Institute for Maritime Archaeology*. [online] www.aima-underwater.org.au. Available at: <https://www.aima-underwater.org.au/what-is-maritime-archaeology.html>.
- Berg, D. (1991). *Shipwreck diving : a complete diver's handbook to mastering the skills of wreck diving*. East Rockaway, N.Y.: Aqua Explorers.
- Bingham, B., Foley, B., Singh, H., Camilli, R., Delaporta, K., Eustice, R., Mallios, A., Mindell, D., Roman, C. and Sakellariou, D. (2010). Robotic tools for deep water archaeology: Surveying an ancient shipwreck with an autonomous underwater vehicle. *Journal of Field Robotics*, 27(6), pp.702–717. doi:<https://doi.org/10.1002/rob.20350>.
- Bishop, T.E. and Favaro, P. (2012). The Light Field Camera: Extended Depth of Field, Aliasing, and Superresolution. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(5), pp.972–986. doi:<https://doi.org/10.1109/tpami.2011.168>.
- Boffety, M., Galland, F., & Allais, A.-G. (2012). *Color image simulation for underwater optics*. *Applied Optics*, 51(23), 5633. doi:10.1364/ao.51.005633.
- Christopoulou, A., Gadolou, A., Polyxeni Bouyla, Michael Anthony Fowler and Ethnikon Archaiologikon Mouseion (Greece (2012). *The Antikythera shipwreck: the technology of the ship, the cargo, the mechanism*. Athens: Kapon Editions.
- Church, J. (1994). *Jim Church's Essential Guide to Nikonos Systems*. Aqua Quest Publications, Inc.
- Delgado, J.P. (2001). *Encyclopaedia of underwater and maritime archaeology*. London: The British Museum Press.

- Drafaehl, J. and Drafaehl, S. (2005). *Master Guide for Underwater Digital Photography*. Google Books. Amherst Media.
- Edge, M. (2010). *The Underwater Photographer*. Taylor & Francis.
- Ernest, D.N. (1955). The Properties of Ordinary Water Substance. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 81(347), pp.132–133. doi:<https://doi.org/10.1002/qj.49708134736>.
- Floor Anthoni, J. (2005). *Water and Light*. [online] www.seafriends.co.nz. Available at: <http://www.seafriends.co.nz/phgraph/water.htm> [Accessed 11 Dec. 2022].
- Friedrich, T. (2014). *Underwater Photography*. Rocky Nook Inc, Santa Barbara
- Gates, L. (2011). *Advanced Underwater Photography*. Amherst Media Inc.
- Gates, L. (2016). *Underwater Photography*. Amherst Media Inc.
- Goggin, J.M. (1960). Underwater Archaeology: Its Nature and Limitations. *American Antiquity*, 25(3), pp.348–354. doi:<https://doi.org/10.2307/277518>.
- Green, J. (2020). *Maritime Archaeology : a Technical Handbook*. Second ed. S.L.: Routledge.
- Harding, A., Cadogan, G. and Howell, R. (1969). Pavlopetri, an Underwater Bronze Age Town in Laconia. *The Annual of the British School at Athens*, [online] 64(1969), pp.113–142. Available at: <https://www.jstor.org/stable/30103334> [Accessed 25 Jan. 2023].
- Henderson, J.C., Mahon, I., Pizarro, O., Johnson-Roberson, M., Friedman, A. and Williams, S.B. (2011). Reconstructing Pavlopetri: Mapping the World’s Oldest Submerged Town using Stereo-vision. In: *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation*.
- <https://plus.google.com/+UNESCO> (2021). *All about the 2001 Convention*. [online] UNESCO. Available at: <https://en.unesco.org/underwater-heritage/2001#:~:text=UNESCO%202001%20Convention&text=Underwater%20cultural%20heritage%20is%20defined> [Accessed 28 Sep. 2022].
- Huang, J. (2013). Maritime archaeology and identification of historic shipwrecks: A legal perspective. *Marine Policy*, 44(2014), pp.256–264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.017>.

- ICOMOS (2006). *Underwater Cultural Heritage at Risk: Managing Natural and Human Impacts. HERITAGE AT RISK.*
- ICOMOS (2011). *Charter on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage - International Council on Monuments and Sites.* [online] www.icomos.org. Available at: <https://www.icomos.org/en/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/161-charter-on-the-protection-and-management-of-underwater-cultural-heritage> [Accessed 12 May 2024].
- International Maritime Organization (2019). *United Nations Convention on the Law of the Sea.* [online] www.imo.org. Available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Legal/Pages/UnitedNationsConventionOnTheLawOfTheSea.aspx#:~:text=The%20United%20Nations%20Convention%20on>.
- João Costa, M., Pinto, J., Ribeiro, M., Lima, K., Monteiro, A., Kowalczyk, P. and Sousa, J. (2019). Underwater Archaeology with Light AUVs. In: *OCEANS 2019 – Marseille*.
- Johnson-Roberson, M., Bryson, M., Friedman, A., Pizarro, O., Troni, G., Ozog, P. and Henderson, J.C. (2016). *High-Resolution Underwater Robotic Vision-Based Mapping and Three-Dimensional Reconstruction for Archaeology.*
- Jung, Y.-H., Kim, G. and Yoo, W.S. (2021). Study on Distortion Compensation of Underwater Archaeological Images Acquired through a Fisheye Lens and Practical Suggestions for Underwater Photography - A Case of Taean Mado Shipwreck No. 1 and No. 2 -. *Journal of Conservation Science*, 37(4), pp.312–321. doi:<https://doi.org/10.12654/jcs.2021.37.4.01>.
- Kenyon, K. (2018). *What Is Underwater Archaeology?* [online] archaeology.ncdcr.gov. Available at: <https://archaeology.ncdcr.gov/blog/2020-04-29/submerged-nc-underwater-archaeology#:~:text=Some%20underwater%20archaeologists%20research%20ports> [Accessed 17 Apr. 2023].
- KW (n.d.). *Franck Goddio Society Homepage.* [online] www.franckgoddio.org. Available at: <https://www.franckgoddio.org/franck-goddio/system-approach-technology/>.
- KW (n.d.). *Franck Goddio Society Homepage.* [online] www.franckgoddio.org. Available at: <https://www.franckgoddio.org/projects/sunken-civilizations/heracleion/>.
- Leidwanger, J. and Knappett, C. (2018). *Maritime networks in the ancient Mediterranean world.* Cambridge ; New York, Ny: Cambridge University Press.

- Luria, S.M. and Kinney, J.A.S. (1970). Underwater Vision. *Science*, 167(3924), pp.1454–1461. doi:<https://doi.org/10.1126/science.167.3924.1454>.
- McIntosh, M. (2021). *The Antikythera Shipwreck in the Ancient Hellenistic Mediterranean*. [online] Brewminate: a Bold Blend of News and Ideas. Available at: <https://brewminate.com/the-antikythera-shipwreck-in-the-ancient-hellenistic-mediterranean/> [Accessed 24 May 2024].
- Meide, C. (2013). The Development of Maritime Archaeology as a Discipline and the Evolving Use of Theory by Maritime Archaeologists. In: *www.academia.edu*. [online] Available at: https://www.academia.edu/4376520/The_Development_of_Maritime_Archaeology_as_a_Discipline_and_the_Evolving_Use_of_Theory_by_Maritime_Archaeologists [Accessed 28 Jun. 2022].
- Mohamed, E.A. (2014). The Beginning of Maritime Archaeology and It's Development(Short Explaining). In: *www.academia.edu*. [online] Available at: https://www.academia.edu/7287822/The_Beginning_of_Maritime_Archaeology_and_It_s_Development_Short_Explaining [Accessed 10 Jan. 2023].
- Modi, F.M., Gadani, D.H. and Rana, V.A. (2021). Study of Variation of Optical and Physical Properties of Saline Water Solutions with Temperature. *Materials Today: Proceedings*, [online] 47, pp.656–660. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.988>.
- N.G. Jerlov (1976). *Marine Optics*. Elsevier.
- National Geographic (2012). *Ghostwalking in Titanic*. [online] Magazine. Available at: <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/titanic-shipwreck-underwater-exploration-james-cameron>.
- Natural Sciences (2009). Of shipwrecks, Lost Worlds and Grave Robbers. *A World of SCIENCE*.
- Nocerino, E., Menna, F., Fassi, F. and Fabio Remondino (2016). *Underwater Calibration of Dome Port Pressure Housings*. pp.127–134. doi:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xl-3-w4-127-2016>.
- North Atlantic Treaty Organization (1973). *Optics of the Sea*. Advisory Group for Aerospace Research and Development.

- O’Byrne, M., Ghosh, B., Franck Schoefs and Vikram Pakrashi (2018). *Image-Based Damage Assessment for Underwater Inspections*. CRC Press.
- Outex (2020). *Dome Vs Flat Glass Ports from Outex Underwater Housing System*. [online] Outex Underwater Camera Housings. Available at: <https://outex.com/blogs/faqs/dome-vs-flat-glass-ports-from-outex-underwater-housing-system>.
- Parry-Hill, M. and Davidson, M.W. (n.d.). *Observing Objects in Water - Java Tutorial | Olympus LS*. [online] www.olympus-lifescience.com. Available at: <https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/refraction/fishtank/> [Accessed 30 Sep. 2022].
- Pateman, V. (2009). *Color Correction for Underwater Photography*.
- Portalés Ricart , C., Rodrigues, J.M.F., Rodrigues Gonçalves, A., Pagán, E.A. and Lozano, J.S. (2018). Digital Cultural Heritage. *Multimodal Technologies and Interact*, 58(2).
- Pournou, A. (2020). *Biodeterioration of Wooden Cultural Heritage*. Springer Nature.
- Rander, J. (2019). *Understanding color loss underwater - John Rander*. [online] [Chez-alice.fr](http://johnrander.chez-alice.fr). Available at: http://johnrander.chez-alice.fr/absorption_en.html.
- Raghavan, A. (n.d.). *DSLR Vs Action camera: Make the Right Choice*. [online] Croma Unboxed. Available at: <https://www.croma.com/unboxed/here-are-the-differences-between-a-dslr-and-an-action-camera#:~:text=DSLRs%20often%20outperform%20action%20cameras>].
- Rebikoff, D. (1967). *History of Underwater Photography*. [online] Available at: [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1967journal/aug/PERS\(33\)8-897.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1967journal/aug/PERS(33)8-897.pdf).
- Return to Antikythera. (n.d.). *Return to Antikythera – Investigating the Famous Shipwreck*. [online] Available at: <https://antikythera.org.gr/>.
- Robinson, E.M. (2016). *Crime scene photography*. 3rd ed. London: Academic Press.
- Roman, C. and Mather, R. (2016). Autonomous Underwater Vehicles as Tools for Deep-Submergence Archaeology. *Engineering for the Maritime Environment*, 224(327).
- Ross, H.E. and Nawaz, S. (2003). Why Do Objects Appear Enlarged under water? *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 66(5), pp.69–76. doi:<https://doi.org/10.1590/s0004-27492003000600009>.

- Sakagami, N., Takemura, F., Ono, R., Katagiri, C., Nakanishi, Y. and Yamamoto, Y. (2015). Observation Support System of an ROV for Underwater Archaeology. In: *International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)*.
- Saxena, K. and Gupta, Y.K. (2021). Survey Paper on Visibility Restoration of Underwater Optical Images and Enhancement Techniques. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1099(1), p.012063. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1099/1/012063>.
- Scaradozzi, D., Sorbi, L., Zoppini, F., Scaradozzi, D. and Gambogi, P. (2013). *Tools and techniques for underwater archaeological sites documentation*. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.23919/OCEANS.2013.6741298>.
- Slater, D. (2014). *Afocal viewport optics for underwater imaging*. *Current Developments in Lens Design and Optical Engineering XV*. doi:10.1117/12.2061445.
- Stratē A. (1995). *The protection of the underwater cultural heritage : an emerging objective of the contemporary law of the sea*. The Hague ; Boston: M. Nijhoff Publishers.
- Struthers, D.P., Danylchuk, A.J., Wilson, A.D.M. and Cooke, S.J. (2015). Action Cameras: Bringing Aquatic and Fisheries Research into View. *Fisheries*, 40(10), pp.502–512. doi:<https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1082472>.
- Taheri, A., Yentzer, B.A. and Feldman, S.R. (2013). Focusing and depth of field in photography: application in dermatology practice. *Skin Research and Technology*, 19, p.n/a-n/a. doi:<https://doi.org/10.1111/srt.12058>.
- UNESCO (2002). UNESCO 2001 Convention – International Committee on the Underwater Cultural Heritage. [online] Records of the General Conference 31st Session Paris, 15 October to 3 November 2001 Volume 1 Resolutions United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Published in 2002. Available at: <https://icuch.icomos.org/unesco-convention/> [Accessed 12 May 2024].
- UNESCO World Heritage Centre (2013). *Managing Cultural World Heritage*. [online] UNESCO World Heritage Centre. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Available at: <https://whc.unesco.org/en/managing-cultural-world-heritage/>.
- US Department of Commerce, N.O. and A.A. (n.d.). *Underwater Archaeology | National Marine Protected Areas Center*. [online] marineprotectedareas.noaa.gov. Available at: <https://marineprotectedareas.noaa.gov/toolkit/underwater-archaeology.html>.

- Varner, E. (2012). *R.M.S. Titanic: Underwater Cultural Heritage's Sacrifice*. [online] papers.ssrn.com. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2132068 [Accessed 16 Apr. 2021].
- William J. Broad (1997). Underwater heritage: a treasure trove to protect. *UNESCO sources*.
- Woods Hole Oceanographic Institution (n.d.). *Ancient Skeleton Discovered on Antikythera Shipwreck*. [online] <https://www.whoi.edu/>. Available at: <https://www.whoi.edu/press-room/news-release/skeleton-antikythera-shipwreck/>.
- Woods Hole Oceanographic Institution (n.d.). *Antikythera Shipwreck - Woods Hole Oceanographic Institution*. [online] <https://www.whoi.edu/>. Available at: <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-human-lives/underwater-archaeology/antikythera-shipwreck/>.
- Woods Hole Oceanographic Institution (2023). *AUVs - Woods Hole Oceanographic Institution*. [online] <https://www.whoi.edu/>. Available at: <https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/underwater-vehicles/auvs/>. Yanoff, M., Duker, J.S. and Augsburger, J.J. (2004). *Ophthalmology*. St. Louis, Mo: Mosby.
- Zach (2015). *History and Evolution of Action Cameras | Pevly*. [online] Pevly. Available at: <https://pevly.com/action-camera-history/>.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.) (2023). *Fleet*. [online] HCMR Hellenic Centre for Marine Research. Available at: <https://www.hcmr.gr/en/equipment/> [Accessed 4 Jul. 2023].
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ. and Παπατσιμίπα, Λ. (2005). Διάθλαση του Φωτός. ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ 'ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ' [online] ebooks.edu.gr. Available at: http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2226/Fysiki_G-Gymnasiou_html-empl/index8.html [Accessed 21 Feb. 2023].
- Dasenakis, E., Karavoltzos, S., Ladakis, E., Paraskevopoulou, V., Δασενάκης, Ε., Καραβόλτσος, Σ., Λαδάκης, Ε. and Παρασκευοπούλου, Β. (2021). Φυσικοχημικά

Χαρακτηριστικά Γλυκού και Θαλασσινού Νερού. Η Επίδρασή τους στο Θαλάσσιο Σύστημα. Kallipos.gr. [online] doi:<http://localhost:8080/jspui/handle/11419/4685>. [Accessed 8 Oct. 2022]

- Μουζάς, Α. (2010). Υποβρύχιες Αποτυπώσεις. Ερωδιός.
- Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (2013). Φυσική Γενικής Παιδείας, Β΄ ΤΑΞΗ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών Και Εκδόσεων ‘Διόφαντος’.
- Πουλιανός, Ν.Α. (2011). Η Αρχαιολογική Φωτογραφία Με Τη Χρήση Της Νέας Τεχνολογίας. *Αρχαιολογία και Τέχνες*.
- Σχίζας, Τ. (2020). Η Τεχνική Της Αναλογικής Και Της Ψηφιακής Φωτογραφίας. Φωτογραφικό είδωλο.
- Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού (2022). Παυλοπέτρι Λακωνίας. [online] www.culture.gov.gr. Available at: <https://www.culture.gov.gr/el/service/SitePages/view.aspx?iID=1456> [Accessed 25 Jan. 2023].

Παράρτημα – Δοκιμαστική κατάδυση και υποβρύχια φωτογράφιση Αικατερίνης Μέλλιου

Ως παράρτημα της θεωρητικής αυτής πτυχιακής, παρουσιάζεται η προσπάθεια της φοιτήτριας για την παρατήρηση και κατανόηση των προαναφερθέντων οπτικών φαινομένων που επικρατούν στο υδάτινο περιβάλλον αλλά και η εξοικείωσή της με τις δυσκολίες και τις ιδιαιτερότητες της ενάλιας φωτογραφικής τεκμηρίωσης σε αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς.

Μεθοδολογία

Η φοιτήτρια που εκπόνησε την πτυχιακή εργασία έκανε μαθήματα καταδύσεων και έλαβε τις πιστοποιήσεις μέχρι και το δεύτερο επίπεδο, το οποίο της έδινε τη δυνατότητα να καταδυθεί με ασφάλεια μέχρι τα 30 μέτρα. Με την βοήθεια των εκπαιδευτών της, και εξαιρετικών δυτών, έμαθε όσα ήταν απαραίτητα για τις καταδύσεις και ακόμα περισσότερα για τον υποβρύχιο κόσμο, αλλά και για τα ισχύοντα νομικά πλαίσια.

Αποφασίστηκε η τοποθέτηση συγκεκριμένων αντικειμένων μικρών διαστάσεων, ως προσομοίωση εκείνων που ενδεχομένως βρεθούν σε μια ενάλια αρχαιολογική έρευνα. Τα αντικείμενα θα φωτογραφίζονταν σε τρία διαφορετικά βάθη, στα 6, 12 και 20 μέτρα, προκειμένου να καταγραφούν οι διαφοροποιήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας και της επίδρασης της στη φωτογράφιση των αντικειμένων, καθώς και η συμβολή των τεχνητών πηγών φωτισμού στην καταγραφή των αντικειμένων ώστε αυτά να αποδοθούν όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά και να αποτυπωθούν οι λεπτομέρειες τους.

Κατάδυση

Η κατάδυση πραγματοποιήθηκε στη περιοχή της Αναβύσσου, στην Αττική με συνθήκες αραιής συννεφιάς και θερμοκρασία επιφάνειας περίπου στους 24 βαθμούς Κελσίου. Υπήρχε ασθενής άνεμος και η θάλασσα ήταν ήρεμη και κατά περιπτώσεις λίγο ταραγμένη, συνεπώς οι συνθήκες ήταν έως 3 μποφόρ. Οι καιρικές συνθήκες επιλέχθηκαν σκόπιμα ώστε να είναι ήπιες με σκοπό την διεξαγωγή των πειραμάτων σε όσο το δυνατόν πιο ασφαλείς συνθήκες, δεδομένου της έλλειψης εμπειρίας της φοιτήτριας στις καταδύσεις.

Για τη λήψη των φωτογραφιών επιλέχτηκε η action κάμερα GoPro Hero9, με αισθητήρα CMOS 20MP, η οποία διαθέτει υπερευρυγώνιους φακούς (ultra-wide). Η κάμερα τοποθετήθηκε στην ειδική προστατευτική αδιάβροχη θήκη της που έδινε τη δυνατότητα κατάδυσης μέχρι 60 μέτρα.

Για την ανάδειξη των χρωμάτων υποβρυχίως χρησιμοποιήθηκε ένας και κατά περίπτωση και δεύτερος, καταδυτικός φακός Tuvatec Fusion 3600, των 3600 lumens, με δυνατότητα φωτισμού σε βάθος μέχρι 100 μέτρα.

Τα αντικείμενα που επιλέχθηκαν ήταν ένα μαρμάρινο αγαλματίδιο και ένα πορτοκαλί κουβάρι σχοινού. Χρησιμοποιήθηκε επίσης κλίμακα ακριβείας σε κάθε λήψη, προκειμένου να γίνεται κατανοητό το μέγεθος του θέματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση κλίμακας στη φωτογράφιση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτείται σε κάθε φάση τεκμηρίωσης τους.

Σε κάθε βάθος τραβήχτηκαν 4 φωτογραφίες, η μία με φυσικό φωτισμό και οι άλλες 3, με τη βοήθεια των καταδυτικών φακών Tuvatec Fusion 3600, τοποθετημένων σε διαφορετικές θέσεις, όπως αναφέρονται παρακάτω:

1. Ένας φακός πάνω από το θέμα που έφεγγε προς το θέμα
2. Ένας φακός κάτω από την κάμερα, κοντά στον πυθμένα που έφεγγε προς το θέμα
3. Δύο φακοί, τοποθετημένοι συμμετρικά, εκατέρωθεν του θέματος, ένας τοποθετημένος δεξιά και ένας τοποθετημένος αριστερά, που έφεγγαν προς το θέμα

Αποτελέσματα - Συζήτηση

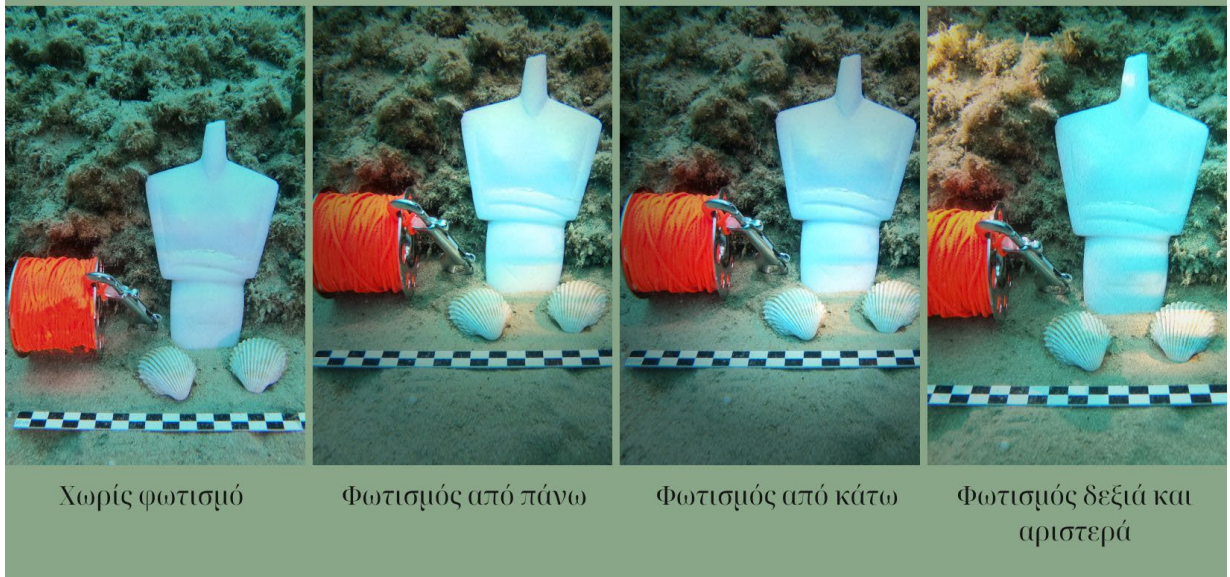
Τόσο τα μαθήματα όσο και η προσωπική εμπειρία της διαδικασίας κατάδυσης θεωρήθηκαν απαραίτητα έτσι ώστε υπάρξει εξοικείωση με το περιβάλλον εργασίας σε μια υποβρύχια φωτογράφιση, να τεθούν τα πλαίσια μελέτης, να ξεκαθαριστούν, να οργανωθούν και να ιεραρχηθούν οι στόχοι του πειράματος.

Επιπλέον, όσα φαινόμενα αναφέρθηκαν στο θεωρητικό μέρος, στις προηγούμενες ενότητες, έγιναν όχι απλά αντιληπτά, αλλά και κατανοήθηκαν σε βάθος κατά τη διάρκεια των φωτογραφίσεων ενώ η φοιτήτρια βρισκόταν εντός του υδάτινου στοιχείου. Επιπλέον, εντοπίστηκαν οι πιθανές δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης και ακόμα περισσότερο κατά την προσπάθεια μιας υποβρύχιας φωτογραφικής τεκμηρίωσης.

Καταρχήν σε μια κατάδυση ενάλιας έρευνας θα πρέπει να επικρατούν όσο το δυνατόν πιο ήπιες καιρικές συνθήκες για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των ερευνητών που θα καταδυθούν. Όπως προαναφέρθηκε, λόγω έλλειψης εμπειρίας της φοιτήτριας στις καταδύσεις, αυτό ήταν επιτακτικό. Γενικά, ο ήρεμος καιρός υποδεικνύει και αντίστοιχα καλές συνθήκες περιβάλλοντος για την υποβρύχια φωτογράφιση. Θα πρέπει όμως να ληφθούν υπόψη τόσο το βάθος της κατάδυσης, όσο και η ύπαρξη ρευμάτων στο υδάτινο στοιχείο. Τα ρεύματα μπορεί να επηρεάσουν τόσο την ασφάλεια του δύτη λόγω έλλειψης σταθερότητας, όσο και να δυσχεράνουν την διαδικασία φωτογράφισης, καθώς έντονα ρεύματα μπορεί να μετακινήσουν την κλίμακα φωτογράφισης. Επιπλέον, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις η φωτογράφιση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς διεξάγεται στο βυθό, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δεν θα ανακατευθεί η ιλύς είτε από την ύπαρξη ρευμάτων είτε από τις κινήσεις των δυτών. Στο συγκεκριμένο πείραμα διαπιστώθηκε ότι, ενώ οι περιβαλλοντικές συνθήκες ήταν καλές, ήταν δύσκολο για την φοιτήτρια να μην ανακατώνει την άμμο στον βυθό, με αποτέλεσμα το νερό να είναι θολερό και να πρέπει να περιμένει αρκετή ώρα ώστε να κατακάθεται η ιλύς για να βγάλει καθαρές φωτογραφίες. Έτσι, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ρύθμιση της καλής πλευστότητας του δύτη και η εξασφάλιση της ασφάλειας, η οποία είναι πάντα η βασική προτεραιότητα σε μια κατάδυση.



Εικόνα 42: Φωτογράφιση στα 6 μέτρα



Εικόνα 43: Φωτογράφιση στα 12 μέτρα



Εικόνα 44: Φωτογράφιση στα 20 μέτρα

Παρόλο που οι φωτογραφίες τραβήχτηκαν με υπερευρυγώνιους φακούς (ultra-wide), οι οποίοι σε λήψεις στον αέρα παράγουν μία οπτική παραμόρφωση προκειμένου να δημιουργηθεί μια ευρεία πανοραμική ή ημισφαιρική εικόνα, οι φωτογραφίες μέσα στο νερό δεν παρουσίασαν καμία παραμόρφωση, τουναντίον ο φακός βοήθησε στο να χωρέσουν στο κάδρο όλα τα αντικείμενα σε κοντινή λήψη.

Κατά τη διάρκεια της κατάδυσης ελήφθησαν πολλαπλές φωτογραφίες. Οι φωτογραφίες που παρουσιάζονται ομαδοποιημένες έχουν επιλεγεί ως οι πιο αντιπροσωπευτικές κάθε κατηγορίας. Στις παρατιθέμενες εικόνες μπορούν επίσης να παρατηρηθούν τα οπτικά φαινόμενα που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, η σταδιακή μείωση του φωτός αλλά και η σταδιακή μείωση των χρωμάτων.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, η χρήση της φωτιστικής πηγής υποβρυχίως μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Κατά την προσωπική εμπειρία της φοιτήτριας, θα πρότεινε τη χρήση φωτιστικών πηγών, δεξιά και αριστερά του θέματος. Με αυτό τον τρόπο το θέμα φωτίζεται από δύο πλευρές με αποτέλεσμα να αποδίδονται περισσότερες λεπτομέρειες, δίνοντας ταυτόχρονα ένα πιο φυσικό φωτισμό.