

Οι παλαιοϋδρολογικές επιπτώσεις της Μινωικής έκρηξης της Θήρας

Μια γεωαρχαιολογική προσέγγιση

Κατερίνα Θεοδωρακοπούλου

*Δρ Αρχαιολόγος-Γεωλόγος
Διδάσκουσα στο Τμήμα Ιστορίας,
Αρχαιολογίας και Κοινωνικής Ανθρωπολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

ktheodorakopoulou@uth.gr

Η Μινωική έκρηξη του ηφαιστείου της Θήρας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές, η δεύτερη μεγαλύτερη έκρηξη στην ανθρώπινη ιστορία, με σοβαρές επιπτώσεις στους πολιτισμούς της Ανατολικής Μεσογείου κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού, αλλά ταυτόχρονα και στο παλαιοπεριβάλλον. Σκοπός της παρούσας έρευνας αποτέλεσε η μελέτη των πιθανών παλαιοϋδρολογικών επιπτώσεων έτσι όπως αυτές έχουν καταγραφεί στο γεωλογικό αρχείο του νησιού, αλλά και μέσα από παλαιοπεριβαλλοντικούς δείκτες και στην αρχαία λογοτεχνία. Για πρώτη φορά θα παρουσιαστούν γεωαρχαιολογικά δεδομένα που ενισχύουν την υπόθεση έντονων κατακλυσμιαίων επεισοδίων μετά την έκρηξη του ηφαιστείου στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

Λέξεις ευρετηρίου

Μινωική έκρηξη
Θήρα
παλαιοπεριβάλλον
κατακλυσμός
γεωαρχαιολογία



Εικόνα προηγούμενης σελίδας:

Κρημνός στη Σαντορίνη με αποθέσεις ηφαιστειακής τέφρας από τη Μινωική έκρηξη.

Η Μινωική έκρηξη του ηφαιστείου της Θήρας, η οποία συνέβη στο δεύτερο ήμισυ του 17ου αι. π.Χ. (1627-1600 π.Χ.),¹ θεωρείται ως η δεύτερη μεγαλύτερη έκρηξη στην ανθρώπινη ιστορία μετά από αυτή στο ηφαίστειο Ταμπόρα στην Ινδονησία το 1815,² με πολλαπλές επιπτώσεις τόσο στο πολιτιστικό στερέωμα των πολιτισμών της ανατολικής Μεσογείου, όσο και στην παλαιογεωγραφία του ίδιου του νησιού και στο παλαιοπεριβάλλον.³

Τα τελευταία χρόνια, αρκετοί ερευνητές έχουν συνδέσει την ηφαιστειακή έκρηξη της Θήρας με την παρακμή αρχαιολογικών θέσεων της ανατολικής Μεσογείου, ενώ παλαιότερα, άποψη η οποία πλέον δεν είναι αποδεκτή, είχε αποδοθεί σε αυτό το γεγονός ακόμα και η πτώση του Μινωικού πολιτισμού.⁴

Οι επιπτώσεις μιας τόσο «μεγαλειώδους» ηφαιστειακής έκρηξης δεν μπορεί παρά να ήταν τεράστιες και να έχουν καταγραφεί στο γεωλογικό, παλαιοπεριβαλλοντικό και αρχαιολογικό αρχείο της ευρύτερης ανατολικής Μεσογείου. Οι σεισμοί που προηγήθηκαν και ακολούθησαν της έκρηξης, η διασπορά και η επικάλυψη της τέφρας, τα κύματα *τσουνάμι*, η καταστροφή αρχαιολογικών θέσεων και οι διάφορες περιβαλλοντικές αλλαγές, είναι κάποιες από τις επιπτώσεις της τεράστιας ηφαιστειακής έκρηξης.

Στόχος της παρούσας δημοσίευσης είναι η επισήμανση των πιθανών παλαιοϋδρολογικών επιπτώσεων της έκρηξης, έτσι όπως αυτές έχουν καταγραφεί στο γεωλογικό, παλαιοπεριβαλλοντικό και αρχαιολογικό αρχείο. Για πρώτη φορά θα παρουσιαστούν γεωαρχαιολογικά δεδομένα που ενισχύουν την υπόθεση έντονων κατακλυσμαίων επεισοδίων μετά την έκρηξη του ηφαιστείου στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου.

Η Μινωική έκρηξη

Η χρονολογία της Μινωικής έκρηξης είναι σημείο αναφοράς για τη χρονολόγηση όλης της 2ης χιλιετίας π.Χ. Κατά τις πρώτες ανασκαφές στον χώρο του Ακρωτηρίου τα στοιχεία έδειχναν το 1450 π.Χ. ως χρονολογία του γεγονότος, το οποίο συνέπιπτε με την κατάρρευση του Μινωικού πολιτισμού. Έτσι, για πολλά χρόνια επικρατούσε η άποψη ότι η αιτία της καταστροφής του Μινωικού πολιτισμού ήταν η έκρηξη της Σαντορίνης.⁵

Σήμερα, οι διάφορες χρονολογήσεις που έχουν προκύψει είτε από τη μελέτη αρχαιολογικών δεδομένων με συσχετισμούς προς το Αιγυπτιακό ημερολόγιο, ή σε δείγματα φυτικών υπολειμμάτων χρονολογημένα με τη μέθοδο του ραδιοάνθρακα, δεί-

χνουν ότι η έκρηξη συνέβη 1-2 αιώνες ενωρίτερα από την πτώση του Μινωικού πολιτισμού.⁶

Χρονολογήσεις που έγιναν με τη μέθοδο του ραδιενεργού άνθρακα C-14 σε ξύλο, οστά και σπόρους δίνουν το 1660-1613 π.Χ.,⁷ ενώ η πιο πρόσφατη χρονολόγηση με ραδιενεργό άνθρακα C-14 έγινε το 2006 σε ένα απανθρακωμένο κλαδί ελιάς που βρέθηκε στη Σαντορίνη μέσα στην ηφαιστειακή τέφρα της Μινωικής έκρηξης. Η χρονολογία που έδωσε είναι το 1627-1600 π.Χ. Ωστόσο, το 2018 αναλύσεις σε δενδροδακτυλίους με στόχο την καλύτερη βαθμονόμηση καμπυλών ραδιοάνθρακα, τοποθετούν την έκρηξη μεταξύ 1600-1525 π.Χ.,⁸ ενώ παλαιότερες εκτιμήσεις για μινωική τέφρα στους πάγους της Γροιλανδίας, η οποία χρονολογείτο γύρω στα 1627 π.Χ έχουν αμφισβητηθεί.⁹

Χρονολογήσεις, που βασίζονται σε γεωλογικά δεδομένα (αναλύσεις σπόρων κτλ.), υποστηρίζουν την αρχαιότερη χρονολόγηση, ενώ αυτές που βασίζονται σε αρχαιολογικά δεδομένα και σε συσχετισμούς με το αιγυπτιακό ημερολόγιο υποστηρίζουν νεώτερη χρονολόγηση. Τελευταία βέβαια, η παλαιότερη με τη νεώτερη χρονολόγηση συγκλίνουν, καθώς νέες αναλύσεις ραδιοάνθρακα σε αιγυπτιακούς τάφους έχουν αναθεωρήσει τις αιγυπτιακές δυναστείες και το ημερολόγιο, μεταθέτοντας προς τα πίσω τη χρονολόγηση και πλησιάζοντας την αρχαιότερη χρονολόγηση (Το Νέο Βασίλειο άρχισε το 1570-1544 και το Παλαιό το 2691-2625 π.Χ.).¹⁰

Κατά τη διάρκεια της έκρηξης, υπολογίζεται ότι εκτοξεύτηκαν περίπου 60 κ.χλμ. μάγματος και 150 δισεκατομμύρια τόνοι πετρώματος, ενώ το ύψος του πίδακα της τέφρας υπολογίζεται από τους ηφαιστειολόγους σε περίπου 35 χλμ.¹¹ Η έκρηξη, σύμφωνα με παρατηρήσεις από ηφαιστειολόγους στις αποθέσεις τέφρας στη Σαντορίνη, έγινε σε τέσσερις φάσεις, οι οποίες έδωσαν και διαφορετικές αποθέσεις πυροκλαστικών υλικών¹² (εικ.1). Συγκεκριμένα, κατά την πρώτη φάση, δημιουργήθηκε μια μεγάλη εκρηκτική στήλη από τέφρα ύψους 35-36 χλμ., με διάρκεια περίπου 4-6 ώρες, εκτινάσσοντας στον αέρα περίπου 2 τ.χλμ. (4,6 δισεκατομμύρια τόνους) μάγματος. Η τεράστια ενέργεια, που ελευθερώθηκε από την εξάτμιση του νερού κονιορτοποίησε μεγάλες ποσότητες μάγματος και τις εκτίναξε με μεγάλες ταχύτητες (80-150 m/sec) και θερμοκρασίες (150-200°C) καλύπτοντας όλη τη Σαντορίνη με λευκή τέφρα. Οι αλληπάλληλες αυτές εκρήξεις δημιούργησαν έντονα ωστικά κύματα, τα καταστροφικά αποτελέσματα των οποίων έχουν καταγραφεί σε τμήματα οικιών του προϊστορικού οικισμού του Ακρωτηρίου. Στη

δεύτερη εκρηκτική φάση νέφος ατμών και τέφρας κινήθηκαν με υψηλές ταχύτητες ακτινοειδώς γύρω από την περιοχή της έκρηξης.¹³ Κατά την τρίτη φάση η περιοχή καλύφθηκε με τεράστια ποσά ηφαιστειακής τέφρας, σε χαοτική δομή με συγκεντρώσεις λίθων, βολίδων κτλ., ενώ κατά την τελευταία φάση εκτοξεύθηκαν παχιά σύννεφα ζεστής ερυθ-

1. Οι τέσσερις φάσεις της Μινωικής έκρηξης, όπως έχουν αποτυπωθεί από την περιοχή Βλυχάδα της Σαντορίνης.



ρης τέφρας. Κάτω από τις τέσσερις φάσεις προϊόντων, μερικοί επιστήμονες αναγνωρίζουν μία λεπτή φάση (BOO) αποτελούμενη από αποθέσεις στάχτης, κίσηρης και λιθικών, η οποία αντιστοιχεί σε μία πρόδρομη έκρηξη. Αυτή πιθανόν προηγήθηκε της κυρίας έκρηξης, με διάστημα κάποιων μηνών και πιθανότατα, μαζί με κάποιους σεισμούς αποτέλεσε προειδοποίηση για τους κατοίκους του νησιού.¹⁴

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάθε ηφαιστειακή έκρηξη, πέρα από την απόθεση πυροκλαστικών υλικών (λάβα, τέφρα, σκωρία, κίσηρη και σωματίδια υάλου και πυριγενών ορυκτών), συνυπάρχει η εκτόξευση αερίων, πολλές φορές τοξικών και επικίνδυνων για την υγεία των ανθρώπων, όπως υδρατμοί, CO₂, SO₂, HF, HCl, H₂S, CO, H κ.ά, τα οποία είναι υπεύθυνα και για δημιουργία όξινης βροχής.

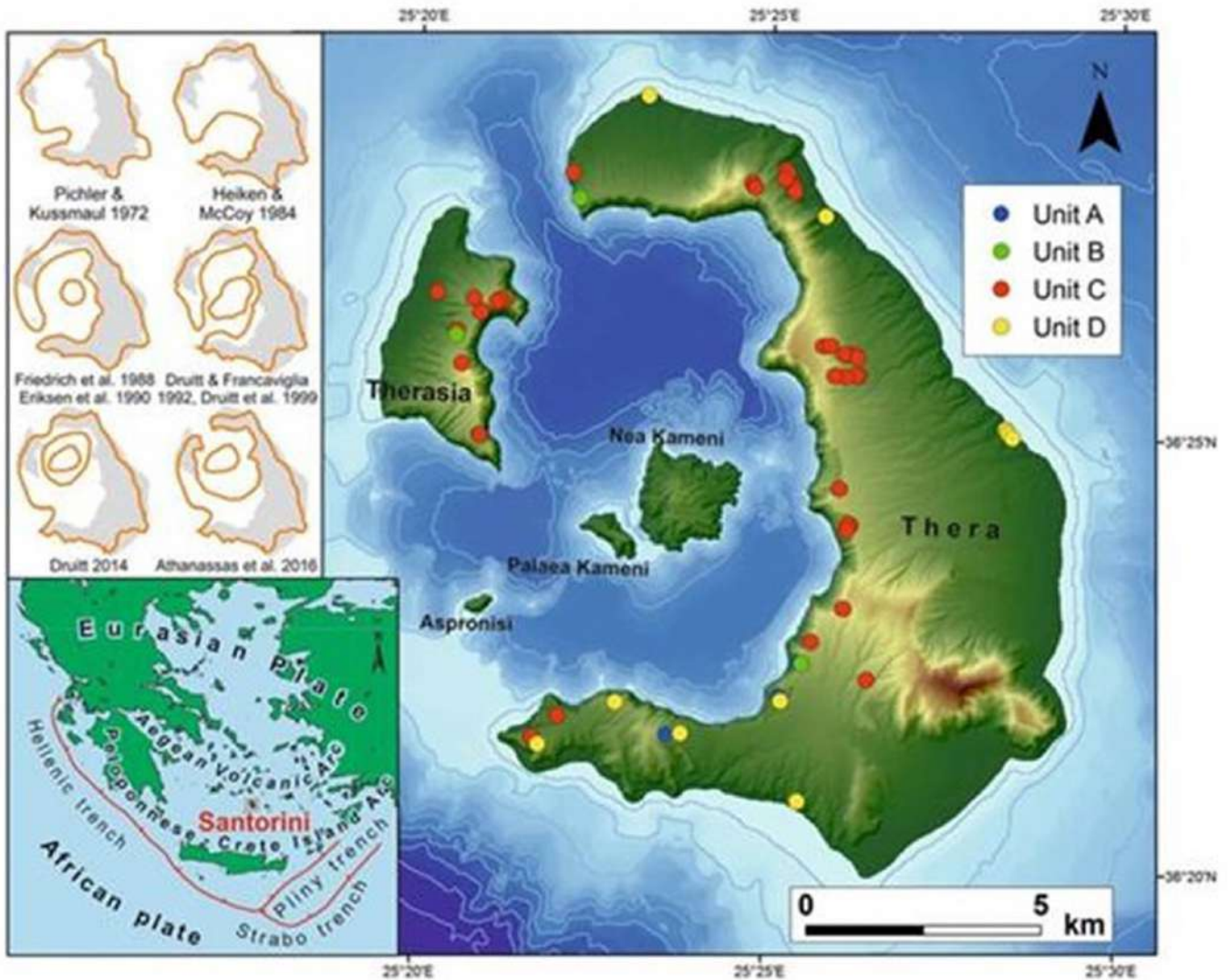
Οι επιπτώσεις της έκρηξης

Η καταστροφή του ακμάζοντος οικισμού του Ακρωτηρίου

Το Ακρωτήρι, η Πομπηία της προϊστορίας, θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα αστικά κέντρα της Εποχής του Χαλκού στο Αιγαίο. Η μεγάλη του έκταση (περίπου 200 στρέμματα), η άριστη πολεοδομική του οργάνωση, το αποχετευτικό του δίκτυο, τα περίτεχνα πολυώροφα κτήρια του με τον έξοχο τοιχογραφικό διάκοσμο, την πλούσια επίπλωση και οικοσκευή, μαρτυρούν τη μεγάλη του ανάπτυξη. Η Μινωική έκρηξη είχε ως αποτέλεσμα την πλήρη εγκατάλειψη του οικισμού και την κάλυψη του οικισμού με αρκετά μέτρα τέφρας, η οποία αφενός κατέστρεψε τον οικισμό, αφετέρου βέβαια αποτέλεσε και τη βασική αιτία διατήρησης των ερειπίων του.¹⁵ Μετά τη Μινωική έκρηξη, το νησί της Θήρας εγκαταλείφθηκε για πολλούς αιώνες, με κάποιες ελάχιστες ενδείξεις Μυκηναϊκής εγκατάστασης στα δυτικά παράλια του νησιού στη θέση Μονόλιθος, μέχρι και την εποχή της κατάκτησης από τους Δωριείς και την ίδρυση του οικισμού της Αρχαίας Θήρας.¹⁶

Αναδιαμόρφωση της παλαιογεωγραφίας του νησιού. Τσουνάμι

Παλαιότερα, υπήρχε η αντίληψη ότι η Θήρα, πριν από την έκρηξη, ήταν ένα στρογγυλό νησί, χωρίς την ύπαρξη καλδέρας.¹⁷ Τελευταίες γεωλογικές και υποθαλάσσιες έρευνες στη Θήρα, έχουν δείξει ότι η παλαιογεωγραφία του νησιού πριν από τη Μινωική έκρηξη δεν διέφερε δραματικά από τη σημερινή, η καλδέρα με ένα νησί ηφαίστειο προ-

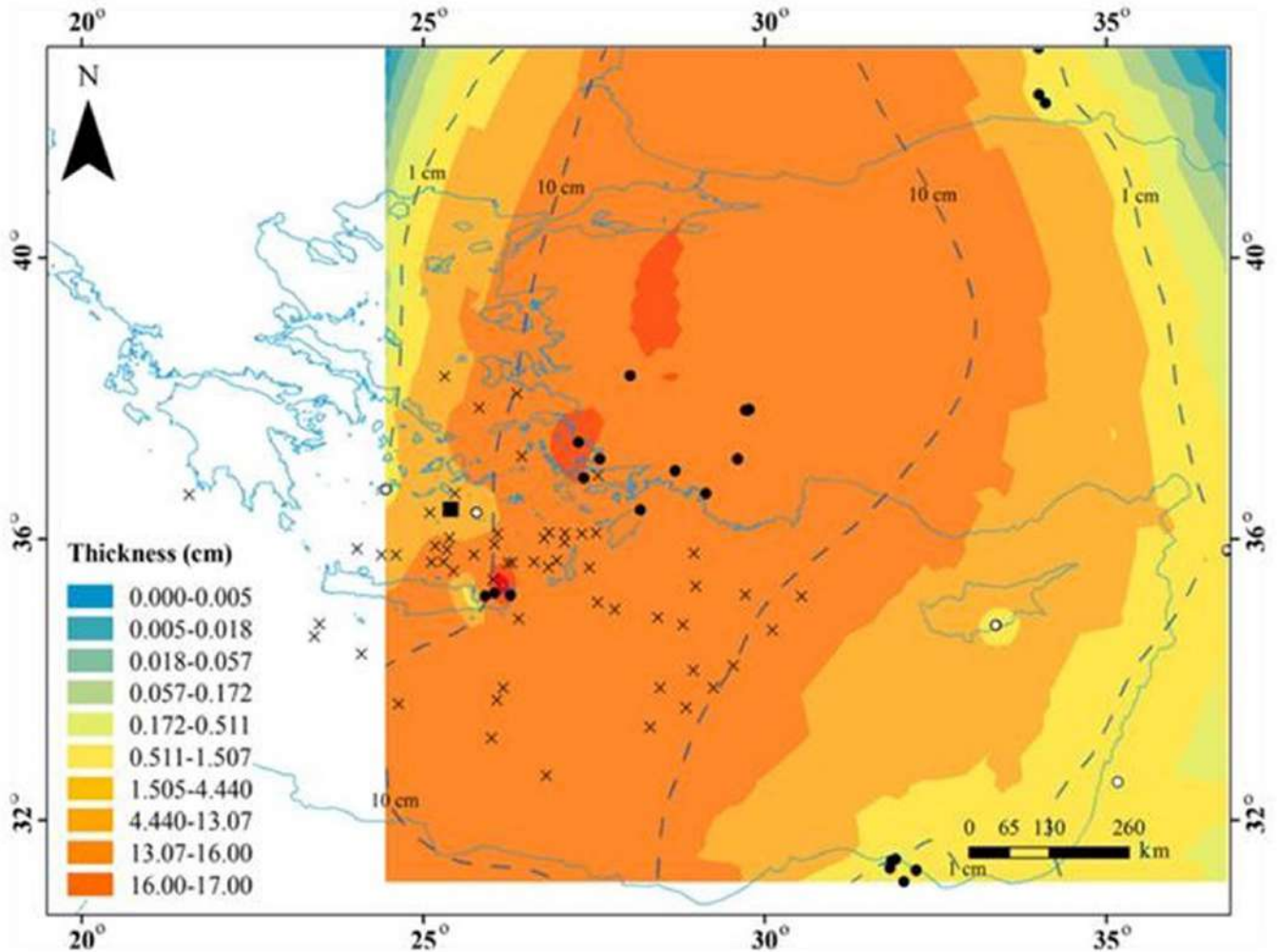


2. Οι διάφορες απόψεις για την παλαιογεωγραφία της Σαντορίνης πριν από την Μινωική έκρηξη (Karatson & ά. 2018).

Ύπήρχε της έκρηξης, όμως η δίοδος προς τη θάλασσα γινόταν μέσω ενός μικρού περάσματος μεταξύ Οίας και Θηρασίας¹⁸ (εικ.2).

Η έκρηξη είχε ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση της σημερινής καλδέρας, ενώ η απότομη πτώση τεράστιων ποσοτήτων πυροκλαστικών ηφαιστειακών υλικών μέσα στη θάλασσα αποτέλεσε σύμφωνα με πρόσφατη υποθαλάσσια έρευνα τη βασική αιτία εκδήλωσης *τσουνάμι*. Η έρευνα αυτή, με βαθυμετρικά και σεισμικά στοιχεία, απέδειξε ότι η καλδέρα δεν ήταν ανοιχτή προς τη θάλασσα κατά τη διάρκεια της κύριας φάσης της έκρηξης, αλλά πλημμύρισε με νερό, αφού η έκρηξη είχε ολοκληρωθεί.¹⁹

Η έρευνα υπαίθρου, που έγινε στην Κρήτη, έδειξε, ότι τα κύματα που προκλήθηκαν από την έκρηξη είχαν ύψος γύρω στα 8 μ. Το Αιγαίο, σημειωτέον, μπορεί να είναι Αρχιπέλαγος, αλλά είναι κλειστή θάλασσα στην οποία δεν ευνοούνται τα μεγάλα κύματα. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις σε παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Κρήτης, επί παραδείγματι στο Παλαίκαστρο,²⁰ τη Ψείρα, τα Μάλια, την Αμνισσό κτλ. για αποθέσεις *τσουνάμι*, όμως σίγουρα τα κύματα αυτά δεν έπληξαν την Κνωσό και δεν επέφεραν την πτώση του Μινωικού πολιτισμού.²¹



3. Γεωστατιστικό μοντέλο εξάπλωσης της Μινωικής τέφρας. Οι περιοχές με κόκκινο αναμένεται να έχουν μεγαλύτερα πάχη απόθεσης τέφρας (Athanassas & ά. 2018)

Διασπορά και επικάλυψη τέφρας

Μέσα σε λίγες ημέρες εκτινάχθηκαν στον αέρα 39 κ.χλμ. μάγματος με τη μορφή ελαφρόπετρας και στάχτης που κάλυψαν το νησί της Θήρας και της Θηρασίας με αποθέσεις πάχους δεκάδων μέτρων. Η ηφαιστειακή στάχτη ταξιδεύοντας προς τα ανατολικά απλώθηκε στην ανατολική Μεσόγειο και Μικρά Ασία αποθέτοντας στρώμα στάχτης πάχους 30 εκ. στη Ρόδο και την Κω²² και 15 εκ. σε λίμνες της Μικράς Ασίας. Οι γεωλογικές μελέτες μαρτυρούν την παρουσία ηφαιστειακής τέφρας και σωματιδίων ηφαιστειακής φύσης, ηλικίας και χημικής σύνθεσης ίδιας με εκείνων της Σαντορίνης, στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται η διώρυγα του Σουέζ, ενώ έχει επιβεβαιωθεί η απόθεση τέφρας στο Δέλτα του Νείλου,²³ στην προϊστορική Άβαρι σε στρώματα της

Ύστερης Εποχής του Χαλκού²⁴ και στη λωρίδα της Γάζας στην Παλαιστίνη, στη θέση Tell al Ajul.²⁵

Σύμφωνα με επιτόπιες έρευνες και γεωστατιστικά μοντέλα, η διασπορά της τέφρας είχε κατεύθυνση N-NA, με σημαντική επίδραση στους πολιτισμούς της νοτιοανατολικής Μεσογείου και της Μικράς Ασίας. Εκείνη την εποχή ήκμαζαν στη Εγγύς Ανατολή μεγάλοι πολιτισμοί όπως οι Χετταίοι, οι Ασσύριοι, οι Λούβιοι, οι Χάπτιοι και στην Αίγυπτο τελείτο μετάβαση από το Μέσο στο Νέο Βασίλειο. Μια πρώτη, άμεση επίπτωση θα ήταν η επικάλυψη τέφρας στα σιτηρά, προκαλώντας την καταστροφή τους, με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις στους πολιτισμούς της ανατολικής Μεσογείου.²⁶ Το παρακάτω γεωστατιστικό μοντέλο που έχει βασιστεί τόσο σε επιβεβαιωμένες αποθέσεις μινωικής τέφρας

σε αρχαιολογικές θέσεις, όσο και σε γεωστατιστικά μοντέλα, επισημαίνει τις θέσεις με τις μεγαλύτερες πιθανότητες απόθεσης τέφρας και, ως εκ τούτου, τις θέσεις που υπέστησαν και τις μεγαλύτερες συνέπειες²⁷ (εικ. 3).

Οι παλαιοϋδρολογικές-κλιματικές επιπτώσεις

Μια άλλη σημαντική επίπτωση των ηφαιστειακών εκρήξεων είναι η επίδραση στο κλίμα. Η λεπτή ηφαιστειακή σκόνη και τα σταγονίδια θειικού οξέος εισήλθαν στη στρατόσφαιρα και κάλυψαν όλη την υδρόγειο προκαλώντας «ηφαιστειακό χειμώνα». Παλαιοκλιματολογικές μελέτες για τη Μινωική έκρηξη, έχουν αποδείξει ότι οι ποσότητες των ηφαιστειακών αερίων που συγκεντρώθηκαν τότε στην ατμόσφαιρα προκάλεσαν πτώση στη μέση ετήσια θερμοκρασία του πλανήτη έως και 3°C για τουλάχιστον τρία χρόνια. Τα αποτελέσματα του ηφαιστειακού χειμώνα έχουν καταγραφεί σε κορμούς δέντρων στις Η.Π.Α. και Ασία καθώς και σε σπηλαιοθέματα στη Μικρά Ασία.²⁸

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι οι ηφαιστειακές εκρήξεις προκαλούν πολύ συχνά έντονες και κατακλυσμιαίες βροχοπτώσεις.²⁹ Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, καθώς τα ηφαιστειακά αιωρήματα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα προκαλούν συμπύκνωση των υδρατμών, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση έντονων και κατακλυσμιαίων βροχοπτώσεων. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της έκρηξης του ηφαιστείου Ταμπόρα το 1816 μ.Χ., όπου στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα στην Ιρλανδία, από τις 153 ημέρες της περιόδου Μαΐου-Σεπτεμβρίου τις 142 ημέρες έβρεχε καταρρακτωδώς.³⁰

Οι υδρολογικές επιπτώσεις της Μινωικής έκρηξης στη χέρσο ήταν μέχρι τώρα αδιερεύνητες. Αυτό αποτέλεσε και βασικό ερευνητικό μας ερώτημα, δεδομένου ότι υπάρχουν αρκετές έμμεσες ενδείξεις από παλαιοκλιματικά αρχεία αλλά και από την αρχαία γραμματεία που θα μπορούσαν να το ενισχύσουν.

Αποτελέσματα

Γεωαρχαιολογικές παρατηρήσεις

Κατά τη διάρκεια ερευνητικής αποστολής στις ποτάμιες κοιλάδες της Θήρας με στόχο την πιστοποίηση στη χέρσο πιθανών ενδείξεων που θα ενίσχυαν υδρολογικά φαινόμενα μετά την Μινωική έκρηξη, εντοπίσαμε μεγάλου πάχους ποταμοχειμάριας αποθέσεις, ακριβώς πάνω στην 4η φάση απόθεσης των πυροκλαστικών υλικών, με ακανόνιστη επιφάνεια επαφής, που επιβεβαιώνει ότι η απόθεση έγινε με έντονο-βίαιο τρόπο. Οι ποταμο-



4. Οι θέσεις με ποταμοχειμάριας αποθέσεις πάνω από την 4η φάση της έκρηξης.

χειμάριας αποθέσεις εντοπίστηκαν, μέχρι στιγμής, σε τρία σημεία του νησιού, ένα σε κοιλάδες κοντά στον αρχαιολογικό χώρο του Ακρωτηρίου, καθώς και σε κοιλάδες κοντά στον Βούρβουλο και στον Κολούμπο στα δυτικά του νησιού (εικ.4). Η ύπαρξη αυτού του είδους των αποθέσεων, επιβεβαιώνει ότι έγιναν έντονα κατακλυσμιαία φαινόμενα, αμέσως μετά τη Μινωική έκρηξη, δεδομένου ότι βρίσκονται ακριβώς πάνω από το τέλος της 4ης φάσης των πυροκλαστικών αποθέσεων (εικ.5). Αυτή η παρατήρηση, έρχεται να ενισχυθεί και από ανάλογες επιτόπιες παρατηρήσεις στη Μικρά Ασία και συγκεκριμένα σε θέσεις με πιστοποιημένη ύπαρξη μινωικής τέφρας. Συγκεκριμένα, παρατηρήσαμε τις ίδιες ποταμοχειμάριας αποθέσεις ακριβώς πάνω από την απόθεση της μινωικής τέφρας στη θέση Denizli στη Ν.Δ Τουρκία³¹ (εικ.6).

Παλιοπεριβαλλοντικοί δείκτες

Οι δακτύλιοι των δένδρων, τα σπηλαιοθέματα, τα ιζήματα και ο ρυθμός ιζηματογένεσης, τα τρηματοφόρα, οι εγκλωβισμένες ατμοσφαιρικές φυσαλίδες στους πάγους κ.ά. αποτελούν σημαντικούς παλιοπεριβαλλοντικούς δείκτες και καταγράφουν στο αρχείο τους τις κλιματικές εναλλαγές που σχετίζονται με τη διακύμανση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της χημικής σύστασης της ατμόσφαιρας.



5. Εμφάνιση των ποταμοχειμμάριων αποθέσεων πάνω από την 4η φάση της έκρηξης. Στην κάτω φωτογραφία (στη θέση όπου βρίσκεται το σφυρί), διαφαίνεται η ακανόνιστη επιφάνεια επαφής, που επιβεβαιώνει ότι η απόθεση έγινε με έντονο-βίαιο τρόπο.

Μελέτες σε δακτυλίους δένδρων στη Μικρά Ασία,³² κάνουν αναφορά για ανωμαλίες στην ανάπτυξη των δενδροδακτυλίων την εποχή της Μινωικής έκρηξης, με ενδείξεις ξαφνικής ψύχρασης της θερμοκρασίας και αυξημένων βροχοπτώσεων. Μελέτες στα ιζήματα της λίμνης Nar στην κεντρική Τουρκία, έδειξαν μια ξαφνική υγρή φάση την εποχή της Μινωικής έκρηξης, μετά από παρατεταμένη ξηρασία,³³ ενώ στην λίμνη Göllhisar στη δυτική



6. Η απόθεση μινωικής τέφρας (μέσα στο μαύρο πλαίσιο) και από επάνω η απόθεση ποταμοχειμμάριων αποθέσεων στο Denizli της Ν.Α Τουρκίας.

Μικρά Ασία, ερευνητές παρατήρησαν αυξημένη ιζηματογένεση ακριβώς μετά τη Μινωική έκρηξη που σχετίζεται με περίοδο έντονων βροχοπτώσεων.³⁴ Ιζηματολογικές αναλύσεις στη θέση Ίστρον της Ανατολικής Κρήτης, έδειξαν επίσης αυξημένο ρυθμό ιζηματογένεσης κατά την περίοδο της Μινωικής έκρηξης.³⁵

Τα σπηλαιοθέματα, αποτελούν επίσης σημαντικούς παλαιοκλιματικούς δείκτες. Οι εναλλαγές ξηρών και υγρών περιόδων καταγράφονται στους εσωτερικούς τους δακτυλίους, με μείωση ή αύξηση του πάχους τους αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, στο σπήλαιο Sofular στη Βόρεια Τουρκία³⁶ μετρήσεις ισότοπου C-13 έδειξαν μια αύξηση της υγρασίας (βροχοπτώσεων) γύρω στα 3.600 BP, μετά από ένα παρατεταμένο διάστημα ξηρασίας από το 3.800 BP.

Αρχαία λογοτεχνία. Γεγονότα κατακλυσμού

Το μεγαλειώδες και συνταρακτικό γεγονός της Μινωικής έκρηξης και των επιπτώσεών της δεν μπορεί να μην έχει καταγραφεί στη μυθολογία-αρχαία λογοτεχνία των πολιτισμών της Ύστερης Εποχής του Χαλκού. Στη λογοτεχνία της Εγγύς Ανατολής και της Ελλάδας, υπάρχουν πολυάριθμες αναφορές σε γεγονότα κατακλυσμού.

Για πρώτη φορά στη βιβλιογραφία συσχετίζεται ο μύθος του Τελίπινου με τα γεγονότα της Μινωικής έκρηξης, όπως αυτά καταγράφηκαν στη Μικρά Ασία. Συγκεκριμένα, στη μυθολογία των Χετταίων

βρήκαμε αναφορά στον μύθο του Τελίπινου, ο οποίος ήταν γιός του Χετιτικού θεού της θύελλας και του καιρού. Σύμφωνα με την ιστορία: «Ο Τελίπινος εξαφανίζεται χωρίς προειδοποίηση και βυθίζει τη Μικρά Ασία σε νέφη σκόνης, καπνό και σκοτάδι, πνίγει τις καλλιέργειες και τα βοσκοτόπια και καταστρέφει τα σπίτια. Θυμώνει ακόμα περισσότερο και εκτοξεύει βροντές και προκαλεί πλημμύρες. Τέλος, λυπημένος για την επιφανειακή του απόφαση επιστρέφει στη Μικρά Ασία και καθαρίζει τη σκόνη (πιθανόν με τις πλημμύρες), αναζωογονώντας γρήγορα τη γη».³⁷ Η ομοιότητα με τα γεγονότα που συνέβησαν κατά την Μινωική έκρηξη και η χρονολόγηση του ίδιου του μύθου γύρω στο 1600 π.Χ. (Πρώιμο Χετιτικό Βασίλειο) αποτελεί εντυπωσιακή σύμπτωση.

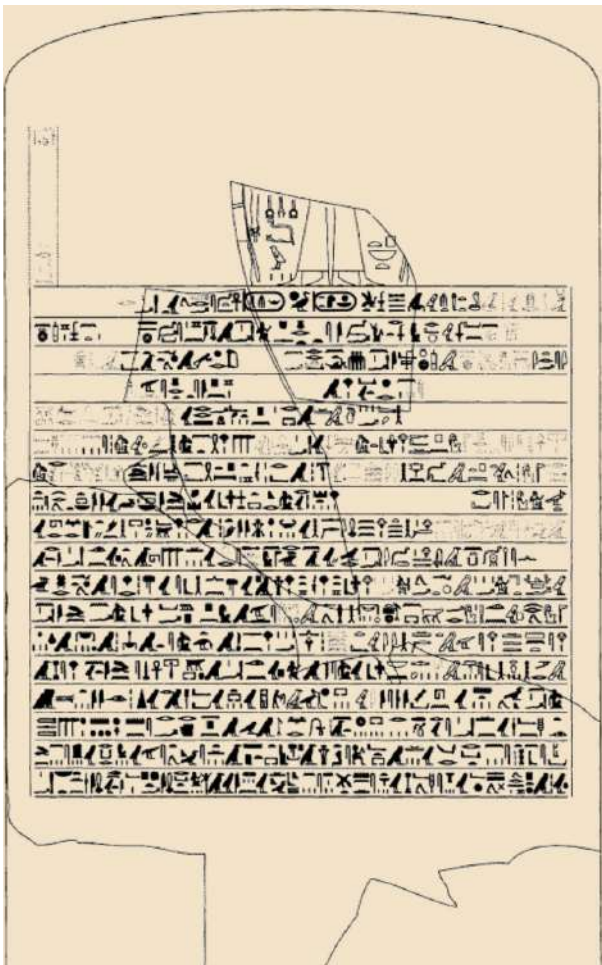
Μια επιπλέον πληροφορία για κατακλυσμιαίο γεγονός αποτελεί η στήλη του Φαραώ Άχμωση της

18ης Δυναστείας στην Αίγυπτο (Ahmose stela). Η στήλη βρέθηκε στο Ναό του Καρνάκ το 1940 και περιγράφει με δραματικό τρόπο ένα κατακλυσμικό γεγονός, στο οποίο ήταν παρών ο Φαραώ Άχμωσης Ι, μια καταστροφή που γεννήθηκε από σκοτάδι και βροχή που έσπερνε τον θάνατο. Η στήλη αναφέρει ότι οι βροχοπτώσεις ήταν τόσο πρωτοφανείς σε έκταση και ένταση που μετατράπηκαν σε μια εκτεταμένη πλημμύρα που κατέστρεψε τους ναούς, τους ταφικούς θαλάμους, ακόμη και τις πυραμίδες, νοτίως της Θήβας. Η πιο πρόσφατη μάλιστα χρονολόγηση με ραδιοάνθρακα τοποθετεί τη βασιλεία του Φαραώ Άχμωση, κοντά στη Μινωική έκρηξη³⁸ (εικ.7).

Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις για όξινη βροχή, καθώς υπάρχουν αναφορές σε αιγυπτιακούς παπύρους για τρυπήματα των ενδυμάτων που φορούσαν τα θύματα του κατακλυσμού.³⁹ Οι ανωμαλίες του καιρού είχαν επιπτώσεις στην υγεία των Αιγυπτίων όπως αναφέρονται σε παπύρους με ιατρικές συμβουλές εκείνης της περιόδου. Στον Πάπυρο Eber - 347 (Eb 347) και 348 (Eb.348)- γίνονται περιγραφές θεραπείας οφθαλμολογικών παθήσεων, που συνδέονται με πτώση ηφαιστειακής τέφρας, και προτείνεται χρήση αλκαλικής δραστικής ουσίας (χολή από χελώνα), ενώ στον Πάπυρο Edwin Smith (ESmith 21.3-6 και ESmith.21.6-8), το δεύτερο μεγαλύτερο ιατρικό εγχειρίδιο από την αρχαία Αίγυπτο, υπάρχει μια αναφορά για δύο θεραπείες σε ερεθισμό του δέρματος (αλκαλικό παράγοντα για το δέρμα), που προκαλείται από οξέα, αποτελέσματα πτώσης ηφαιστειακής τέφρας.⁴⁰

Θα ήταν παράλειψη βέβαια να μην αναφέρουμε ότι πολλοί ερευνητές, συσχετίζουν τα γεγονότα της Μινωικής έκρηξης με τις «δέκα πληγές του Φαραώ», οι οποίες μπορούν επιστημονικά να συσχετισθούν με αποτελέσματα μιας μεγάλης ηφαιστειακής έκρηξης. Στις πληγές -και συγκεκριμένα στην έβδομη- αναφέρονται γεγονότα έντονων κατακλυσμών και χαλαζόπτωσης. Σίγουρα, η ακριβής χρονολόγηση και των δύο γεγονότων είναι απαραίτητη για την πλήρη ταύτισή τους, κάτι που ακόμα είναι υπό διερεύνηση.

Επιπλέον, ένα περίεργο αστρολογικό φαινόμενο έχει καταγραφεί σε αστρολογικό δισκίο της Βαβυλωνίας, γνωστό ως *Venus Tablet of Ammisaduqa*. Στην ταμπλέτα αναφέρεται η μη ορατότητα από τη γη -εξαφάνιση- του πλανήτη Αφροδίτη στο χρονικό διάστημα από τις 9 Μαΐου 1627 π.Χ. (41 ημέρες ενωρίτερα από τον υπολογιζόμενο συνδυασμό της με τον Ήλιο) μέχρι τις 19 Οκτωβρίου του ίδιου έτους, η οποία αποδίδεται σε κάλυψη της ατμό-




7. Η στήλη του Άχμωση (Ritner & Moeller 2014).

σφαιρας από ηφαιστειακή σκόνη, προερχόμενη πιθανόν από την έκρηξη της Θήρας.⁴¹

Τέλος, στην αρχαία κινέζικη λογοτεχνία και συγκεκριμένα στα *Bamboo Annals (Ji Tomb Annals)*, η κατάρρευση της δυναστείας Χία και η άνοδος της δυναστείας των Shang, που χρονολογείται περίπου στο 1618 π.Χ., συνοδεύτηκαν από «κίτρινη ομίχλη, κατακλυσμούς, έναν αμυδρό ήλιο για μήνες, παγετό μέσα στον Ιούλιο, πείνα και μαρασμό των σιτηρών».⁴²

Στην ελληνική μυθολογία, υπάρχουν αρκετές αναφορές σε κατακλυσμούς και μάλιστα κάποιοι ερευνητές λαμβάνοντας στοιχεία από το *Πάριο Χρονικό*, συσχετίζουν τον κατακλυσμό του Δευκαλίωνα με τα γεγονότα που συνέβησαν μετά τη Μινωική έκρηξη.⁴³ Ο μύθος του Κατακλυσμού του Δευκαλίωνα μιλά για μια τέτοια ακριβώς βροχή που κράτησε εννέα ολόκληρες ημέρες και νύχτες.⁴⁴ Η χρονολογία που μας δίνει το *Πάριο Χρονικό* για τη βασιλεία του Δευκαλίωνα στη πόλη Λυκώρεια του Παρνασσού είναι αρκετά κοντά μετά την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης, όπως έχει μέχρι στιγμής προσδιοριστεί με ραδιοχρονολογήσεις στο ευρύ χρονικό πλαίσιο μεταξύ του 1650 έως περίπου το 1580 π.Χ.⁴⁵

Συμπεράσματα

Οι προαναφερθείσες ενδείξεις από διάφορα δεδομένα γεωραχαιολογικά, παλαιοκλιματικά και μυθολογικά μάς δίνουν τη δυνατότητα να μιλήσουμε για ένα σπουδαίο υδρολογικό γεγονός που συνέβη μετά τη Μινωική έκρηξη και επηρέασε την περιοχή του Αιγαίου, της Ανατολικής Μεσογείου και της Μικράς Ασίας. Σίγουρα ο ακριβής χρονολογικός προσδιορισμός της έκρηξης του ηφαιστείου της Θήρας θα μπορέσει να επιλύσει πολλά αρχαιολογικά ερωτήματα και να συσχετίσει γεγονότα τόσο από την αρχαία μυθολογία και λογοτεχνία, όσο και από επιστημονικές παρατηρήσεις σε γεωλογικά και παλαιοκλιματικά αρχεία. Αναμένεται συνέχιση της έρευνας και αναζήτηση των πιθανών υδρολογικών φαινομένων που προέκυψαν μετά τη Μινωική έκρηξη μέσα και από άλλους παλαιοπεριβαλλοντικούς δείκτες, όπως τα σπηλαιοθέματα. 

Βιβλιογραφία

● Athanassas, C. D., D. L. Boulès, R. Braucher, T. H. Druitt, P. Nomikou, and L. Léanni, «Evidence from Cosmic Ray Exposure (CRE) Dating for the Existence of a Pre-Minoan Caldera on Santorini, Greece», *Bulletin of Volcanology* 78 (5), 2016: σ. 1-13.

- Athanassas C. D., Modis, K., Alçiçek, M. C., & Theodorakopoulou, K., Contouring the Cataclysm: a geographical analysis of the effects of the Minoan eruption of the Santorini volcano, *Environmental Archaeology* 23(2), 2018: 160-176.
- Badertscher S., Borsato A., Frisia S., Cheng H., Edwards R. L., Tüysüz O. & Fleitmann, «Speleothems as Sensitive Recorders of Volcanic Eruption-the Bronze Age Minoan Eruption Recorded in a Stalagmite from Turkey», *Earth and Planetary Science Letters* 392, 2014: 58–66.
- Bietak M., Egypt and the Aegean: Cultural Convergence in a Thutmoside Palace at Avaris, 2005.
- Bond A. & R. S. J. Sparks, «The Minoan Eruption of Santorini, Greece», *Journal of the Geological Society* 132, 1976: 1-16.
- Bruins H. J., MacGillivray J. A., Synolakis C. E., Benjamini C., Keller J., Kisch, H. J. & Van Der Plicht J., «Geoarchaeological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini», *Journal of Archaeological Science*, 35(1), 2008: 191-212.
- De Jong T., & Foertmeyer V., A new look at the Venus observations of Ammisaduqa: traces of the Santorini eruption in the atmosphere of Babylon, *Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap*, 42, 2010: 143.
- Dumas C. & Papazoglou L., «Santorini Tephra from Rhodes», *Nature* 287, 1980: 322–324.
- Dumas C. «Archaeological Observations at Akrotiri Relating to the Volcanic Destruction», στο *Thera and the Aegean World III/3*, edited by D. A. Hardy, and A.C. Renfrew, London, The Thera Foundation, 1990: 48–50.
- Druitt T. H., «New Insights into the Initiation and Venting of the Bronze-Age Eruption of Santorini (Greece), from Component Analysis», *Bulletin of Volcanology* 76 (2) 2014: 1–21.
- Eastwood W. J., Tibby J., Roberts N., Birks H. J. B. & Lamb H. F., «The Environmental Impact of the Minoan Eruption of Santorini (Thera): Statistical Analysis of Palaeoecological Data from Golbisar, Southwest Turkey», *The Holocene* 12 (4), 2002: 431–444.
- Fischer P. M., & Warburton, The chronology of Tell el-Ajjul, Gaza: Stratigraphy, Thera, pumice and radiocarbon dating. In *Time's Up! Dating the Minoan Eruption of Santorini*. Acts of the Minoan Eruption Chronology Workshop, Sandbjerg, November 2007, Danish Institute at Athens, 2009 (pp. 253-265).
- Foster K. P., Ritner R. K. & Foster B. R., «Texts, Storms, and the Thera Eruption», *Journal of Near Eastern Studies* 55 (1), 1996: 1-14.
- Foster K. P., Sterba J. H., Steinhauser G. & Bichler M., «The Thera Eruption and Egypt: Pumice, Texts and Chronology», στο *Time's Up!: Dating the Minoan Eruption of Santorini*, Acts of the Minoan Eruption Chronology Workshop, Sandbjerg November 2007, Athens, The Danish Institute at Athens 2009: 171–180.
- Freewalt J., *The Thera disruption: the Minoan eruption of Thera and its possible impact on civilizations*, World

- History Seminar-HIST510 A001 Spr 13, American Military University, 2013.
- Friedrich W. L., The Minoan Eruption of Santorini around 1613 BC and its consequences, Tagung en des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle, 2013, 9.
 - Goetze A., «A Hittite Myth. The Telepinus Myth», στο *The Ancient Near East. An Anthology of Texts and Pictures*, edited by J. Pritchard, Princeton, Princeton University Press, 1958: 87-91.
 - Göktürk O. M., Fleitmann D., Badertscher S., Cheng H., Edwards R. L., Leuenberger M., Fankhauser A., Tüysüz O. & Kramers J., «Climate on the Southern Black Sea Coast during the Holocene: Implications from the Sofular Cave Record», *Quaternary Science Reviews* 30 (19) 2011: 2433-2445.
 - Heiken G. & McCoy F., «Caldera Development during the Minoan Eruption, Thira, Cyclades, Greece», *Journal of Geophysical Research* 89 (B10), 1984: 8441-8462.
 - Karátson D., Gertisser R., Telbisz T., Vereb V., Quidelleur X., Druitt T. & Kósik, S., «Towards reconstruction of the lost Late Bronze Age intra-caldera island of Santorini, Greece», *Scientific reports* 8(1), 2018: 7026.
 - Kuniholm P. I., Newton M. W., Griggs C. B. & Sullivan P. J., «Dendrochronological Dating in Anatolia: The Second Millennium BC», *Der Anschnitt* 18, 2005: 41-47.
 - Legge James, *The Chinese Classics: Vol. III, Part I*. London: Trübner & Co, 1865.
 - Luterbacher J., & Pfister C., «The year without a summer», *Nature Geoscience* 8(4), 2015: 246.
 - Manning S. W., Höflmayer F., Moeller N., Dee M. W., Ramsey C. B., Fleitmann D. & Wild E. M., «Dating the Thera (Santorini) eruption: archaeological and scientific evidence supporting a high chronology», *Antiquity* 88(342), 2014: 1164-1179.
 - Marinatos S., «The Volcanic Destruction of Minoan Crete», *Antiquity* 13, 1939: 425-439.
 - Matthews A. J., Barclay, J., Carn, S., Thompson, G., Alexander, J., Herd, R., & Williams, C., «Rainfall-induced volcanic activity on Montserrat», *Geophysical Research Letters*, 29(13), 2002: 22-1.
 - McAnaney J., & Baillie M., «Absolute tree-ring dates for the Late Bronze Age eruptions of Aniakchak and Thera in light of a proposed revision of ice-core chronologies», *Antiquity* 93(367), 2019: 99-112.
 - Μητροπέτρου Ε., *Οι απαρχές της ελληνικής γεωμυθολογίας μέσα από τις κοσμογονίες, τις θεογονίες και τον κύκλο του Ηρακλή* (Doctoral dissertation), 2012.
 - Minoura K., Imamura F., Kuran U., Nakamura T., Papadopoulos, G. A., Takahashi T., & Yalciner A. C., «Discovery of Minoan tsunami deposits», *Geology* 28(1), 2000: 59-62.
 - Nixon I. G., «The Volcanic Eruption of Thera and its Effect on the Mycenaean and Minoan Civilizations», *Journal of Archaeological Science* 12, 1985: 9-24.
 - Nomikou P., Druitt T. H., Hübscher C., Mather T. A., Pualatto M., Kalnins L. M. & Pyle D. M., «Post-eruptive flooding of Santorini caldera and implications for tsunami generation», *Nature communications* 7, 2016: 13332.
 - Oppenheimer C., «Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815», *Progress in physical geography* 27(2), 2003: 230-259.
 - Pearson C. L., Brewer P. W., Brown D., Heaton T. J., Hodgins G. W., Jull A. T. & Salzer M. W., «Annual radiocarbon record indicates 16th century BCE date for the Thera eruption», *Science advances* 4(8), 2018: 8241.
 - Pichler H., & Kussmaul S., «The calc-alkaline volcanic rocks of the Santorini Group (Aegean Sea, Greece)», *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 1972: 116, 268-307.
 - Pyle D. M., «The global impact of the Minoan eruption of Santorini, Greece», *Environmental Geology* 30(1-2), 1997: 59-61.
 - Ramsey C. B., Dee M. W., Rowland J. M., Higham T. F., Harris S. A., Brock F., Quiles A., Wild E. M., Marcus E. S. & Shortland A. J., «Radiocarbon-Based Chronology for Dynastic Egypt», *Science* 328 (5985), 2010: 1554-1557.
 - Ritner R. K. & Moeller N., «The Ahmose 'Tempest Stela', Thera and Comparative Chronology», *Journal of Near Eastern Studies* 73 (1), 2014: 1-19.
 - Roberts N., Allcock S. L., Arnaud F., Dean J. R., Eastwood W. J., Jones M. D., Leng M. J. & al., «A Tale of Two Lakes: A Multi-Proxy Comparison of Late Glacial and Holocene Environmental Change in Cappadocia, Turkey», *Journal of Quaternary Science* 31 (4), 2016: 348-362.
 - Robertson J., *The Parian Chronicle, or the Chronicle of the Arundelian Marbles; with a Dissertation Concerning Its Authenticity*, London, 1788.
 - Stanley D. J. & Sheng H., «Volcanic Shards from Santorini Upper Minoan Ash in the Nile Delta, Egypt», *Nature* 320, 1986: 733-735.
 - Stommel H, Stommel E., *Volcano Weather: The Story of 1816, the Year without a summer*, Newport, 1985.
 - Sulpizio R., Alçiçek M. C., Zanchetta G. & Solari L., «Recognition of the Minoan tephra in the Acigöl Basin, western Turkey: implications for inter-archive correlations and fine ash dispersal», *Journal of Quaternary Science* 28(4), 2013: 329-335.
 - Theodorakopoulou, K., K. Pavlopoulos, C. Athanassas, N. Zacharias, and Y. Bassiakos, «Sedimentological Response to Holocene Climate Events in the Istron Area, Gulf of Mirabello, NE Crete», *Quaternary International* 266, 2012: 62-73.
 - Vlachopoulos, G., «Monolithos: A Mycenaean Installation on Thera», *ALS* 5, 2007: 105-111.
 - Wilson, L., «Energetics of the Minoan Eruption: Some Revisions», στο *Thera and the Aegean World 2*, edited by C.G. Doumas, London, The Thera Foundation, 1980: 31-25.

Σημειώσεις

1. Friedrich & 2006.
2. Oppenheimer 2003.
3. Dourmas 1990· Nixon 1985.
4. Marinatos 1939.
5. Marinatos 1939.
6. Friedrich 2013· Manning & ά. 2014.
7. Manning & ά. 2014.
8. Pearson & ά. 2018.
9. McAneney & Baillie 2019.
10. Ramsey & ά. 2010.
11. Wilson 1980.
12. Druitt 2014· Bond & Sparks 1973.
13. Heiken & McCoy 1984.
14. Druitt 2014.
15. Dourmas 1990.
16. Vlachopoulos 2007.
17. Pichler & Kussmaul 1972.
18. Athanassas & ά. 2016· Karatson 2018.
19. Nomikou & ά. 2016.
20. Bruins 2008.
21. Minoura 2000.
22. Dourmas/Papazoglou 1980.
23. Stanley/Sheng 1986.
24. Bietak 2005.
25. Fischer 2009.
26. Stommel & ά. 1985.
27. Athanassas & ά. 2018.
28. Pyle 1997· Eastwood 2002· Badertscher & ά. 2014.
29. Matthews 2002.
30. Luterbacher 2015.
31. Sulpizio & ά. 2013.
32. Kuniholm & ά. 2005.
33. Roberts & ά. 2016.
34. Eastwoodet & ά. 2002.
35. Theodorakopoulou & ά. 2012.
36. Göktürk & ά. 2011· Badertscher & ά. 2014.
37. Goetze 1958.
38. Ritner & Moeller 2014.
39. Foster & ά. 2009.
40. Foster & ά. 2009.
41. de Jong & Foertmeyer, 2010.
42. Legge 1865.
43. Freewalt 2013.
44. Πάριον Χρονικόν: IG, XII, 5 [Cyclades], document 444, 4, 6b – 8a· Robertson 1788.
45. Μητροπέτρου 2012.

Ευχαριστίες-Χρηματοδότηση

Η παραπάνω έρευνα διενεργήθηκε στο πλαίσιο ατομικής Μεταδιδακτορικής Υποτροφίας από το Ι.Κ.Υ και χρηματοδοτήθηκε από την ίδια πηγή.

ABSTRACT

The palaeohydrological effects of the Minoan eruption of Thera A geoarchaeological approach

Katerina Theodorakopoulou
Archaeologist - Geologist, Ph.D

Adjunct Lecturer at the Department of History, Archaeology and Social anthropology, University of Thessaly,
Volos, Greece

Themes in Archaeology Magazine 2019, 3(1): 84 - 95

The Minoan eruption Thera is considered as one of the most important natural disasters, the second largest volcanic eruption in human history, with serious impacts not only on Late Bronze Age archaeological sites of the Eastern Mediterranean but also on the palaeoenvironment. The purpose of this research was to study the possible palaeohydrological effects as recorded in the geological archives of the island, but also through several paleoenvironmental proxies and from the ancient literature. For the first time, new geo-archaeological data will be presented that reinforce the case of intense cataclysmic events after the eruption of the volcano in the wider area of eastern Mediterranean.

Key words: Minoan eruption, Thera, palaeoenvironment, flood, geoarchaeology