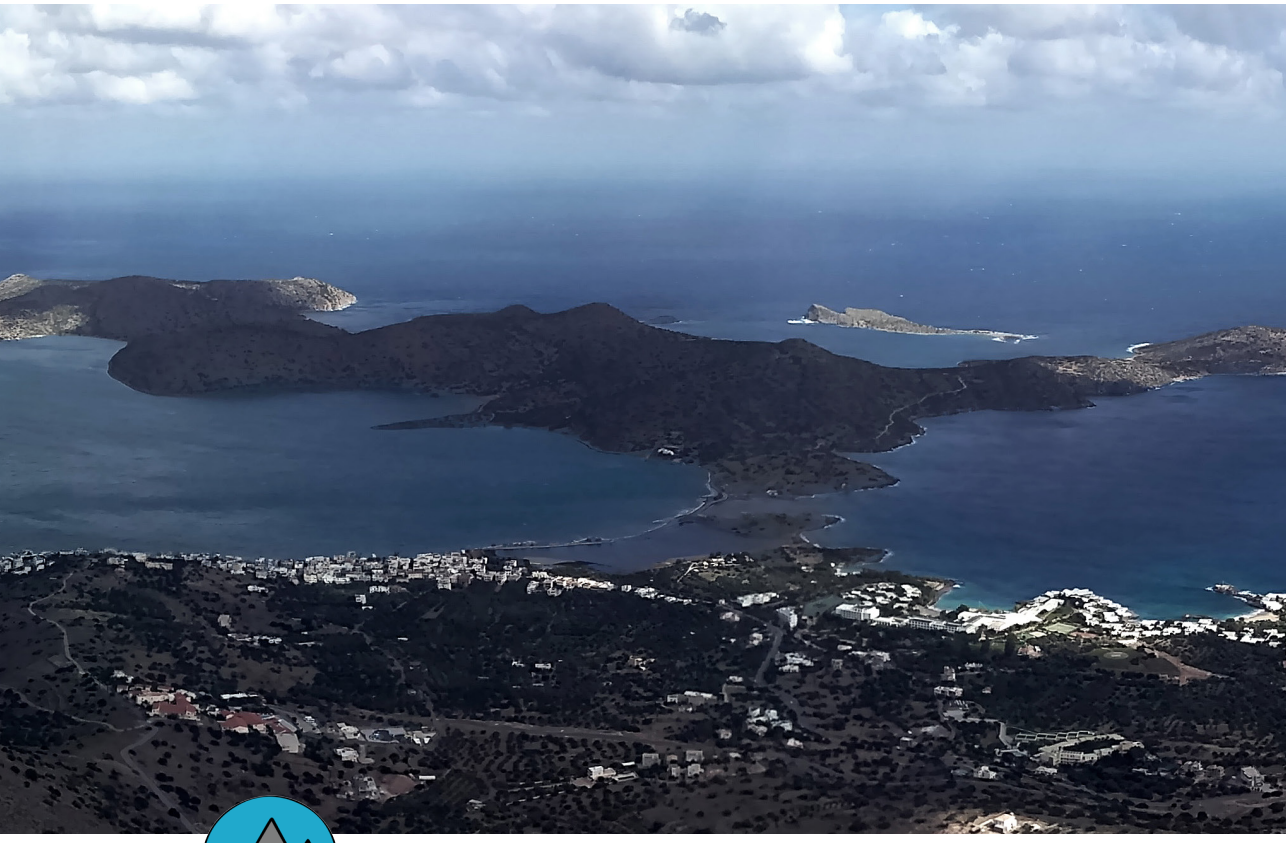
ΔΙΑΤΟΠΟ



Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης

Αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου

ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΚΡΗΤΗ 2014 - 2020

2022

ΔΙΑΤΟΠΟ

Διαχρονικά τοπία
πολιτισμού της Κρήτης

Αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο
και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου

Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών

2022

Το λογότυπο του έργου σχεδιάστηκε από τον Κλεάνθη Συμιρδάνη.

επιμέλεια τεύχους: Νίκος Παπαδόπουλος
επιμέλεια κειμένων: Χριστίνα Τσιγωνάκη και οι συγγραφείς
γραφιστική επιμέλεια: Αλέξανδρος Τούρτας
ISBN: 978-618-85195-2-7

Η πράξη "Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου"- ΔΙΑΤΟΠΟ εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού
Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων

The project “Cretan cultural landscapes over the time: highlighting the marine and mountainous environment of Mirabello” -DIATOPO is part of the Priority Axis “Strengthening the competitiveness, innovation and entrepreneurship of Crete” of the OP. “Crete” 2014-2020 and co-financed by the European Regional Development Fund.

Πίνακας περιεχομένων

πρόλογος	09
αρχαιολογική έρευνα	13
υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα	29
ανθρωπολογική έρευνα	53
γεωφυσική έρευνα	61
περιβαλλοντική έρευνα	69
φωτογραμμετρική έρευνα	81
έρευνες επικινδυνότητας	93
εικονική πραγματικότητα	119

Πρόλογος

Οι χώροι πολιτιστικής κληρονομιάς απειλούνται από ποικιλόμορφους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες και για τον λόγο αυτό απαιτούνται καινοτόμα και οικονομικώς αποτελεσματικά εργαλεία για την τεκμηρίωση και τη συστηματική παρακολούθηση των τοπίων και των μνημείων. Προς αυτήν την κατεύθυνση η διεπιστημονική προσέγγιση που βασίζεται στην ώσμωση της αρχαιολογικής και ιστορικής έρευνας με τις τεχνολογίες γεωπληροφορικής αποτελούν το κατάλληλο πλαίσιο για την αποτελεσματική τεκμηρίωση και ανάδειξη του πολιτιστικού και φυσικού περιβάλλοντος.

Το έργο ΔΙΑΤΟΠΟ βασίστηκε στην ιδέα της τεκμηρίωσης και ανάδειξης της πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς μέσω της βελτίωσης της ελκυστικότητας και επισκεψιμότητας δύο συγκεκριμένων θέσεων στο ανατολικό Μιραμπέλο, της Ελούντας και της Οξάς. Η στοχευμένη δράση στην παράκτια Ελούντα και την ορεινή Οξά παρουσίαζε διπλή πρόκληση: α) η ανατολική Κρήτη λόγω ευστατικών και τεκτονικών κινήσεων παρουσιάζει ημιβυθισμένες παράκτιες κτηριακές και λιμενικές εγκαταστάσεις με ανάλογη συνέχεια στην παράκτια ζώνη και β) το ορεινό περιβάλλον του γειτονικού όρους Οξά, το οποίο συνδυάζει τις αντικειμενικές δυσκολίες προσέγγισης με φαινόμενα ερημοποίησης και έντονης επιφανειακής διάβρωσης δημιουργούν ένα δυσμενές πλαίσιο ένταξης της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων το έργο ενεργοποίησε και εφάρμοσε δράσεις που περιελάμβαναν τη συγκέντρωση και αποδελτίωση δημοσιευμένου αρχαιολογικού και ιστορικού υλικού, την ενοποίηση του θαλάσσιου (Ελούντα) και του ορεινού (Οξά) τοπίου στο πλαίσιο της δημιουργίας συνδυαστικών θαλάσσιων και χερσαίων γεωαρχαιολογικών διαδρομών, τη μελέτη και ανάλυση των περιβαλλοντικών συνθηκών των αρχαιολογικών θέσεων, την τεκμηρίωση και χαρτογράφηση θέσεων με μεθόδους γεωπληροφορικής (αεροφωτογράφιση, υποβρύχια τεκμηρίωση, παράκτια, χερσαία και υποθαλάσσια γεωφυσική χαρτογράφηση, τεκμηρίωση αρχιτεκτονικών δομών), την υλοποίηση εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για την ανάδειξη και προβολή του φυσικού και πολιτισμικού τοπίου και την ευρεία διάχυση των αποτελεσμάτων.

Οι κύριοι στόχοι του έργου ήταν οι εξής:

- Η καταγραφή και ανάδειξη θέσεων πολιτιστικής κληρονομιάς σε Ελούντα και Οξά μέσω της τοπογραφικής και γεωμετρικής τεκμηρίωσης των θέσεων ψηφιακά σύμφωνα με τις πλέον σύγχρονες μεθόδους γεωπληροφορικής.
- Ο καθορισμός των κινδύνων και της επίδρασής τους σε χώρους πολιτιστικής

κληρονομιάς.

- Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση διαδραστικής διηγηματικής εφαρμογής συνδυάζοντας βίντεο εικονικής πραγματικότητας, ιστορική πληροφορία και τρισδιάστατα μοντέλα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος με σκοπό την ανάδειξη γεωαρχαιολογικών μονοπατιών και διαδρομών που συνδέουν χερσαίους, θαλάσσιους και υποθαλάσσιους αρχαιολογικούς χώρους.
- Η διάχυση της νέας γνώσης σε τρεις ομάδες στόχους: επιστήμονες / ντόπιους κατοίκους / επισκέπτες.
- Η αύξηση της τουριστικής κίνησης μέσω της αναβάθμισης του τουριστικού προϊόντος της περιοχής.
- Η δημιουργία ενός πλαισίου καλών πρακτικών για την ανάπτυξη αντίστοιχων χώρων και στην υπόλοιπη Κρήτη με τον συνδυασμό περιβαλλοντικής και πολιτιστικής προστασίας και την απόδοσή τους στην τοπική κοινωνία ως ένα αντικείμενο ταυτόχρονης επιμόρφωσης και τουριστικής αξιοποίησης.

Η υλοποίηση του έργου αποτέλεσε πρότυπο συνεργασίας μιας διεπιστημονικής ομάδας προερχόμενης από τον ερευνητικό και ακαδημαϊκό ιστό της Κρήτης (Ίδρυμα Τεχνολογίας Έρευνας-Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών και Πανεπιστήμιο Κρήτης-Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογίας), καθώς και από ερευνητές περιφερειακών υπηρεσιών του Υπουργείου Πολιτισμού στο νησί (Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων και Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου), με αρωγό την τοπική κοινωνία.

Το έργο «ΔΙΑΤΟΠΟ: Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου» έλαβε χρηματοδότηση από τον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

Ρέθυμνο, 23 Μαρτίου 2022

Νίκος Παπαδόπουλος

Επιστημονικός Υπεύθυνος του έργου ΔΙΑΤΟΠΟ

αρχαιολογική έρευνα

SUPER MARK

Η αρχαιολογική έρευνα στο Όρος Οξά (2017-2021)

Γεωργία Μοσχόβη [(1)], Χριστίνα Τσιγωνάκη [(2)]

[(1)] Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου
[(2)] Πανεπιστήμιο Κρήτης και ΙΜΣ /ΙΤΕ

e-mail: tsigonaki@uoc.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το όρος Οξά εντοπίζεται 3 χιλιόμετρα νότια της Ελούντας και δυτικά του κόλπου του Μιραμπέλου. Η επιμήκης και στενή κορυφογραμμή του (~ 600 μ. μήκος με 50-100 μ. πλάτος και υψόμετρο ~ 540 μ.), περιβάλλεται από γκρεμνούς με λιγοστά σημεία προσπέλασης (εικ. 1). Το βουνό δεσπόζει στο τοπίο της περιοχής με την κορυφή του να ξεπροβάλλει στον ορίζοντα σε όποιο σημείο και αν σταθεί κανείς στα πεδινά, αποτελώντας συγχρόνως ένα από τα αναγνωριστικά τοπόσημα για τους ναυτικούς που προσέγγιζαν το λιμάνι της Ελούντας. Αντίστροφα, από την κορυφή της Οξάς ελέγχεται οπτικά όλος ο θαλάσσιος χώρος στα βόρεια και ανατολικά, από το Ακρωτήριο του Αφορεσμένου έως το Λιόπετρο της Σητείας (εικ. 2), αλλά και η ενδοχώρα στα νοτιοδυτικά μέχρι τα Λασσιθιώτικα Όρη. Τα βραχώδη εξάρματα της κορυφής και οι πλαγιές του βουνού έχουν σμιλευτεί από τη λατόμευση της φημισμένης κρητικής ακονόπετρας, μια οικονομική δραστηριότητα που συνέχισε μέχρι και τα σύγχρονα χρόνια (εικ. 3). Απομεινάρια σύγχρονων κτηνοτροφικών και γεωργικών δραστηριοτήτων στο βουνό αποτελούν οι ξερολιθιές που όριζαν τις ιδιοκτησίες, δεξαμενές νερού, αλώνια (εικ. 4) και ξεραμένες αμυγδαλιές. Σήμερα, σύμφωνα με έγγραφο της Δασικής Υπηρεσίας, η Οξά είναι χαρακτηρισμένο δημόσιο κτήμα και δασική έκταση. Με εξαίρεση τη βόσκηση αιγοπροβάτων, δεν διαπιστώνεται καμία άλλη ένδειξη σύγχρονης χρήσης ή κατοίκησης στον χώρο. Ένα σύγχρονο μονοπάτι, το οποίο ξεκινά από τη ρίζα του βουνού στα βορειοδυτικά, καταλήγει στην εκκλησία της κορυφής που είναι αφιερωμένη στον Τίμιο Σταυρό και τη Ζωοδόχο Πηγή. Είναι το μονοπάτι που οι κάτοικοι της περιοχής, συνεχίζοντας την τοπική παράδοση, ανηφορίζουν τις μέρες που γιορτάζει η εκκλησία. Παλαιότερα μονοπάτια, τα οποία σήμερα έχουν ξεχαστεί, θα συνέδεαν την Οξά με τα Λενικά στα νοτιοανατολικά, με τον Καλό Λάκκο και με τα μετόχια των Λίμνων στα νοτιοδυτικά, στην ενορία των οποίων υπάγεται μέχρι σήμερα η εκκλησία της Οξάς (ενορία Αγίας Πελαγίας).

2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η Οξά ως αρχαιολογική θέση είχε εντοπιστεί από ιστοριοδίφες και αρχαιολόγους ήδη από τον 19ο αιώνα. Οι M.A. Fabreguettes, Th. Spratt, L. Mariani και A. Taramelli κάνουν σύντομες αναφορές στην οχύρωση και τις δεξαμενές της Οξάς (Fabreguettes

1834, 112. Spratt 1865, I, 126. Mariani 1895, 243, 249-250. Taramelli 1899, 400. Βλ. και Αποστολάκου 2010). Σύμφωνα με τον J. Pendlebury στην Οξά υπήρχε ένας μεγάλος οχυρωμένος οικισμός, τον οποίο κατατάσσει στις ελληνο-ρωμαϊκές θέσεις της Κρήτης (Pendlebury 1939, 365). Ο H. van Effenterre που εξερεύνησε την περιοχή λίγο πριν τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο θεωρεί ότι εκεί υπήρχε ένα φρούριο. Ο ίδιος εντόπισε graffiti χαραγμένα στις επιφάνειες των βράχων του πλατώματος, όπως παραστάσεις πλοίων, καθώς και λιγοστές επιγραφές. Ελλείψει άλλων δεδομένων χαρακτηρίζει και αυτός όλα τα παραπάνω με τον γενικό όρο ελληνορωμαϊκά (van Effenterre 1948, 1036-1037, van Effenterre 1955). Σε πιο πρόσφατη επίσκεψή του στη θέση ο K. Nowicki εντόπισε στη θέση κεραμική διαφορετικών περιόδων, από τα προϊστορικά έως τα βενετσιάνικα χρόνια, σημειώνοντας ότι η πλειονότητα χρονολογείται στην αρχαϊκή και βυζαντινή περίοδο (Nowicki 2000, 173-174). Η N. Coutsinas συμπεριέλαβε τη θέση στους οχυρωμένους οικισμούς της κλασικής-ελληνιστικής περιόδου, χωρίς ακριβέστερη χρονολόγηση (Coutsinas 2013, 346-347, 415-416). Η P. Perlmann έχει διατυπώσει την υπόθεση ότι η Οξά ήταν η ακρόπολη του αρχαίου Ολούντος, κάτι ωστόσο που δεν έχει γίνει αποδεκτό στη βιβλιογραφία (Perlman 2004, 1145, 1147).

Εικόνα 1. Οξά, άποψη από βορειοδυτικά

Εικόνα 2. Πανοραμική άποψη από το βορειοανατολικό άκρο της Οξάς προς τον κόλπο του Μιραμπέλου

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι λιγοστές αρχαιολογικές αναφορές είναι αποσπασματικές και επικεντρώνονται στον φυσικό οχυρό χαρακτήρα της θέσης και στην ύπαρξη οχυρωματικών έργων. Το ερευνητικό κενό ήρθε να καλύψει η πρώτη συστηματική επιφανειακή έρευνα, η οποία διεξάγεται στο Όρος Οξά από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου σε συνεργασία με το Εργαστήριο Γεωφυσικής-Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος του Ινστιτούτου Μεσογειακών Σπουδών (Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας) από το 2017 έως σήμερα.

Η επιφανειακή έρευνα στο Όρος Οξά εντάσσεται στις αρχαιολογικές έρευνες πεδίου νέας γενιάς. Αρχαιολόγοι, ιστορικοί, ανθρωπολόγοι και βιολόγοι συνεργάζονται προκειμένου να αναδειχτούν οι διαφορετικές πτυχές της ανθρώπινης παρουσίας στη θέση στη μακρά διάρκεια. Η κατανόηση της μικρο-γεωγραφίας του ορεινού τοπίου και η τεκμηρίωση των επιφανειακών αρχιτεκτονικών δομών στην Οξά με τη χρήση νέων τεχνολογιών, όπως η τηλεπισκόπηση, η τοπογράφηση με φορητή μονάδα RTK-GPS και οι ψηφιακές τρισδιάστατες σαρώσεις, καθώς και η εμπεριστατωμένη μελέτη τους, αποτέλεσαν τους πρωταρχικούς στόχους της έρευνας. Τα σωζόμενα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα τεκμηριώθηκαν με συστηματική επιτόπια έρευνα στο πεδίο, προκειμένου να αναδειχτούν οι διαφορετικές χρήσεις του τόπου ανά εποχή (κατοίκηση, οχύρωση, λατρεία, ποιμενικές, γεωργικές ή άλλες οικονομικές δραστηριότητες). Συγχρόνως, έγινε συστηματική περισυλλογή της κεραμικής και κινητών ευρημάτων, τα οποία φυλάσσονται και συντηρούνται στο Αρχαιολογικό Μουσείο του Αγίου Νικολάου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανθρώπινη παρουσία στην Οξά τεκμηριώνεται ήδη από την προϊστορική εποχή. Αν και αρχιτεκτονικά κατάλοιπα των μινωικών χρόνων δεν έχουν ταυτιστεί ακόμα, δεν υπάρχει αμφιβολία για τη χρήση του χώρου αυτήν την περίοδο, λόγω της εύρεσης κεραμικής της μεσομινωικής και της υστερομινωικής περιόδου. Ένα βασικό ιστορικό ερώτημα που τίθεται είναι αν η θέση στην Οξά ιδρύθηκε στην ΥΜΙΙΙ Β/Γ περίοδο, έχοντας τον χαρακτήρα μιας θέσης-καταφύγιο (Gaignerot-Dreissen 2016, 59-66). Στα προϊστορικά χρόνια ανάγονται από τους περισσότερους μελετητές και οι κυκλικές, λαξευτές στον βράχο κοιλότητες που έχουν εντοπιστεί σε διαφορετικά σημεία της κορυφής (εικ. 5). Για ορισμένους μελετητές αυτές συνδέονται με λατρευτικές πρακτικές, άλλοι αναγνωρίζουν τα ίχνη παιχνιδιών που έπαιζαν οι φρουροί στις

Εικόνα 3. Οξά, ακονιά στη νότια πλαγιά

Εικόνα 4. Οξά, αλώνι στην κορυφή

σκοπιές τους, ενώ για τους ντόπιους είναι τα αποτυπώματα των δακτύλων των μυθικών Σαραντάπηχων.

Το μοναδικό κτήριο που με ασφάλεια αποδίδεται στα αρχαία χρόνια είναι ένας κυκλικός πύργος (εικ. 6). Παρά το γεγονός ότι σώζεται σε ελάχιστο ύψος, η εξαιρετική ποιότητα της τοιχοποιίας του, με καλολαξευμένους και άψογα συναρμοσμένους λίθους, δεν αφήνει αμφιβολία για τη χρονολόγησή του στα κλασικά-ελληνιστικά χρόνια. Πρόκειται για έναν πύργο-παρατηρητήριο, αφού στέκει μόνος σε ένα από τα βραχώδη εξάρματα της κορυφής. Αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου αμυντικού συστήματος, όπως και το Παλαιό Κτήρι στους πρόποδες της Οξάς και ο Πύργος στις Πινές, το οποίο προστάτευε την επικράτεια της αρχαίας πόλης του Ολούντος και τα σύνορά της με την πόλη των Λατίων, εποπτεύοντας την ιερή περιοχή στα Λενικά, όπου και το διαφιλονικούμενο ιερό του Ερμή και της Αφροδίτης, αλλά και δρόμους και περάσματα της ενδοχώρας (Αποστολάκου 2010, 72-73).

Εικόνα 5. Οξά, λαξευτές κοιλότητες στον βράχο

Σε αντίθεση με ό,τι είναι ευρέως γνωστό, η πλειονότητα των αρχιτεκτονημάτων που διατηρούνται στην Οξά, η οχύρωση, οι πύργοι, οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού, και η μια μοναδική εκκλησία ανάγονται στα βυζαντινά χρόνια.

Τα τμήματα της οχύρωσης παρά την αποσπασματική κατάσταση διατήρησής τους υποδεικνύουν την πορεία του οχυρωματικού περιβόλου της Οξάς. Η χάραξη ακολουθεί το φυσικό ανάγλυφο, ενσωματώνοντας τα εξάρματα των βράχων. Η νότια πλευρά της Οξάς ήταν η πλέον ευάλωτη, καθώς κλιμακωτά άνδηρα καθιστούσαν πιο εύκολη την πρόσβαση στην κορυφή. Τα τείχη διατηρούνται στο σημείο αυτό σε ικανοποιητικό ύψος (εικ. 7). Είναι όμως στο νοτιοανατολικό άκρο του περιβόλου που εντοπίζεται το πιο εντυπωσιακό κατάλοιπο της οχύρωσης, ένας πεταλοειδής πύργος σωζόμενος σε ύψος περίπου 4 μ. (εικ. 8). Στη βόρεια πλευρά του περιβόλου έχουν εντοπιστεί ένας πεταλοειδής και ένας ορθογώνιος πύργος. Ο τελευταίος πιθανότατα συνδέεται με την ύπαρξη πύλης στο σημείο αυτό (εικ. 9).

Εικόνα 6. Οξά, ερείπια του κυκλικού πύργου των κλασικών-ελληνιστικών χρόνων

Η ομοιομορφία που διαπιστώνεται στην τοιχοδομία της οχύρωσης, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτή κατασκευάστηκε σε μια φάση. Η τοιχοποιία αποτελείται από κατεργασμένους ή ημι-κατεργασμένους λίθους από τον σκληρό, φαιόχρωμο, τοπικό ασβεστόλιθο. Οι λίθοι είναι τοποθετημένοι σε στρώσεις και συνδέονται μεταξύ τους με ισχυρό κονίαμα. Σπασμένα όστρακα, κεραμίδια και πλίνθοι ενσωματώνονται στους αρμούς.

Οι αρχιτεκτονικές κατασκευές που χαρακτηρίζουν το κακοτράχαλο τοπίο της Οξάς είναι οι θολοσκεπείς δεξαμενές συλλογής ομβρίων υδάτων (εικ. 10). Μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί 35 δεξαμενές, οι οποίες ποικίλουν τόσο ως προς το σχήμα και τις διαστάσεις, δηλαδή τη χωρητικότητα, όσο και ως προς την τεχνική και τα υλικά δομής. Αρκετές δεξαμενές εντοπίζονται στα πλατώματα που δημιουργούνται ανάμεσα στα βραχώδη εξάρματα της κορυφής. Άλλες χτίστηκαν κατά μήκος των πρανών, ακολουθώντας την πορεία του οχυρωματικού τείχους, θυμίζοντας υδατόπυργους. Οι δεξαμενές έχουν ορθογώνιο, τετράγωνο, κυκλικό ή ακανόνιστο σχήμα. Ένα χαρακτηριστικό κατασκευαστικό στοιχείο των δεξαμενών της Οξάς, όπως και όλης της περιοχής, ήταν το παραδόχι. Πρόκειται για μια κτιστή κατασκευή προσκολλημένης σε μια εξωτερική πλευρά της δεξαμενής με την οποία επικοινωνούσε μέσω ενός καναλιού (εικ. 11). Το παραδόχι λειτουργούσε ως φρεάτιο υποδοχής και καθίζησης των όμβριων υδάτων και των φερτών υλικών που αυτό μετέφερε. Με τον τρόπο αυτό

εξασφαλίζονταν η εισαγωγή καθαρότερου νερού στο εσωτερικό της δεξαμενής και ελέγχονταν παράλληλα η ποσότητα του εισερχόμενου νερού.

Όλες οι δεξαμενές χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη επιμέλεια στην κατασκευή τους, για την οποία έχει χρησιμοποιηθεί επίσης ο τοπικός, σκληρός, φαιόχρωμος ασβεστόλιθος και άφθονο συνδετικό κονιάμα. Πλίνθοι, κεραμίδια ή όστρακα παρεμβάλλονται ανάμεσα στους αρμούς. Υδραυλικό κονίαμα κάλυπτε την επιφάνεια των τοιχωμάτων των δεξαμενών στο εσωτερικό, το οποίο επιδιορθώνονταν και ανανεώνονταν.

Ο ναός του Τιμίου Σταυρού-Ζωοδόχου Πηγής, ο οποίος εντοπίζεται στη βορειοδυτική πλευρά της κορυφής, παρουσιάζει σήμερα την εικόνα ενός μονόχωρου θολοσκεπούς ναού (εικ. 12). Η τωρινή μορφή του έχει προκύψει από τις επεμβάσεις της δεκαετίας του 1980, ενώ τα ανοίγματα (θύρα εισόδου και παράθυρο) φαίνεται ότι ανάγονται σε επέμβαση του 19ου αιώνα.

Το ανατολικό τμήμα του ναού, το οποίο ανήκει σε μια από τις αρχικές φάσεις του κτηρίου, χαρακτηρίζεται από την ευρεία αψίδα του Ιερού Βήματος. Το εύρος της αψίδας, ίσο περίπου με το εύρος του κλίτους, παραπέμπει σε ναούς της πρωτοβυζαντινής περιόδου, όπως ο ναός του Αγίου Νικολάου στον Άγιο Νικόλαο. Τα τρία τοξωτά ανοίγματα, ορατά στην αψίδα, τόσο στην εξωτερική όψη, σήμερα τοιχισμένα, όσο και στην εσωτερική, όπου είναι μερικώς τοιχισμένα, παραπέμπουν σε αντίστοιχα ανοίγματα αψίδας όψιμων πρωτοβυζαντινών ναών (αρχική φάση

Εικόνα 7. Οξά, τμήμα του νότιου οχυρωματικού περιβόλου

Παναγίας Κεράς στην Κριτσά και Αγίου Γεωργίου στη Λούτρα, στις Μάλλες). Στην αρχική του μορφή ο ναός ήταν μεγαλύτερος, με ένα ακόμα κλίτος στα βόρεια από το οποίο είναι σήμερα ορατό μόνο το θεμέλιο της αψίδας στην οποία κατέληγε στα ανατολικά.

Ο ναός είναι κατασκευασμένος από λιθοδομή με σχετικά καλή ποιότητα κατασκευής. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στο εσωτερικό, και ειδικά στην ανατολική πλευρά, όπου έχει χρησιμοποιηθεί ψαμμίτης (αμμουδόπετρα) υπόλευκου χρώματος. Η κατασκευή του θόλου και της κόγχης του ιερού είναι εξαιρετικά επιμελημένη. Η δομή της τοιχοποιίας στο ανατολικό τμήμα παρουσιάζει αναλογίες με τον ναό της Ανάληψης στον Πόρο Ελούντας, ο οποίος χρονολογείται στην πρώιμη Βενετοκρατία. Δεν αποκλείεται ο ναός του Τιμίου Σταυρού να γνώρισε μια φάση ανακατασκευής στα χρόνια αυτά. Το δυτικό τμήμα της εκκλησίας, το οποίο είναι μεταγενέστερο, έχει κατασκευαστεί με τον τοπικό, σκληρό, φαιόχρωμο ασβεστόλιθο. Στην τοιχοποιία της προσθήκης έχουν ενσωματωθεί ηχητικά αγγεία σε διάσπαρτες θέσεις. Στη στέψη των τοίχων, περιμετρικά τρέχει γείσο απλής μορφής από πλακοειδείς λίθους, που αποτελεί την απόληξη της κάλυψης με πλάκες, η οποία διατηρείται κάτω από τη σύγχρονη κεράμωση.

Εικόνα 8. Οξά, πεταλοειδής πύργος στο νοτιοανατολικό άκρο της οχύρωσης

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα εντυπωσιακά αρχιτεκτονικά κατάλοιπα που διασώζονται στην Οξά είναι δύσκολο να χρονολογηθούν με ακρίβεια. Ωστόσο, από τη μελέτη της κεραμικής προκύπτουν σημαντικές πληροφορίες για τις περιόδους κατοίκησης του τόπου αυτού. Τα όστρακα που έχουν περισυλλεχθεί μπορεί να ανήκουν σε πολλές διαφορετικές περιόδους, αλλά η πλειονότητά τους χρονολογείται στους 7ο και 8ο αι. μ.Χ. Πρόκειται για την περίοδο που σηματοδοτεί την οριστική διάσπαση της ενιαίας ως τότε ρωμαϊκής Μεσογείου μεταξύ του χριστιανικού και του μουσουλμανικού κόσμου,

λόγω των αραβικών κατακτήσεων. Η περίοδος αποτελεί τομή και για την ιστορία της Κρήτης, καθώς το νησί μετατρέπεται από μια κεντρική σε μια συνοριακή περιοχή της Βυζαντινής αυτοκρατορίας, ένα σύνορο μέσα στην απεραντοσύνη της Μεσογείου. Η οχύρωση και οι δεξαμενές της Οξάς πιθανότατα ανήκουν σε ένα ενιαίο οικοδομικό πρόγραμμα και χρονολογούνται αυτήν την περίοδο. Απομόνωση και δύσκολες συνθήκες διαβίωσης, δυο ιδιότητες που νοηματοδοτούν αρνητικά τη ζωή στο βουνό, μετατρέπονται σε θετικά πλεονεκτήματα όταν πρέπει να αντιμετωπισθεί μια εξωτερική

Εικόνα 9. Οξά, τμήμα του βόρειου οχυρωματικού περιβόλου και πύργος

απειλή, όπως ήταν οι αραβικές επιδρομές. Το νησί τελικά καταλήφθηκε από τους Άραβες στις αρχές του 9ου αιώνα. Η Οξά φαίνεται ότι εγκαταλείφθηκε, καθώς μέχρι σήμερα δεν έχουν εντοπιστεί αρχαιολογικά τεκμήρια της αραβοκρατίας, αλλά ούτε και της περιόδου μετά την επανακατάκτηση της Κρήτης από τους Βυζαντινούς το 961. Η εκκλησία στη θέση που είναι σήμερα ο ναός του Τιμίου Σταυρού-Ζωοδόχου Πηγής, φαίνεται ότι επισκευάστηκε τα χρόνια της Βενετοκρατίας.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα στο Όρος Οξά το 2021 χρηματοδοτήθηκε εν μέρει από την πράξη "Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου"- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ). Θερμές ευχαριστίες οφείλονται στους κατοίκους της Ελούντας που είναι αρωγοί στο έργο μας, σε όλους τους συνεργάτες της ερευνητικής ομάδας της Οξάς και ιδιαιτέρως στους ακαταπόνητους φοιτητές του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Εικόνα 10. Οξά, απόψη των θολωτών δεξαμενών στα βορειοδυτικά

Εικόνα 11. Οξά, ορθογώνια θολωτή δεξαμενή με παραδόχι

Εικόνα 12. Οξά, η εκκλησία του Τιμίου Σταυρού - Ζωοδόχου Πηγής από τα ανατολικά

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αποστολάκου, Β., 2010. Από την πρώιμη εποχή του Σιδήρου έως το τέλος της ρωμαϊκής περιόδου. Στο Ο Άγιος Νικόλαος και η περιοχή του, Περιήγηση στο χώρο και στο χρόνο, Άγιος Νικόλαος, 53-104.

Coutsinas, N., 2013. Défenses crétoises. Fortifications urbaines et défense du territoire en Crète aux époques classique et hellénistique, Cahiers Archéologiques de Paris 1,3, Paris.

Fabreguettes M. A., 1835. Journal d'une tournée faite dans l'intérieur de l'île de Crête. Bulletin de la Société de Géographie, série 2, 3: 108-127.

Gaignerot-Dreissen, F., 2016. De l'occupation postpalatiale à la cité-état grecque : le cas du Mirambello (Crète), Aegaeum. Annales liégeoises et PASPiennes d'archéologie égéenne, no 40, Liège; Leuven: Peeters.

Mariani, L., 1895. Antichità Cretesi I. MonAnt, 6: 243, 153-334.

Nowicki, K., 2000. Defensible sites in Crete ~ 1200-800 BC (LM III B/III C through early geometric), Aegaeum 21, Université de Liege, University of Texas at Austin.

Perlman, P., 2004. Crete. In Hansen M. H., Nielsen Th. H. (ed.), An Inventory of Archaic and Classical Poleis. An Investigation Conducted by The Copenhagen Polis Centre for the Danish National Research Foundation, Oxford University Press, Oxford 2004, 1144-1195.

Pendlebury, J. D. S, 1939.The Archaeology of Crete, Methuen & Co, London.

Spratt, Th. A. B., 1865.Travels and Researches in Crete, vol. I, London.

Taramelli, A., 1899. Ricerche archeologiche cretesi, MonAnt, 9: 285-448

Van Effenterre H., 1948. Fortins crétois. In Mélanges Charles Picard, RA 31-32: 1033-1046.

Van Effenterre H., 1955. Cupules et naumachie. BCH, 79: 541-548.

υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα

SOPRAS

Αναζητώντας τον αρχαίο Ολούντα στον βυθό και τις ακτές του κόλπου της Ελούντας (2017-2021)

Θεοτόκης Θεοδούλου [1], Αλέξανδρος Τούρτας [2]

[1] Δρ. Αρχαιολόγος, Προϊστάμενος Γραφείου Κρήτης Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων
[2] Δρ. Αρχαιολόγος, Μεταδιδακτορικός Ερευνητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

e-mail: ttheodoulou@culture.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

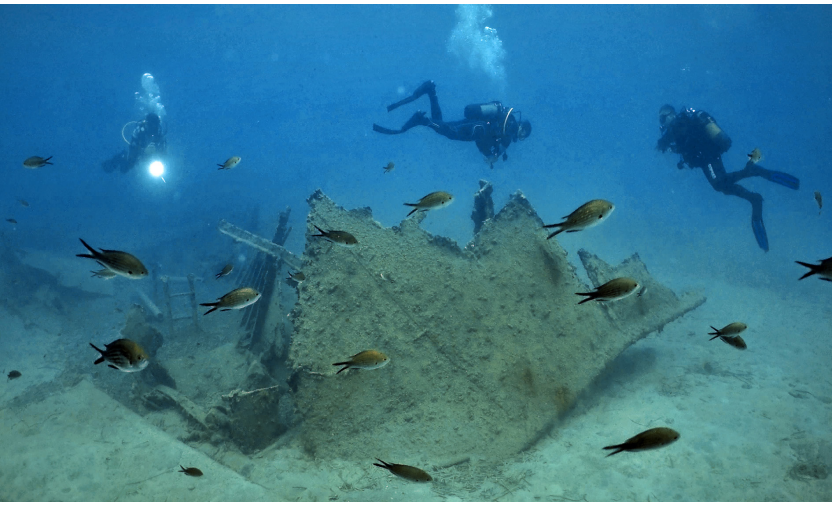
Η πόλη του αρχαίου Ολούντος εκτεινόταν στην περιοχή του Πόρου, στον ισθμό δηλαδή, ο οποίος ενώνει τη χερσόνησο της Κολοκύθας (ή Σπιναλόγκας ή Νησί) με την απέναντι ακτή στον κόλπο της σημερινής Ελούντας. Τμήμα της πόλης είναι σήμερα βυθισμένο στη θάλασσα, καθώς ο ισθμός περιορίστηκε σε πλάτος από την αλλαγή της θαλάσσιας στάθμης στο πέρασμα των αιώνων. Η πόλη μαρτυρείται στην αρχαία γραμματεία και σε διάφορες επιγραφές. Στην περιοχή του Πόρου έχει ανασκαφεί μία πρωτοβυζαντινή βασιλική, μινωικοί, ελληνιστικοί και ρωμαϊκοί τάφοι, ένας αποθέτης αρχαϊκού-κλασικού ιερού και τμήμα ενός κτηρίου ελληνορωμαϊκών χρόνων, ενώ στην επιφάνεια του εδάφους είναι ορατά λείψανα κτηρίων που παραπέμπουν στην πρώτη βυζαντινή περίοδο. Ο Ολούς συνεχίζει να υφίσταται τουλάχιστον μέχρι τον 6ο αι. μ.Χ. με δική του επισκοπή, σύμφωνα με τον Συνέκδημο του Ιεροκλή. Η πόλη φαίνεται να εγκαταλείφθηκε στους αιώνες των αραβικών επιδρομών και της αραβικής κατάκτησης της Κρήτης, ακολουθώντας την πρακτική που παρατηρείται σε όλους σχεδόν τους παράλιους οικισμούς του Αιγαίου την ίδια εποχή.

Η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων (ΥΠΠΟΑ) μαζί με το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών (ΙΤΕ) πραγματοποιούν τα τελευταία πέντε χρόνια (2017-2021) συστηματική υποβρύχια γεωαρχαιολογική έρευνα και χαρτογράφηση στην ευρύτερη περιοχή του κόλπου της Ελούντας και των ακτών του, της χερσονήσου της Κολοκύθας και του Πόρου (Θεοδούλου 2019 και 2020. Simyrdanis κ.ά. 2016).

Το αποτέλεσμα της υποβρύχιας έρευνας, καθώς και τα αποτελέσματα της αντίστοιχης έρευνας της γειτονικής Οξάς, όπως και τα ανάλογα δημοσιευμένα αρχαιολογικά αποτελέσματα των ερευνών της Εφορείας Αρχαιοτήτων Λασιθίου από την περιοχή, συνδυάζονται στο πλαίσιο του προγράμματος ΔΙΑΤΟΠΟ: «Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου», που στοχεύει να δώσει πρόσβαση στο κοινό, μέσω εφαρμογών διαδικτύου ή φορητών συσκευών, στις πληροφορίες που αφορούν το φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον της περιοχής και να προτείνει ανάλογες πολιτιστικές διαδρομές.

Εικόνα 1. Γενική άποψη του Πόρου με το σκάφος στη θέση
εργασιών καθαρισμού κατασκευής αρχαίου τείχους ή λιμενοβραχίονα

Κατά τη διάρκεια της υποβρύχιας έρευνας διαπιστώθηκε πλήθος μαρτυριών της εμπορικής δραστηριότητας στην περιοχή, όπως θραύσματα και ολόκληροι αμφορείς, άγκυρες, σωροί ερμάτων, κλπ. Παράλληλα εντοπίστηκαν, πέραν του Πόρου, διάφορες επιπλέον θέσεις με βυθισμένα κτηριακά κατάλοιπα (Βαθύ, Μελισσός, Τσιφλίκι, Σχίσμα), οι οποίες φαίνεται ότι λειτουργούσαν σαν δορυφορικοί οικισμοί, διασυνδεόμενοι σε κάποιες περιπτώσεις, μεταξύ τους και με τον Πόρο, με δίκτυο δρόμων που επιβιώνει μέχρι σήμερα στα ίχνη των παραδοσιακών μονοπατιών της Κολοκύθας, αλλά και σε βυθισμένα τμήματά τους. Παράλληλα, η παρουσία δομών και άλλων αρχαιολογικών τεκμηρίων στις ακτές, μαρτυρούν τη διαχρονική ανθρώπινη παρουσία στην περιοχή.



Εικόνα 2. Άποψη του νεώτερου ναυαγίου στον όρμο Τραχήλι δυτικά του Πόρου

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΝΑΥΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ - ΝΑΥΑΓΙΑ

Η υποβρύχια διερεύνηση πραγματοποιήθηκε στις ακτές της χερσονήσου της Κολοκύθας, της νησίδας Σπιναλόγκα, της νησίδας Κολοκύθα, και του ευρύτερου όρμου του Πόρου μέχρι το ακρωτήριο Πνιγμένος, που κλείνει τον κόλπο της Ελούντας από νοτιοδυτικά. Σε όλη την περιοχή θραύσματα αγγείων διαφόρων εποχών, κυρίως αμφορέων, μαρτυρούν τη διαχρονική ναυτική δραστηριότητα στον χώρο. Μία αρχαία λίθινη άγκυρα στην περιοχή του σημερινού Καρνάγιου, βόρεια του Σχίσματος, και ένας μικρός μολύβδινος στύπος ρωμαϊκής άγκυρας από το Διανισκάρι, καθώς και έξι σωροί ερμάτων στον ορμίσκο του Αγίου Φωκά μαρτυρούν θέσεις αγκυροβολίας. Στο Διανισκάρι δύο σιδερένιοι στύλοι (μπίντες), πακτωμένοι στη βραχώδη ακτή υποδεικνύουν τη χρήση της θέσης για προσόρμιση και πρόσδεση πλοίων μέχρι το πρόσφατο παρελθόν. Αντίστοιχα, τα έρματα πλοίων στον Άγιο Φωκά συνδέονται με τη χρήση του ευρύτερου όρμου ως φυσικού λιμανιού, όπως δείχνουν και τα κατάλοιπα της πρωτοβυζαντινής βασιλικής που ανασκάφηκε στον μυχό του (Μπορμπουδάκης 1975), και η οποία συνδέεται με οικισμό που εκτεινόταν στις γύρω πλαγιές, όπως

μαρτυρούν τα εκεί αρχαιολογικά ίχνη. Τα έρματα αυτά θέτουν το ερώτημα των ανταλλάξιμων προϊόντων, καθώς η βραχώδης περιοχή, με μια πρώτη ματιά, ήταν προφανώς, όχι απλώς ικανή να θρέψει τους κατοίκους της, αλλά και να δημιουργήσει πλεόνασμα. Καρποφόρα δέντρα, χαρουπιές, συκιές, ελιές, αμπέλια, κυπαρίσσια, σιτηρά, βότανα, κλπ. καλλιεργούνταν στις γεμάτες αναβαθμούς πλαγιές γύρω από τον κόλπο και στη χερσόνησο της Κολοκύθας. Τρεις βάσεις συμπίεσης ελαιοπιεστηρίων ή/και λινών εντοπίστηκαν στις ακτές: στον Πόρο, στο Τσιφλίκι και στην Κολοκύθα, νότια του Μελισσού (μαζί με έναν μυλόλιθο), ενώ ένας ανάλογος εργαστηριακός χώρος ανασκάφηκε από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου στο Τσιφλίκι, δίπλα ακριβώς από την παραλία, σε σημείο με κτηριακά κατάλοιπα που εκτείνονται στον βυθό (Αποστολάκου 2010, 95). Σε μια εθνολογική προσέγγιση καταμετρήθηκαν από το πρόσφατο παρελθόν 62 αλώνια και 22 ασβεστοκάμινα στη χερσόνησο της Κολοκύθας, τα οποία βρίσκονταν σε λειτουργία μέχρι το 1960-1970 τουλάχιστον. Σε αυτά πρέπει να προστεθούν οι πολυάριθμες θέσεις εξόρυξης ακονιών, οι αλυκές και ο πλούτος της θάλασσας σε αλιεύματα (Θεοδούλου, Τούρτας, Καραδήμου 2021). Ο κόλπος της Ελούντας είναι ίσως ο μόνος με παραγωγή οστράκων στην Κρήτη (στρείδια, μύδια, καλόγνωμες, κλπ.). Αυτά, σε συνδυασμό με τη στρατηγική θέση στον ναυτικό δρόμο που παρέπλεε τις βόρειες ακτές της Κρήτης και την πληθώρα

Εικόνα 3. Άποψη βυθισμένων δομών στον όρμο Βαθύ

Εικόνα 4. Άποψη των βυθισμένων δομών και του βυθισμένου δρόμου στο Τσιφλίκι

θέσεων ασφαλούς ελλιμενισμού για κάθε καιρό, συνέβαλλαν στην ανάπτυξη του αρχαίου Ολούντος.

Τα κατάλοιπα ενός ξύλινου σκαριού, πιθανότατα νεώτερου, εντοπίστηκαν το 2007 στα νοτιοανατολικά της χερσονήσου της Κολοκύθας, αν και πολύ κοντά του βρισκόταν ένας ρωμαϊκός αμφορέας από τη Βόρειο Αφρική (Πρέκα κ.ά. 2012, 105-106). Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας μικρός αριθμός ομοιογενών θραυσμάτων αμφορέων βυζαντινών χρόνων (8ος - 9ος αι. μ.Χ.) εντοπίστηκαν στην περιοχή του ακρωτηρίου Πνιγμένος, υπονοώντας κάποια αβαρία για να ελαφρύνει το πλοίο που βρισκόταν σε κίνδυνο ή κάποιο ναυάγιο που θα κατέληξε βαθύτερα από τα -45 μ., όπου έφθασε η δική μας υποβρύχια έρευνα στη συγκεκριμένη περιοχή.

Στην ίδια περιοχή, στα δυτικά του όρμου Τραχήλι ανοικτά του ξενοδοχείου Elounda Bay Palace εκτείνεται στον βυθό σε μήκος 60 μ. περίπου, η γάστρα μεταλλικού πλοίου, το οποίο σύμφωνα με πληροφορίες των ντόπιων καταστράφηκε από πυρκαγιά το 1918. Κατά τις ίδιες πληροφορίες πρόκειται για γαλλικό πλοίο, αν και οι λαμαρίνες του φαίνεται να κατασκευάστηκαν, αν όχι και το ίδιο το πλοίο, στην Αγγλία. Πιθανότατα το πλοίο αποτελεί ένα από τα θύματα του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου, το οποίο συνεχίζει να μαρτυρεί τη ναυτική στρατηγική θέση της περιοχής. Το ίδιο μαρτυρούν τα κατάλοιπα χερσαίων στρατιωτικών εγκαταστάσεων του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου: ορύγματα, θέσεις πολυβόλων, κτήρια και τάφοι, τόσο στο ακρωτήρι του

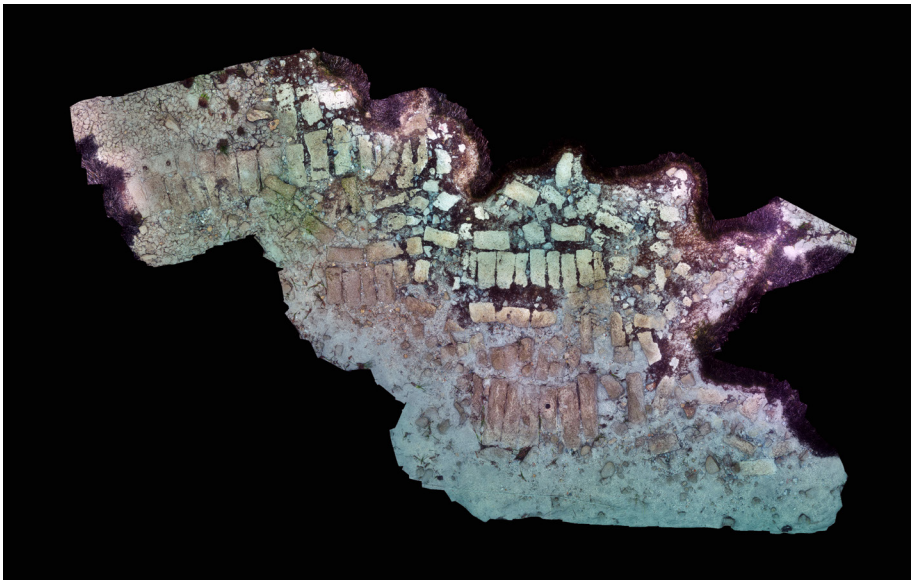
Πνιγμένου, όσο και στο νοτιότερο λόφο Βαγί της Κολοκύθας (Μακράκης 2009, 181-184). Εκεί, μάλιστα, η αυτόβουλη καταστροφή των οπλικών τους συστημάτων από τους ίδιους τους Γερμανούς, στο τέλος του πολέμου το 1944, μετονόμασε την περιοχή σε Ανατίναξη, αφήνοντας έναν τεράστιο κρατήρα στην επιφάνεια του εδάφους, καθώς και θραύσματα οβίδων και όπλων στον γειτονικό βυθό του ακρωτηρίου.

3. ΒΥΘΙΣΜΕΝΑ ΚΑΤΑΛΟΙΠΑ ΔΟΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

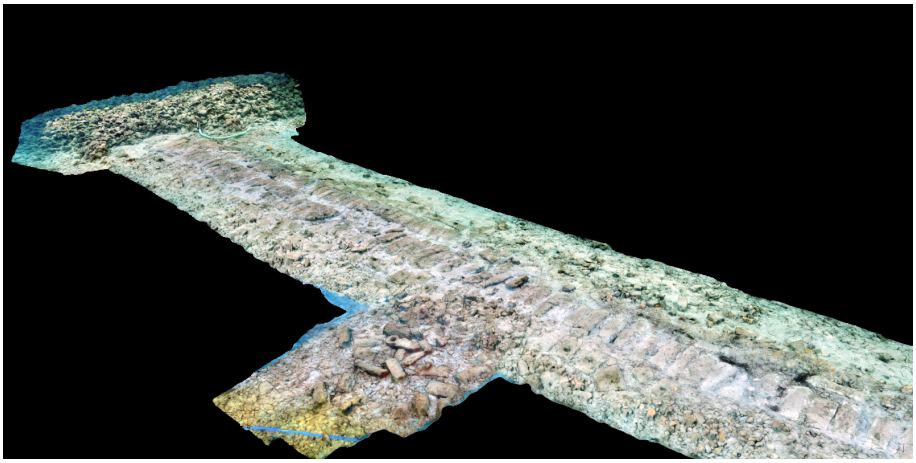
Η περιοχή του κόλπου της Ελούντας φαίνεται να έχει μια ιδιαίτερη γεωλογική συμπεριφορά που προκαλείται αφ΄ ενός, από τη γενική βύθιση του ανατολικού τμήματος της Κρήτης και αφ΄ ετέρου, από τη διαδικασία διάβρωσης των γύρω βουνών, η οποία αποθέτει ασταθή ιζήματα στις εκβολές των ρεμάτων. Στις μικρές κοιλάδες που σχηματίζονταν, υπήρχαν στην αρχαιότητα κτηριακά συγκροτήματα, τα οποία βυθίστηκαν στη συνέχεια από τεκτονικές και ευστατικές αιτίες, από την αστάθεια των εδαφών αυτών, ή πιθανότερα από έναν συνδυασμό όλων αυτών των παραγόντων. Παρατηρώντας, επίσης, τη βυθομετρία του κόλπου της Ελούντας, όπου το βάθος στα βόρειά του δεν ξεπερνάει τα -3 μ., δεν είναι απίθανο το βορειότερο μέρος του να ήταν κάποια στιγμή ενωμένο με τη χερσόνησο της Κολοκύθας, ενώ νοτιότερα, όπου το βάθος και σήμερα είναι μεγαλύτερο, ίσως να σχηματιζόταν μια λίμνη. Στο συμπέρασμα αυτό οδηγεί ο εντοπισμός θεμελιώσεων στον Πόρο μέχρι βάθους -3 μ. τουλάχιστον.

Στον όρμο Βαθύ, τον βορειοδυτικότερο της Κολοκύθας, βυθισμένοι πέτρινοι τοίχοι με δουλεμένες πωρολιθικές λιθοπλίνθους, που σχηματίζουν δωμάτια και διαδρόμους, παρακολουθούνται από την ακτή και φτάνουν σε βάθος περίπου -1.5 μ., στο νότιο μέρος του μυχού του όρμου. Προς την πλευρά του πελάγους το συγκρότημα ορίζεται από πλακόστρωτο δρόμο που βαίνει παράλληλα με την ακτή. Επί της ακτής, στην ίδια περιοχή υπάρχει όρυγμα με υφάλμυρο νερό, το οποίο σχηματίζεται με τρία σκαλοπάτια που οδηγούν στην πηγή. Σε μικρή απόσταση προς τα νότια εντοπίστηκε μινωική κεραμική μαζί με μια μεγάλη ποσότητα από όστρακα προρφύρας, μάρτυρες μάλλον μιας προϊστορικής βιοτεχνικής εγκατάστασης. Ίσως αυτή την εγκατάσταση ακολούθησαν στα ιστορικά χρόνια τα κτήρια που είναι σήμερα βυθισμένα, εκμεταλλευόμενα τη μικρή πεδιάδα που εκτείνεται από αυτό το σημείο προς τον αυχένα που σχηματίζεται με τον όρμο του Κριού στα ανατολικά. Καλλιεργήσιμη θα ήταν και η περιοχή στο βορειότερο μυχό του όρμου, η οποία είναι αρκετά επίπεδη κοντά στην ακτή και εκτείνεται με ομαλή κλίση προς τα βορειοανατολικά. Στον βυθό μπροστά από αυτήν την περιοχή, εντοπίσαμε το τετράπλευρο περιχείλωμα επιχωμένου πηγαδιού. Αυτό το σημείο του όρμου είναι το πλέον απάνεμο στον κόλπο και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα για τη διαχείμαση σκαφών.

Νοτιότερα του όρμου Βαθύ ανοίγεται ο διπλός όρμος του Μελισσού. Στην κορυφή του μικρού βραχώδους ακρωτηρίου, που χωρίζει τον όρμο στα δύο, δεσπόζουν τα



Εικόνα 5. Άποψη των καταλοίπων του βυθισμένου πιθανού πύργου στον Πόρο



Εικόνα 6. Άποψη του ανατολικού τμήματος της κατασκευής στον Πόρο που αποτελεί τμήμα της τείχισης ή τμήμα λιμενικού έργου της αρχαίας πόλης. Στα αριστερά της εικόνας διακρίνεται τμήμα του μεταγενέστερου ρωμαϊκού (;) λιμενοβραχίονα, ο οποίος εδράστηκε πάνω στην αρχαία δομή.

θεμέλια μιας ακόμα μικρής βασιλικής. Στα νοδιοδυτικά του ακρωτηρίου, λίγα μόνο μέτρα από την ακτή, διατηρούνται μεγάλοι ογκόλιθοι σε διάταξη. Πρόκειται μάλλον για κάποια οχυρωματική κατασκεύη, ίσως άλλον ένα αρχαίο πύργο, ανάλογο αυτού στις Πινές ή το Παλαιό Κτήρι. Μάλιστα, με αυτόν στις Πινές υπάρχει οπτική επαφή. Από τις δύο πλευρές του ακρωτηρίου εκτείνονται βυθισμένα λείψανα μεγάλων κτηρίων με επιμεληημένους δόμους. Τόσο προς τα βόρεια όσο και προς τα νότια στη συνέχεια των κτηρίων εκτείνεται από ένας επιμήκης τοίχος που μοιάζει αναλημματικός και ίσως όριζε την αρχαία ακτογραμμή. Το μέγιστο βάθος των -2 μ., στο οποίο εκτείνονται τα κτήρια, ίσως υποδηλώνει ότι πρόκειται για συγκροτήματα προ-ρωμαϊκών χρόνων, αν κρίνουμε από το ανάλογο βάθος της ρωμαϊκής φάσης στη Χερσόνησο (Leatham & Hood 1958/59). Ρωμαϊκή χρονολόγηση μπορεί να υποτεθεί για τα κατάλοιπα στο Βαθύ, τα οποία βρίσκονται σε κάπως μικρότερο βάθος.

Αντίστοιχα κατάλοιπα εντόπισε η έρευνα και στη δυτική ακτή του κόλπου σε τέσσερα σημεία πλην της περιοχής του Πόρου. Ξεκινώντας από βόρεια, εκτεταμένα κατάλοιπα βυθισμένων κτηρίων και άλλων δομών εντοπίστηκαν και αποτυπώθηκαν στο Τσιφλίκι. Πρόκειται για τοίχους βυθισμένων κτηρίων, πιθανότατα ρωμαϊκών χρόνων επίσης, που εκτείνονται σποραδικά σε μια ζώνη 500 περίπου μέτρων, με νοητό κέντρο τη θέση του οθωμανικού αρχοντικού του Τσιφλικιού. Στα βόρεια της περιοχής αυτής ξεχωρίζει το τμήμα ενός βυθισμένου δρόμου, εγκάρσιου στην παραλία, με πλάτος 3.5 μ., ο οποίος παρακολουθείται στον βυθό για 30 μ. περίπτου. Οι πλευρές του ορίζονται από πέτρινους τοίχους και είναι πιθανόν πλακόστρωτος αν και το δάπεδο είναι καλυμμένο σήμερα με βότσαλα. Μοιάζει με τα ανάλογα μονοπάτια στη χερσόνησο της Κολοκυθάς, με τις κτιστές πλευρές (τράφοι), τα οποία συνεχίζουν τους αρχαίους δρόμους, όπως μαρτυρούν αρχαίες επιγραφές σε βράχους στο δάπεδο ή στις πλευρές τους. Με μια προσεκτική ματιά μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι αυτού του είδους τα επιμεληημένα μονοπάτια της Κολοκύθας οδηγούν ακριβώς στις παραλίες, όπου έχουν εντοπιστεί οι βυθισμένες αρχαίες εγκαταστάσεις. Ένας αντίστοιχος πλακόστρωτος δρόμος, επίσης βυθισμένος, παράλληλος όμως ως προς την ακτή εντοπίζεται στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής του Τσιφλικιού.

Νοτιότερα από το Τσιφλίκι, στην περιοχή Καρνάγιο, όπου λειτουργεί μέχρι σήμερα ένα καρνάγιο, εκτός από την αρχαία λίθινη άγκυρα που αναφέρθηκε παραπάνω, διαπιστώθηκε ότι το σύγχρονο κεκλιμένο επίπεδο (ράμπα) από σκυρόδεμα εδράζεται σε παλαιότερη λιθοκατασκευή. Στα νότιά της εκτείνεται στην παραλία μισοβυθισμένος τοίχος κάποιου κτηρίου, ενώ στα βόρειά της, όπου εκβάλλει πηγή με άφθονο υφάλμυρο νερό, μέσα από διαμορφωμένο σπηλαιώδες όρυγμα, διάφοροι τοίχοι σχηματίζουν δεξαμενές δίπλα στην έξοδο του σπηλαίου. Η ανωδομή τους είναι από το πρόσφατο παρελθόν, αλλά θεμελιώνονται μέσα στο νερό και έτσι δεν είναι απίθανο οι αρχικές κατασκευές να είναι παλαιότερες.

Ακόμη νοτιότερα, στο λιμάνι του Σχίσματος της Ελούντας, όπου υπήρχαν αλυκές που επιχώθηκαν στα μέσα του περασμένου αιώνα, εντοπίστηκε, από τις

αεροφωτογραφίες της τελευταίας αποστολής του 2021, το περίγραμμα τετράπλευρου βυθισμένου κτίσματος, αμέσως νότια από το εστιατόριο «Βριτόμαρτις», το οποίο βρίσκεται πάνω στον νότιο λιμενοβραχίονα του λιμανιού, που φαίνεται να προϋπήρχε στον χώρο, ίσως από την εποχή της Βενετοκρατίας. Μάλιστα και το ίδιο το εστιατόριο έχει λιθόκτιστο τμήμα, το οποίο εδράζεται στον βυθό.

Τέλος, στις νότιες παρυφές του Σχίσματος, λίγο νοτιότερα από το «Εργοσπάσιο» εντοπίζονται στη θάλασσα κατάλοιπα κτηρίου, γνωστού στους ντόπιους ως Πατητήρι, εξαιτίας του γεγονότος ότι σε δύο διαμερίσματά του το πάτωμα είναι καλυμμένο με υδραυλικό κονίαμα, θυμίζοντας τα δάπεδα παραδοσιακών λινών.

4. ΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΣΤΟΝ ΠΟΡΟ

Ο σημερινός ισθμός του Πόρου ήταν στην αρχαιότητα αρκετά ευρύτερος, όπως μαρτυρούν οι βυθισμένες κατασκευές της πόλης του αρχαίου Ολούντος στις δύο πλευρές του. Η πόλη, πέραν των βυθισμένων τμημάτων της, εκτεινόταν και προς τα ανατολικά στο πρώτο τμήμα της χερσονήσου της Κολοκύθας και προς τα δυτικά, στον λεγόμενο Όξω Πόρο, σε τμήμα του όρμου Τραχήλι, στα νότια των Αλυκών, και πιθανότατα στην περιοχή των ίδιων των Αλυκών. Δυτικά των Αλυκών και του όρμου Τραχήλι εντοπίζονται τάφοι, γεγονός που δείχνει ότι πριν από το σημείο αυτό

Εικόνα 7. Άποψη του τμήματος του τείχους της αρχαίας πόλης στον όρμο Τραχήλι στα νότια των Αλυκών

βρισκόταν το δυτικό όριο της πόλης. Στα ανατολικά του ισθμού είναι ορατά διάφορα θεμέλια και οικοδομικό υλικό ενσωματωμένο στους διαχωριστικούς τοίχους των ιδιοκτησιών, ενώ σχήματα κτηρίων εμφανίζονται και στο υπέδαφος, όπως έδειξε η μαγνητική διασκόπηση στην παραλία και τμήμα της περιοχής. Σημαντικό ανασκαμμένο μνημείο, προς τα ανατολικά, αποτελεί η Βασιλική του Πόρου, με ψηφιδωτά στο κεντρικό κλίτος, που περιλαμβάνουν θαλασσινά θέματα, χρονολογούμενη στον 6ο αι. μ.Χ. Η βασιλική είχε ανασκαφεί αρχικά το 1898 από τους Γάλλους ναύτες που άνοιξαν το Κανάλι, και στη συνέχεια το 1937 (Van Effenterre 1941) και το 1955 (Ορλάνδος 1960) και 1960 (Ορλάνδος 1966). Πιθανότατα βρίσκεται στη θέση μιας από τις αρχαίες λατρείες που μαρτυρούνται στον Ολούντα, όπως του Διός Ταλλαίως, της Βριτομάρτιδος, του Ασκληπιού κλπ. (Μακράκης 2009, 25-27) Από τους τοίχους της βασιλικής προέρχεται επιγραφή με τους όρους συνθήκης μεταξύ του Ολούντος και της Ρόδου, η οποία χρονολογείται το 201/200 π.Χ. Στη διάνοιξη του καναλιού ήρθαν επίσης στο φως ευρήματα, τα οποία περιλάμβαναν μια μεγάλη στήλη, που βρίσκεται σήμερα στο Μουσείο του Λούβρου, επιγραφές, κ.ά. Τα πρανή του καναλιού κατασκευάστηκαν από λιθοπλίνθους που προέρχονται είτε από βυθισμένα αρχαία κτήρια της περιοχής ή από κτήρια που εντοπίστηκαν στη διάνοιξη του ίδιου του διαύλου. Ένα τέτοιο κτήριο είναι εμφανές στα δυτικά της παλιάς γέφυρας. Οι καλά εργασμένες λιθόπλινθοι δείχνουν ακριβώς επιμελημένα, δημόσια κτήρια, τα οποία αναμένει κανείς στο κέντρο μιας αρχαίας πόλης.

Ίχνη βυθισμένων κτηρίων είναι εμφανή τόσο στα βόρεια του ισθμού, σε μια ζώνη που εκτείνεται από το σημείο που ο παραλιακός δρόμος στρίβει προς το εσωτερικό της Κολοκύθας μέχρι και την αλαταποθήκη της Χιόνας. Αντίστοιχα θεμέλια κτηρίων είναι ορατά σε ικανό ύψος από τον πυθμένα στα ανατολικά της εκκλησίας της Ανάληψης, στα ανατολικά της παλιάς γέφυρας του Καναλιού, και κατά μήκος της δυτικής πλευράς του όρμου του Πόρου. Στα βορειοδυτικά του όρμου διακρίνεται σε ύψος περί τα 0.8 μ. το κατώτερο τμήμα αψίδας και το δυτικό τμήμα του νότιου κλίτους άλλης μίας τρίκλιτης βασιλικής, το ίχνος της οποίας συνεχίζεται στη στεριά προς τα δυτικά, στον Όξω Πόρο. Ίσως κτήρια να καλύπτουν και οι σωροί λίθων, κάποιοι καλυμμένοι από λιβάδια ποσειδωνίας, που εμφανίζονται στο κέντρο του όρμου. Βυθισμένα κατάλοιπα κτηρίων υπάρχουν επίσης στον βορειοανατολικό μυχό του όρμου Τραχήλι, αμέσως δυτικά από τον όρμο του Πόρου. Πολύ κοντά στην παραλία και επί κτισμάτων προγενέστερων φάσεων, που είναι επίσης κτισμένα με επιμελημένες πωρολιθικές λιθοπλίνθους, υπάρχει μία ελαφρώς τραπεζιόσχημη κατασκευή με υδραυλικό κονίαμα στο δάπεδο και στο κάτω μέρος των τοίχων. Πρόκειται πιθανότατα για δεξαμενή της τελευταίας φάσης λειτουργίας της πόλης. Στο διάστημα μεταξύ των δύο όρμων ο θαλάσσιος κυματισμός αποκαλύπτει και καταστρέφει τοίχους αρχαίων κτηρίων στο πρανές της ακτής. Σε κάποιο σημείο του φυσικού βράχου της ακτής, που αποκαλύπτεται κάτω από τις αρχαίες κατασκευές, υπάρχει μία φυσική κοιλότητα, η οποία έχει επίσης επενδυθεί με υδραυλικό κονίαμα

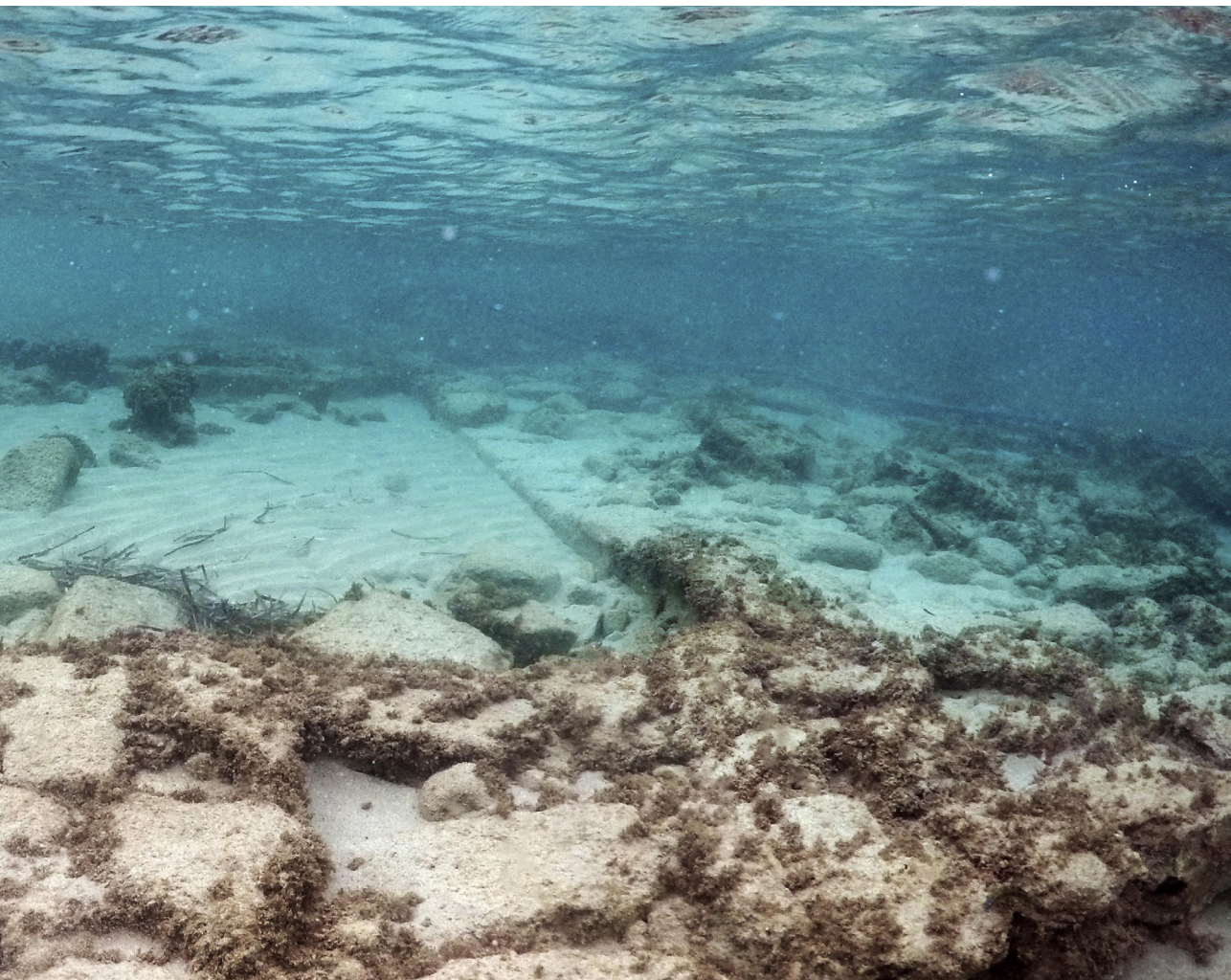
για να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή. Στο χωμάτινο παράκτιο δρόμο που ακολουθεί την παραλία από τα δυτικά του όρμου του Πόρου, φτάνει στον όρμο Τραχήλι και συνεχίζει δυτικά των Αλυκών, υπάρχουν σε πολλά σημεία της διαδρομής ίχνη τοίχων κτηρίων, τα οποία είναι ορατά τόσο στην επιφάνεια όσο και στη μαγνητική χαρτογράφηση που εκπόνησε το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών.

Ενδιαφέρον στοιχείο αποτελούν τα τμήματα πλακόστρωτων οδών που εντοπίζονται σε τρία σημεία υποβρυχίως: στην περιοχή της εκκλησίας της Ανάληψης στα ανατολικά του όρμου, στο αντίστοιχο τμήμα με τα κτήρια στη δυτική ακτή του όρμου του Πόρου και παράλληλα με τον δρόμο στον βόρειο μυχό του όρμου του Πόρου. Όλοι έχουν κατεύθυνση περίπου ανατολικά – δυτικά, γεγονός που δείχνει συγκεκριμένο προσανατολισμό στον πολεοδομικό κάναβο της αρχαίας πόλης. Σε αυτό συνηγορούν οι προσανατολισμοί των κτηρίων, όπως φαίνονται στις εικόνες της μαγνητικής διασκόπησης. Αντίστοιχο τμήμα δρόμου είχε εντοπιστεί και στην ανασκαφή στον άμεσα γειτνιάζοντα Όξω Πόρο, από τον Κ. Δαβάρα (1989, 377).

Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα κατάλοιπα ισχυρών δομών, τα οποία πιθανότατα ανήκουν στην οχύρωση της αρχαίας πόλης. Ένα τμήμα όψης τείχους, μάλλον

ελληνιστικών χρόνων, όπως δείχνει η σύγκριση με το Παλαιό Κτήρι, εμφανίζεται στη βάση ξερολιθικής δομής στο ύψωμα ανατολικά του Πόρου, με κατεύθυνση βόρεια - νότια. Στο ίδιο σημείο ο πλοίαρχος T.B. Spratt αποτυπώνει στα μέσα του 19ου αιώνα τμήματα τείχους που σώζονταν τότε σε ικανό ύψος (Spratt 1865, 124). Το τμήμα που επιβιώνει σήμερα είναι φτιαγμένο από καλά αρμοσμένους περίπου τετράπλευρους μεγάλους ογκόλιθους ντόπιου ασβεστόλιθου. Ένα τμήμα ανάλογης δομής εντοπίζεται βυθισμένο στον όρμο Τραχήλι με κατεύθυνση περίπου ανατολικά-δυτικά, σε μικρή απόσταση από την ακτή. Η στρώση των αδρά εργασμένων ασβεστολίθων στο Τραχήλι εδράζεται σε τετράπλευρες πωρολιθικές λιθοπλίνθους από της οποίες φαίνεται η άνω επιφάνεια στο επίπεδο του πυθμένα. Μία σειρά από ανάλογες πλίνθους μήκους 1.5 μ. Χ 0.50 μ., τοποθετημένες η μία δίπλα στην άλλη με τη μακριά τους πλευρά να εφάπτεται, διατρέχει σχεδόν ολόκληρο τον όρμο του Πόρου στα νότια, με αντίστοιχη κατεύθυνση ανατολικά – δυτικά. Η δομή αυτή είναι ορατή στην επιφάνεια του πυθμένα σε δύο τμήματα. Το ανατολικότερο τμήμα ξεκινάει ανατολικά της εισόδου του καναλιού και συνεχίζει περί τα 50 μ. προς τα δυτικά. Η

Εικόνα 8. Άποψη δεξαμενής της τελευταίας φάσης της πόλης στον όρμο Τραχήλι



έναρξή του χάνεται κάτω από εγκάρσιο στην παραλία λιμενοβραχίονα από αργούς λίθους, μεγαλύτερους στη βάση και μικρότερους στην ανωδομή. Η άνω επιφάνεια της κορυφής του λιμενοβραχίονα είναι βυθισμένη στο 1.5 μ., γεγονός που παραπέμπει και πάλι σε ρωμαϊκή χρονολόγηση. Συνεπώς η κατασκευή με τις λιθοπλίνθους θα πρέπει να χρονολογηθεί προγενέστερα εξαιτίας του βάθους (-2.5 μ.) στο οποίο βρίσκεται. Τη σειρά των λιθοπλίνθων πλαισιώνουν στο ανατολικό τμήμα της, κοντά στον λιμενοβραχίονα, άλλες δύο αντίστοιχες σειρές με λιθοπλίνθους που φέρουν μία ή δύο οπές στην άνω επιφάνειά τους, άγνωστης προς το παρόν σκοπιμότητας. Προς τα δυτικά, η συνεχόμενη σειρά των λιθοπλίνθων σταματάει, όπως είναι τουλάχιστον ορατό στην επιφάνεια του βυθού, και σε απόσταση 10 μ. ξεκινάει άλλο ένα τμήμα που εκτείνεται για άλλα 15 μ. περίπου, το οποίο εμφανίζεται πολύ πλατύτερο, σε κάποια σημεία με τέσσερις παράλληλες σειρές λιθοπλίνθων, θυμίζοντας τη θεμελίωση κάποιου πύργου. Αυτό το τμήμα ήταν σε μεγάλο βαθμό καλυμμένο κάτω από βλάστηση, την οποία η ομάδα μας αφαίρεσε, προκειμένου να αποκαλυφθεί η έκταση της κατασκευής. Ο καθαρισμός αυτός εξελίχθηκε στην τελευταία αποστολή σε μικρή δοκιμαστική τομή στην ανατολική πλευρά της κατασκευής. Η τομή έφτασε σε βάθος -3 μ., όπου φαίνεται να θεμελιώνεται, χωρίς να εντοπιστεί συνέχειά της προς το ανατολικότερο τμήμα. Το ορατό στην επιφάνεια του βυθού κενό των 10 μ., μεταξύ των δύο τμημάτων της κατασκευής αυτής, προβληματίζει κατά πόσον πρόκειται για είσοδο λιμενολεκάνης, για πύλη τείχους ή κατεστραμμένο σημείο της άλλοτε παράκτιας τείχισης της πόλης, με προστατευτικό πύργο. Το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών έχει διενεργήσει στα βόρεια της κατασκευής αυτής διασκόπηση για να διαπιστώσει κατά πόσον υπάρχουν στο εσωτερικό (βόρεια) ίχνη κτηρίων ή όχι, τα αποτελέσματα της οποίας βρίσκονται ακόμα υπό επεξεργασία.

5. ΑΡΧΑΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ

Μία άλλη κατηγορία δραστηριότητας, η οποία μαρτυρείται σε διάφορα σημεία των ακτών της χερσονήσου της Κολοκύθας και την οποία αποτύπωσε η ερευνητική μας ομάδα, είναι αυτή των λατομείων. Πρόκειται κυρίως για λατομεία πωρολίθου, τα οποία βρίσκονται στη χερσόνησο της Κολοκύθας, αν και σε τρεις περιπτώσεις ανάλογη δραστηριότητα τεκμηριώνεται στα νοτιοδυτικά της νησίδας Σπιναλόγκα, στις βραχονησίδες στα ανατολικά του πορθμού Σπιναλόγκας-Κολοκύθας και μια πολύ μικρή λατόμηση, μερικών μόνο λιθοπλίνθων, στα δυτικά του ακρωτηρίου Πνιγμένος.

Πιο γνωστό είναι το εκτεταμένο λατομείο στην κορυφή του ακρωτηρίου που βρίσκεται ακριβώς απέναντι από το οχυρωμένο βενετικό κάστρο της Σπιναλόγκας. Η σύνδεση με την ανέγερση του βενετικού κάστρου είναι εύλογη και αυτό μαρτυρείται σε σχετικές μεσαιωνικές πηγές (Αρακαδάκη 1996, 177 υπ. 465. 234-235 υπ. 7), αλλά ένα βυθισμένο τμήμα στο βορειοδυτικό πέρας του ακρωτηρίου, λατομήθηκε μέχρι τα -2 μ., γεγονός που δείχνει χρήση και στα αρχαία χρόνια. Στα βράχια της κορυφής του ακρωτηρίου εντοπίζονται λαξευμένοι στυλίσκοι πρόσδεσης (μπίντες),

Εικόνα 9. Αρχαίο λατομείο στον όρμο της Πελεκητής

ενώ αμέσως νοτιότερα εκτείνεται επικλινής επιφάνεια (ράμπα) προς τη θάλασσα για τη φόρτωση των λατομούμενων λίθων. Ένα τετράπλευρο λάξευμα, βάθους -0.5 μ. στον λατομημένο πυθμένα, ίσως ήταν η απαρχή της κατασκευής μιας ρωμαϊκής ιχθυοδεξαμενής, η οποία όμως μάλλον δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Λατόμηση μέχρι τα -2 μ. παρουσιάζουν και οι βραχονησίδες στα δυτικά του πορθμού Σπιναλόγκας – Κολοκύθας, παραπέμποντας επίσης σε αντίστοιχη χρονολόγηση, ενώ οι λαξεύσεις στην ακτή, στην εξωτερική πλευρά του τείχους, στα νοτιοανατολικά της Σπιναλόγκας, συνδέονται μάλλον με την ίδια τη βενετική οχύρωση. Σε αυτή την περιοχή του βυθού εντοπίζονται σποραδικά στους θύλακες του βράχου μπάλες κανονιών, οι οποίες μαρτυρούν τον κανονιοβολισμό του κάστρου από εχθρικά πλοία από την ανατολική πλευρά του ή από τις απέναντι ακτές της Κολοκύθας.

Ανατολικότερα, στη βόρεια ακτή της Κολοκύθας, στον φερώνυμο όρμο της Πελεκητής, επάλληλα επίπεδα λατόμησης πωρολίθου καλύπτουν μια εκτεταμένη περιοχή περίπου 12.000 τ.μ. Εκεί εντοπίζεται προς τα βόρεια μια περιοχή επικλινής προς την ακτή, η οποία πιθανότητα αποτελεί επίσης σημείο φόρτωσης υλικού.

Στα νότια της Κολοκύθας, νοτιοδυτικά του ακρωτηρίου Βαγί, εκτείνεται σε έκταση 3.500 τ.μ. άλλο ένα λατομείο πωρολίθου. Και εκεί εντοπίζεται η επιφάνεια φόρτωσης, καθώς και ένα διαμπερές σπήλαιο που δημιουργήθηκε ή αξιοποιήθηκε από τους λατόμους στην αρχαιότητα και άλλους χρήστες στα νεώτερα χρόνια, καθώς υπάρχουν θεμέλια που δείχνουν ότι οι δύο ανοικτές πλευρές του σπηλαίου είχαν κτιστεί σε κάποια φάση, ενώ μία οπή στην οροφή έχει ακόμα τις επικαθίσεις αιθάλης από το άναμμα φωτιάς μέσα στο σπήλαιο. Στην απέναντι πλαγιά του λόφου Βαγί, εντοπίζονται λατομήσεις ασβεστολίθου. Οι δύο θέσεις βρίσκονται στα δύο άκρα της μοναδικής πεδινής έκτασης που ενώνει την ανατολική με τη δυτική πλευρά της Κολοκύθας σε μια απόσταση 350 μ. περίπου. Στο κέντρο αυτής της πεδινής ζώνης υπάρχουν κατασκευές συλλογής νερού που οδηγούν σε πηγάδι που θυμίζει βυζαντινές κινστέρνες. Ανάλογη κατασκευή υπάρχει και στα νότια του παρεκκλησίου του Αγ. Λουκά στον αυχένα μεταξύ Πόρου και κόλπου Κολοκύθας. Η περιοχή του λατομείου βρίσκεται σε απόσταση 1,5 χλμ. περίπου από το αστικό κέντρο του αρχαίου Ολούντος στον Πόρο και θα μπορούσε να υποτεθεί ότι, λόγω της μικρής απόστασης, σχετίζεται άμεσα μαζί του. Η παρουσία πώρινων λιθοπλίνθων είναι άφθονη στα βυθισμένα κατάλοιπα της ίδιας της πόλης, αλλά και στα πρανή του Καναλιού.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανθρώπινη παρουσία στον απομονωμένο από τη στεριά κόλπο της Ελούντας μαρτυρείται από τα προϊστορικά χρόνια. Η πόλη του αρχαίου Ολούντος φαίνεται να αναπτύσσεται ήδη από τα αρχαϊκά χρόνια, ίσως και νωρίτερα, στην περιοχή του ισθμού του Πόρου με δορυφορικούς οικισμούς και εγκαταστάσεις στην περίμετρο του κόλπου και της Κολοκύθας. Η θέση της πόλης με τον μεγάλο, διπλό κόλπο Ελούντας

και Πόρου και η παρουσία λιμανιών για κάθε καιρό συνέτειναν στο να αποτελέσει σημαντικό ναυτικό σταθμό και στρατηγική θέση, μία σημασία που κράτησε μέχρι το πρόσφατο παρελθόν του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Ιδιαίτερη ακμή φαίνεται να υπήρξε κατά τα ρωμαϊκά χρόνια, γεγονός που δείχνει και πάλι τον ρόλο που έχει η πόλη στο υπερπόντιο εμπορικό δίκτυο εξαιτίας της θέσης της και του λιμανιού της. Αυτός ακριβώς είναι ο ρόλος που οδηγεί στην οχύρωση της Σπιναλόγκας αργότερα από τους Βενετούς. Η αρχαία πόλη φαίνεται να εγκαταλείπεται στα χρόνια των αραβικών επιδρομών. Η βύθιση μέρους της πόλης και των οικισμών της οφείλεται σε σύνθετους ευστατικούς και τεκτονικούς λόγους σε συνδυασμό με τη γεωμορφολογία της περιοχής. Σκοπός της πενταετούς έρευνας ήταν η χαρτογράφηση, διασύνδεση και κατανόηση όλων αυτών των παράκτιων και βυθισμένων σήμερα στοιχείων. Ελπίζουμε ότι η συνέχιση με ανασκαφική έρευνα θα απαντήσει ερωτήματα και θα θέσει καινούρια για τη γνωστή - άγνωστη πόλη του αρχαίου Ολούντος. Προσπαθήσαμε η προσέγγισή μας να είναι ολιστική κατά το δυνατόν, τόσο ως προς την επιστημονική έρευνα, όσο και ως προς το αποτέλεσμα της διάχυσης της πληροφορίας στην κοινωνία και τη διασύνδεσή της με τη σημερινή πραγματικότητα. Θεωρούμε και ελπίζουμε ότι η προσπάθειά μας, αγκαλιασμένη από τους ντόπιους, και τις επίσημες αρχές του τόπου

Εικόνα 10. Υποβρύχιες εργασίες στα νότια του Πόρου

(Κοινότητα Ελούντας, Δήμος Αγίου Νικολάου, Περιφερειακή Ενότητα Λασιθίου), τους οποίους ευχαριστούμε θερμά, θα είναι η αρχή μόνο της αποκάλυψης των βυθισμένων και θαμμένων ψηφίδων της αρχαίας πόλεως, η οποία θα συνεχίσει όχι μόνο από τις ομάδες μας, αλλά και από τους επόμενους, καθώς πρόκειται για ένα έργο που δεν μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε μια μόνο γενιά.

7. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεξαγωγή της έρευνας οφείλονται πολλές ευχαριστίες πρώτ' από όλα στους κατοίκους της Ελούντας, οι οποίοι προκάλεσαν και προσκάλεσαν την ομάδα μας να δραστηριοποιηθεί στην περιοχή και έκτοτε την υποστηρίζουν ποικιλοτρόπως. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ως εκπροσώπους και όλων των υπολοίπων τους αδελφούς Γιώργο και Κώστα Μαυρικάκη και τον Δρ Μανώλη Μακράκη. Ευχαριστίες οφείλουμε επίσης στον Δήμο Αγ. Νικολάου και ιδιαίτερα στον Δήμαρχο Αντώνη Ζερβό για την υποστήριξή του από την αρχή και τη χρηματοδότηση της έρευνας από το 2020 και εξής. Η Προγραμματική Σύμβαση για τη χρηματοδότηση υπογράφτηκε μεταξύ του Δήμου, του Υπουργείου Πολιτισμού και της Περιφέρειας Κρήτης, την οποία επίσης ευχαριστούμε για τη συμβολή της, όπως και για τη χρηματοδότηση της πρότασης ΔΙΑΤΟΠΟ. Από την Περιφέρεια Κρήτης, πέραν του κ. Περιφερειάρχη, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας και στην κ. Μαρία Χανιωτάκη που συμμετείχε στην Επιτροπή Παρακολούθησης της Προγραμματικής

Εικόνα 11. Υποβρύχιοι καθαρισμοί

Σύμβασης και μαζί με την πρώην Προϊσταμένη της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων Δρ Παρή Καλαμαρά και τον Αντιδήμαρχο Πολιτισμού του Δήμου κ. Χάρη Αλεξάκη συνέβαλαν τα μέγιστα στην απρόσκοπτη υλοποίησή της.

Ευχαριστίες οφείλουμε και σε μια σειρά από εταιρείες που πρόσφεραν για την κάλυψη αναγκών, κυρίως τα πρώτα χρόνια, είτε χρηματικά είτε σε είδος (όχημα, καύσιμα, είδη διατροφής, αναλώσιμα, μικροαγορές, κλπ). Τέτοιες είναι οι: η Αλς ΑΜΚΕ, η Mirum Αναπτυξιακή ΑΕ, η Creta Maris Beach Resort και οι Ξενοδοχειακές Επιχειρήσεις Δρήρος ΑΕ. Τους ευχαριστούμε όλους.

Τέλος, ευχαριστίες από καρδιάς, οφείλονται στα μέλη της ομάδας, τα οποία δούλεψαν κυρίως εθελοντικά, αλλά με επαγγελματισμό, αποτελεσματικότητα και άρτιο ομαδικό πνεύμα, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και ωραρίου. Μνημονεύονται εδώ τα ονόματα όσων έλαβαν μέρος ως ελάχιστη ανταπόδωση: Αρχαιολόγοι πλην των υπογραφόντων: Δρ Γεώργιος Τσιμπούκης, Δρ Σταυρούλα Βραχιονίδου, Δρ Τατιάνα Φραγκοπούλου, Υπ. Δρ Δημήτρης Καραμπάς, ΜΔ Μαρία Βολικού. Δρ Βιολόγος Ελπίδα Καραδήμου. Γεωπόνος Υπ. Δρ Γεώργιος Κατσικογιάννης. Σχεδιαστής: Γιάννης Κτιστάκης. Τοπογράφοι: Δρ Κίμων Παπαδημητρίου και Κωνσταντίνος Κωστάκης. Τεχνίτες: Σπύρος Μουρέας, Πέτρος Βακόνδιος και ο έφοιβος Γιωργής Βακόνδιος. Συντηρήτρια: Σοφία Ρούσσου. Όλοι καταδυόμενοι. Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον εκπαιδευτή και επαγγελματία δύτη Μιχάλη Βασιλάκη, γιατί πέραν της καθημερινής του παρουσίας σε όλες τις αποστολές και της προσωπικής του εργασίας, διέθεσε από την αρχή αφιλοκερδώς το σκάφος του για την υποστήριξη της έρευνας, καταδυτικό και τεχνικό εξοπλισμό, αλλά κυρίως τη ναυτοσύνη του και τον ενθουσιασμό του.

Τέλος, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τους συναδέλφους που δραστηριοποιούνται στην περιοχή: το Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, ιδιαίτερα τον Δρ Νίκο Παπαδόπουλο για το κοινό όραμα, την Εφορεία Αρχαιοτήτων Λασιθίου και ιδιαίτερα την Προϊσταμένη της κ. Χρύσα Σοφιανού, και την ομάδα έρευνας της Οξάς, ιδιαίτερα την καθηγήτρια Χριστίνα Τσιγωνάκη και την καλή συνάδελφο Γωγώ Μοσχόβη. Με όλους μοιραστήκαμε μέχρι σήμερα τόσο τα επιστημονικά ενδιαφέροντα όσο και τα αποτελέσματα των εργασιών, των γνώσεων και των πληροφοριών μας για την περιοχή.

8. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Leatham J., Hood S. 1958/59. Sub-Marine Exploration in Crete, 1955: BSA 53/54: 263-280

Simyrdanis K., N. Papadopoulos, G. Cantoro. 2016. Shallow Off-Shore Archaeological Prospection with 3-D Electrical Resistivity Tomography: The Case of Olous (Modern Elounda), Greece. Remote Sensing 8 (12): 1-15

Spratt T. 1865. Travels and researches in Crete, v. I, London

Theodoulou T., A. Tourtas, E. Karadimou. 2021. Elounda Bay: Mapping its cultural and natural underwater environment. International Conference Mo.Na: Monuments in Nature: A Creative Co-existence, 7-9 July 2021 (υπό έκδοση)

Van Effenterre H. 1941. La basilique paléochrétienne de Poros. L'architecture française, March: 31-34

Αποστολάκου Β. 2010. Από την πρώιμη εποχή του Σιδήρου στο τέλος της ρωμαϊκής περιόδου: στο Αποστολάκου Β., Αρακαδάκη Μ., Δερμιτζάκης Μ., Ντρίνια Χ., Κλώντζας Μ., Μοσχόβη Γ., Σώρου Μ. 2010. Ο Άγιος Νικόλαος και η περιοχή του. Περιήγηση στο χώρο και στο χρόνο, Πολιτιστικός Οργανισμός Δήμου Αγ. Νικολάου - Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λασιθίου, Άγ. Νικόλαος

Αρακαδάκη Μ. 1996. Το φρούριο της Σπιναλόγκας (1571-1715). Συμβολή στη μελέτη των επάκτιων νησιωτικών οχυρών της Βενετικής Δημοκρατίας (Διδακτορική Διατριβή στο ΑΠΘ)

Δαβάρας Κ. 1989. Ελούντα. Θέση Έξω Πόρος: ΑΔ 38 (1983): 376-377

Θεοδούλου Θ. 2020. Υποβρύχια και παράκτια αρχαιολογική έρευνα στην Κρήτη κατά την τριετία 2014 – 2016: Αρχαιολογικό Έργο Κρήτης. Πρακτικά της 4ης Συνάντησης, Ρέθυμνο, 24-27 Νοεμβρίου 2016. τ. Α΄. ΥΠΠΟΑ-Εφορεία Αρχαιοτήτων Ρεθύμνου, Ρέθυμνο: 139-156

Θεοδούλου Θ. 2019. Υποβρύχια και παράκτια αρχαιολογική έρευνα στην Κρήτη κατά την τριετία 2017 – 2019: Αρχαιολογικό Έργο Κρήτης. Πρακτικά της 5ης Συνάντησης, Ρέθυμνο, 21-24 Νοεμβρίου 2019. ΥΠΠΟΑ-Εφορεία Αρχαιοτήτων Ρεθύμνου-Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο (υπό έκδοση)

Μακράκης Μ. 2009. Ελούντα. Η ιστορία της μέσα από την ιστορία της Κρήτης

Μπορμπουδάκης Ε. 1975. Ανασκαφή Ελούντας: ΑΔ 26 (1971): 529-533

Ορλάνδος Α. 1960. Εξερεύνησις της βασιλικής του Ολούντος: ΠΑΕ 1955: 336-337

Ορλάνδος Α. 1966. Εξερεύνησις της βασιλικής του Ολούντος: ΠΑΕ 1960: 308-316

Πρέκα-Αλεξανδρή Κ., Θεοδούλου Θ., Αργύρη Ξ., Μεντόγιαννης Β. 2012 Προκαταρτική έρευνα σε τρία άγνωστα ναυάγια στη βορειοανατολική ακτή της Κρήτης: Ανδριανάκης Μ., Βαρθαλίτου Π., Τσαχίλη Ι. (επιμ.), 2012, Αρχαιολογικό Έργο Κρήτης 2. Πρακτικά της 2ης Συνάντησης, 26-28 Νοεμ. 2010, Ρέθυμνο, Πανεπιστήμιο Κρήτης – 28η ΕΒΑ – ΑΙΚΣ, Ρέθυμνο: 103-111

ανθρωπολογική έρευνα

Προσεγγίσεις, σημασίες και εμπειρίες των τοπίων του Μιραμπέλου: Ανάμεσα στους επιστήμονες και την τοπική κοινότητα

Κατερίνα Κωνσταντίνου[(1)]

[(1)]Τμήμα Κοινωνικής Ανθρωπολογίας, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών

e-mail: k.konstantinou@panteion.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τοπία δημιουργούνται και αναδημιουργούνται, παράγονται και αναπαράγονται μέσα από τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι διαχρονικά κατανοούν και εμπλέκονται με τον κόσμο που τους περιβάλλει. Κατά την Barbara Bender «τα τοπία όπως και ο χρόνος, δεν μένουν ποτέ ακίνητα» (2002). Με αυτό εννοεί τόσο τους φυσικούς γεωλογικούς μετασχηματισμούς στους οποίους υποβάλλονται όσο και τις ανθρώπινες παρεμβάσεις και τις ιστορίες οι οποίες τα διαμορφώνουν (Garden 2006). Η ανθρωπολογική προσέγγιση των τοπίων του Μιραμπέλου στο πλαίσιο της διεπιστημονικής μελέτης της έρευνας «Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: Αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου - ΔΙΑΤΟΠΟ» (2019-2022) προσέφερε για τους σκοπούς του ερευνητικού προγράμματος μια ματιά στις πολυσύνθετες διαδικασίες μέσω των οποίων τα τοπία αλλάζουν χρήσεις, σημασίες και νοήματα για την τοπική κοινότητα, ενώ ταυτόχρονα προσδιορίζουν την αίσθηση του ανήκειν σε έναν τόπο και διαμορφώνουν τοπικες ταυτότητες (Tilley 1994).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο φόντο της συντριπτικής αλλαγής που έφερε ο τουρισμός στην τοπική κοινωνία της Ελούντας και των γειτονικών χωριών, τα τοπία —ανθρωπογενή ή φυσικά, αστικά ή αγροτικά, αρχαιολογικά ή ιστορικά, ορεινά, παραθαλάσσια ή υποθαλάσσια— διαρκώς μετασχηματίζονται. Αυτοί οι μετασχηματισμοί των τοπίων αλλά και οι συνακόλουθες μεταβολές στις προσλήψεις του περιβάλλοντος από τους ανθρώπους που τις βιώνουν αποτέλεσαν το επίκεντρο μιας σειράς συνεντεύξεων προφορικής ιστορίας (Perks & Thompson 2006), οι οποίες εκπονήθηκαν σε τρεις επισκέψεις στην Ελούντα την περίοδο 2020-2022. Οι συνεντεύξεις μοιράστηκαν ανάμεσα σε μέλη της τοπικής κοινότητας και τους ερευνητές του προγράμματος. Το σύνολο αυτού του υλικού σε συνδυασμό με εθνογραφικές παρατηρήσεις και αρχειακή έρευνα, ανέδειξαν ζητήματα που αφορούν τις αλλεπάλληλες και πολλές φορές αντικρουόμενες νοηματοδοτήσεις των τοπίων, τις διασταυρώσεις, τις συναντήσεις, τις αποκλίσεις

αλλά και τις αλληλοεπικαλύψεις των δημόσιων και των επιστημονικών λόγων για το παρελθόν και τους τρόπους που αυτό εγγράφεται στα τοπία.

Εικόνες 1 & 2. Στιγμιότυπα από την καταγραφή προφορικών μαρτυριών (Φωτογραφία: Κωνσταντίνος Μαύρης)

3. ΜΙΑ ΑΝΘΡΩΠΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΤΙΑ ΣΤΑ ΤΟΠΙΑ ΤΟΥ ΜΙΡΑΜΠΕΛΛΟΥ

Το Σχίσμα, όπου βρίσκεται σήμερα το διοικητικό και εμπορικό κέντρο της Ελούντας, αποτελεί ίσως ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα γρήγορης και χωρίς χωροταξικό σχεδιασμό ανοικοδόμησης για τις ανάγκες μιας εξίσου γρήγορης τουριστικής ανάπτυξης που προσδιόρισε καθοριστικά τον τόπο τις τελευταίες δεκαετίες του προηγούμενου αιώνα. Η τοπική κοινότητα αντιμέτωπη με το τουριστικό φαινόμενο από πολύ νωρίς -ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του ‘60- κλήθηκε να ανταποκριθεί άμεσα στις απαιτήσεις του σύγχρονου κόσμου μεταβαίνοντας από την

αγροτοκτηνοτροφική οικονομία στη νεωτερικότητα. Αυτή την αντίθεση μπορεί ακόμα κανείς να διακρίνει στο τοπίο του Νησιού που αντικρίζει όταν βρίσκεται στο Σχίσμα.

Ένα παράδειγμα αποτελεί η εγκατάλειψη των γεωργικών χρήσεων της γης, το οποίο οφείλει τη σημερινή του μορφή σε μεγάλο βαθμό στον κοινωνικό-οικονομικό μετασχηματισμό που επέφερε ο τουρισμός στην περιοχή αλλά και στους περιορισμούς που έθεσε η αρχαιολογική υπηρεσία με την κήρυξη αρχαιολογικών ζωνών. Η αντίθεση που παρουσιάζει το Νησί ως προς το πυκνοχτισμένο Σχίσμα αποτελεί για κάποιους ντόπιους ένα ανταγωνιστικό προτέρημα της Ελούντας, καθώς προσφέρει μια ειδυλλιακή θέα ενός τοπίου, το οποίο έχει παραμείνει αλώβητο από την τουριστική ανάπτυξη και διατηρεί χαρακτηριστικά της αδόμητης αγροτικής υπαίθρου. Για άλλους πάλι το Νησί δίνει μια προοπτική περαιτέρω δόμησης και τουριστικής εκμετάλλευσης με σκοπό το κέρδος.

Αλλά τοπία του Μιραμπέλλου προσελκύουν επίσης ενδιαφέρον, χωρίς όμως να απασχολούν τον δημόσιο διάλογο με αυτή την ένταση. Είναι τοπία δυσπρόσιτα, κρημνώδη, άγονα. Είναι μέρη ενός παρελθόντος για το οποίο μαρτυρά σήμερα η αρχαιολογία αλλά και οι βιωμένες εμπειρίες των κατοίκων της Ελούντας, όπως αυτό της Οξάς. Είναι μέρη που κρίθηκαν ανώφελα και ως εκ τούτου η χρήση τους

Εικόνα 3. Το αδόμητο τοπίο του Νησιού όπως φαίνεται από την κορυφή της Οξάς
(Φωτογραφία: Κωνσταντίνος Μαύρης)

Εικόνα 4. Παλιό μονοπάτι με «αντερίσματα» ΒΑ της Οξάς (Φωτογραφία: Κωνσταντίνος Μαύρης)

μετατράπηκε σε βιομηχανική, όπως αυτό του Αφορεσμένου. Είναι μέρη που βυθίστηκαν κάτω από τη θάλασσα, τα οποία προσπαθεί να ανασυστήσει σήμερα η ενάλια αρχαιολογία. Μεταξύ αυτών των διαφορετικών και ετερόκλητων τοπίων που συγκροτούν το Μιραμπέλλο αναπτύσσεται ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο δίκτυο χερσαίων και θαλάσσιων διαδρομών που ορίζουν την κίνηση των ανθρώπων στον χώρο και συμβάλλουν στην ενσώματη κατανόηση των τοπίων.

Όλα όσα σύντομα αναφέρθηκαν παραπάνω συνθέτουν ένα πυκνό πλέγμα νοημάτων, σημασιών, χρήσεων αλλά και καταχρήσεων, ιστοριών και αναμνήσεων που αποδίδονται στα τοπία στο παρόν –τόσο από τους επιστήμονες που τα μελετούν όσο και από την τοπική κοινότητα. Η ισορροπία μεταξύ της διατήρησης των φυσικών-πολιτισμικών τοπίων και της τουριστικής-οικονομικής ανάπτυξης της περιοχής φαίνεται να απασχολεί ολοένα και περισσότερο τους εμπλεκόμενους φορείς, ενώ αποτελεί ένα σύνθετο ζήτημα όπου συναντιούνται διαφορετικές όψεις και απόψεις για τη μελλοντική διαχείριση των τοπίων. Η επαναπροσέγγιση των τοπίων υπό αυτό το πρίσμα αναδεικνύει την πολυφωνία και ενισχύει τις πολλαπλές κατανοήσεις. Γι' αυτό τον λόγο η συνεισφορά των επιστημόνων στη μελέτη, την καταγραφή όσο και την ουσιαστική διεύρυνση της κατανόησης των τοπίων και της σχέσης που οι άνθρωποι αναπτύσσουν με αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η γεφύρωση των δημόσιων προσλήψεων, των τοπικών προσδοκιών και των επιστημονικών λόγων γύρω από

τα τοπία και το παρελθόν μπορεί να θέσει ως σκοπό την αναζήτηση δρόμων, ώστε η μελέτη του παρελθόντος και των υλικών του καταλοίπων στα τοπία να αποτελέσει συστατικό στοιχείο του σχεδιασμού για το μέλλον.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης "Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου"- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Bender, B. 2002. Time and Landscape. Current Anthropology, 4:(S4), 103–112. https://doi.org/10.1086/339561

Garden, M.-C. E. 2006. The Heritagescape: looking at landscapes of the past. International Journal of Heritage Studies, 12(5), 394–411. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/13527250600821621

Perks, R., & Thomson, A. 2006. The Oral History Reader (Second). RoutledgTilley, C. 1994. A Phenomenology of Landscape: Places, Paths and Monuments. Berg Publishers.

Υεωφυσικη ερευνα

Υποβρύχια Γεωφυσική Έρευνα στην περιοχή της Ελούντας: Πρωταρχικά αποτελέσματα

Οικονόμου Δ. [(1)], Παπαδόπουλος Ν. [(1)], Πλαγεράς Α. [(1)], Σιμυρδάνης Κ. [(1)], Cantoro G. [(2)], Αργυρίου Α. [(1)], Μανατάκη Μ. [(1)], Πολυκρέτης Χ. [(1)]

[(1)]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιοπεριβάλλοντος, Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Νικ. Φωκά 130, 74100, Ρέθυμνο, Ελλάδα

[(2)] Institute of Heritage Science, Italian National Research Council, Area della Ricerca di Roma 1 – 16 Montelibretti, Strada della Neve s.n.c., Via Salaria km 29,300 - 00010 Montelibretti, Rome, Italy

e-mail: doikonomou@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γεωφυσικές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη μη καταστροφική αποτύπωση επιχωμένων αρχαιοτήτων σε χερσαία περιβάλλοντα συμβάλλοντας στη διαχείριση και προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Sarris 2015). Παρόλα αυτά, οι τεχνικές αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί ελάχιστα σε παράκτια και αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα. Η αποτύπωση αρχαίων ναυαγίων αλλά και η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών για τη στρωματογραφία κάτω από τον θαλάσσιο πυθμένα έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως μέσω ακουστικών γεωφυσικών μεθόδων (Papatheodorou et al., 2014). Η χαρτογράφηση των μεταβολών του μαγνητικού πεδίου σε παράκτιες περιοχές με βάθος μικρότερο των 20 μέτρων, με χαμηλή όμως ανάλυση, έχει εφαρμοστεί για τον εντοπισμό λιμενικών εγκαταστάσεων (Cocchi et al., 2012). Ωστόσο, παρόμοιες έρευνες σε ακόμα πιο ρηχά περιβάλλοντα είναι σχετικά σπάνιες (Wunderlich et al., 2015). Η αποδοτικότητα της μεθόδου της ηλεκτρικής τομογραφίας στον εντοπισμό βυθισμένων αρχαιοτήτων σε αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα έχει επιβεβαιωθεί μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων (Simyrdanis et al., 2015), καθώς και επιτυχημένων πραγματικών εφαρμογών (Simyrdanis et al., 2016).

Η περιοχή της Ελούντας παρουσίαζε μια συνεχή κατοίκηση από τη μινωική έως τηβενετική περίοδο και ήταν μια ακμάζουσα λιμενική πόλη με ιερό, νεκρόπολη και δική της νομισματοκοπία από τις αρχικές κιόλας φάσεις της. Ιδιαίτερα ορόσημα της τοποθεσίας είναι οι μεγάλες αλυκές που έχουν ήδη απεικονιστεί σχηματικά σε πρώιμους βενετσιάνικους χάρτες. Μεταγενέστεροι χάρτες που συνέταξε ο T. W. Spratt (1865) δείχνουν τη χωρική κατανομή των ορατών αρχιτεκτονικών λειψάνων εκείνη την εποχή.

Στο πλαίσιο του προγράμματος ΔΙΑΤΟΠΟ πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη

γεωφυσική έρευνα στη θαλάσσια περιοχή εκατέρωθεν του ισθμού που ενώνει την Ελούντα με τη χερσόνησο Κολοκύθα με αντικείμενο τη χαρτογράφηση και ταξινόμηση των βυθισμένων και παράκτιων αρχιτεκτονικών καταλοίπων και τη δημιουργία του πρώτου ολοκληρωμένου σχεδίου με τα ορατά και μη ορατά κατάλοιπα του αρχαίου Ολούντος. Για τον σκοπό αυτό έγινε συστηματική χρήση των μεθόδων της μαγνητικής χαρτογράφησης και της τρισδιάστατης ηλεκτρικής τομογραφίας.

Εικόνα 1. Σύστημα πολλαπλών μαγνητόμετρων της εταιρείας SENSYS προσαρμοσμένο για θαλάσσια έρευνα

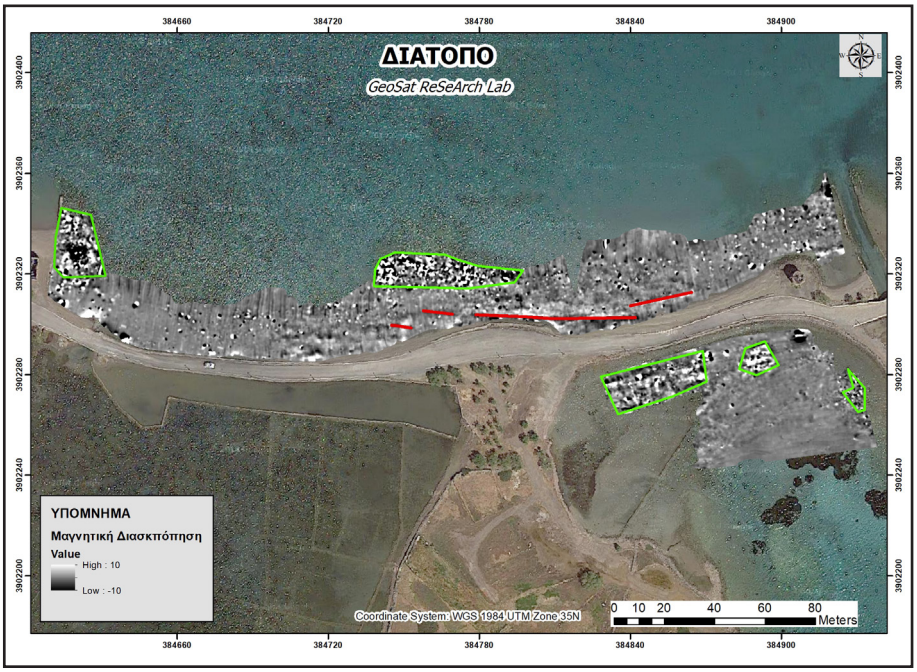
Εικόνα 2. Γεωφυσικές μετρήσεις γεωραντάρ με το Noggin Plus της εταιρείας Senosrs&Software

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με τον όρο μαγνητική χαρτογράφηση εννοούμε τη μέτρηση της βαθμίδας της κάθετης συνιστώσας της έντασης του μαγνητικού πεδίου της γης. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε συστοιχία τεσσάρων αισθητήρων μέτρησης της κατακόρυφης μαγνητικής ροής ειδικής κατασκευής για θαλάσσια έρευνα που ήταν προσαρμοσμένοι σε μη μαγνητικό πλαστικό πλαίσιο σε απόσταση 50 εκατοστών μεταξύ τους (Εικόνα 1). Η ανάλυση των μετρήσεων είναι υψηλή, καθώς το βήμα δειγματοληψίας κατά τη διεύθυνση κίνησης ήταν 10 εκατοστά. Το όλο σύστημα ήταν συνδεδεμένο με διαφορικό GPS που ήταν σε συνεχή σύνδεση με σταθμό βάσης για την ακριβή καταγραφή των συντεταγμένων των σημείων λήψεως των μετρήσεων.

Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν της ηλεκτρικής τομογραφίας. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου χρησιμοποιείται ειδικό όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης, όπου μέσω ενός πολύκλωνου καλωδίου εισάγει ρεύμα σε

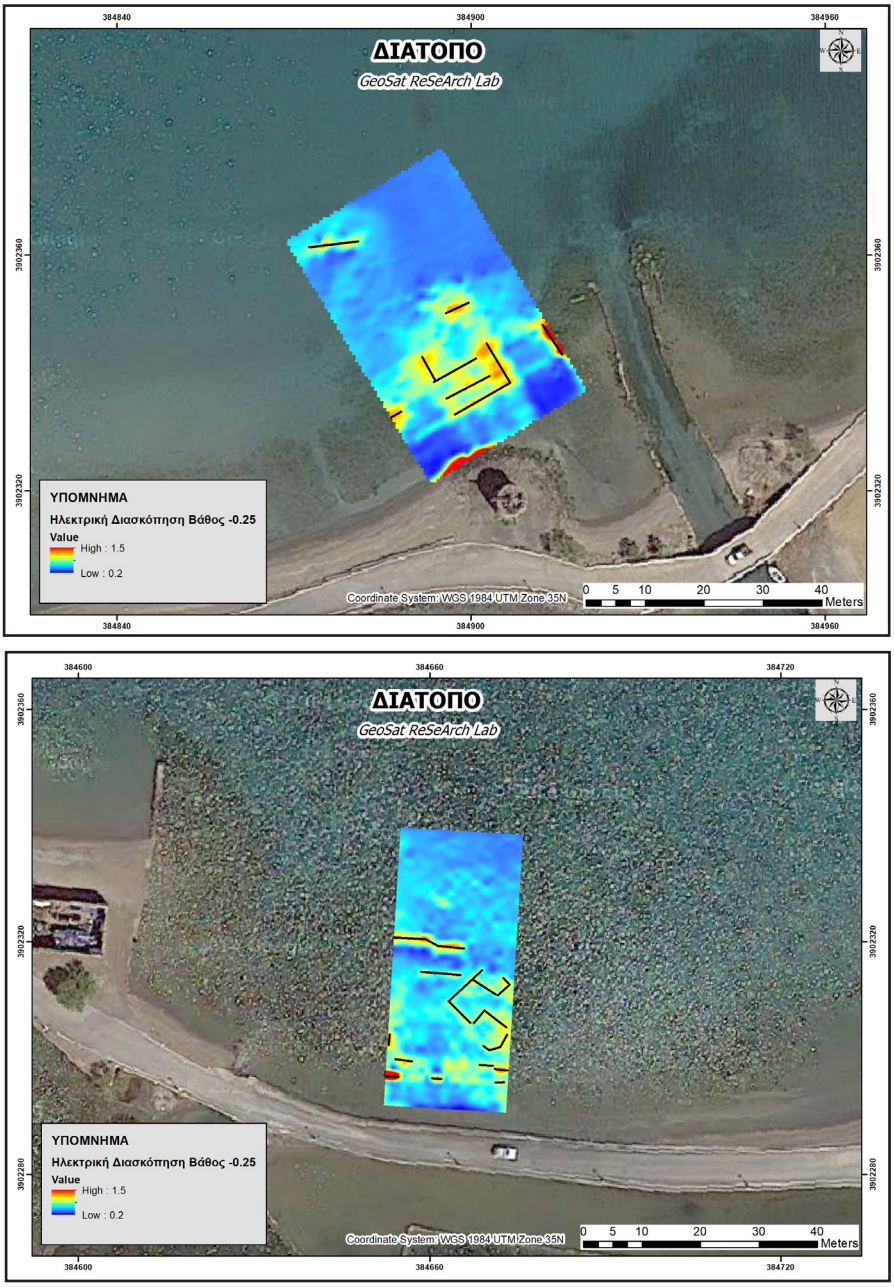
δύο ηλεκτρόδια και καταγράφει τη διαφορά δυναμικού σε δύο άλλα (Εικόνα 2WW). Αναλυτικότερα η ηλεκτρική διασκόπηση πραγματοποιήθηκε σε δύο κανάβους με διαστάσεις 20 επί 47 μ. στο ανατολικό τμήμα και 30 επί 47 μ. στο δυτικό τμήμα βόρεια του ισθμού. Για την κάλυψη της περιοχής πραγματοποιήθηκαν παράλληλες τομές με απόσταση ενός μέτρου μεταξύ τους, ενώ σε κάθε τομή υπήρχαν 48 ηλεκτρόδια με απόσταση επίσης ένα μέτρο. Η διάταξη ηλεκτροδίων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η πόλου-διπόλου.



Εικόνα 3. Αποτελέσματα και ερμηνεία των δεδομένων της μαγνητικής χαρτογράφησης

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μαγνητικής χαρτογράφησης παρουσιάζονται στην Εικόνα 3. Στη διαγραμματική ερμηνεία των αποτελεσμάτων εντοπίζονται πέντε περιοχές που σημειώνονται με πράσινο περίγραμμα και παρουσιάζουν έντονη διακύμανση των μαγνητικών μετρήσεων και σχετίζονται με την παρουσία δομών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Επίσης αποτυπώνονται τέσσερις γραμμικές ανωμαλίες που σημειώνονται με κόκκινες γραμμές και αποτελούν αρχιτεκτονικά υπολείμματα (τοίχοι) της αρχαίας πόλης. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου της ηλεκτρικής τομογραφίας στο βάθος των 25 εκατοστών κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας, όπου εντοπίζονται περιοχές με υψηλές αντιστάσεις, οι οποίες σημειώνονται με μαύρες γραμμές και σχετίζονται με αρχαιολογικές δομές της αρχαίας πόλης με σχετικά καλό βαθμό διατήρησης.



Εικόνα 4. Αποτελέσματα ηλεκτρικής τομογραφίας στο δυτικό και ανατολικό τμήμα του κόλπου σε βάθος 25 εκατοστών και διαγραμματική ερμηνεία αυτών

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας κρίνονται ιδιαιτέρως ενθαρρυντικά καθώς, παρά τις αντιξοότητες και τις αντικειμενικές δυσκολίες που εισάγονται στην

υλοποίηση και επεξεργασία των γεωφυσικών δεδομένων σε θαλάσσιο περιβάλλον, κατάφεραν να εντοπίσουν πλήθος δομών κάτω από τον πυθμένα, οι οποίες σχετίζονται με την πόλη του αρχαίου Ολούντος. Η συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για τη βελτίωση και την ευρύτερη χρήση των τεχνικών αυτών στη μελέτη και τεκμηρίωση δομών πολιτιστικής κληρονομιάς που εντοπίζονται σε τέτοιου είδους περιβάλλοντα.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης "Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου"- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cocchi, L., P. Stefanelli, C. Carmisciano, F. Caratori Tontini, L. Taramaschi, and Cipriani, S. 2012. Marine Archaeogeophysical Prospection of Roman Salapia Settlement (Puglia, Italy): Detecting Ancient Harbour Remains. Archaeological Prospection 19 (2): 89–101.

Papatheodorou, G., Geraga M., – Christodoulou D., Iatrou M., Fakiris E., Heath, S. and Baika, K. 2014. A Marine Geoarchaeological Survey, Cape Sounion, Greece: Preliminary Results. Mediterranean Archaeology and Archaeometry 14 (1): 357–71.

Sarris, Apostolos, ed. 2015. Best Practices of Geoinformatic Technologies for the Mapping of Archaeolandscapes. Oxford: Archaeopress.

Spratt, T. A. B. 1865. Travels and Researches in Crete. London, J. van Voorst.

Simyrdanis, K., Papadopoulos, N., Kim, J.H., Tsourlos, P., and Moffat, I., 2015. Archaeological Investigations in the Shallow Seawater Environment with Electrical Resistivity Tomography. Journal of Near Surface Geophysics, Integrated geophysical Investigations for Archaeology 13: 601 – 611.

Simyrdanis, K., Papadopoulos, N., Cantoro, G., 2016. Shallow off-shore archaeological prospection with 3-D electrical resistivity tomography: The case of Olous (modern Elounda), Greece. Remote Sensing 8: 897.

Wunderlich, T.; Wilken, D.; Riedel, P.-B., Karle, M., Messal, S., 2015. Marine magnetic and seismic measurements to find the harbour of the early medieval Slavic emporium Groß Strömkendorf/Reric, Germany. In: Proceedings of the 11th International Conference on Archaeological Prospection, 15.-19.9.2015, Warsaw, 178-181.

περιβαλλοντική έρευνα

Περιβαλλοντική Μελέτη: Ζώα και φυτά του Μιραμπέλου

Μαλαματένια Κανιαδάκη [1]

[1]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης και Αρχαιο-περιβάλλοντος, Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας

e-mail: k.melenia@gmail.com

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πλούσια χλωρίδα και πανίδα, καθώς και αξιοσημείωτη ποικιλία τοπίων και οικοσυστημάτων. Αποτελεί ως εκ τούτου μία από τις πλουσιότερες σε βιοποικιλότητα χώρες στη Μεσόγειο με ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά ενδημισμού να σημειώνονται σε πολλές ομάδες φυτικών και ζωικών ειδών.

Η Κρήτη αποτελεί ένα από τα κέντρα βιοποικιλότητας της χώρας, αλλά και της Μεσογείου στο σύνολό της, φιλοξενώντας περί τα 1.800 είδη φυτών και περισσότερα από 5.000 είδη ζώων. Το ποικιλόμορφο ανάγλυφο, σε συνδυασμό με τον πανιδικό και χλωριδικό πλούτο της, καθώς και τα υψηλά ποσοστά ενδημισμού που απαντώνται στο νησί, την κάνουν να ξεχωρίζει (Tsantilis 2014).

Παρά τις δεκαετίες εντατικής έρευνας όσον αφορά τη βιοποικιλότητά της, πολλά σημεία της παραμένουν ανεξερεύνητα, με τον κόλπο του Μιραμπέλου, στο ανατολικό τμήμα του νησιού, να αποτελεί ένα από αυτά. Τόσο ο κόλπος του Μιραμπέλου, όσο και η ευρύτερη περιοχή του, φιλοξενούν πληθώρα χλωριδικών και πανιδικών στοιχείων, ενώ περιλαμβάνουν αρκετές προστατευόμενες περιοχές και περιοχές φυσικού κάλλους. Η σημασία κάθε ανάλογης μελέτης είναι μεγάλη, καθώς εισάγει τις ανεξερεύνητες περιοχές της χώρας μας στο προσκήνιο της σύγχρονης έρευνας για την προστασία του περιβάλλοντος.

Ο κόλπος του Μιραμπέλου αποτελεί μία εγκόλπωση του Κρητικού πελάγους στο ανατολικό τμήμα της Κρήτης και υπάγεται στον νομό Λασιθίου. Είναι ο μεγαλύτερος κόλπος όσον αφορά τα ελληνικά νησιά και ο πέμπτος μεγαλύτερος σε μέγεθος σε όλη τη Μεσόγειο. Στο δυτικό άκρο του κόλπου βρίσκεται το όρος Οξά, ένα στενόμακρο βουνό, βραχώδες και δυσπρόσιτο, με υψόμετρο 563μ.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του υποέργου ΔΙΑΤΟΠΟ της Πράξης «Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου». Στόχος της είναι η δημιουργία μιας όσο το δυνατόν πληρέστερης εικόνας του χερσαίου χλωριδικού και πανιδικού στοιχείου που φιλοξενείται στην περιοχή του κόλπου του Μιραμπέλου και της ευρύτερης περιοχής του, συμπεριλαμβανομένου του όρους Οξά και της χερσονήσου της Κολοκύθας. Αποτελεί

την πρώτη συγκεντρωτική μελέτη χερσαίας βιοποικιλότητας για τη συγκεκριμένη περιοχή και δημιουργεί μια αρχική εικόνα σε ένα μέχρι πρότινος υπομελετημένο σημείο του νησιού, όσον αφορά τη βιοποικιλότητά του. Επιπροσθέτως, η μελέτη αυτή αναδεικνύει τα ιδιαίτερα στοιχεία της βιοποικιλότητας της περιοχής. Σημειώνεται πως η θαλάσσια βιοποικιλότητα του Μιραμπέλου δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα απαραίτητα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω της συγκέντρωσης της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για τα χερσαία είδη χλωρίδας και πανίδας που συναντώνται στον κόλπο του Μιραμπέλου. Πολυάριθμες εργασίες και βάσεις δεδομένων αποδελτιώθηκαν για κάθε είδος ξεχωριστά. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με κατάλληλο τρόπο, ώστε να σκιαγραφηθεί μια ολοκληρωμένη πρωταρχική εικόνα του φυσικού πλούτου της περιοχής. Δεδομένης της απουσίας κάποιου προϋπάρχοντος καταλόγου για τη βιοποικιλότητα του Μιραμπέλου, κρίθηκε απαραίτητη η εκ νέου δημιουργία συγκεντρωτικών λιστών με τα αποτελέσματα που βρέθηκαν για κάθε είδος. Αξίζει να σημειωθεί πως οι πληροφορίες αντλήθηκαν από συγκεντρωτικές μελέτες, των οποίων τα αποτελέσματα συνοψίζουν επιτόπιες παρατηρήσεις και έρευνες δεκάδων ετών από εξειδικευμένους ερευνητές στην κάθε ζωική ή φυτική ομάδα (τάξεις, οικογένειες, γένη, κλπ.).

Δεδομένων των ιδιαιτεροτήτων της εκάστοτε πανιδικής ομάδας, επιλέχθηκε μια ευρύτερη περιοχή προς μελέτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των διαφορών των εξαπλώσεων κάποιων ομάδων αποτελούν τα πουλιά με ικανότητα πτήσης, των οποίων οι εξαπλώσεις μπορούν να φτάσουν πολλά χιλιόμετρα σε έκταση. Σε αντίθεση με αυτές των πουλιών, οι εξαπλώσεις μικρών χερσαίων οργανισμών, όπως τα γαστερόποδα (σαλιγκάρια) ή τα εδαφόβια αρθρόποδα (σκορπιοί, σαρανταποδαρούσες, έντομα, κλπ.), αγγίζουν μόλις τα λίγα μέτρα.

Η ευρύτερη περιοχή που συμπεριλήφθηκε στην παρούσα μελέτη περιλαμβάνει την έκταση από τη Μίλατο (βορειοδυτικό άκρο) έως την Ελούντα (νοτιοανατολικό άκρο), συμπεριλαμβανομένης της ακτογραμμής, του χερσαίου τμήματος που εκτείνεται ανάμεσά τους, με κυρίαρχο ορεινό όγκο το όρος Οξά, καθώς και τις νησίδες που περιέχονται στον κόλπο.

Όσον αφορά την κατάσταση της διατήρησης του κάθε είδους, αυτή εξακριβώθηκε από τις βάσεις δεδομένων της IUCN (International Union for the Conservation of Nature) και GBIF (Global Biodiversity Information Facility) για την πανίδα και τη χλωρίδα αντίστοιχα. Πληροφορίες για την κατάσταση διατήρησης αρκετών ειδών αντλήθηκαν και από το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χλωρίδα

Η παρούσα μελέτη διαπίστωσε την παρουσία 259 ειδών και υποειδών φυτών στην ευρύτερη περιοχή του κόλπου του Μιραμπέλου, 26 από τα οποία είναι ενδημικά στο νησί της Κρήτης. Στη σύνθεση της χλωρίδας, συμμετέχουν κυρίως είδη που έχουν την προέλευση και την κύρια εξάπλωσή τους στην ανατολική Μεσόγειο.

Έντονη είναι η παρουσία των χαρακτηριστικών φρυγάνων του νησιού, με επικρατέστερα τα φυτά: θυμάρι, αστοιβίδα, φασκόμηλο, λαδανιά, φλόμος. Κυρίαρχα είδη είναι επίσης το θαμνοκυπάρισσο (*Juniperus phoenicea*), ο σχίνος (*Pistacia lentiscus*), η ελιά (*Olea europaea*), η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*) κι ακόμη μαζί τους απαντώνται αείφυλλα ή φυλλοβόλα είδη, όπως η πικροδάφνη (*Nerium oleander*), το σπάρτο (*Spartium junceum*), η ασπαλαθιά (*Calicotome villosa*), ο αρκουδόβατος (*Smilax aspera*) και το σπαράγγι (*Asparagus aphyllus*). Στις πιο υγρές περιοχές των ορίων εξάπλωσης των μακί απαντώνται η πικροδάφνη (*Nerium oleander*) και η λυγαριά (*Vitex agnus - castus*). Στις ξηρότερες περιοχές εμφανή κάνουν την παρουσία τους οι ξενικοί ακανθώδεις αθάνατοι (*Agave americana*) (Turland et al. 1993).

Εικόνα 1.
Κρητική αριστολόχια - *Aristolochia cretica*

Στην εδώδιμη χλωρίδα της περιοχής συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων τα είδη: αγριαγκινάρα (*Cynara cornigera*), οι ασκολύμπροι (*Scolymus hispanicus*), οι τσόχοι (*Sonchus oleraceus*), το πικροράδικο (*Cichorium intybus*) και οι βολβοί ή σκορδουλάκοι (*Muscari comosum*) (Fragkouli 2009). Μεταξύ των ενδημικών ειδών

της ευρύτερης περιοχής του Μιραμπέλου βρίσκονται η κρητική αριστολόχια (Εικ. 1), η καμπανούλα, ο σκούλος, η ασφάκα, το κυκλάμινο, η ανεμώνη η κηπαία, και η κρητική ίριδα (Εικ. 2) (GBIF 2021).

Εικόνα 2. Κρητική ίριδα - *Iris inguicularis subsp. cretensis*

Πανίδα

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ορνιθοπανίδα της περιοχής. Συνολικά έχουν αναφερθεί 75 διαφορετικά είδη πουλιών από τον κόλπο του Μιραμπέλου, συμπεριλαμβανομένων των μόνιμων κατοίκων του κόλπου, καθώς και των περιστασιακών επισκεπτών τους καλοκαιρινούς μήνες (Tsichlis and Drettakis 2008). Ο Σπιζαετός και ο Αιγαιόγλαρος είναι είδη τα οποία κρίνονται ως Τρωτά στην Ελλάδα και σχεδόν απειλούμενα στην Ευρώπη. Τόσο ο Αιγαιόγλαρος όσο και ο Μαυροπετρίτης φωλιάζουν στις δορυφορικές νησίδες του υπό μελέτη κόλπου (Tsichlis and Drettakis 2008). Ο Μαυροπετρίτης (Εικ. 3) είναι ένα αποδημητικό πουλί που ταξιδεύει από τη Μαδαγασκάρη στη χώρα μας νωρίς την άνοιξη, με περισσότερο από το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού του να αναπαράγεται στην Ελλάδα. Σε μελέτη που διεξήχθη από το 2004 έως το 2006, χαρακτηρίζεται ως το σημαντικότερο είδος πουλιού στην Ελλάδα. Μετρήθηκαν 17.660 γεράκια (περί τα 12.300 αναπαραγωγικά ζεύγη), τα οποία συγκεντρώνονταν σε έξι κύριες περιοχές: στο βορειοανατολικό Αιγαίο, στις Σποράδες, τις ανατολικές Κυκλάδες, τα Αντικύθηρα, τα νοτιοδυτικά Δωδεκάνησα και τις δορυφορικές νησίδες της ανατολικής Κρήτης (Dimalexis et al. 2008). Η βιωσιμότητα του Μαυροπετρίτη τίθεται σε κίνδυνο από την ανθρώπινη δραστηριότητα, μιας και η περίοδος αναπαραγωγής του συμπίπτει με την κορύφωση της τουριστικής περιόδου σε αυτές τις περιοχές (Ristow 1999). Παρόλα αυτά, μετά από

προσπάθειες διατήρησης του είδους και σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα δεδομένα στην IUCN, ο αριθμός των ενήλικων ατόμων έφτασε τα 28.600, σε λιγότερο από είκοσι χρόνια (IUCN 2021). Τα αποτελέσματα αυτά αναδεικνύουν την εξέχουσα σημασία της διατήρησης και προστασίας των περιοχών, όπως το Μιραμπέλο και η Οξά, στις οποίες κυνηγά, φωλιάζει και αναπαράγεται ο Μαυροπετρίτης (IUCN 2021). Επίσης, ο Μαυροκέφαλος Γλάρος, ο Χρυσαετός και ο Γερακαετός, που συναντώνται στον κόλπο του Μιραμπέλου, είναι Κινδυνεύοντα είδη στην Ελλάδα σύμφωνα με την IUCN.

Στο Μιραμπέλο φιλοξενούνται επίσης γύπες (μεγάλα πτωματοφάγα πουλιά, γνωστά και ως όρνια), που αποτελούν Τρωτό είδος στην Ελλάδα (Tsichlis and Drettakis 2008, IUCN 2021). Αξίζει να σημειωθεί πως η Κρήτη φιλοξενεί το μεγαλύτερο νησιωτικό πληθυσμό όρνιων στον κόσμο (Xirouchakis and Mylonas 2005). Το πτωματοφάγο (Εικ. 4) αυτό είδος τρέφεται με κουφάρια αιγοπροβάτων, που προκύπτουν από την κτηνοτροφία, και προτιμά ανοιχτές περιοχές με γυμνούς βράχους και φρυγανική βλάστηση. Λόγω της διατροφικής τους προτίμησης, η εξάπλωση των γυπών συμπίπτει με τις περιοχές στις οποίες είναι ανεπτυγμένη η κτηνοτροφία και κατ' επέκταση το είδος αυτό συνυπάρχει με την ανθρώπινη δραστηριότητα εδώ και χιλιάδες χρόνια (Xirouchakis 2005). Όλα τα παραπάνω είδη αντιμετωπίζουν ποικίλες απειλές από την ανθρώπινη δραστηριότητα, όπως η άμεση όχληση από τη συχνή παρουσία ανθρώπων, αλλά και η μείωση της διαθέσιμης τροφής τους ή η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων όπου προτιμούν να φωλιάζουν (Tsichlis and Drettakis 2008, Dimalexis et al. 2008)

Εικόνα 3. Μαυροπετρίτης - *Falco eleonorae*

Εικόνα 4.
Γύπας - *Gyps fulvus*

Για τα υπόλοιπα σπονδυλωτά ζώα εκτός των πτηνών, στο Μιραμπέλο οι μελέτες είναι ελάχιστες. Η αποδελτίωση που έγινε απέδωσε επαρκή γνώση μόνο για τις νυχτερίδες. Στην περιοχή μελέτης κατοικούν 12 είδη νυχτερίδων σε σύγκριση με τα συνολικά 17 είδη που αναφέρονται στην Κρήτη (Benda et al. 2008). Η υψηλή βιοποικιλότητα των νυχτερίδων στην περιοχή του Μιραμπέλου μπορεί να εξηγηθεί από την αφθονία των σπηλαίων στην περιοχή, στα οποία μπορούν να φωλιάζουν, καθώς και των προστατευόμενων περιοχών και περιοχών φυσικού κάλλους, στις οποίες η ανθρώπινη όχληση είναι μειωμένη.

Εκτός από τις νυχτερίδες, τα σπήλαια της ευρύτερης περιοχής του Μιραμπέλου φιλοξενούν πληθώρα αρθροπόδων με ιδιαίτερη σημασία. Τα είδη Ορθοπτέρων *Orchamus raulinii* και *Dolichopoda paraskevi* έχουν αναφερθεί από την ευρύτερη περιοχή του Μιραμπέλου. Το είδος *Orchamus raulinii* θεωρείται ένα από τα σπανιότερα είδη Ορθοπτέρων (Εικ. 5) στην Ευρώπη και το *Dolichopoda paraskevi* (Εικ. 6) είναι

Εικόνα 5. *Orchamus raulinii.* Wittman et al. (2018)

ενδημικό είδος που έχει αναφερθεί από ελάχιστα μόνο σπήλαια του νομού Λασιθίου (Wittmann et al. 2018). Ακόμα, στην ιδιαίτερη σπηλαιόβια πανίδα της περιοχής του Μιραμπέλου συμπεριλαμβάνεται το είδος *Schizidium perplexum* της τάξης των Ισοπόδων. Το είδος αυτό είναι ενδημικό στην Κρήτη και την Ελλάδα, έχοντας βρεθεί μόνο σε σπήλαια της Ανατολικής Κρήτης, όπως το σπήλαιο Μιλάτου και στο σπήλαιο Τρύπα στο Σέλι στον Κρούστα (Paragkamian et al. 2022).

Η βιοποικιλότητα των αραχνών του κόλπου ξεχωρίζει, καθώς φιλοξενεί το ένα τέταρτο περίπου του συνολικού αριθμού των ειδών των αραχνών που είναι γνωστά σε όλη την Κρήτη (Bosmans et al. 2013). Το είδος *Nemesia daedali*, είναι ένα ενδημικό είδος της Κρήτης. Έχει αξιολογηθεί από το Κόκκινο Βιβλίο της Ελλάδας ως Κρισίμως Κινδυνεύον, καθώς έχει βρεθεί σε δύο μόνο τοποθεσίες έως τώρα στην Κρήτη, μία

από τις οποίες είναι η Κριτσά Λασιθίου. Πέντε ακόμα ενδημικά είδη αραχνών είναι γνωστά από σπήλαια της περιοχής. Τα είδη *Hoplopholcus minotaurinus* και *Pholcus creticus* αποτελούν Κινδυνεύοντα είδη, ενδημικά της Κρήτης, σύμφωνα με το Κόκκινο Βιβλίο και το είδος *Sulcia cretica* αποτελεί Τρωτό ενδημικό σπηλαιόφιλο είδος της Κρήτης. Τέλος, τα είδη *Rhodera hypogea* και *Tegenaria schmalfussi* αποτελούν Κρισίμως Κινδυνεύοντα ενδημικά είδη, με το τελευταίο να μην έχει καταγραφεί σε άλλη τοποθεσία στον κόσμο, πέραν του σπηλαίου της Μιλάτου (IUCN 2021, Paragkamian et al. 2022).

Εικόνα 6. *Dolichopoda paraskevi.* Wittman et al. (2018)

Από τα 46 είδη γαστεροπόδων που αναφέρονται στην περιοχή τα 17 είδη είναι ενδημικά της Κρήτης. Τέσσερα από τα 17 είδη εξαπλώνονται μόνο στην ανατολική Κρήτη, ενώ τα είδη *Albinaria arthuriana, Albinaria christae, Mastus abundans, Mastus gittenbergeri* και *Xerocrassa lasithiensis* είναι στενοενδημικά και γνωστά μόνο από το Μιραμπέλο (Vardinoyannis, pers. comm.).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναγνωρίζοντας πως πληθώρα σημείων του κόλπου εξακολουθούν να μην έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα, μπορούμε να αναμένουμε πως υπάρχει σημαντική γνώση για τη βιοποικιλότητα που φιλοξενούν, η οποία παραμένει ακόμα ανεξερεύνητη. Κατ' επέκταση συμπεραίνουμε πως τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αντιπροσωπεύουν ένα υποσύνολο της πραγματικής βιοποικιλότητας που φιλοξενεί ο κόλπος του Μιραμπέλου.

Η μελέτη αυτή παρήγαγε, παρόλα αυτά, σημαντικά αποτελέσματα για τη βιοποικιλότητα της περιοχής. Η ποικιλομορφία του ανάγλυφου του κόλπου προσφέρει

ενδιαιτήματα που φιλοξενούν ποικιλία φυτικών και ζωικών ειδών. Ο ενδημισμός των ειδών του Μιραμπέλου ακολουθεί το πρότυπο του 10% που παρατηρείται στην Κρήτη. Επιπροσθέτως, ο κόλπος και η ευρύτερη περιοχή του φιλοξενούν αρκετά μοναδικά στενοενδημικά είδη και αποτελούν ζωτική τοποθεσία για την αναπαραγωγή τόσο των ενδημικών ειδών όσο και των επισκεπτών, όπως ο Μαυροπετρίτης.

Ομαδοποιώντας την υπάρχουσα γνώση και δημιουργώντας μια συγκεντρωτική εικόνα για τη βιοποικιλότητα της περιοχής συμπεραίνουμε πως αποτελεί τοποθεσία υψηλής βιοποικιλότητας, κρίνοντας από τους αριθμούς των ειδών που έχουν αναφερθεί μέχρι σήμερα από τον κόλπο του Μιραμπέλο και την ευρύτερη περιοχή του, καθώς και από την πληθώρα ενδημικών, στενοενδημικών και προστατευόμενων ειδών που φιλοξενεί.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως ο μεγάλος αριθμός των ειδών που εντοπίστηκαν μέσω της πρωταρχικής βιβλιογραφικής έρευνας που διεξήχθη, υπογραμμίζει την ανάγκη της διεξαγωγής επιτόπιων μελετών στην περιοχή, καθώς προοικονομεί τον ζωικό πλούτο που επιφυλάσσεται να ανακαλυφθεί μέσα από τις μελλοντικές μελέτες.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης “Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου”- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ). Ευχαριστώ θερμά τα μέλη της ομάδας του ΔΙΑΤΟΠΟ, για την άψογη συνεργασία και την ευγένεια τους. Επίσης, ευχαριστώ τον συνάδελφο Απόστολο Τρίχα, Έφορο Αρθροπόδων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, για τα εποικοδομητικά σχόλια που προσέφερε.

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Benda, P., Georgiakakis, P., Dietz, C., et al. 2008. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 7: The bat fauna of Crete, Greece. Acta Soc. Zool. Bohem. 72: 105-190.

Bosmans, R., Van Keer, J., Russel-Smith A., Kronensted, T., Alderweireldt, M., Bosselaers, J. and H. De Koninck. 2013. Spiders of Crete (Araneae). Nieuwsbrief van de Belgische Archeologische Verein 28:1-147.

Dimalexis, A., Xirouchakis, S., Portolou, D., Latsoudis, P., Karris, G., Fric, J., Georgiakakis, P., Barboutis, C., Bourdakis, S., Ivovicˇ , M., Kominos, T. and E. Kakalis.

2008: The status of Eleonora's Falcon (Falco eleonorae) in Greece. - Journal of Ornithology 149: 23-30.

Fragkouli, M. 2009 The edible aromatic flora of the region Elounda Merabello. Tei of Crete, Bachelor Thesis.

GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset https://doi.org/10.15468/39omei accessed via GBIF.org on 10-03-2022.

IUCN. 2021: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. - Available at: www.iucnredlist.org Accessed on (10/03/2022).

Legakis, A. and Maragou P. 2009. The Greek Red Data Book of threatened fauna. Greek Zoological Society, Athens, 528p.

Paragamian, K., Poulinakis, M., Paragkamian, S., and I. Nikoloudakis. Cave fauna of Greece database - Hellenic Institute of Speleological Research. Available at https://database.inspee.gr/, Accessed on (10/03/2022).

Ristow, D. 1999: International Species Action Plan Eleonora's falcon (Falco eleonorae). - Birdlife International, Council of Europe 34 :11.

Tsantilis, D. 2014. Crete, a continent in an island. Natural History Museum of Crete. ISBN: 978-960-367-037-7.

Tsichlis, G. and M. Drettakis. 2008. The bird fauna of Merabello. Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Νεάπολης Κρήτης, 6.71.

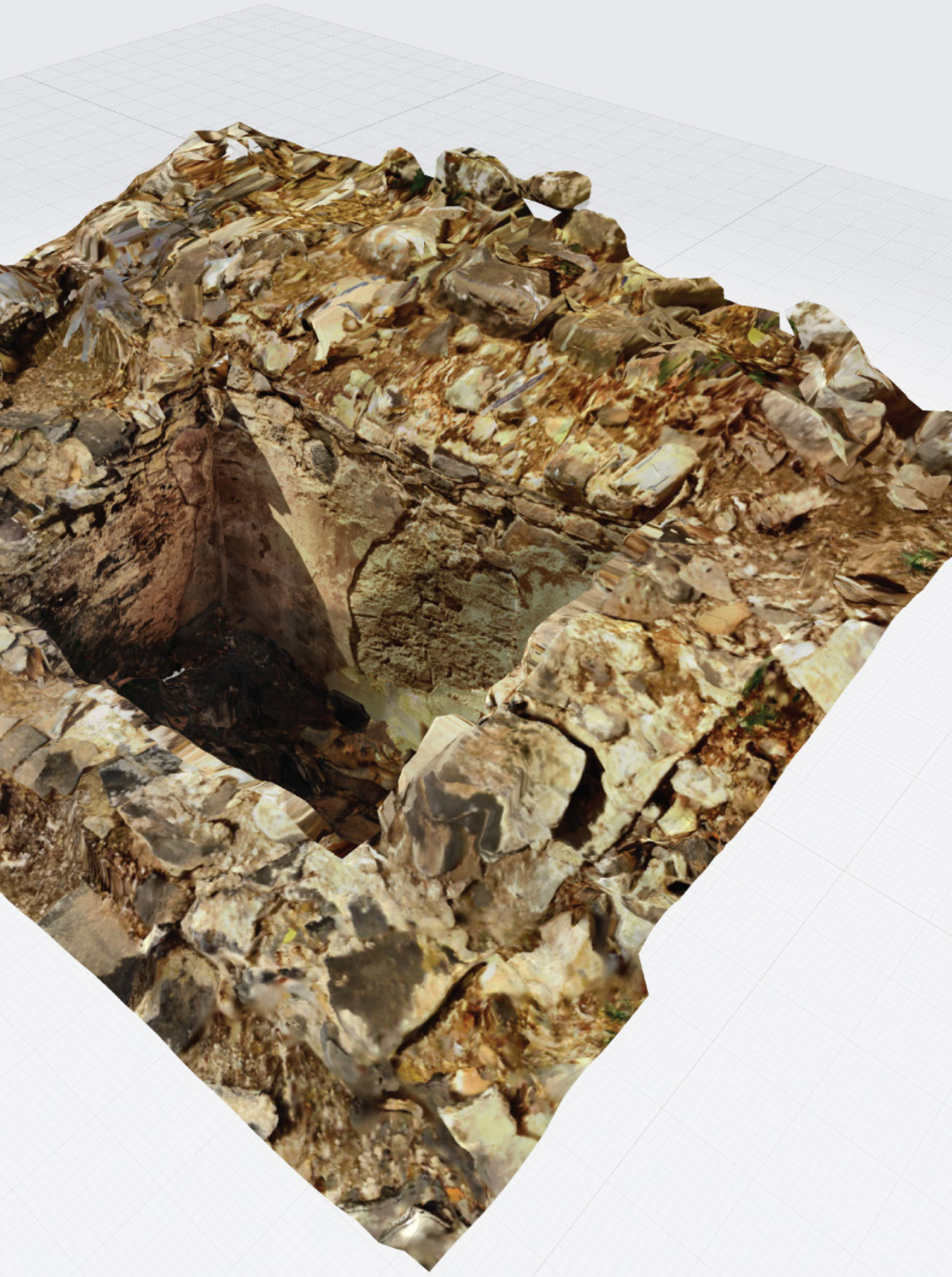
Turland, N.J., Chilton, L., and J.R. Press 1993. Flora of the Cretan area. Annotated checklist & Atlas.HMSO publications, Natural History Museum of London. ISBN 0-11-310034-4.

Wittmann, H., Illich, I. and Nowotny, G. 2018. Orthopteren-Beobachtungen auf der Insel Kreta (Griechenland). - Salzburger Entomolog. Arbeitsgem. Haus der Natur, Newsletter, Sonderausg. 2018: 1-25.

Xirouchakis, S.M. and Mylonas, M. 2005: Status and structure of the Griffon Vulture (Gyps fulvus) population in Crete. - European Journal of Wildlife Research 51(4): 223-231.

Xirouchakis, S.M. and Mylonas, M. 2007: Breeding behaviour and parental care of the Griffon Vulture Gyps fulvus on the island of Crete (Greece). - Ethology, Ecology & Evolution 19: 1-26.

φωτογραμμετρική έρευνα



Πολυεπίπεδη ψηφιακή τεκμηρίωση πολιτιστικής κληρονομιάς

Gianluca Cantoro[1] [2]

[1]Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών – Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας
[2]Institute of Heritage Science – Italian National Research Council (ISPC-CNR)

e-mail: gianluca.cantoro@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αρχαιολόγοι σήμερα διαθέτουν περισσότερα εργαλεία για τη μελέτη και τεκμηρίωση των καταλοίπων του παρελθόντος, δηλαδή τις υλικές (και άυλες) πτυχές της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι ψηφιακές συσκευές και οι υπολογιστές απλοποιούν το καθημερινό ερευνητικό έργο και παρέχουν όχι μόνο νέες γνώσεις για τα αρχαία τέχνεργα, αλλά και νέους τρόπους ανάλυσης και κοινής χρήσης δεδομένων. Στο πλαίσιο του έργου ΔΙΑΤΟΠΟ καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια για τη συστηματική τεκμηρίωση του πολιτιστικού αποθέματος με σκοπό την ενίσχυση και διάδοσή του σε ψηφιακό περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό έγινε συνδυαστική χρήση συστημάτων και μεθοδολογιών, όπως α) η ψηφιακή φωτογραμμετρία, τόσο με ιστορικές όσο και με σύγχρονες φωτογραφίες που τραβήχτηκαν από το έδαφος, τον αέρα (με drone και αεροπλάνο) και υποβρύχια με ειδικό εξοπλισμό και β) η επίγεια σάρωση με λέιζερ. Μόλις ολοκληρωθεί η τεκμηρίωση των αντικειμένων, τα αντίστοιχα αντίγραφά τους μπορούν εύκολα να διατεθούν μέσω του διαδικτύου παρέχοντας συγκεκριμένες λειτουργίες. Αυτές μπορούν να εξυπηρετήσουν τον απλό επισκέπτη αλλά και τον ερευνητή.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Ψηφιακή Φωτογραμμετρία

Η φωτογραμμετρία είναι η τεχνολογία που επιτρέπει τη χρήση δισδιάστατων εικόνων που λαμβάνονται από το ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικές γωνίες με σκοπό την αναπαραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Με άλλα λόγια, η φωτογραμμετρία χρησιμοποιεί συγκεκριμένους και εξελιγμένους αλγορίθμους με σκοπό τη «μετάφραση» ιστορικών ή σύγχρονων εικόνων σε σύνολα σημείων, τα οποία μπορούν να εξερευνηθούν σε ένα τρισδιάστατο ψηφιακό περιβάλλον (Doyle, 1964, p. 259). Προκειμένου η φωτογραμμετρία να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα είναι απαραίτητη η χρήση μιας καλής ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής (κατά προτίμηση, DSLR με κύριο φακό, για την ελαχιστοποίηση των στρεβλώσεων) και η τοποθέτηση μιας σειράς κωδικοποιημένων στόχων επάνω και γύρω από το αντικείμενο που πρέπει

να αποτυπωθεί. Στην περίπτωση της αέριας φωτογραμμετρικής αποτύπωσης (Cantoro 2015), όπου η λήψη της εικόνας γίνεται με τη χρήση τηλεχειριζόμενων εναέριων συστημάτων και επανδρωμένων αεροπλάνων, οι στόχοι πρέπει να έχουν μία καλή κατανομή καλύπτοντας τον χώρο και να είναι μεγαλύτεροι, ώστε να είναι σαφώς ορατοί από μεγάλη απόσταση. Σε περιπτώσεις που η τοποθέτηση στόχων δεν είναι δυνατή, όπως συμβαίνει με τις ιστορικές αεροφωτογραφίες, ο προσανατολισμός των φωτογραμμετρικών μοντέλων μπορεί να γίνει με εναλλακτικούς τρόπους, όπως για παράδειγμα με τη χρήση δορυφορικών εικόνων.

2.2 Επίγειος σαρωτής λέιζερ

Παράλληλα ή σε συνδυασμό με τη φωτογραμμετρία στο πλαίσιο του έργου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του επίγειου σαρωτή λέιζερ για την ψηφιακή τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η μηχανή σάρωσης εκπέμπει μια ακτίνα λέιζερ από μια περιστρεφόμενη κεφαλή και μετρά τον χρόνο και την ένταση του σήματος που επιστέφει στον σαρωτή. Όταν το λέιζερ χτυπήσει μια επιφάνεια, μέρος της ισχύος του απορροφάται από την ίδια επιφάνεια και ένα τμήμα επιστρέφει πίσω στον πομπό. Δεδομένης της γνωστής θέσης του άξονα περιστροφής του πομπού λέιζερ και του χρόνου που χρησιμοποιείται από τη δέσμη για να πάει και να επιστρέψει, οι τρισδιάστατες πληροφορίες ενός συγκεκριμένου σημείου μπορούν να υπολογιστούν σε ένα σχετικό ή απόλυτο σύστημα συντεταγμένων. Η κεφαλή του σαρωτή περιστρέφεται γύρω από όλους τους άξονες δημιουργώντας έτσι ένα σύνολο σημείων με γνωστή απόσταση και θέση από τον ίδιο τον σαρωτή. Αυτό το τρισδιάστατο νέφος σημείων μπορεί στη συνέχεια να ενωθεί με άλλα τρισδιάστατα σύνολα σημείων από άλλες θέσεις για να αποκτήσει μια απρόσκοπτη μετρική αναπαράσταση του σαρωμένου αντικειμένου με ανάλυση και ακρίβεια που υπαγορεύεται από τα ειδικά χαρακτηριστικά του σαρωτή και της έρευνας που πραγματοποιήθηκε.

2.3 Σύγκριση και εφαρμογές φωτογραμμετρίας-επίγειου σαρωτή

Από την παραπάνω γρήγορη επισκόπηση των δύο ψηφιακών μεθόδων, οι ομοιότητες και οι διαφορές είναι αρκετά σαφείς. Για παράδειγμα, και οι δύο παράγουν ως τελικό προϊόν ένα πυκνό νέφος σημείων σε τρεις διαστάσεις είτε σε ασπρόμαυρη είτε σε έγχρωμη κλίμακα. Όταν οι δύο μέθοδοι βρίσκονται στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων τα αντίστοιχα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να συγχωνευθούν ολοκληρώνοντας με τον τρόπο αυτό τα κενά που ενδεχομένως παρουσιάζονται μεταξύ των δύο τεχνικών. Επίσης σε περιπτώσεις που το ζητούμενο για ένα αντικείμενο ή ένα κτήριο είναι η εκτίμηση ζημιών, η ψηφιακή τεκμηρίωση σε διαφορετικές περιόδους, πριν και μετά από ένα συγκεκριμένο φυσικό γεγονός ή σκόπιμη καταστροφική ενέργεια συνεισφέρει στην αριθμητική σύγκριση και ποσοτικοποίηση των αλλαγών μεταξύ των δύο συμβάντων (Gruen et al. 2003; Andrews et al. 2015, 22; Cantoro 2017).

Το κύριο πλεονέκτημα της φωτογραμμετρίας έναντι του επίγειου σαρωτή συνίσταται κυρίως στη δυνατότητα χρήσης και επεξεργασίας ιστορικών φωτογραφιών, αλλά και πρόσφατων αεροφωτογραφιών που έχουν συλλεχθεί με αεροπλάνα. Η χρήση διαχρονικών φωτογραφιών μπορεί να βοηθήσει, για παράδειγμα, στην επισήμανση ή τον ποσοτικό προσδιορισμό ζημιών, αλλαγών ή απώλειας υλικού σε μια επιφάνεια τοίχου. Η σάρωση με λέιζερ εξακολουθεί να δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα αλλά είναι σχετικά πιο δαπανηρή από τη φωτογραμμετρία. Ωστόσο, σήμερα το κόστος χρήσης του επίγειου σαρωτή μειώνεται ραγδαία και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις διατηρεί το πλεονέκτημα έναντι της φωτογραμμετρίας σε συνθήκες ελλιπούς φωτισμού.

Όσον αφορά τη φωτογραμμετρία σήμερα υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα λογισμικά, τόσο εμπορικά όσο και δωρεάν ή και ελεύθερου κώδικα, τα οποία χαρακτηρίζονται από σχετική ευκολία χρήσης και δυνατότητες ολοκληρωμένης επεξεργασίας για την παραγωγή των τελικών προϊόντων (π.χ. ορθοφωτογραφίες, τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους κλπ.). Αντίθετα, τα δεδομένα που συλλέγονται με τους σαρωτές λέιζερ επεξεργάζονται κυρίως με πολύ εξειδικευμένα και συνήθως ακριβά λογισμικά που μπορούν να ολοκληρώσουν τα διαφορετικά στάδια επεξεργασίας (π.χ. πολλαπλή εγγραφή σάρωσης, χρωματισμός, καθαρισμός νέφους σημείων, εξαγωγή σε διάφορες μορφές κλπ.). Τα τρισδιάστατα μοντέλα και τα αντίστοιχα νέφη σημείων που δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο του έργου επεξεργάστηκαν στο CloudCompare και το Blender για τις ποσοτικές αναλύσεις των τελικών προϊόντων (James et al. 2017).

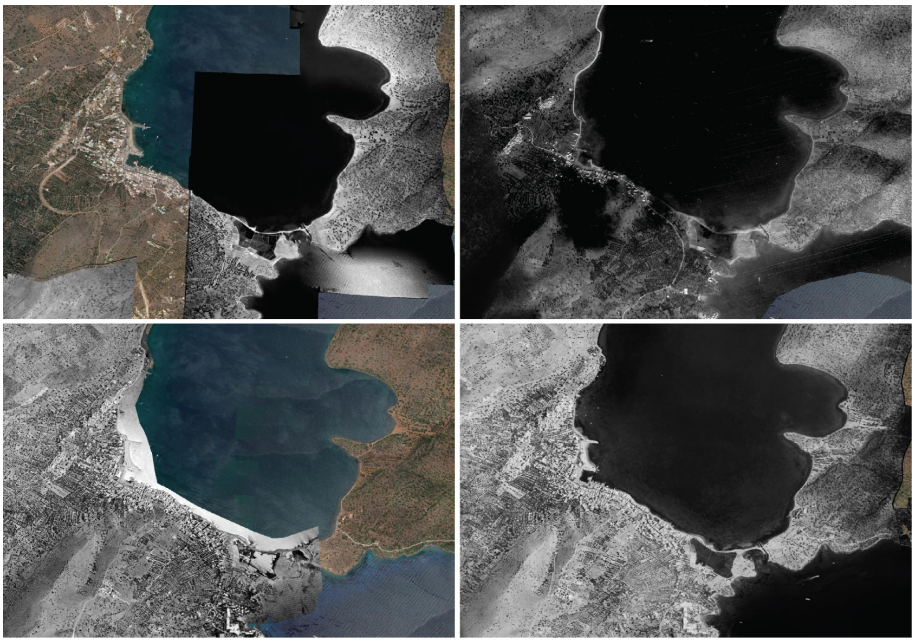
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ιστορικές αεροφωτογραφίες

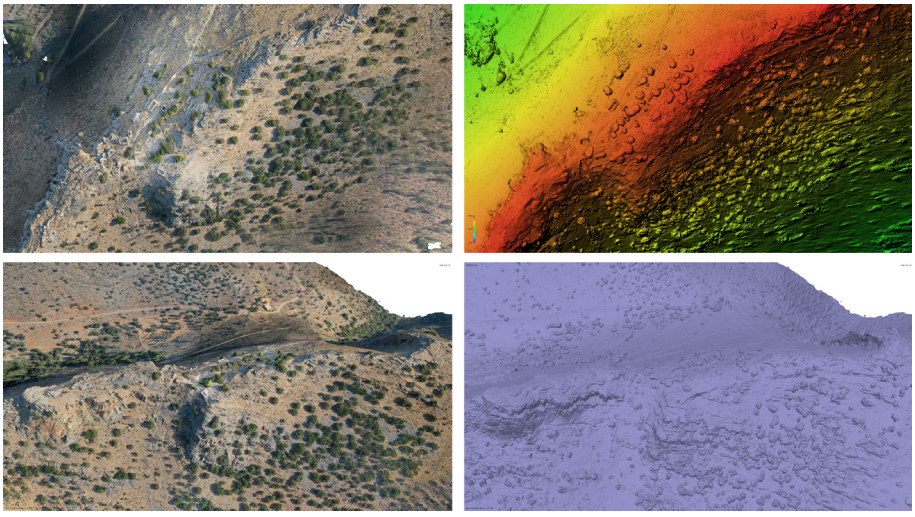
Για τον κόλπο του Μιραμπέλου συλλέχθηκαν όλες οι ιστορικές αεροφωτογραφίες από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού που κάλυπταν την περίοδο μεταξύ 1966 και 2004. Οι φωτογραφίες αυτές είχαν τραβηχτεί σε διαφορετικά ύψη με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικό επίπεδο λεπτομερειών, οι οποίες είναι αντιληπτές σε κάθε σύνολο επικαλυπτόμενων εικόνων. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των διαχρονικών αυτών φωτογραφιών αναδεικνύει το εκπληκτικό τοπίο του Μιραμπέλου, ειδικά τις χρονικές περιόδους πριν από την τουριστική ανάπτυξη την κατασκευή των πολυάριθμων ξενοδοχειακών μονάδων στην περιοχή και συγκεκριμένα στην Ελούντα (Εικ. 1).

3.2 Αεροφωτογράφηση στην Οξά

Στην Οξά οργανώθηκε και υλοποιήθηκε τεκμηρίωση του χώρου με τη χρήση ενός ιπτάμενου οχήματος για τη συλλογή αντίστοιχων αεροφωτογραφιών. Για την επίτευξη καλύτερης ανάλυσης και τη γεωαναφορά των τελικών φωτογραφιών τοποθετήθηκαν στόχοι σε διάφορα σημεία της επιφάνειας του εδάφους και οι εικόνες που ελήφθησαν είχαν μεγάλο ποσοστό αλληλοεπικάλυψης μεταξύ τους, έτσι ώστε το τελικό μοντέλο να μπορεί να έχει υψηλό βαθμό ακρίβειας. Συλλέχθηκαν περίπου



Εικόνα 1. Ιστορικές ορθοφωτογραφίες της ευρύτερης περιοχής στην Ελούντα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους

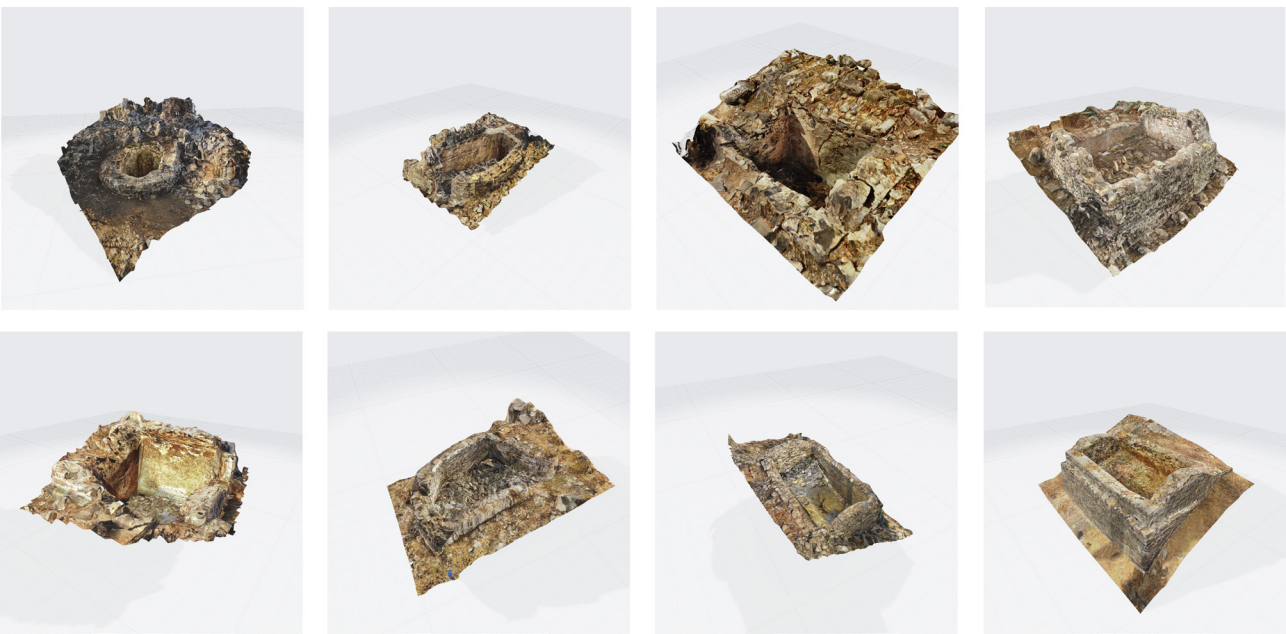


Εικόνα 2. Ορθοφωτογραφία και τρισδιάστατο μοντέλο στο Όρος Οξά

850 εικόνες με ένα drone που πετούσε σε διαφορετικά ύψη μεταξύ 20 και 50 μέτρων πάνω από την επιφάνεια και με διαφορετικό επίπεδο κλίσης για την κάμερα, για να βελτιωθεί η αποτύπωση και των πλευρών των κτηρίων και των φυσικών δομών στην κορυφή του λόφου. Το αποτέλεσμα είναι ένα απρόσκοπτο τρισδιάστατο μοντέλο και ορθοφωτογραφία που καλύπτει την Οξά, όπως είναι σήμερα με τις περίπου 35 δεξαμενές νερού, την εκκλησία στο κέντρο και τα διάφορα ερείπια κτηρίων (Εικ. 2).

3.3 Τρισδιάστατη σάρωση των δεξαμενών νερού

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο τρισδιάστατος σαρωτής έχει το πλεονέκτημα της συλλογής ποσοτικών και μετρήσιμων δεδομένων και με μεγάλο επίπεδο λεπτομερειών. Οι περισσότερες δεξαμενές νερού είναι χτισμένες ακριβώς στην άκρη της κορυφής του λόφου. Ως εκ τούτου, η μέθοδος αυτή προτιμήθηκε για την τεκμηρίωση μέρους των δεξαμενών νερού στο όρος Όξα, λόγω και των δυσκολιών συλλογής κατάλληλων φωτογραφιών από το έδαφος με ασφάλεια. Περίπου 6 με 10 διαφορετικοί σταθμοί βάσης ήταν απαραίτητοι για κάθε δεξαμενή, για την ολοκληρωμένη κάλυψη των μνημείων από διαφορετικές οπτικές γωνίες, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα πλήρες μοντέλο που να αποτυπώνει τους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους με πιστότητα (Εικ. 3).



Εικόνα 3. Παραδείγματα τρισδιάστατων μοντέλων των δεξαμενών νερού στο όρος Οξά

3.4 Υποβρύχια φωτογραμμετρική αποτύπωση βυζαντινής εκκλησίας

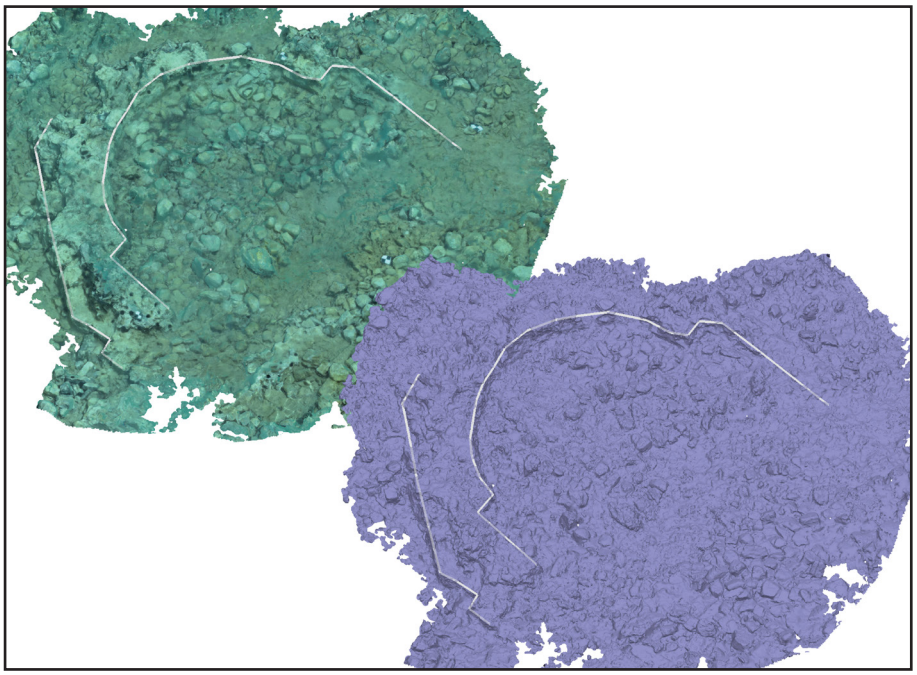
Αν και η εφαρμογή της ψηφιακής φωτογραμμετρίας σε ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα είναι σχετικά νέα και σίγουρα πιο περίπλοκη από την εναέρια και επίγεια φωτογραμμετρία, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές στην περιοχή για την τεκμηρίωση βυθισμένων αρχαιολογικών κατασκευών και συγκεκριμένα τα λείψανα μιας πιθανής βασιλικής στις ρηχές ακτές της Ελούντας. Για τη λήψη των υποβρύχιων φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε μία ειδικά διαμορφωμένη τηλεκατευθυνόμενη συσκευή σε σχήμα μικρού σκάφους. Αν και το τελικό μοντέλο δεν ήταν το βέλτιστο δυνατό λόγω των πολλών δυσκολιών στη βαθμονόμηση του φακού της φωτογραφικής μηχανής σε υποθαλάσσιες συνθήκες, είναι ωστόσο αποκαλυπτικό του τελικού αποτελέσματος δεδομένων των οικονομικών περιορισμών που απέτρεψαν τη χρήση πιο ακριβών και σύνθετων λύσεων (Εικ. 4).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών στο πλαίσιο του έργου ΔΙΑΤΟΠΟ για την τεκμηρίωση και την παρακολούθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Η δυνατότητα να υπάρχουν ποσοτικά ψηφιακά αντίγραφα ενός αντικειμένου ή μνημείου αποτελεί απαραίτητο στοιχείο ειδικά για τη μελέτη και ανάδειξη της δύσκολα προσβάσιμης πολιτιστικής κληρονομιάς (Cantoro et al. 2016). Η ακριβής ψηφιακή τεκμηρίωση προσφέρει τα βασικά μοντέλα για περαιτέρω ποσοτικούς υπολογισμούς αλλά και τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων για τη διάδοση και προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς σε διάφορα επίπεδα. Η προτεινόμενη προσέγγιση καταδεικνύει τη δυνατότητα χρήσης μεθόδων και διαδικασιών για την απόκτηση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων ενός συγκεκριμένου τεχνουργήματος ή αρχιτεκτονήματος. Οι πληροφορίες αυτές, αν και εξακολουθούν να χρήζουν χειροκίνητης (ανθρωπογενούς) ανάλυσης δεδομένων, μπορούν να παρέχουν μοναδικές πληροφορίες για την κατάσταση των κτηρίων που τεκμηριώνονται και μπορούν συγχρόνως να συμβάλλουν σημαντικά στον εντοπισμό πιθανών ζητημάτων και στην αντιμετώπιση των αντίστοιχων λύσεων.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης “Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου”- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).



Εικόνα 4. Τρισδιάστατο μοντέλο της βασιλικής που βρίσκεται βυθισμένη στον κόλπο της Ελούντας

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Andrews, D., Bedford, J., Bryan, P., 2015. Metric survey specifications for cultural heritage. Historic England.

Cantoro, G., 2015. Aerial Photogrammetry: when Archaeology meets SIFT, in: Ivanisevic, V., Veljanovski, T., Cowley, D., Kiarszys, G., Bugarski, I. (Eds.), Recovering Lost Landscape. Institute of Archaeology, Belgrade, Belgrade, Serbia, 117–128.

Cantoro, G., 2017. Ground and Aerial Digital Documentation of Cultural Heritage: Providing Tools for 3D Exploitation of Archaeological Data. ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. XLII-2/W3, 141–145. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-141-2017

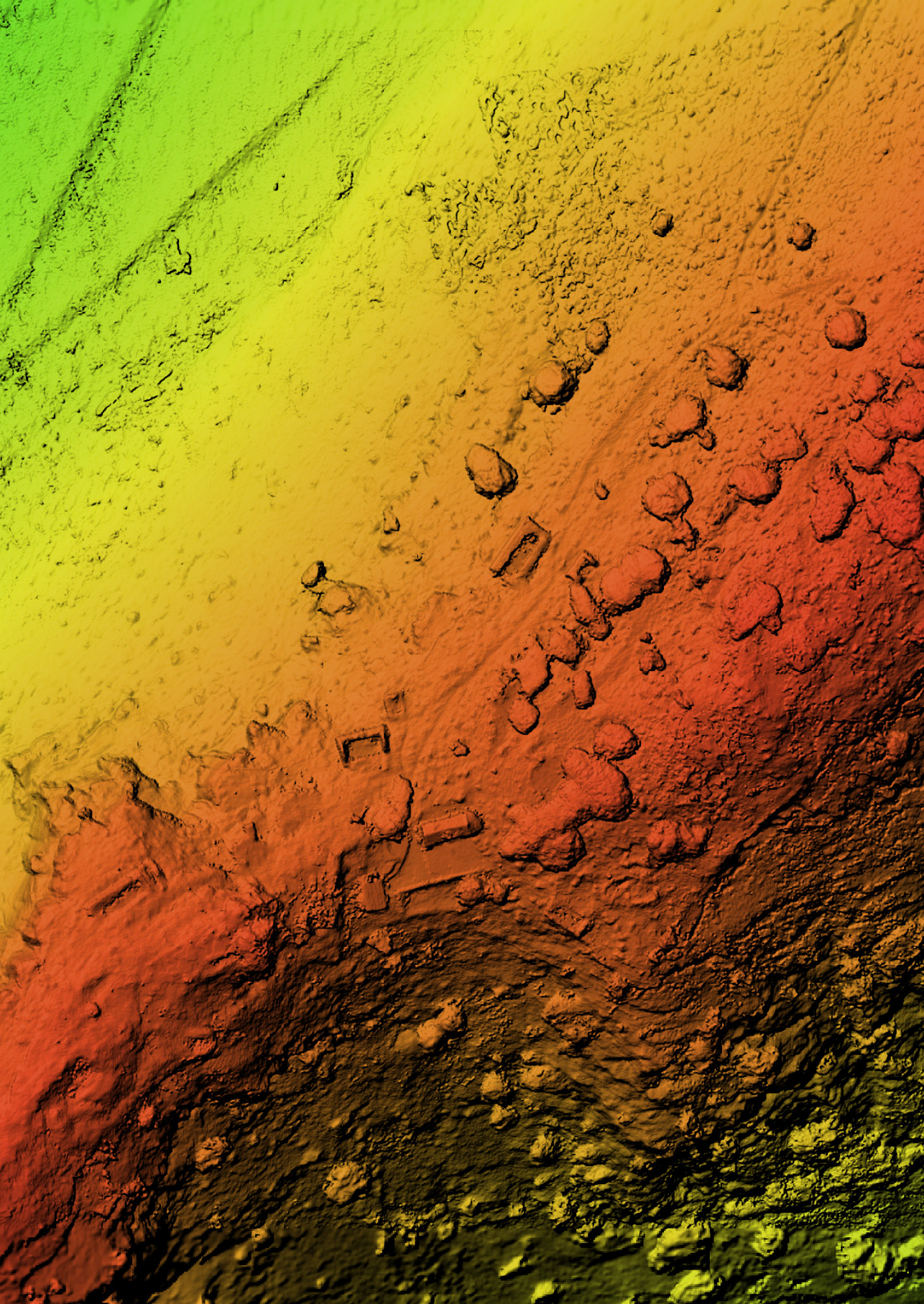
Cantoro, G., Sythiakakis, V., Manolioudis, S., 2016. Visualizing structural issues through photogrammetric 3D documentation of Cultural Heritage: the Venetian Castle at Heraklion, Crete (Greece), in: Chalikias, K., Beeler, M., Perce, A., Renette, S. (Eds.), The Future of the Past: From Amphipolis to Mosul. New Approaches to Cultural

Heritage Preservation in the Eastern Mediterranean, Archaeological Institute of America, 80–86.

Doyle, F., 1964. The Historical Development of Analytical Photogrammetry. Photogramm. Eng. XXX_, 259–265.

Gruen, A., Remondino, F., Zhang, L., 2003. Image-based Automated Reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan, Afghanistan, in: Computer Vision and Pattern Recognition Workshop. Presented at the CVPRW '03, IEEE, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1–13. https://doi.org/10.1109/CVPRW.2003.10003

James, M.R., Robson, S., Smith, M.W., 2017. 3-D uncertainty-based topographic change detection with structure-from-motion photogrammetry: precision maps for ground control and directly georeferenced surveys. Earth Surf. Process. Landf. 42, 1769–1788. https://doi.org/10.1002/esp.4125



έρευνες επικινδυνότητας

Εκτίμηση επικινδυνότητας αρχαιολογικών θέσεων στην ευρύτερη περιοχή της Ελούντας μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης με ασαφή λογική

Άγγελος Χλιαουτάκης [(1)], Αθανάσιος Αργυρίου [(1)], Νίκος Παπαδόπουλος [(1)]

[(1)]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος, ΙΜΣ-ΙΤΕ

e-mail: angelos@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χώροι πολιτιστικής κληρονομιάς απειλούνται από ποικιλόμορφους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες. Για τον λόγο αυτό απαιτούνται καινοτόμα και οικονομικώς αποτελεσματικά εργαλεία για τη συστηματική παρακολούθηση των τοπίων και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Προς αυτήν την κατεύθυνση, μια διεπιστημονική προσέγγιση, βασιζόμενη σε τεχνικές τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) εφαρμόζεται σε αυτή την εργασία για την αξιολόγηση και εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες σε χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής, όπου ενσωματώνεται ένα μοντέλο ανάλυσης πολλαπλών κριτηρίων για την εκτίμηση της παραπάνω επικινδυνότητας στην οποία βρίσκονται οι αρχαιολογικές θέσεις στην ευρύτερη περιοχή του κόλπου της Ελούντας (http://diatopo.ims.forth.gr/gis/riskassessment). Το εν λόγω μοντέλο λαμβάνει υπόψη ανθρωπογενείς, περιβαλλοντικούς και γεωμορφολογικούς παράγοντες, ενώ δοκιμάζονται διαφορετικά σενάρια, με στόχο την αξιολόγηση τόσο του συνδυασμού των παραγόντων αυτών όσο και κάθε μεμονωμένου παράγοντα, δίνοντας αντίστοιχους χάρτες εκτίμησης επικινδυνότητας και αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης.

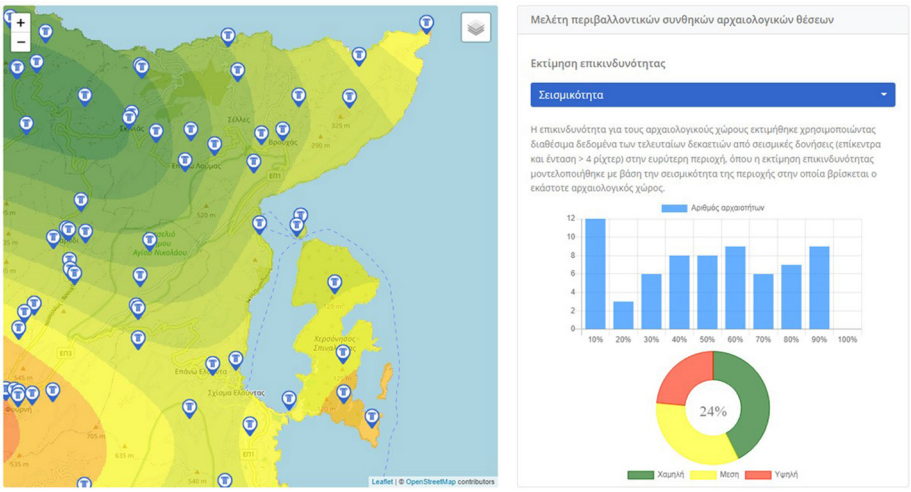
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην επίλυση προβλημάτων χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης και συγκεκριμένα στην ανάλυση και τη μοντελοποίηση αξιολόγησης κινδύνου. Μερικά από αυτά περιλαμβάνουν: α) μοντέλο αξιολόγησης κινδύνου για την κατασκευή χώρων απόθεσης αποβλήτων (ΧΥΤΑ) με χρήση τεχνικών πολυκριτηριακής ανάλυσης, όπως η μέθοδος AHP (Gemitzi et al., 2007), β) μοντέλο εκτίμησης επικινδυνότητας για αρχαιολογικούς χώρους στην Κρήτη, εφαρμόζοντας Ασαφή Λογική και νευρωνικά δίκτυα, και γ) την (πολυμεταβλητή) στατιστική ανάλυση, ορίζοντας διαφορετικά σενάρια βαρύτητας των επικείμενων παραγόντων (Liu et al., 2002, Alexakis and Sarris, 2010).

Σε προβλήματα (χωρικής) πολυκριτηριακής ανάλυσης, όπως η δημιουργία ενός μοντέλου για την εκτίμηση επικινδυνότητας, είναι απαραίτητο να οριστεί το πρόβλημα, να χωριστεί το μοντέλο ενδεχομένως σε υπομοντέλα και να εντοπιστούν τα κατάλληλα δεδομένα εισόδου. Συνήθως, τα δεδομένα κριτηρίων εισόδου (τα οποία είναι στην πραγματικότητα χωρικά δεδομένα) βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα αρίθμησης, με διαφορετικά εύρη. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κάθε κριτήριο να χρειάζεται να ταξινομηθεί σε μια κοινή κλίμακα προτιμήσεων, π.χ. όπως το 1 έως το 10, με το 10 για παράδειγμα να είναι το πιο ευνοϊκό. Μια προτίμηση στην κοινή κλίμακα υποδηλώνει τη σχετική εμπιστοσύνη που έχουμε στην επιρροή ενός κριτηρίου σε σύγκριση με ένα άλλο. Από την άλλη πλευρά, καθένα από τα κριτήρια στη διαδικασία ανάλυσης της εκτίμησης επικινδυνότητας μπορεί να μην έχει την ίδια σημασία ή μπορεί κανείς να "ζυγίζει" μεμονωμένα κριτήρια περισσότερο από ένα συνδυασμό αυτών. Για παράδειγμα, στο δικό μας μοντέλο ο χρήστης μπορεί να αποφασίσει ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί ή τα ρήγματα, μπορούν να είναι λιγότερο σημαντικοί από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που σχετίζονται με την κλίση και την απόσταση από υδροφόρους ορίζοντες. Ανάλογα με το σενάριο που επιλέγει ο χρήστης, δίνονται διαφορετικές περιοχές ευπάθειας και κινδύνου στον διαδραστικό χάρτη της διαδικτυακής εφαρμογής.

Η σχεδίαση και ανάπτυξη του πολυκριτηριακού μοντέλου ανάλυσης για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των αρχαιοτήτων, βασίστηκε σε συγκεκριμένες επιμέρους ενέργειες, όπως είναι η καταγραφή των θέσεων πολιτιστικής κληρονομιάς σε Ελούντα (Αρχαίος Ολούς) και Οξά. Η καταγραφή έγινε μέσω της τοπογραφικής και γεωμετρικής τεκμηρίωσης των θέσεων ψηφιακά σύμφωνα με τις πλέον σύγχρονες μεθόδους γεωπληροφορικής. Επίσης, απαραίτητη ενέργεια είναι η δημιουργία μιας χωρικής βάσης δεδομένων σε περιβάλλον GIS για αποθήκευση και χρήση των πρωτογενών και παράγωγων κριτηρίων (χωρικά δεδομένα) που σχετίζονται με φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες, αλλά και ο καθορισμός των κινδύνων (hazards) και της επίδρασής τους (impact) στους χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής ενδιαφέροντος.

Συγκεκριμένα, για την αποτίμηση των ανθρωπογενών πιέσεων χρησιμοποιήθηκε ο αστικός ιστός για τη συσχέτιση της απόστασής του από τις αρχαιότητες της περιοχής (ανοιχτά δεδομένα από τον Ευρωπαϊκό Χάρτη Οικισμών ESM-Copernicus). Ο Ευρωπαϊκός Χάρτης Οικισμών βασίζεται σε υψηλής διακριτικής ικανότητας δορυφορικές εικόνες (π.χ. SPOT), με χωρική ανάλυση 2.5 μέτρα, αναγνωρίζοντας και αναδεικνύοντας το αστικό περιβάλλον. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το οδικό δίκτυο (ανοιχτά δεδομένα από το OpenStreetMap), χωρικά δεδομένα θέσεων ΧΥΤΑ και αποβλήτων, και κάλυψης γης (ανοιχτά δεδομένα από την Υπηρεσία Παρακολούθησης Εδάφους - Land Monitoring Service - του Ευρωπαϊκού προγράμματος Copernicus. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες Sentinel-2 και Landsat-8 για τη χρονική περίοδο 2017-2018.



Εικόνα 1. Διαδικτυακή εφαρμογή GIS για την εκτίμηση επικινδυνότητας των αρχαιοτήτων στην ευρύτερη περιοχή της Ελούντας. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα εμφανίζεται η αξιολόγηση της επικινδυνότητας για ένα περιβαλλοντικό παράγοντα του μοντέλου, τη σεισμικότητα.

Για τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, χρησιμοποιήθηκαν οι γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ με κλίμακα 1: 50.000 για την ανάδειξη των βασικών γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή έρευνας (IGME, 1971). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής. Εξετάστηκε επίσης ο Δείκτης Γεωλογικής Ισχύος (GSI) για την ταξινόμηση των λιθολογικών σχηματισμών ως προς τη σκληρότητα και αντοχή των πετρωμάτων, μέσω κατηγοριοποίησης των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ με κλίμακα 1: 50.000 (Marinos and Hoek, 2000). Έγινε συσχέτιση της υδρολιθολογίας με τους αρχαιολογικούς χώρους υπολογίζοντας τα επίπεδα υδροπερατότητας, μέσω κατηγοριοποίησης των γεωλογικών χωρικών δεδομένων, καθώς και συσχέτιση της απόστασης των αρχαιοτήτων από περιοχές υδάτινων πόρων (ποτάμια, λίμνες, πηγές) και την ακτογραμμή. Επίσης πραγματοποιήθηκε συσχέτιση της θέσης των αρχαιολογικών χώρων με επίκεντρα σεισμικής δραστηριότητας. Τα σεισμικά επίκεντρα αποτελούν ανοιχτά δεδομένα από τον σεισμολογικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης από τους καταλόγους ιστορικών σεισμών, μεγέθους μεγαλύτερου από 4 Ρίχτερ, για το χρονικό διάστημα από το 550 π.Χ. έως σήμερα (Papazachos et al., 2000, 2010). Τέλος, έγινε συσχέτιση των αρχαιολογικών θέσεων και με τη συχνότητα αγροτικών πυρκαγιών κάνοντας χρήση των ανοικτών δεδομένων από το Πυροσβεστικό Σώμα για τις τελευταίες δύο δεκαετίες 2000-2020 (Tsagkaraki et al., 2011).

Όσον αφορά τους γεωμορφολογικούς παράγοντες, υπολογίστηκαν τα διάφορα παράγωγα γεωμορφομετρίας και γεωμορφών χρησιμοποιώντας ως πρωτογενή δεδομένα τα δωρεάν διαθέσιμα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου (ΨΜΑ) (12.5 μ. χωρική

ανάλυση) από τον δορυφόρο ALOS-PALSAR. Έμφαση δόθηκε στην περιγραφή και αποτύπωση των μορφοδυναμικών χαρακτηριστικών των παραλιακών ζωνών και του ορεινού όγκου, καθώς και με συγκεκριμένους γεωμορφολογικούς δείκτες που αποτυπώνουν την επικινδυνότητα κατολισθήσεων και τη διάβρωση του εδάφους (μοντέλο RUSLE) και την τεκτονική δυναμική του περιβάλλοντος χώρου.

Η γεωχωρική ανάλυση των θέσεων σε σχέση με τα παραπάνω στοιχεία είναι ικανή να συνεισφέρει σημαντικά στην αξιολόγηση των κινδύνων που απειλούν τα μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς στην περιοχή ενδιαφέροντος. Για τον σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε η τεχνική μοντελοποίησης ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic) για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των αρχαιολογικών χώρων σε σχέση με τις τρεις κατηγορίες κριτηρίων: ανθρωπογενή, περιβαλλοντικά και γεωμορφολογικά κριτήρια (Triantaphyllou, 2000). Επίσης, αναπτύχθηκε ένα διαδραστικό διαδικτυακό GIS πολυ-παραμετρικό μοντέλο για την εκτίμηση της επικινδυνότητας διαφόρων γεωμορφολογικών, περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι δρουν ανεξάρτητα ή συνδυαστικά εις βάρος των αρχαιοτήτων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να επιλέξουν τα δικά τους κριτήρια, τους παράγοντες που θεωρούν ως τους σημαντικότερους με σοβαρές επιπτώσεις στη διατήρηση των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς, και να βασιστούν σε πολλαπλά σενάρια για τη δημιουργία περιοχών με διακριτά επίπεδα επικινδυνότητας (Εικόνα 1). Ο χρήστης παρουσιάζεται με τα αντίστοιχα αποτελέσματα αξιολόγησης κινδύνου, απεικονίζοντάς τα σε θεματικό χάρτη για τον εν λόγω παράγοντα, μαζί με την αντίστοιχη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων αξιολόγησης.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας έρευνας είναι ο κόλπος της Ελούντας και το όρος Οξά στην επαρχία Μιραμπέλου της Ανατολικής Κρήτης. Για τις γνωστές αρχαιολογικές θέσεις της περιοχής, το ποσοστό των θέσεων που βρίσκονται στην υψηλή ζώνη επικινδυνότητας κυμαίνεται μεταξύ ~20-55%, λαμβάνοντας υπόψη μόνο ανθρωπογενείς παράγοντες, μεταξύ ~5-25% λαμβάνοντας υπόψη μόνο περιβαλλοντικούς παράγοντες, και μεταξύ ~0-40% λαμβάνοντας υπόψη μόνο γεωμορφολογικούς παράγοντες. Από την άλλη, ο συνδυασμός των ανθρωπογενών παραγόντων φτάνει το 80% των αρχαιολογικών θέσεων που βρίσκονται στην υψηλή ζώνη κινδύνου, το 90% ο συνδυασμός των περιβαλλοντικών παραγόντων, ενώ μόλις το 45% ο συνδυασμός των γεωμορφολογικών παραγόντων. Αντιθέτως, ο συνδυασμός των ανθρωπογενών και περιβαλλοντικών παραγόντων φτάνει το 93% των αρχαιολογικών θέσεων που βρίσκονται στην υψηλή ζώνη κινδύνου, το 80% ο συνδυασμός των ανθρωπογενών και γεωμορφολογικών παραγόντων, το 88% ο συνδυασμός των περιβαλλοντικών και γεωμορφολογικών παραγόντων, ενώ μόλις το 70% ο συνδυασμός όλων των παραγόντων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι φανερό από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι οι ανθρωπογενείς παράγοντες (απόσταση θέσεων από οικισμούς, το οδικό δίκτυο, και κάλυψη/χρήση γης) αποτελούν το βασικότερο κίνδυνο για τις αρχαιότητες στην περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη τους εν λόγω παράγοντες είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά με άλλους (περιβαλλοντικούς ή γεωμορφολογικούς) παράγοντες.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης "Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου"- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Alexakis,D & Sarris, A. 2010. Environmental and Human Risk Assessment of the Prehistoric and Historic Archaeological Sites of Western Crete (Greece) with the Use of GIS, Remote Sensing, Fuzzy Logic and Neural Networks. EuroMed,332-342

Gemitzi A., Tsihrintzis VA., Voudrias V., Petalas C., Stravodimos G. 2007. Combining geographic information systems, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. Environmental Geology 51(5): 797–811

Liu J., Xu L., Sarris, A. & Topouzi S. 2002. CRM &Archaeological Research using Remote Sensing and GIS:Zhouyuan (China) & Lasithi (Greece), CAA2002 International Conference: Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology: The Digital Heritage of Archaeology, Herakleion, Crete, April,2002

IGME 1971. Geological Map of Greece, western Crete sheets. Athens: Institute of Geology and Mineral Exploration. Scale: 1:50,000

Marinos, P., Hoek, E. 2000. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proceedings GeoEng 2000, Melbourne, Australia, pp. 1422–1442.

Triantaphyllou E. 2000. Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Tsagkaraki, K., Karetsos, G., Proutsos, N. 2011. Forest Fires in Crete 1983-2005, Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, FRIA – NAGREF.

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and E.M. Scordilis (2000). A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999, Publ. Geophys. Labora-

tory, University of Thessaloniki..

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Scordilis, E.M., Karakaisis, G.F. and C.B. Papazachos (2010) A catalogue of earthquakes in the Mediterranean and surrounding area for the period 1901 - 2010, Publ. Geophys. Laboratory, University of Thessaloniki.

Η εδαφική διάβρωση ως παράγοντας υποβάθμισης των χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς στην περιοχή του Μιραμπέλου

Χρήστος Πολυκρέτης[1]

[1]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος, ΙΜΣ-ΙΤΕ

e-mail: polykretis@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση του εδάφους συνιστά μια φυσική διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την αποκόλληση, τη μεταφορά και την εναπόθεση εδαφικού υλικού (ιζήματος) από μια δεδομένη αρχική περιοχή σε μια νέα περιοχή συσσώρευσης (Gelagay and Minale 2016). Αν και η εκδήλωσή της επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (όπως η αστική επέκταση, η ανάπτυξη τεχνικών έργων και υποδομών, η ανεξέλεγκτη καλλιέργεια της γης, κλπ), φυσικά στοιχεία όπως το νερό και ο άνεμος θεωρούνται οι κύριες δυνάμεις ενεργοποίησής της. Ειδικότερα η εδαφική διάβρωση που οφείλεται στο νερό είναι μια διεργασία κατά την οποία η βρόχινη επιφανειακή ροή του προκαλεί την αρχική αποκόλληση του εδαφικού υλικού, μεταφέροντάς το στη συνέχεια από τα ανάντη προς τα κατάντη των πρανών όπου και το εναποθέτει, υπό το πρίσμα της βαρύτητας (Polykretis et al. 2020).

Η εφαρμογή εξειδικευμένων μοντέλων εδαφικής διάβρωσης αποτελεί καθοριστικό βήμα για την ποσοτική εκτίμηση και τον χωρικό προσδιορισμό της. Οι τελευταίες εξελίξεις στις τεχνολογίες της Γεωπληροφορικής (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Τηλεπισκόπηση), καθώς και η συνεχώς διευρυνόμενη διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας γεω-χωρικών δεδομένων, έχουν διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την εφαρμογή αυτών των μοντέλων. Από τη δεκαετία του 1930, αλλά κυρίως μετά το 1960, έχει αναπτυχθεί ένας σημαντικός αριθμός μοντέλων για την εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης σε διαφορετικές χωρικές κλίμακες (Wischmeier and Smith 1978). Με βάση την πολυπλοκότητα εφαρμογής τους, καθώς και τις απαιτήσεις τους στην (προ)επεξεργασία των εισαχθέντων δεδομένων, τα μοντέλα αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν από σχετικά απλά, όπως τα εμπειρικά, έως πιο περίπλοκα, όπως τα εννοιολογικά και τα φυσικά μοντέλα. Λόγω της απλότητας και των μικρότερων υπολογιστικών απαιτήσεων τους, τα εμπειρικά μοντέλα έχουν πιο εκτεταμένη εφαρμογή έναντι των υπολοίπων τα τελευταία χρόνια.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην περίπτωση της περιοχής του Μιραμπέλου επιλέχθηκαν δύο εμπειρικά μοντέλα:

το Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) και το Unit Stream Power-based Erosion Deposition (USPED). Όπως η πλειονότητα των εμπειρικών μοντέλων, έτσι και τα συγκεκριμένα προϋποθέτουν την επεξεργασία δεδομένων αντιπροσωπευτικών των περιβαλλοντικών συνθηκών (φυσικών και ανθρωπογενών), οι οποίες επιδρούν στην εκδήλωση της οφειλούμενης στο βρόχινο νερό εδαφικής διάβρωσης, όπως η τοπογραφία, η σύσταση και η βιο-φυσική κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους, το κλίμα, και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις. Η επεξεργασία αυτών των δεδομένων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των αντίστοιχων παραγόντων.

Βασισμένο στην παραδοχή ότι η απόσπαση του εδαφικού υλικού και η επακόλουθη εναπόθεσή του ελέγχονται από την ικανότητα μεταφοράς ιζήματος της επιφανειακής ροής, το μοντέλο RUSLE μπορεί να εκτιμήσει τον βαθμό απώλειας εδαφικού υλικού (A), εκφρασμένο σε μια μέση ετήσια τιμή μάζας ανά έκταση (t ha-1 year-1, δηλαδή τόνος ανά εκτάριο ανά έτος), για μια δεδομένη περιοχή μέσω της ενσωμάτωσης πέντε διαφορετικών παραγόντων (Renard et al. 1997). Αυτοί διακρίνονται σε τέσσερις φυσικούς (Maury et al. 2019, Sujatha and Sridhar 2018):

1. Τον παράγοντα διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης ή R-factor (μετρήσιμος σε MJ mm ha h-1 year-1), ο οποίος ποσοτικοποιεί την αλληλεπίδραση των βροχοσταγόνων με το έδαφος και αντικατοπτρίζει την ποσότητα και τον ρυθμό απορροής που ενδέχεται να σχετίζεται με τη βροχόπτωση.
2. Τον παράγοντα διαβρωτικότητας του εδάφους ή K-factor (μετρήσιμος σε t ha h ha-1 MJ-1 mm-1), ο οποίος υποδηλώνει την εγγενή ευαισθησία του εκάστοτε τύπου εδάφους ως προς την αποκόλληση και μεταφορά λόγω της επίδρασης της βροχόπτωσης και της επιφανειακής απορροής.
3. Τον παράγοντα μήκους και κλίσης των πρανών ή LS-factor (χωρίς μονάδα μέτρησης), ο οποίος αντικατοπτρίζει την επίδραση της τοπογραφίας στη διαδικασία της διάβρωσης.
4. Τον παράγοντα διαχείρισης της κάλυψης, ως προς τη βλάστηση ή C-factor (χωρίς μονάδα μέτρησης), ο οποίος εκφράζει τον λόγο απώλειας εδαφικού υλικού από μια περιοχή με δεδομένη κάλυψη βλάστησης προς μια κατ' εξακολούθηση άγονη περιοχή.

και έναν ανθρωπογενή:

5. Τον παράγοντα πρακτικών υποστήριξης ή P-factor (χωρίς μονάδα μέτρησης), ο οποίος αντικατοπτρίζει τις επιπτώσεις των πρακτικών υποστήριξης/διατήρησης του εδάφους που λαμβάνονται από τους ιδιοκτήτες καλλιεργούμενων εκτάσεων στοχεύοντας στη μείωση της διαβρωτικής δύναμης της βροχόπτωσης και, συνεπώς, στη μείωση της απώλειας εδαφικού υλικού.

Στους προαναφερθέντες παράγοντες βασίζεται η κύρια μαθηματική έκφραση του μοντέλου η οποία ορίζεται ως εξής:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad [1]$$

Σε αντίθεση με το RUSLE, το μοντέλο USPED δεν «ενστερνίζεται» την παραδοχή της ομοιογενούς επιπεδοποιημένης περιοχής, η οποία δεν επηρεάζεται από τη σύνθετη τοπογραφία της. Διατηρώντας τέσσερις από τους πέντε θεμελιώδεις παράγοντες του RUSLE και με μοναδική εξαίρεση τον τοπογραφικό παράγοντα, ο οποίος αντικαθίσταται από τον παράγοντα για την ικανότητα μεταφοράς ιζημάτων ή LST-factor, το USPED εφαρμόζεται για την εκτίμηση τόσο της απώλειας εδαφικού υλικού, όσο και της επακόλουθης απόθεσής του. Ο LST-factor ενσωματώνει στο εκτιμώμενο αποτέλεσμα την προαναφερθείσα επίδραση της τοπογραφίας, ειδικά όσον αφορά τη σύγκλιση και απόκλιση της ροής του νερού στην επιφάνεια τους εδάφους (Leh et al. 2013). Σε γενικές γραμμές, το μοντέλο USPED βασίζεται στις ακόλουθες δύο παραδοχές (Mitasova et al. 1996):

i. Η ροή του νερού μπορεί να μεταφέρει περιορισμένη ποσότητα αποσπασμένου εδαφικού ιζήματος που καθορίζεται από τη συνολική ικανότητα μεταφοράς του (Tc). Η ικανότητα αυτή μπορεί να εκφραστεί μαθηματικώς ως εξής:

$$T_c = R \times K \times C \times P \times LST \quad [2]$$

ii. Η απώλεια/απόθεση εδαφικού ιζήματος (ds) μπορεί να υπολογιστεί ως απόκλιση στη ροή ιζήματος, εκφρασμένη μαθηματικώς ως εξής:

$$d_s = \frac{d}{dx}(T_c \cos \alpha) + \frac{d}{dy}(T_c \sin \alpha) \quad [3]$$

όπου x, y είναι γεωγραφικές συντεταγμένες, και α είναι προσανατολισμός κλίσης (μετρήσιμος σε μοίρες). Η προκύπτουσα τιμή είναι τόσο αρνητική όσο και θετική υποδεικνύοντας απώλεια και απόθεση, αντιστοίχως, εδαφικού υλικού.

Προκειμένου να εφαρμοστούν τα επιλεγμένα μοντέλα εδαφικής διάβρωσης, ήταν πρωτίστως απαραίτητη η προετοιμασία των επιμέρους παραγόντων. Η συλλογή και επεξεργασία σχετικών πρωτογενών γεω-χωρικών δεδομένων αποτέλεσαν τη βάση για την υλοποίηση του συγκεκριμένου εγχειρήματος. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των δεδομένων παρατίθενται στον Πίνακα 1.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η (προ)επεξεργασία των συγκεκριμένων δεδομένων σε λογισμικά Τηλεπισκόπησης και GIS, και η ενσωμάτωσή τους σε εξειδικευμένες μαθηματικές εκφράσεις και γεω-στατιστικές αναλύσεις είχαν ως αποτέλεσμα την εξαγωγή των απαιτούμενων παραγόντων. Όλοι οι παράγοντες οργανώθηκαν σε ψηφιδωτό μορφότυπο (raster grid) χωρικής ανάλυσης 5 μέτρων (Εικόνα 1). Η ενσωμάτωση αυτών των παραγόντων στις αντίστοιχες μαθηματικές εκφράσεις του εκάστοτε μοντέλου είχε ως αποτέλεσμα

Παράγοντας	Σύνολο δεδομένων	Πηγή	Χωρική / Χρονική κλίμακα	Αρχικός μορφότυπος
R-factor	Βροχομετρικά δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών	– / Ημερήσια, 2015-2020	Πινακοειδής (εγγραφές)
K-factor	Εδαφολογικές μετρήσεις	Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός "ΔΗΜΗΤΡΑ"	–	Διανυσματικός (σημεία)
	Εδαφολογικά δεδομένα "LUCAS Topsoil"	ESDAC-JRC	– / 2009	Διανυσματικός (σημεία)
C-factor	Οντότητες κάλυψης γης "CORINE"	"Copernicus" Land Monitoring Service	1:100.000 / 2018	Διανυσματικός (πολύγωνα)
P-factor	Δορυφορικές εικόνες	"Google Earth"	15 μ.-15 εκ. / 2021	Ψηφιδωτός (grid)
LS-factor LST-factor	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)	Ελληνικό Κτηματολόγιο	5 μ. / 2015-2016	Ψηφιδωτός (grid)

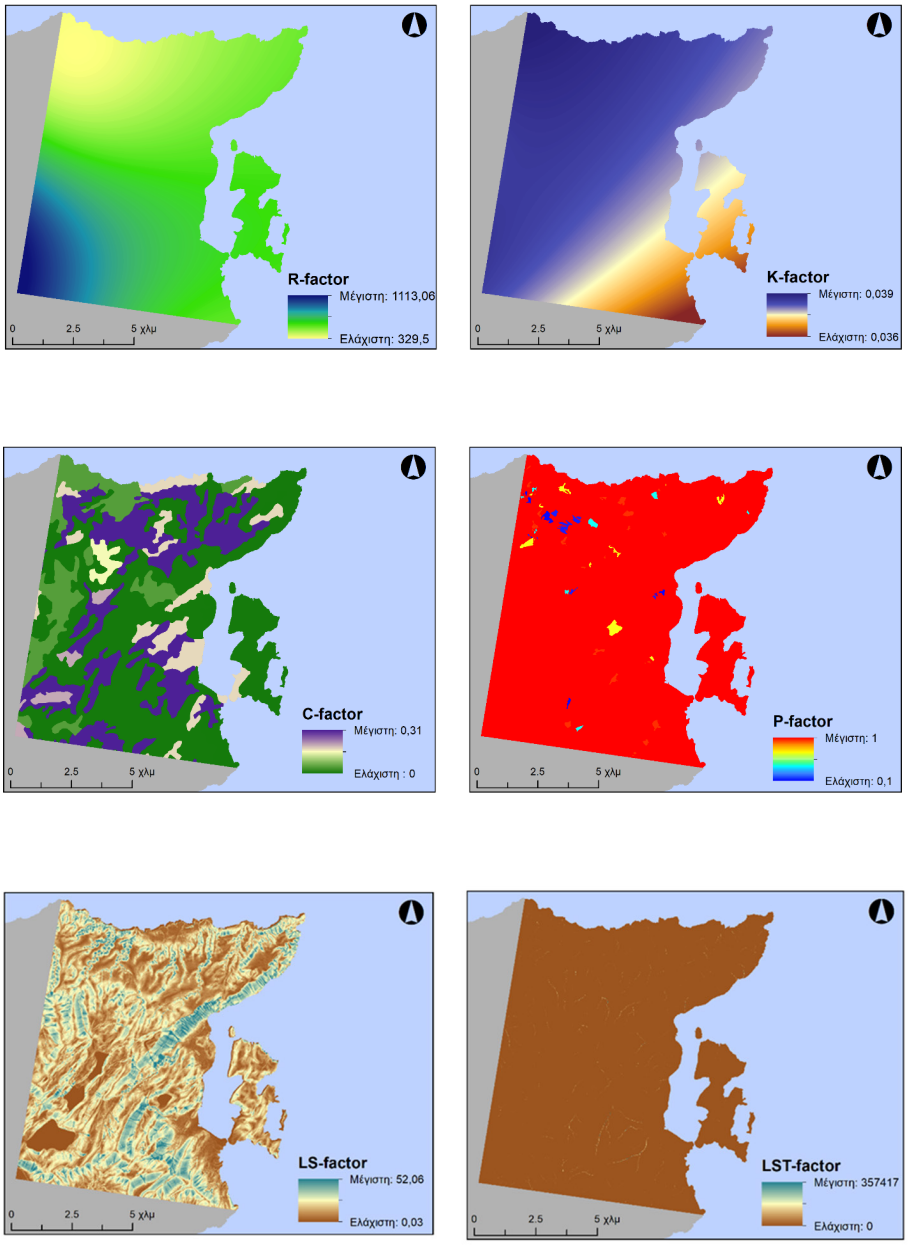
Πίνακας 1. Συνοπτική παρουσίαση των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την προετοιμασία των επιμέρους παραγόντων

την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων εδαφικής διάβρωσης για ολόκληρη την περιοχή του Μιραμπέλου.

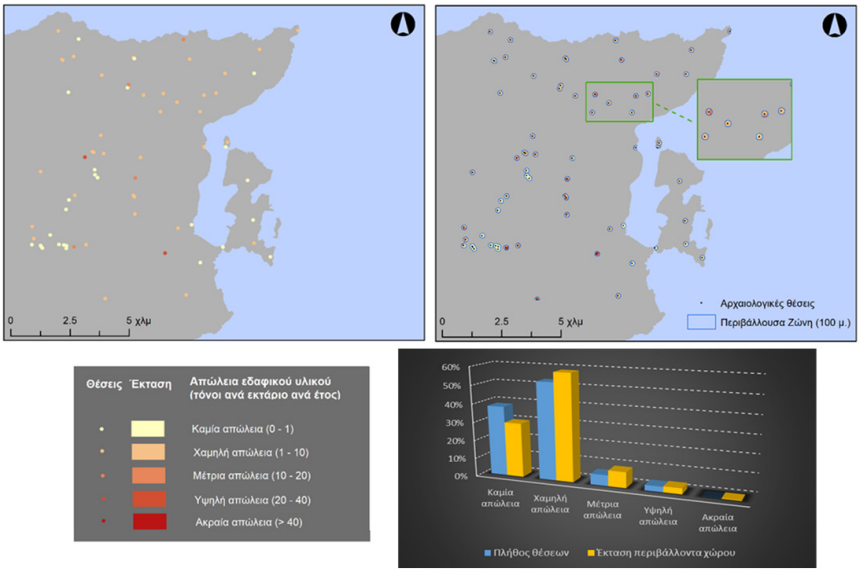
Προκειμένου να κατανοηθεί το επίπεδο της έκθεσης των αρχαιολογικών χώρων της περιοχής στο φαινόμενο της εδαφικής διάβρωσης, ήταν απαραίτητη η υπέρθεση των θέσεων τους με τα παραγόμενα αποτελέσματα των μοντέλων. Ωστόσο, ο βαθμός κινδύνου δεν ενδείκνυται να περιορίζεται χωρικά σε μια εκτίμηση μόνο για τις συγκεκριμένες θέσεις, αλλά να διευρύνεται με βασικό γνώμονα την πιθανότητα ύπαρξης (ή μη) διαφορετικών βαθμών κινδύνου σ' ένα δεδομένο χωρικό εύρος γύρω απ' αυτές. Ως εκ τούτου, κρίθηκε αναγκαίος επίσης ο προσδιορισμός μιας περιβάλλουσας ζώνης 100 μέτρων γύρω από κάθε αρχαιολογική θέση. Τα τελικά αποτελέσματα των διενεργηθέντων ενεργειών παρατίθενται στις Εικόνες 2 και 3.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

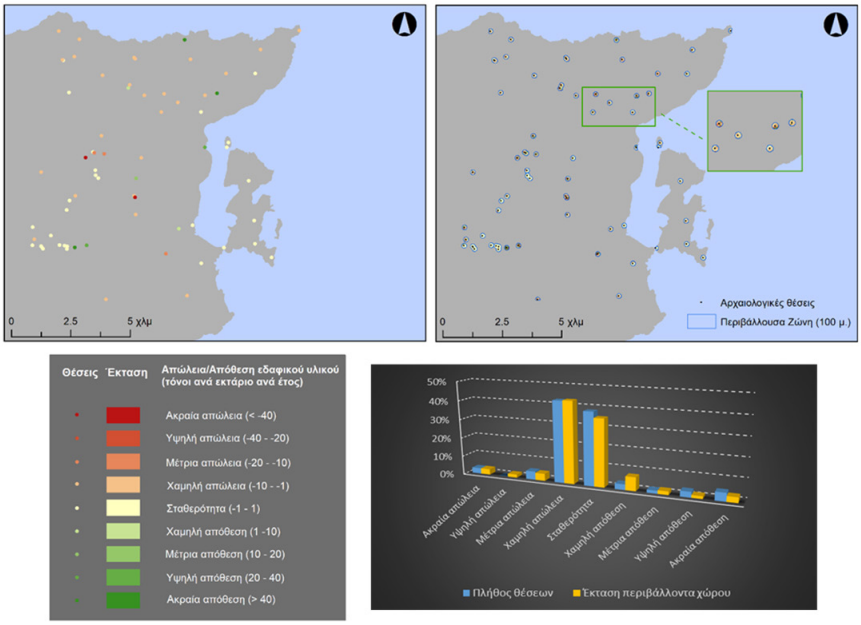
Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί πως και τα δύο μοντέλα συνδέουν το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής του Μιραμπέλου με «χαμηλή απώλεια»



Εικόνα 1. Παράγοντες μοντέλων



Εικόνα 2. Αποτελέσματα εδαφικής διάβρωσης από το μοντέλο RUSLE για τις θέσεις των αρχαιοτήτων (αριστερά) του Μιραμπέλου και του περιβάλλοντα χώρου αυτών (δεξιά)



Εικόνα 3. Αποτελέσματα εδαφικής διάβρωσης από το μοντέλο USPED για τις θέσεις των αρχαιοτήτων (αριστερά) του Μιραμπέλου και του περιβάλλοντος χώρου αυτών (δεξιά)

εδαφικού υλικού κατά την περίοδο 2015-2020. Τα τμήματα «ακραίας απώλειας» καταλαμβάνουν πολύ μικρότερη έκταση, με κύρια χωρική συγκέντρωση στα νότια της περιοχής. Παρόμοιο χωρικό «μοτίβο» παρατηρείται και ως προς την επακόλουθη απόθεση του απολεσθέντος εδαφικού υλικού. Ωστόσο, μεταξύ των δύο υπο-διεργασίων, η απώλεια (αν και χαμηλής έντασης) εδαφικού υλικού μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει πλήξει περισσότερο την περιοχή. Επίσης, όπως προκύπτει και από τα δύο μοντέλα, οι περισσότερες αρχαιότητες της περιοχής έχουν πληγεί από «χαμηλή απώλεια» εδαφικού υλικού. Χωρικά, αυτές φαίνονται να συγκεντρώνονται στο βόρειο (κυρίως) και κεντρικό τμήμα της περιοχής. Σημαντικός είναι ακολούθως ο αριθμός τον αρχαιολογικών θέσεων που δείχνουν να μην έχουν επηρεαστεί καθόλου από το φαινόμενο καθώς εντοπίζονται σε θέσεις «καμίας απώλειας» για το μοντέλο RUSLE και «σταθερότητας» για το μοντέλο USPED. Ένας πολύ μικρός αριθμός αρχαιολογικών θέσεων βρέθηκαν να είναι εκτεθειμένες σε «υψηλό» ή «ακραίο» κίνδυνο λόγω εδαφικής διάβρωσης (είτε αφορά απώλεια εδαφικού υλικού και για τα δύο μοντέλα, είτε και απόθεση για το μοντέλο USPED). Τέλος, παρόμοιο χωρικό «μοτίβο» διαπιστώνεται και για τον περιβάλλοντα χώρο των υφιστάμενων αρχαιοτήτων της περιοχής.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης “Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου”- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Gelagay H.S., and Minale A.S. 2016. Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Kogawatershed, Northwestern Ethiopia. Int. Soil Water Conserv. Res., 4: 126–136.

Leh M., Bajwa S., and Chaubey, I. 2013. Impact of land use change on erosion risk: An integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. Land Degradation & Development, 24: 409–421.

Maury S., Gholkar M., Jadhav A., and Rane N. 2019. Geophysical evaluation of soils and soil loss estimation in a semiarid region of Maharashtra using revised universal soil loss equation (RUSLE) and GIS methods. Environ. Earth Sci.,78: 144.

Mitasova H., Hofierka J., Zlocha M., and Iverson L.R. 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. International Journal of GIS, 10: 629–641.

Polykretis C., Alexakis D.D., Grillakis M.G., and Manoudakis S. 2020. Assessment of Intra-Annual and Inter-Annual Variabilities of Soil Erosion in Crete Island (Greece) by Incorporating the Dynamic “Nature” of R and C-Factors in RUSLE Modeling. Remote Sensing, 12: 2439.

Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., and Yoder D.C. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook No. 703, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Sujatha E.R., and Sridhar V. 2018. Spatial Prediction of Erosion Risk of a Small Mountainous Watershed Using RUSLE: A Case-Study of the Palar Sub-Watershed in Kodaikanal, South India. Water, 10: 1608.

Wischmeier W.H., and Smith D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537, US Department of Agriculture Science and Education Administration: Washington, DC, USA.

Διαχρονική παρακολούθηση της ακτογραμμής στην ευρύτερη περιοχή του Μιραμπέλου, Κρήτη

Δημήτριος Δ. Αλεξάκης[1]

[1]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος, ΙΜΣ-ΙΤΕ

e-mail: dalexakis@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αν και η έκταση της παράκτιας ζώνης καλύπτει μόνο το 2% της συνολικής έκτασης του πλανήτη, πάνω από το 10% του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού ζει κατά μήκος της παράκτιας περιοχής. Οι περιοχές αυτές είναι υψίστης σημασίας τόσο για τους ανθρώπους, όσο και για τη χλωρίδα και την πανίδα, αλλά είναι όλο και πιο ευάλωτες λόγω κινδύνων που προκαλούνται από παράκτιες πλημμύρες, ισχυρούς ανέμους και κύματα, βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη διάβρωση, καθώς και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ιδιαίτερα η διάβρωση των ακτών έχει γίνει μία από τις πιο ανησυχητικές απειλές και προκύπτει από τη συνδυασμένη δραστηριότητα τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών παραγόντων. Γι' αυτόν τον λόγο η κατανόηση της δυναμικής των σταδιακών αλλαγών στην παράκτια γεωμορφολογία, απαιτεί την παρακολούθηση και την ιστορική ανασύνθεση της ακτογραμμής χρησιμοποιώντας μια ποικιλία από τεχνικές και αναλυτικές διαδικασίες (Κωνσταντινόπουλος 2019).

Η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία αφορά τη διαχρονική μελέτη της ακτογραμμής στην περιοχή της Ελούντας-Πλάκας της Περιφερειακής Ενότητας Λασιθίου με τη χρήση δεδομένων και μεθόδων δορυφορικής Τηλεπισκόπησης, εναέριας Τηλεπισκόπησης, καθώς και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί ένα σημαντικό τουριστικό πόλο έλξης όχι μόνο σε επίπεδο Κρήτης αλλά και σε Εθνικό επίπεδο, ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες, καθιστώντας το παραλιακό μέτωπο μια σημαντική πηγή εισοδήματος τόσο για την τοπική όσο και για την εθνική οικονομία. Το παραλιακό μέτωπο του κόλπου της Ελούντας είναι μια περιοχή στην οποία έχουν δημιουργηθεί εκτεταμένες κατασκευές για την προστασία της ακτογραμμής και τον έλεγχο της ιζηματογένεσης. Οι περισσότερες από αυτές τις παράκτιες κατασκευές δεν εξυπηρετούν τον αρχικό σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκαν, καθώς τα φαινόμενα διάβρωσης συνεχίζονται απρόσκοπτα, ειδικά στο βόρειο και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Petrakis et al., 2019). Το γεγονός αυτό καθιστά απαραίτητη την ποσοτική εκτίμηση τυχόν αλλαγών κατά μήκος της ακτής.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα

Για τη διαχρονική παρακολούθηση της περιοχής μελέτης έγινε χρήση δορυφορικών εικόνων Sentinel-2 του προγράμματος Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα χαρακτηριστικά των εικόνων του δορυφόρου Sentinel-2 φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.

Εικόνα	Ημερομηνία λήψης
Sentinel-2	07/07/2017
Sentinel-2	01/07/2020

Πίνακας 1. Ημερομηνίες λήψης των εικόνων Sentinel 2

Στα πλαίσια της ερευνητικής εργασίας έγινε χρήση αεροφωτογραφίας της περιοχής μελέτης με έτος λήψης το 1971, η οποία χορηγήθηκε από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), καθώς και χρήση δορυφορικής εικόνας υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας World View 1 με ημερομηνία λήψης 25/09/2019. Συγκεκριμένα για τη δορυφορική εικόνα WV-1 χρησιμοποιήθηκε το παγχρωματικό κανάλι με χωρική διακριτική ικανότητα 0.5 μ.

2.2 Μεθοδολογία

Το μεθοδολογικό πλαίσιο για τη διαχρονική εκτίμηση της εξέλιξης της ακτογραμμής στον κόλπο της Ελούντας χωρίστηκε σε δύο επιμέρους διαδικασίες. Η πρώτη διαδικασία αφορούσε τη χρήση δεδομένων του δορυφόρου Sentinel-2 με χωρική διακριτική ικανότητα 10 μ. για τη μελέτη της διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής το διάστημα 2011-2021. Η δεύτερη διαδικασία αφορούσε τη διαχρονική εξέλιξη της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης από το 1971 μέχρι και το 2019. Για τη διαδικασία αυτή έγινε χρήση αεροφωτογραφίας και δορυφορικής εικόνας υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας World View - 1. Στη συνέχεια έγινε χρήση του module DSAS σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την εκτίμηση των φαινομένων διάβρωσης, απόθεσης και εξέλιξης κατά μήκος της ακτογραμμής για το χρονικό διάστημα 1971-2019. Για τη διαχρονική παρακολούθηση της ακτογραμμής χρησιμοποιήθηκαν οι επιμέρους μεθοδολογίες ανάλυσης των εικόνων Sentinel-2:

Φασματική ταξινόμηση εικόνας

Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε χρήση του αλγόριθμου μη καθοδηγούμενης ταξινόμησης ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis). Ο γνωστός αλγόριθμος ταξινόμησης (Tou – Gonzalez 1974), είναι δυνατόν να θεωρηθεί ως το σημείο αναφοράς για όλους τους αλγορίθμους της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης.

Ο αλγόριθμος ISODATA αποτελεί μια μέθοδο, η οποία χρησιμοποιεί την Ευκλείδεια απόσταση ως μέτρο σύγκρισης, ώστε να συγκεντρώσει τα δεδομένα στοιχεία σε διαφορετικές τάξεις.

Δείκτης NDWI

Ο δείκτης νερού Normalized Difference Water Index (NDWI), εισήχθη από τον McFeeters (1996) για να τονιστεί η διαφοροποίηση του νερού από τη βλάστηση στις εικόνες Landsat TM και τροποποιήθηκε από τον Xu (2006), ο οποίος άλλαξε τον συνδυασμό των ζωνών. Είναι κατάλληλος για ύδατα, όπως λίμνες, ποτάμια, φράγματα κ.ά. Το νερό έχει υψηλή ανακλαστικότητα στην πράσινη ζώνη, ενώ χαμηλή στην εγγύς υπέρυθρη. Ο δείκτης εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία, τον τύπο και το ποσοστό κάλυψης της βλάστησης. Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ [-1, 1], όπου -1 έως 0 είναι ξηρή γη, ενώ από 0.1 έως 1 είναι γη με έντονη υγρασία. Ο συγκεκριμένος δείκτης θεωρείται ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία χαρτογράφησης υγρασίας και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος. Μαθηματικά υπολογίζεται με την εξίσωση 1:

$$NDWI = \frac{Coastal - NIR2}{Coastal + NIR2} \quad [1]$$

όπου NIR2 είναι η ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο και Green η ανάκλαση στην πράσινη ζώνη.

Ανάλυση κυρίων συνιστωσών

Η ανάλυση κύριων συνιστωσών είναι μία στατιστική διαδικασία, η οποία μετατρέπει μία ομάδα τιμών (παρατηρήσεων) δυνητικά συσχετιζόμενων μεταβλητών σε μία ομάδα νέων τιμών μη γραμμικά συσχετιζόμενων μεταβλητών, οι οποίες καλούνται κύριες συνιστώσες. Η μετάβαση αυτή πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε η πρώτη συνιστώσα να εξηγεί τη μέγιστη δυνατή διακύμανση που αναπτύσσεται μεταξύ των αρχικών μεταβλητών, η δεύτερη, μη συσχετιζόμενη με την πρώτη, να εξηγεί ένα σημαντικό μέρος αυτής αλλά πάντα μικρότερο της πρώτης κοκ.

Φασματικά Φίλτρα

Πρόκειται για τεχνικές, οι οποίες δίνουν έμφαση στην επιλεκτική πληροφόρηση σε διάφορες χωρικές κλίμακες που εμπεριέχονται στην εικόνα. Μια εικόνα θεωρείται ως το άθροισμα συνιστωσών υψηλής και χαμηλής συχνότητας. Τα ψηφιακά φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρεθούν οι υψηλές ή χαμηλές συνιστώσες.

Ψηφιακό σύστημα ανάλυσης ακτογραμμών

Για τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής χρησιμοποιήθηκε το

«Ψηφιακό Σύστημα Ανάλυσης Ακτογραμμών» (Digital Shoreline Analysis System - DSAS), το οποίο διατίθεται δωρεάν από τον Οργανισμό Γεωλογικών Ερευνών των ΗΠΑ (U.S. Geological Survey -USGS). Το DSAS αποτελεί στην ουσία επέκταση του ArcGIS. Η διαδικασία του λογισμικού αυτού για την εξαγωγή του ρυθμού μεταβολής πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα στάδια: 1) Δημιουργία νέας προσωπικής γεωβάσης (DSAS_Geodatabase) μέσα στην οποία έγινε εισαγωγή των ιστορικών ακτογραμμών σ' αυτήν, με χρονολογική σειρά από την παλαιότερη προς τη νεότερη. 2) Δημιουργία γραμμής αναφοράς (baseline). Η γραμμή αναφοράς είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία των αναλύσεων σχετικά με τον ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής. Είναι μια "πλασματική" ακτογραμμή, η οποία δημιουργήθηκε «πίσω» από τις ακτογραμμές που περιλαμβάνονται στην ανάλυση. 3) Δημιουργία κάθετων τομών (transects). Εδώ δόθηκε το μήκος των διατομών σε επαρκή απόσταση από τη γραμμή αναφοράς, ώστε να τέμνουν όλες τις ακτογραμμές). 4) εκτίμηση στατιστικών δεικτών (Κωνσταντινόπουλος 2019).

Για τις ανάγκες της εργασίας υπολογίστηκαν:

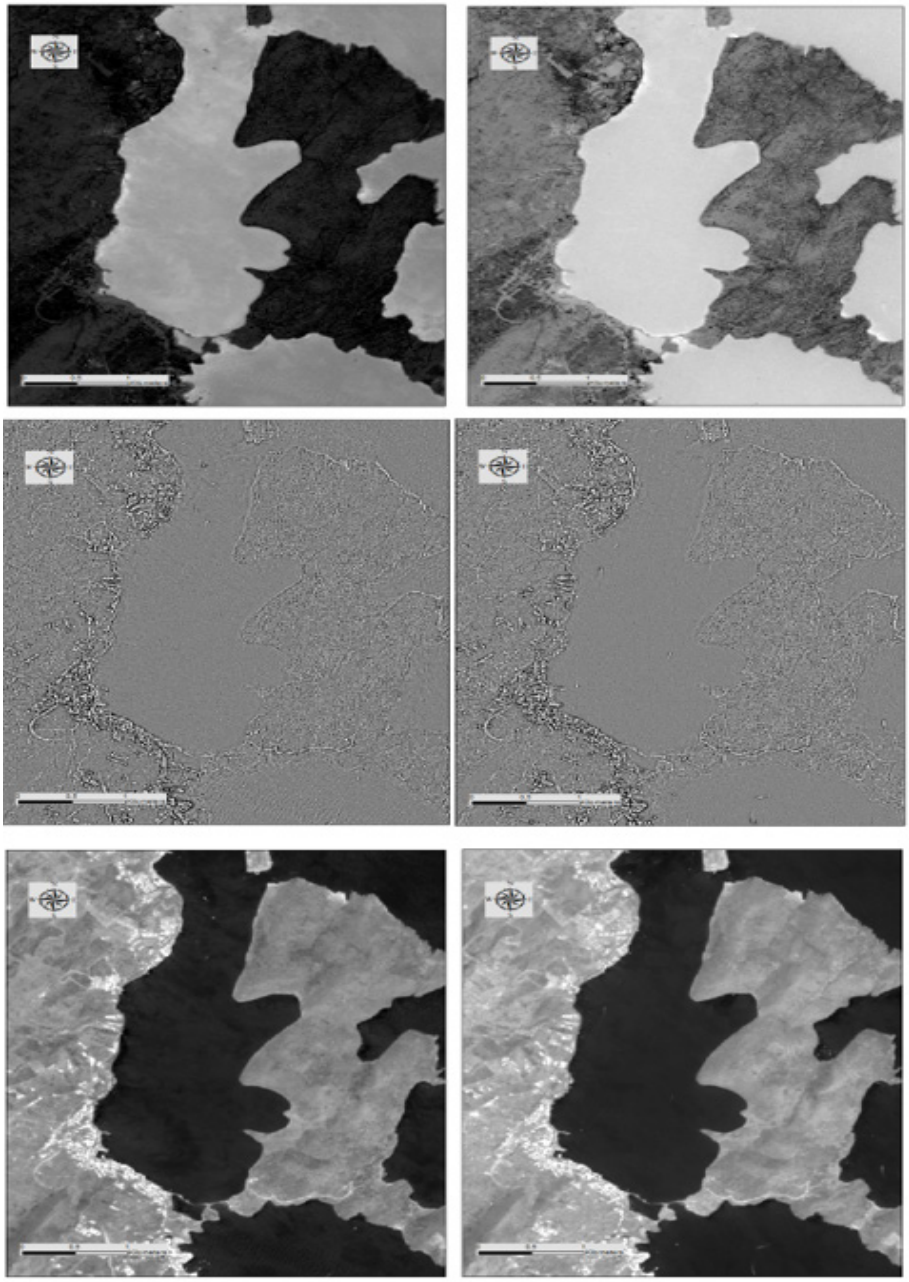
1) Το μέγεθος Shoreline Change Envelope (SCE), το οποίο υπολογίζει την απόσταση μεταξύ των δύο ακτογραμμών κατά μήκος μια κάθετης ευθείας που ενώνει νοητά τις δύο ακτογραμμές.

2) Ο δείκτης End Point Rate (EPR) ο οποίος προσδιορίζεται με το πηλίκο της απόστασης μεταβολής μεταξύ της παλαιότερης και της πιο πρόσφατης ακτογραμμής προς τη χρονική διάρκεια των δύο. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα υπολογισμού του στατιστικού μεγέθους με μόνο δύο ιστορικές ακτογραμμές. Οι θετικές τιμές του συγκεκριμένου δείκτη καταδεικνύουν αποθετικές διεργασίες κατά μήκος της ακτογραμμής, ενώ οι αρνητικές διάβρωση.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά σύμφωνα και με τη μεθοδολογία της ανάλυσης έγινε εφαρμογή των παρακάτω τεχνικών επεξεργασίας εικόνας στις δορυφορικές εικόνες Sentinel-2 με ημερομηνία λήψης 2017 και 2021: α) εφαρμογή high pass φίλτρου, β) ανάλυση κυρίων συνιστωσών και γ) παραγωγή δείκτη NDWI. Τα αποτελέσματα των επιμέρους αναλύσεων φαίνονται στην Εικόνα 1.

Εκτός από τα ψηφιακά προϊόντα που δημιουργήθηκαν έγινε χρήση και του καναλιού 4 (Red Band) της δορυφορικής εικόνας Sentinel-2. Το συγκεκριμένο κανάλι χρησιμοποιείται σε ανάλογες εφαρμογές λόγω της ιδιαίτερης φασματικής συμπεριφοράς του, η οποία ευνοεί τον διαχωρισμό ξηράς και θάλασσας σε παράκτιες περιοχές. Στο τελικό στάδιο ακολούθησε η συγχώνευση όλων των επιμέρους δημιουργηθέντων επιπέδων (Layer Stack) σε μία τελική εικόνα 4 καναλιών. Ακολούθησε η χρήση της ακτογραμμής, όπως χαράχθηκε χειροκίνητα σε περιβάλλον ΓΣΠ, από την εικόνα World View και τεμαχισμός της εικόνας σε μια ζώνη (buffer zone)

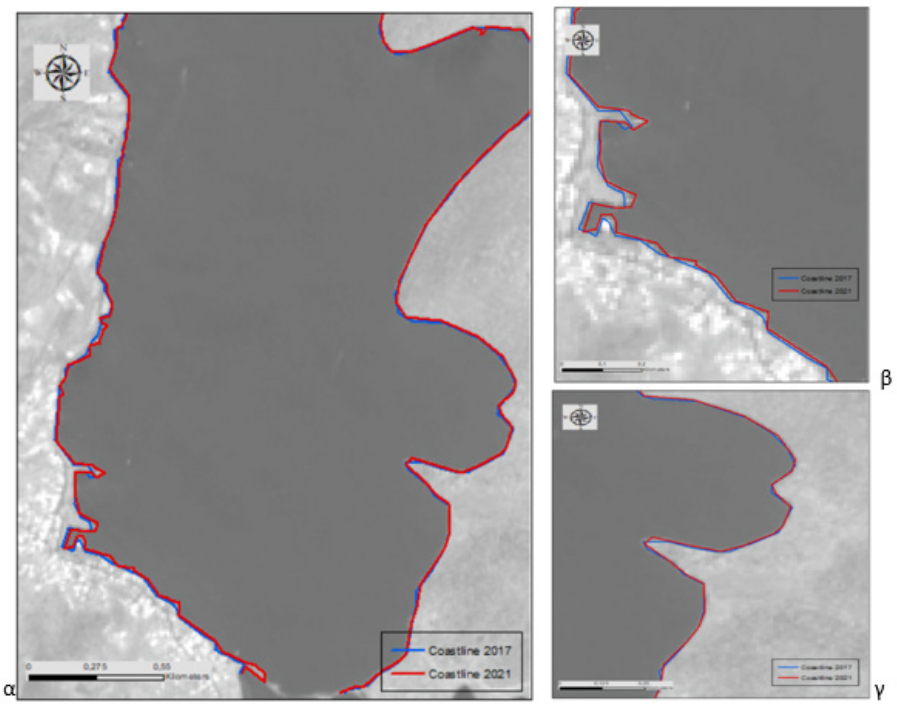


Εικόνα 1. Εφαρμογή δείκτη NDWI στις εικόνες α) Εικόνα Sentinel-2 του 2017 (πάνω αριστερά), β) Εικόνα Sentinel-2 του 2021 (πάνω δεξιά). Εφαρμογή δείκτη NDWI στις εικόνες α) Εικόνα Sentinel-2 του 2017 (μέση αριστερά) και β) Εικόνα Sentinel-2 του 2021 (μέση δεξιά). 1η κύρια συνιστώσα των εικόνων: α) Εικόνα Sentinel-2 του 2017 (κάτω αριστερά) και β) Εικόνα Sentinel-2 του 2021 (κάτω δεξιά).

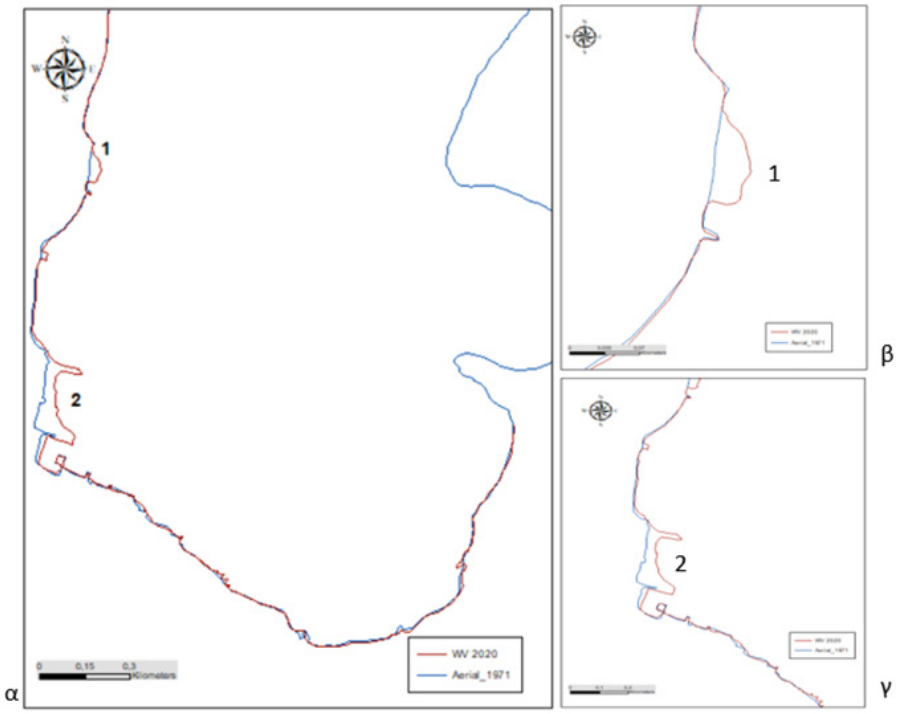
500 μέτρων εκατέρωθεν της ακτογραμμής. Τέλος έγινε εφαρμογή του αλγόριθμου ταξινόμησης ISODATA στο φασματικό προϊόν συγχώνευσης των καναλιών με στόχο τη δημιουργία δύο τάξεων, Ξηρά (Land) και Θάλασσα (Sea). Εφόσον δημιουργήθηκαν δύο πολύγωνα (ξηρά και θάλασσα), στη συνέχεια έγινε η εξαγωγή της ακτογραμμής από εικόνες του δορυφόρου Sentinel-2 σε περιβάλλον ΓΣΠ. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε τόσο για το 2017 όσο και για το 2021 και προέκυψαν οι ακτογραμμές για τις δύο περιόδους αντίστοιχα (Εικόνα 2). Τα αποτελέσματα των ερευνών κατέδειξαν μια σχετικά σταθεροποιημένη κατάσταση κατά μήκος της ακτογραμμής του κόλπου της Ελούντας στο χρονικό διάστημα 2017-2021.

Διαχρονική παρακολούθηση το διάστημα 1971-2019

Το πρώτο βήμα για τη μελέτη της ακτογραμμής με χρήση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας ήταν η κοινή γεωαναφορά, σε περιβάλλον ΓΣΠ, των δύο διαθέσιμων ψηφιακών προϊόντων. Έγινε χρήση ενός μεγάλου αριθμού



Εικόνα 2. α) Συγκριτική παρουσίαση της διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης, όπως προέκυψε από την αυτόματη επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων Sentinel-2 για το 2017 και το 2021. β) Λεπτομέρεια της περιοχής μελέτης στην περιοχή του οικισμού της Ελούντας. γ) Λεπτομέρεια της περιοχής μελέτης στο ανατολικό τμήμα του κόλπου της Ελούντας.

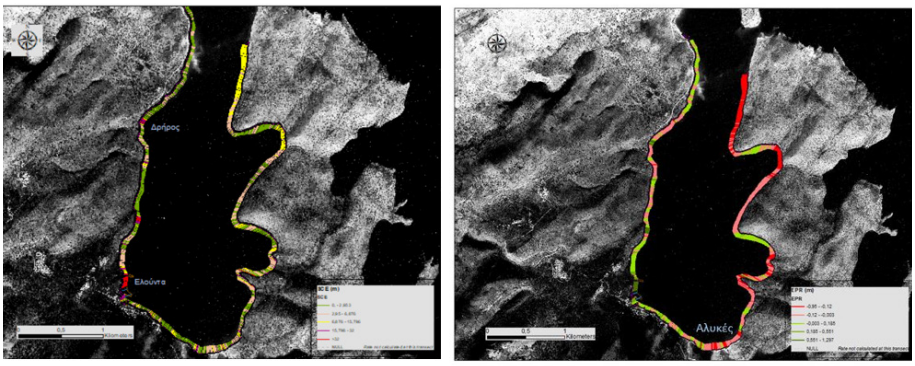


Εικόνα 3. α) Συγκριτική παρουσίαση των ακτογραμμών της περιοχής μελέτης για το χρονικό διάστημα 1971-2019. β) Λεπτομέρεια της εξέλιξης της ακτογραμμής στην περιοχή της Πλάκας. γ) Λεπτομέρεια της εξέλιξης της ακτογραμμής στην περιοχή του οικισμού της Ελούντας.

χαρακτηριστικών σημείων επίγειου ελέγχου (Ground control points) και στη συνέχεια οι δύο εικόνες γεωαναφέρθηκαν με χρήση του προβολικού συστήματος WGS 84. Ως εικόνα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε η εικόνα του δορυφόρου WV-1. Στη συνέχεια ακολούθησε σε περιβάλλον ΓΣΠ, χειροκίνητη χάραξη της ακτογραμμής για τα έτη 1971 και 2019 και σύγκρισή τους σε περιβάλλον ΓΣΠ (Εικόνα 3).

Η συγκριτική μελέτη κατάδειξε σημαντικές αλλαγές >25 μ. στην περιοχή της Ελούντας (Σημείο 2 - Εικόνα 3) όσο και σε περιοχή Βόρεια της Ελούντας (Σημείο 1-Εικόνα 3). Στο τελικό στάδιο έγινε χρήση της επέκτασης DSAS στο λογισμικό ArcGIS, η οποία δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού στατιστικών μεγεθών ρυθμών μεταβολής της ακτογραμμής, από πολλαπλές ιστορικές ακτογραμμές. Τα τελικά αποτελέσματα, τα οποία σχετίζονται με την εκτίμηση των δεικτών SCE και EPR, φαίνονται στην Εικόνα 4.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η μέση αλλαγή της ακτογραμμής συνολικά στο διάστημα 1971-2019 είναι 5.2 μ. σύμφωνα με τον δείκτη SCE. Μεγάλες τιμές διαφοροποίησης των ακτογραμμών προέκυψαν στην περιοχή του οικισμού της Ελούντας (αποθετικές διεργασίες μεγαλύτερες των 25 μ.), στην



Εικόνα 4. Στατιστικά στοιχεία SCE για την περιοχή μελέτης. Με σκούρους τόνους διακρίνονται οι περιοχές όπου έχουν καταγραφεί μεγάλες διαφοροποιήσεις στις ακτογραμμές (αριστερά). Στατιστικά στοιχεία EPR για την περιοχή μελέτης. Με τόνους του πράσινου φαίνονται οι περιοχές όπου παρατηρούνται αποθετικές διεργασίες, ενώ με τόνους του κόκκινου οι περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκε διάβρωση (δεξιά).

περιοχή του Δρήρου, καθώς και σε μεμονωμένες περιοχές ανάμεσα σε Ελούντα και Δρήρο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 (αριστερά). Σχετικά με τον στατιστικό δείκτη EPR προέκυψε ότι η μέση ετήσια αλλαγή είναι πολύ μικρή κατά μήκος της ακτογραμμής. Μεμονωμένα μεγάλες διαφοροποιήσεις προέκυψαν στις περιοχές κοντά στον οικισμό της Ελούντας, όπου λόγω και των τεχνικών εργασιών που έλαβαν χώρα την τελευταία 50ετία, έχει καταγραφεί μια μέση ετήσια απόθεση 0,9 μ. ανά έτος (απόθεση). Στην περιοχή των Αλυκών έχουν καταγραφεί διεργασίες διάβρωσης, καθώς και σε μεμονωμένες περιοχές τόσο στο Ανατολικό όσο και στο Δυτικό τμήμα του κόλπου, όπως φαίνονται με τόνους του κόκκινου στην Εικόνα 4 (δεξιά).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ερευνητική εργασία είχε ως στόχο να αναδείξει τις δυνατότητες και προοπτικές που προσφέρει η δορυφορική Τηλεπισκόπηση στη διαχρονική χαρτογράφηση της εξέλιξης των ακτογραμμών. Η πρώτη εφαρμογή αφορά μία μικρή χρονική περίοδο κατά την οποία δεν παρατηρούνται σημαντικές διαδικασίες διάβρωσης ή απόθεσης στην περιοχή μελέτης και παρουσιάζει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη χρήση και επεξεργασία δεδομένων μέσης χωρικής διακριτικής ικανότητας (10 μ.), όπως είναι τα δεδομένα του δορυφόρου Sentinel-2 του Ευρωπαϊκού προγράμματος Copernicus. Οι εικόνες αυτές αν και δεν είναι υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας και έχουν ένα ποσοστό ασάφειας, διατίθενται δωρεάν γεγονός το οποίο τις καθιστά προσβάσιμες σε όλη την παγκόσμια ερευνητική κοινότητα.

Η δεύτερη ερευνητική προσέγγιση αφορά τη χρήση δεδομένων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας για την εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης της ακτογραμμής

του κόλπου της Ελούντας το χρονικό διάστημα από το 1971-2019. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν τις διαφοροποιήσεις κατά μήκος της ακτογραμμής, οι οποίες ήταν έντονα αποθετικές στην περιοχή του οικισμού της Ελούντας και σε συγκεκριμένες περιοχές κατά μήκος του δυτικού τμήματος του κόλπου της Ελούντας. Στις υπόλοιπες περιοχές καταγράφηκαν τόσο αποθετικές διεργασίες όσο και διεργασίες διάβρωσης χωρίς να προκαλούν βέβαια σημαντικά προβλήματα.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης “Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου”- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

6. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κωνσταντινόπουλος Δ., 2019. Διάβρωση ακτών σε επιλεγμένες θέσεις του Πατραϊκού κόλπου, Μεταπτυχιακή Εργασία Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών.

McFeeters, S.K., 1996.The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, International Journal of Remote Sensing, 17 (7), 1425-1432.

Petrakis, S., Alexandrakis, G., Rempis, N., Kampanis, N., 2019. Coastal geomorphological changes in a semi-enclosed bay, induced by recreational interventions, 1st International Conference on the Design and Management of Port, Coastal and Offshore works, Athens, Greece.

Xu, H.Q., 2006. Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, International Journal of Remote Sensing, 27, 3025-3033.

Tou, J.T., Gonzalez, R.C. 1974. Pattern Recognition Principles. Addison-Wesley Publishing Company, 377 p.

εικονική πραγματικότητα

Εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας για την ανάδειξη και προβολή του φυσικού και πολιτισμικού τοπίου

Νικόλαος Σ. Παπαδόπουλος[(1)], Άγγελος Χλιαουτάκης[(1)], Κατερίνα Κωνσταντίνου[(1)],

[(1)]Εργαστήριο Γεωφυσικής - Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης & Αρχαιοπεριβάλλοντος ΙΜΣ-ΙΤΕ

e-mail: npapadop@ims.forth.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα προσδοκόμενα αποτελέσματα του προγράμματος ΔΙΑΤΟΠΟ ήταν η σχεδίαση και η δημιουργία μίας διαδραστικής διηγηματικής εφαρμογής σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, συνδυάζοντας βίντεο εικονικής πραγματικότητας, ιστορική/αρχαιολογική πληροφορία και τρισδιάστατα μοντέλα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Η εφαρμογή έχει σκοπό την τουριστική προβολή και ανάδειξη του φυσικού και πολιτισμικού τοπίου των περιοχών της Ελούντας και της Οξάς στο ευρύ κοινό μέσω της παρουσίασης νέων τεχνολογιών και τεχνικών σχεδιασμού καινοτόμων εμπειριών πολιτισμικού ενδιαφέροντος. Οι πρώτες εφαρμογές διαδραστικής εικονικής πραγματικότητας στην πολιτισμική κληρονομιά παρουσιάστηκαν ήδη από τη δεκαετία του ΄90 (Higgings et al. 1996). Έκτοτε, έχουν γίνει εκτεταμένες μελέτες πάνω στην εικονική, επαυξημένη και μικτή πραγματικότητα και έχουν παρουσιαστεί διαφόρων ειδών καινοτόμες τεχνολογίες με σκοπό την πιο αποτελεσματική εκπαίδευση στον πολιτισμό, την εύπεπτη παρουσίαση αρχαιολογικών ευρημάτων και ιστορικής πληροφορίας και την ανάδειξή τους στο ευρύ κοινό (Magnenat-Thalmann, N. & Papagiannakis, G. 2005). Μια νέα υποσχόμενη τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας αποτελούν και οι διαδραστικές εφαρμογές με χρήση βίντεο εικονικής πραγματικότητας. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι εφαρμογές τέτοιου είδους μπορούν να προσφέρουν στον χρήστη την εμπειρία της εμβάθυνσης στον παρουσιαζόμενο εικονικό χώρο και την αίσθηση της πραγματικής αλληλεπίδρασης με αυτόν (Slater M. & Sanchez-Vives M. V., 2016). Η μεθοδολογία για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση αυτής της νέας υποσχόμενης μορφής διαδραστικών εφαρμογών με βίντεο εικονικής πραγματικότητας μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάδειξη του φυσικού και πολιτισμικού τοπίου στο ευρύ κοινό (Argyriou et al. 2016, 2017)

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η εφαρμογή επικεντρώνεται στην εικονική ξενάγηση του χρήστη σε περιοχές ενδιαφέροντος, μέσω της προβολής κατάλληλου πολυμεσικού υλικού που έχει καταγραφεί και έχει σκοπό την ανάδειξη γεωαρχαιολογικών μονοπατιών και διαδρομών

που συνδέουν ορεινούς, θαλάσσιους και υποθαλάσσιους αρχαιολογικούς χώρους της Κρήτης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση διηγηματικής εφαρμογής με βίντεο εικονικής πραγματικότητας βασίζεται στη σχεδιαστική προσέγγιση επικεντρωμένη στον χρήστη. Ο χρήστης παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε στάδιο της υλοποίησης, οι απαιτήσεις του κατευθύνουν τον σχεδιασμό και αξιολογούν την αποδοτικότητά του. Η διάδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον πραγματοποιείται με τη χρήση της αυτόνομης συσκευής εικονικής πραγματικότητας Oculus Quest 2 (Εικόνα 1), ενώ για ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε χρήση των δυνατοτήτων που προσφέρει η σύγχρονη πλατφόρμα ανάπτυξης παιχνιδιών Unity3D.

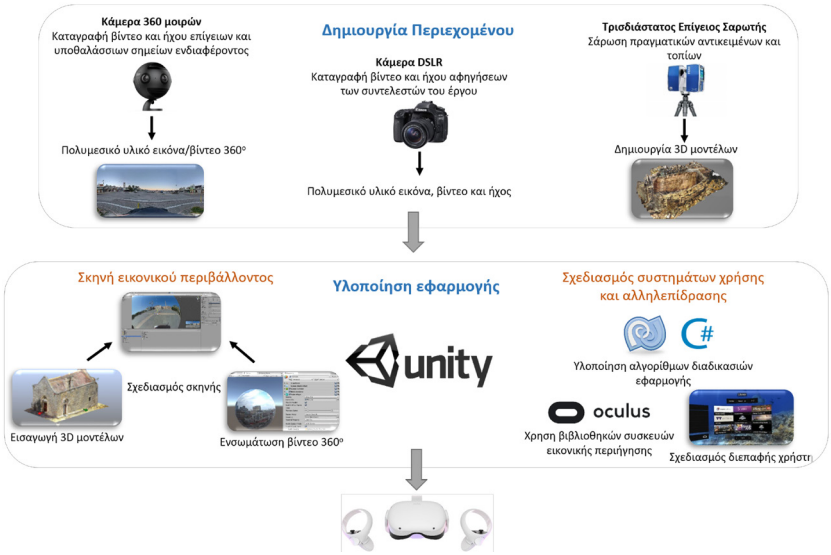
Εικόνα 1. Αυτόνομη συσκευή εικονική πραγματικότητας Oculus Quest 2. Για την εκτέλεση της εφαρμογής η συσκευή δεν απαιτεί σύνδεση με επιτραπέζιο υπολογιστή, ούτε συνδυασμό με «έξυπνο» κινητό τηλέφωνο.

Ο σχεδιασμός της εφαρμογής και της διεπαφής χρήσης πραγματοποιήθηκε πρωτίστως με γνώμονα τη χρήση της εικονικής συσκευής από χρήστες ΑΜΕΑ, κυρίως άτομα με κινητικές δυσκολίες, που δεν έχουν τη δυνατότητα να επισκεφτούν τις περιοχές ενδιαφέροντος. Για τον λόγο αυτό αναζητήθηκαν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης οι δυνατότητες που προσφέρουν οι εμπορικές συσκευές εικονικής πραγματικότητας όσον αφορά την αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον (δυνατότητες προσβασιμότητας). Ακολουθώντας τις κυριότερες οδηγίες προσβασιμότητας (OculusVR, 2020) των εμπορικών κατασκευαστών συσκευών εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με τα άτομα με μειωμένες κινητικές δυνατότητες, η εφαρμογή μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να παρέχει στον χρήστη:

- Τη δυνατότητα να επιλέξει με ποιο χέρι, και κατ' επέκταση με ποιο χειριστήριο θα αλληλοεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον.
- Μειωμένη πολυπλοκότητα όσον αφορά το σύνολο των λειτουργειών που μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση διαφορετικών κουμπιών του χειριστηρίου (ίδιο κουμπί για πολλές λειτουργίες).

- Τη δυνατότητα προσαρμογής των κουμπιών του χειριστήριου που εκτελούν τις κύριες λειτουργίες της εφαρμογής.
- Δυνατότητα μετακίνησης με τη χρήση σημείων τηλεμεταφοράς στο εικονικό περιβάλλον, όπου αυτό είναι απαραίτητο μέσα στην εφαρμογή.
- Οπτική και ακουστική ανάδραση κατά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον.

Η υλοποίηση της εικονικής ξενάγησης έχει βασιστεί σε σενάρια χρήσης, τα οποία υλοποιήθηκαν ύστερα από ανάλυση της ιστορικής, γεωγραφικής, περιβαλλοντικής, γεωφυσικής και γεωλογικής πληροφορίας που έχει συλλεχθεί κατά τη διάρκεια των δράσεων του προγράμματος και οδήγησαν στον σχεδιασμό των κατάλληλων δράσεων για την καταγραφή του απαραίτητου πολυμεσικού υλικού, το οποίο ενσωματώθηκε στην εφαρμογή. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια στάδια υλοποίησης της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας.



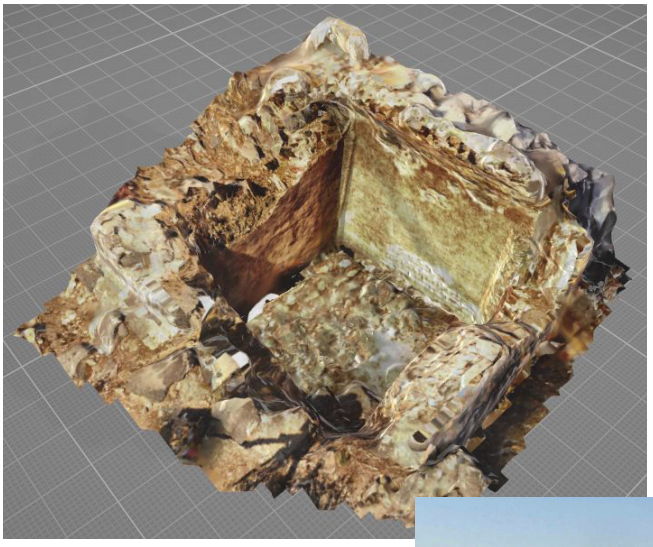
Εικόνα 2. Διαδικασία υλοποίησης της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας

Για την παραγωγή του οπτικού υλικού πραγματοποιήθηκε καταγραφή βίντεο με τη χρήση κάμερας DSLR και το υλικό αφορούσε αφηγήσεις των συντελεστών του έργου και ντόπιων κατοίκων (Εικόνα 3α), ενώ πραγματοποιήθηκε και ηχητική καταγραφή με αντίστοιχο καταγραφικό εξοπλισμό. Οι αφηγήσεις αφορούν την ξενάγηση του χρήστη στις περιοχές ιστορικού/πολιτισμικού ενδιαφέροντος και τη γνωριμία με την τοπική κοινωνία και τις ιστορίες του τόπου. Το υλικό αυτό αποτελεί ένα μέρος της διαδραστικής διηγηματικής εφαρμογής, καθώς έχει πραγματοποιηθεί και ψηφιακή αποτύπωση σημείων ιστορικού/πολιτιστικού, αλλά και των γεωαρχαιολογικών

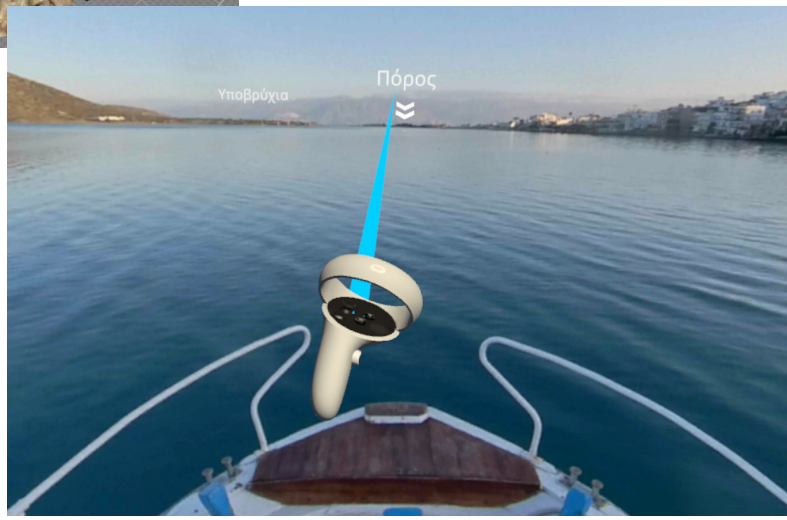
μονοπατιών και διαδρομών με τη χρήση κάμερας 360ο (Insta360 X pro). Η καταγραφή αποτύπωσε τόσο επίγεια σημεία ενδιαφέροντος με ενσωμάτωση της κάμερας σε μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (drone) (Εικόνα 3β), αλλά και υποθαλάσσιες περιοχές (χρήση αδιάβροχης θήκης προστασίας). Επιπλέον, το οπτικό υλικό και σε αυτές τις περιπτώσεις συνοδεύεται από καταγραφή ηχοτοπίων για την ολοκληρωμένη αναπαραγωγή του υλικού.

Παράλληλα με την ενσωμάτωση του οπτικοακουστικό πολυμεσικού υλικού, το περιβάλλον της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας (σκηνές εικονικού

Εικόνα 3. Καταγραφή οπτικού υλικού (α) της αφήγησης ενός εκ των ντόπιων κατοίκων σχετικά με τις αρχαίες ακονιές της περιοχής, (β) εναέριας λήψης της χερσονήσου Κολοκύθα με κάμερα 360ο προσαρτημένη σε drone



Εικόνα 4(α).
Μοντέλο τρισδιάστατης αναπαράστασης δεξαμενής νερού στο όρος Οξά



Εικόνα 4(β).
Στιγμιότυπο από το κεντρικό μενού της διεπαφής χρήστη κατά την οποία πραγματοποιείται αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον με στόχευση από απόσταση

περιβάλλοντος) έχει εμπλουτιστεί και με το ψηφιακό υλικό των μοντέλων τρισδιάστατης αναπαράστασης (Εικόνα 4α). Τα μοντέλα έχουν παραχθεί με τη χρήση τρισδιάστατου επίγειου σαρωτή, καθώς και μεθόδων φωτογραμμετρίας και αποτυπώνουν σημεία και αντικείμενα πολιτιστικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, όπως οι δεξαμενές νερού και η εκκλησία στο όρος Οξά, υποθαλάσσια κτίσματα στην περιοχή του Πόρου κ.α. Ο χρήστης απόκτα πρόσβαση σε όλη αυτή την πολυμεσική πληροφορία με τη δημιουργία της διεπαφής χρήστη που είναι κατάλληλη για συσκευές εικονικής πραγματικότητας. Η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον χρήστη πραγματοποιείται με τη χρήση των χειριστηρίων της συσκευής εικονικής πραγματικότητας ,τόσο με στόχευση από απόσταση (Εικόνα 4β), όσο και με άμεση αλληλεπίδραση του χρήστη με τα αντικείμενα του εικονικού περιβάλλοντος. Για την υλοποίηση της διεπαφής χρησιμοποιήθηκε το plugin OpenXR, ένα ανοιχτό πρότυπο της Khronos Group, το οποίο επιτρέπει την υλοποίηση της ανεξάρτητα από την εκάστοτε συσκευή εικονικής πραγματικότητας για την οποία προορίζεται. Παράλληλα χρησιμοποιήθηκε το πακέτο

XR Integration Toolkit του οποίου μία από της κύριες δυνατότητες είναι να επιτρέπει την αλληλεπίδραση της εφαρμογής και της διεπαφής της μέσα από συμβάντα εισαγωγής (input events) της Unity3D, ανεξάρτητα με τον τύπο της συσκευής που πυροδοτεί τα συμβάντα.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της διαδραστικής διηγηματικής εφαρμογής συνδυάζοντας βίντεο εικονικής πραγματικότητας, ιστορική/αρχαιολογική πληροφορία και τρισδιάστατα μοντέλα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος πρόκειται να αναδείξει το φυσικό και πολιτιστικό τοπίο των περιοχών της Ελούντας και της Οξάς. Η χρήση τέτοιου είδους εφαρμογών δεν επικεντρώνεται μόνο στους δυνητικούς επισκέπτες, προσφέροντας ένα νέο προϊόν τουριστικής ανάπτυξης και προώθησης του πολιτισμού, αλλά μπορεί να αποτελέσει κι ένα ισχυρό και καινοτόμο εργαλείο εκπαίδευσης μαθητών και ενημέρωσης του κοινού για απομακρυσμένους και υποθαλάσσιους αρχαιολογικούς χώρους. Η νέα αυτή τεχνολογία της οποίας η διεπαφή χρήστη που σχεδιάστηκε κατάλληλα για άτομα με κινητικές δυσκολίες θα δώσει επίσης τη δυνατότητα σε μια μεγάλη ομάδα ΑΜΕΑ με κινητικές δυσκολίες να επισκεφθεί τόπους που δεν θα μπορούσε διαφορετικά και να ενημερωθεί για την ιστορία και το φυσικό περιβάλλον τους.

4. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποτελεί μέρος της πράξης “Διαχρονικά τοπία πολιτισμού της Κρήτης: αναδεικνύοντας τον θαλάσσιο και ορεινό πλούτο του Μιραμπέλου”- ΔΙΑΤΟΠΟ που εντάσσεται στον Άξονα Προτεραιότητας «Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, καινοτομίας και επιχειρηματικότητας της Κρήτης» του Ε.Π. «Κρήτη» 2014-2020 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

5. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Argyriou, L., Economou, D., Bouki, V., and Doumanis, I. 2016. Engaging Immersive Video Consumers: Challenges Regarding 360-Degree Gamified Video Applications.15th International Conference on Ubiquitous Computing and Communications and 2016 International Symposium on Cyberspace and Security (IUCC-CSS), Granada, 145-152.

Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. 2017. 360-degree interactive video application for Cultural Heritage Education, iLRN 3Rd Annual Conference, Coimbra, Portugal, June 2017.

Higgins, T., Main, P., & Lang, J. (Eds.),1996. Imaging the past: electronic imaging and computer graphics in museums and archaeology. London: British Museum.

Magnenat-Thalmann, N., & Papagiannakis, G. 2005. Virtual worlds and augmented

reality in cultural heritage applications. Recording, modeling and visualization of cultural heritage Baltsavias et al. (eds), Taylor & Francis Group, 419-430.

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. 2016. Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI, 3: 74.

Oculus VR 2020. https://developer.oculus.com/blog/introducing-the-accessibility-vrcs/

Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών

2022

ISBN 978-6-18-851952-7