



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ



Π.Μ.Σ.
Πολιτισμική Πληροφορική
και Επικοινωνία

Κατεύθυνση Σπουδών: «Σχεδίαση Ψηφιακών Πολιτιστικών Προϊόντων»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΚΥΜΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΠΟΤΙΔΑΙΑ:
ΜΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ**

Αναστασοβίτης Ελευθέριος

A.M.: 1332012010

Επιβλέπουσα: Μπούνια Αλεξάνδρα
Συνεπίβλεψη: Ε. Χριστοδούλου

Μυτιλήνη, Φεβρουάριος 2014

Τριμελής επιτροπή αξιολόγησης:

1. Μπούνια Αλεξάνδρα (Αναπληρώτρια Καθηγήτρια)
2. Παυλογεωργάτος Γεράσιμος (Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής)
3. Χουρμουζιάδη Αναστασία (Επίκουρη Καθηγήτρια)

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Εργασίας από το Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου δεν υποδηλώνει αναγκαστικά, ότι αποδέχεται το Τμήμα τις απόψεις του συγγραφέα.

*Στους γονείς μου
Δημήτρη και Νόπη.*

Περίληψη

Τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν έναν τρόπο αναπαράστασης της πληροφορίας. Η χρήση της τρισδιάστατης αναπαράστασης είναι ευρεία και εφαρμόζεται σε όλα τα πεδία της καθημερινής ζωής. Εφαρμογές τρισδιάστατης αναπαράστασης συναντά κανείς στην τηλεόραση, στον κινηματογράφο, στην εκπαίδευση, στην επιστήμη, στη μηχανική, στην αρχιτεκτονική, στην αρχαιολογία.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ασχοληθήκαμε με την τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός φυσικού φαινομένου, που φέρεται να συνέβη το 479 π.Χ. στον Θερμαϊκό κόλπο. Στην έρευνα που διεξάγαμε, διαπιστώσαμε ότι οι γεωλογικές μελέτες στην περιοχή του κόλπου, επιβεβαίωσαν τις ιστορικές αναφορές για το γεγονός. Ωστόσο, τα ίχνη του φαινομένου στα αρχαιολογικά ευρήματα είναι περιορισμένα.

Η σύνθεση των αποτελεσμάτων της έρευνας οδήγησε στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ψηφιακού προϊόντος, το οποίο αναπαριστά τις ιστορικές αναφορές και τις αντιπαραβάλλει με τα αποτελέσματα των γεωλογικών ερευνών, που αφορούν στο ίδιο γεγονός. Η αναπαράσταση πραγματοποιείται με την αποκλειστική χρήση τρισδιάστατων γραφικών και την ταυτόχρονη υποστήριξη του ήχου. Παρουσιάζονται τα στάδια ανάπτυξης από την προ-παραγωγή, με τη συγγραφή του σεναρίου και την εικονογράφηση μέχρι την μετα-παραγωγή, με τον έλεγχο και την εκσφαλμάτωση του τελικού ψηφιακού βίντεο.

Λέξεις κλειδιά: Σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή, τρισδιάστατη αναπαράσταση, θαλάσσιο κύμα βαρύτητας, Ποτίδαια, Θερμαϊκός κόλπος, σχεδίαση ψηφιακού πολιτιστικού προϊόντος, πολιτισμική πληροφορική.

Abstract

3D graphics are an interesting/rewarding/multi-faceted way to represent information. The use of 3D representation is broad and applies to all areas of daily life. Applications of 3D representation can be found in television, cinema, education, science, engineering, architecture, archaeology and so on.

This thesis focuses on the 3D representation of a natural phenomenon, which reportedly occurred in 479 BC in the Thermaikos Gulf of the Aegean Sea. The historical references to the event are confirmed by recent geological studies, although the archaeological record remains limited.

The synthesis of the data available from different disciplines led to the design and development of a digital video: it represents the historical references of Herodotus and collates them with the results of geological investigations conducted recently. The representation is performed using only 3D graphics and simultaneous support of sound. We present the development stages of pre-production, with script writing and storyboard until post-production, monitoring and debugging of the final digital product.

Keywords: Computer Aided Design (C.A.D.), 3D representation, tsunami, Potidaea, Thermaikos gulf, digital cultural product design, Cultural Informatics.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Περίληψη | 4 |
| Abstract | 5 |
| Περιεχόμενα..... | 6 |
| Αντί προλόγου | 8 |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή | 11 |
| 1.1 Τρισδιάστατη αναπαράσταση ιστορικού γεγονότος..... | 11 |
| 1.2 Πολιτισμική πληροφορική και τρισδιάστατη αναπαράσταση της γνώσης..... | 12 |
| 1.3 Μεθοδολογία..... | 15 |
| Κεφάλαιο 2: Ο Θερμαϊκός κόλπος και η ιστορία του..... | 17 |
| 2.1 Η γεωμορφολογία του κόλπου σήμερα..... | 18 |
| 2.2 Η γεωμορφολογία του κόλπου στην αρχαιότητα..... | 19 |
| 2.3 Οι ιστορικές πόλεις στον κόλπο..... | 21 |
| 2.4 Η αρχαία Ποτίδαια..... | 24 |
| Κεφάλαιο 3: Ιστορικές αναφορές και αρχαιολογική έρευνα..... | 27 |
| 3.1 Το ιστορικό πλαίσιο | 27 |
| 3.2 Ο Ηρόδοτος για το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας | 28 |
| 3.3 Τα αρχαιολογικά στοιχεία για το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας | 31 |
| Κεφάλαιο 4: Γεωλογική και σεισμολογική έρευνα | 32 |
| 4.1 Η σεισμολογία του κόλπου | 32 |
| 4.2 Οι γεωλογικές έρευνες στον Θερμαϊκό κόλπο..... | 34 |
| 4.3 Η γένεση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον κόλπο | 36 |
| 4.4 Τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας του κόλπου | 38 |
| Κεφάλαιο 5: Προ-παραγωγή εφαρμογής (σενάριο και storyboard) | 41 |
| Κεφάλαιο 6: Κύρια παραγωγή εφαρμογής | 48 |
| 6.1 Μοντελοποίηση (modeling)..... | 48 |
| 6.2 Υλικά (textures) | 51 |
| 6.3 Φώτα, κάμερες, εμπύχωση (lights, cameras, animation) | 54 |
| 6.4 Φωτορεαλιστική απεικόνιση (rendering)..... | 58 |
| 6.5 Επεξεργασία ήχου και βίντεο (sound and video editing)..... | 61 |
| 6.6 Δυσκολίες και περιορισμοί | 63 |

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και προοπτικές εξέλιξης | 65 |
| Βιβλιογραφία | 68 |
| Πηγές..... | 74 |
| Παραρτήματα..... | 75 |
| Προέλευση εικόνων | 76 |
| Εικόνες..... | 78 |

Αντί προλόγου

Η εργασία αυτή θα ασχοληθεί με την τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός ακραίου παλιρροιακού φαινομένου, το οποίο καθόρισε την ιστορία της Ποτίδαιας. Συνδέει τα γεωλογικά ίχνη με τα αρχαιολογικά ευρήματα στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου, στο πλαίσιο που ορίζουν οι ιστορικές πηγές (Ηροδότου Ιστορίαι VIII, 126-129).

Στο πρώτο κεφάλαιο αιτιολογείται η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και τονίζεται η σημασία της αξιοποίησης των Νέων Τεχνολογιών και της Πληροφορικής προς όφελος του Πολιτισμού. Η μελέτη πηγών, η αξιοποίηση δεδομένων και η ανάλυση στοιχείων από διαφορετικά επιστημονικά πεδία συμβάλλει στη σχεδίαση και παραγωγή ψηφιακών πολιτιστικών προϊόντων τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν σε νέους δρόμους την επιστημονική έρευνα και την επικοινωνία αυτής προς ένα ευρύτερο κοινό. Θα παρουσιαστεί επίσης η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο Θερμαϊκός κόλπος. Παρουσιάζονται βυθομετρικά στοιχεία και οι μεταβολές στην ακτογραμμή και στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας από τους κλασσικούς χρόνους μέχρι και σήμερα. Αιτιολογείται η υποχώρηση της θάλασσας κατά 30 χιλιόμετρα περίπου, στο βόρειο τμήμα του κόλπου και εξηγείται η τάση που εμφανίζει για διαρκή περιορισμό της έκτασής του. Εφαρμόζονται συγκεκριμένοι μαθηματικοί τύποι, οι οποίοι θα αποτυπώσουν την ακτογραμμή του κόλπου και ειδικά στην περιοχή της Ποτίδαιας την κρίσιμη περίοδο του 479 π.Χ. Αυτό θα δώσει στοιχεία για τη δόμηση της πόλης, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν κατά το στάδιο της τρισδιάστατης αναπαράστασης. Θα αναφερθούν οι πόλεις που υπήρχαν στον κόλπο την περίοδο του ιστορικού γεγονότος και θα σημειωθεί η θέση τους στο χάρτη, ενώ παράλληλα θα γίνει εκτενής περιγραφή της Ποτίδαιας.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει η προσέγγιση του θαλάσσιου φαινομένου υπό το πρίσμα της Ιστορίας. Θα περιγραφεί το ιστορικό πλαίσιο την περίοδο του 479 π.Χ. τόσο στη

χερσόνησο της Παλλήνης, όσο και στον ελληνικό χώρο. Θα στηριχθούμε στις αναφορές του Ηρόδοτου, όπως καταγράφει το συμβάν κατά την πολιορκία της Ποτίδαιας από τους Πέρσες με αρχηγό το σατράπη Αρτάβαζο. Θα γίνει μία προσπάθεια να ακολουθηθεί η πορεία του φαινομένου από το σημείο γένεσης (νότια του κόλπου), μέχρι το σημείο εκτόνωσής του (βόρεια του κόλπου) και σε περιοχές που τη συγκεκριμένη περίοδο υπήρχε θάλασσα (Πέλλα, Βεργίνα). Θα στηριχθούμε σε αρχαιολογικά ευρήματα, τα οποία υποδηλώνουν φυσική καταστροφή από βίαιο θαλάσσιο φαινόμενο στις αρχαίες πόλεις του Θερμαϊκού κόλπου (Σκιώνη, Μένδη, Σάνη, Ποτίδαια, Μεθώνη, Πύδνα) την περίοδο του 479 π.Χ. και θα παρουσιάσουμε τις συνέπειες που προκάλεσε σε αυτές.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναλυθεί το ιστορικό γεγονός από την οπτική των γεωλόγων και των σεισμολόγων. Θα παρουσιαστεί η γεωλογική έρευνα Ελλήνων επιστημόνων για ρήγματα στον βυθό του Θερμαϊκού κόλπου, τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν θαλάσσιο φαινόμενο μεγάλης κλίμακας, όπως αυτό που περιγράφει ο Ηρόδοτος. Θα παρουσιαστεί η σεισμολογική έρευνα διεθνούς ομάδας επιστημόνων με επικεφαλής τον Γερμανό καθηγητή Klaus Reicherter, σύμφωνα με την οποία είναι αναγκαία η λήψη μέτρων στον Θερμαϊκό κόλπο, αφού είναι ευάλωτος σε παρόμοια ακραία φαινόμενα. Θα αναλυθεί το τσουνάμι του Ηρόδοτου ως φαινόμενο. Θα δοθούν τα γενικά χαρακτηριστικά που περιγράφουν ένα τσουνάμι και θα επιχειρηθεί να καθοριστούν τα ακριβή στοιχεία του φυσικού γεγονότος του 479 π.Χ. Πιο αναλυτικά, θα προσδιοριστεί ο τρόπος και ο τόπος γένεσης του φαινομένου, και θα υπολογιστεί το μήκος, το πλάτος και η ταχύτητα του κύματος σε όλη την εξέλιξη του φαινομένου, με βάση τη γεωλογία του Θερμαϊκού.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται το στάδιο της σχεδίασης του ψηφιακού πολιτιστικού προϊόντος. Περιγράφεται το σενάριο της εφαρμογής και η οπτικοποίησή¹ του. Στο κεφάλαιο 6 περιγράφεται η ανάπτυξη της τρισδιάστατης αναπαράστασης κατά τη φάση της μοντελοποίησης, της εφαρμογής υλικών και ιδιοτήτων στα μοντέλα και τέλος του καθορισμού του φωτισμού και της εμψύχωσης² των αντικειμένων στο χώρο και στο χρόνο. Επίσης, παρουσιάζεται η φάση της παραγωγής του τελικού ψηφιακού πολιτιστικού προϊόντος, υπό μορφή βίντεο. Καταγράφονται οι δυσκολίες που

¹ Η οπτικοποίηση του σεναρίου είναι γνωστή με τον όρο: storyboard.

² Η εμψύχωση τρισδιάστατων αντικειμένων είναι γνωστή με τον όρο: animation.

συναντήσαμε και οι προβληματισμοί που γεννήθηκαν τόσο κατά την έρευνα της μεταπτυχιακής διατριβής, όσο και κατά την παραγωγή του πολιτιστικού προϊόντος.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και προτείνονται τρόποι βελτίωσης της ψηφιακής εφαρμογής, ώστε ο ρόλος του χρήστη να είναι ενεργητικός και να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τη λειτουργία ενός μουσείου, όπου θα μπορούσε να εγκατασταθεί.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο 1 θα αναφερθούμε στα ερωτήματα «τι» πραγματεύεται η μεταπτυχιακή διατριβή, στους λόγους για τους οποίους επιλέχθηκε το συγκεκριμένο θέμα και στη μεθοδολογία με την οποία εκπονήθηκε. Τονίζεται η σημασία της χρήσης των τρισδιάστατων γραφικών σε μορφή βίντεο, για την οπτική αναπαράσταση ιστορικών γεγονότων με σκοπό την κατανόησή τους από τον θεατή.

1.1 Τρισδιάστατη αναπαράσταση ιστορικού γεγονότος

Ο σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η σχεδίαση και η παραγωγή ενός ψηφιακού πολιτιστικού προϊόντος. Αντικείμενό της είναι η αναπαράσταση ενός ιστορικού γεγονότος με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών. Πραγματεύεται ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο φέρεται να έλαβε χώρα τον χειμώνα του 479 π.Χ. στον Θερμαϊκό κόλπο. Σύμφωνα με τον Ηρόδοτο κατά τη διάρκεια της πολιορκίας της πόλης της Ποτίδαιας από τα στρατεύματα του Πέρση σατράπη Αρτάβαζου, εκδηλώθηκε άμπωτη στη θάλασσα για μεγάλο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια επήλθε μεγάλη και πολλαπλή πλημμυρίδα, που όμοιά της δεν είχε ξανασυμβεί. Μάλιστα, το συγκεκριμένο φαινόμενο αποδείχθηκε σωτήριο για την πόλη της Ποτίδαιας, αφού έθεσε τέλος στην τρίμηνη πολιορκία της, προξενώντας ωστόσο τον θάνατο μεγάλου μέρους των περσικών στρατευμάτων (Ηροδότου Ιστορία VIII, 126-129).

Η χρήση των τρισδιάστατων γραφικών βοηθάει στην αναπαράσταση του φαινομένου από τη σκοπιά της επιστήμης της γεωλογίας και συγκεκριμένα του κλάδου της σεισμολογίας. Η αναφορά του Ηρόδοτου αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας από διεθνείς ομάδες σεισμολόγων και γεωλόγων, που θεωρούν ότι πρόκειται για ιστορική αναφορά σε φαινόμενο τύπου τσουνάμι, το οποίο έλαβε χώρα στον Θερμαϊκό κόλπο. Σε πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκαν έρευνες για να εντοπιστούν σεισμογενή ρήγματα, τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν τη γένεση τσουνάμι στον κόλπο (Paranikolaou & Paranikolaou, 2007). Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιήθηκαν

γεωτρήσεις σε παραθαλάσσια σημεία του Θερμαϊκού, στα οποία θα μπορούσαν να υπάρχουν κατάλοιπα από θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Το πόρισμα είναι ότι ο κόλπος λανθασμένα δεν έχει συμπεριληφθεί στις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας για ενδεχόμενη εμφάνιση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην Ελλάδα (Reicherter et al., 2010a). Με τη χρήση των τρισδιάστατων γραφικών παρουσιάζεται η γένεση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας του Ηροδότου σε συγκεκριμένο ρήγμα του Θερμαϊκού και περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του.

Το ψηφιακό προϊόν είναι σε μορφή video με χρονική διάρκεια οκτώ λεπτών και τριάντα δευτερολέπτων. Η σχεδιάσή του έγινε με την αποκλειστική χρήση λογισμικού τρισδιάστατων γραφικών. Βασίζεται σε σενάριο στο οποίο συγκεντρώνονται τα απαραίτητα στοιχεία και οι πληροφορίες, για να αντιληφθεί ο θεατής το χωροχρονικό πλαίσιο, στο οποίο συνέβη το θαλάσσιο φαινόμενο που περιγράφει ο Ηρόδοτος και οι γεωλόγοι το χαρακτηρίζουν ως ιστορική αναφορά σε θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Παρουσιάζεται η ερμηνεία του φαινομένου από τη μυθολογική και την επιστημονική σκοπιά. Η κατάλληλη ηχητική επένδυση και ο συγχρονισμός με την οπτική αναπαράσταση, βοηθούν στην εμπύθιση του θεατή στην πλοκή που ορίζει το σενάριο.

1.2 Πολιτισμική πληροφορική και τρισδιάστατη αναπαράσταση της γνώσης

Το βασικό ερέθισμα για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος ως αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής, αποτέλεσε η προβολή του συμβάντος στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και κυρίως στα ηλεκτρονικά τόσο σε εγχώρια, όσο και σε διεθνή την άνοιξη του 2012. Ουσιαστικά, προβλήθηκε η θέση της ομάδας του καθηγητή Reicherter ότι οι κάτοικοι και οι εγκαταστάσεις που βρίσκονται κατά μήκος της ακτής του Θερμαϊκού κόλπου είναι δίχως προστασία σε μελλοντικό θαλάσσιο κύμα βαρύτητας (Reicherter et al., 2010a). Εφόσον, αποδεδειγμένα από τη γεωλογική έρευνα, στην περιοχή έχει σημειωθεί το συγκεκριμένο φαινόμενο με σημαντικές επιπτώσεις, θα μπορούσε να σημειωθεί και εκ νέου. Συνεπώς, η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να αναδείξει την έκθεση στον καταστροφικό κίνδυνο από τη γένεση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας σε πυκνοκατοικημένη περιοχή, όπως είναι ο

Θερμαϊκός, ειδικά τους θερινούς μήνες, οπότε δέχεται μεγάλο αριθμό τουριστών και παραθεριστών.

Οι δυνατότητες τις οποίες παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για την αναπαράσταση πληροφοριών, κάνοντας χρήση των τρισδιάστατων γραφικών, λειτούργησε καταλυτικά για την επιλογή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Τα βίντεο προσφέρουν μια δυναμική, οπτικοακουστική, γραμμική, αφηγηματική εμπειρία. Αποτελούν το μέσο για να παρουσιάζουν σύνθετα ζητήματα, αλλαγές στο χρόνο, να επιδεικνύουν μία διαδικασία ή να μεταφέρουν μία προσωπική ιστορία (Μπούνια & Νικονάνου, 2008). Η τρισδιάστατη αναπαράσταση του παρελθόντος αποτελεί ένα εξαιρετικό ερμηνευτικό εργαλείο. Δεν είναι μόνο η ανακατασκευή του τοπίου ενός αρχαιολογικού χώρου το κύριο θέμα της τρισδιάστατης απεικόνισης, αλλά και η ατμόσφαιρα, τα ενδύματα, ο τρόπος ζωής και η πνευματικότητα που το συνοδεύει. Η οπτική αναπαράσταση βοηθάει τον θεατή να αντιληφθεί και να μάθει εύκολα το ιστορικό πλαίσιο ενός χώρου (Hernandez-Ibanez, 2013).

Διευκολύνει τον θεατή να μάθει την ιστορία με εύκολο και ευχάριστο τρόπο. Είναι μία μορφή επικοινωνίας καταρχήν κοντά στην τηλεόραση, την οποία όλοι γνωρίζουν και οι περισσότεροι ταυτίζουν με τον ελεύθερο χρόνο. Η ευκολία που προσφέρει στην αποκωδικοποίηση της πληροφορίας ισοσκελίζει την παθητική αποδοχή που συνεπάγεται το μέσο αυτό (Μπούνια & Νικονάνου, 2008). Ο θεατής αντιλαμβάνεται και κατανοεί γεγονότα και φαινόμενα από διαφορετικά ερευνητικά πεδία, μέσα από σχεδιοκίνηση και κινούμενες εικόνες που λειτουργούν ως ερμηνευτικό εργαλείο. Ιδιαίτερη βαρύτητα ωστόσο, δίνεται κατά τη σχεδιάσή του στο στάδιο της προπαραγωγής, οπότε διαμορφώνεται το περιεχόμενό του. Το σενάριο στο οποίο θα βασιστεί η ανάπτυξη του βίντεο, καθορίζεται από την επίπονη διαδικασία συλλογής και αξιολόγησης στοιχείων και πληροφοριών από διαφορετικά επιστημονικά πεδία.

Παράλληλα, ως ευκαιρία εμφανίζεται η ευρυζωνική σύνδεση των χρηστών στο Διαδίκτυο, όπου θα είναι διαθέσιμο το τελικό ψηφιακό προϊόν πολιτισμού.³ Από το 2000 παρατηρείται η ραγδαία αύξηση των χρηστών του Διαδικτύου, η οποία συνοδεύεται από ανάλογη ανάπτυξη σε επίπεδο τεχνολογίας και προσφερομένων υπηρεσιών. Η καθιέρωση της ευρυζωνικότητας με κύρια χαρακτηριστικά τη μόνιμη σύνδεση των χρηστών στο Διαδίκτυο και τις πολύ υψηλές ταχύτητες πρόσβασης σε

³ Το τελικό προϊόν θα είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο με τον τίτλο: “Tsunami in ancient Potidaea”.

αυτό, συνετέλεσε στη μετάδοση των πληροφοριών μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια σε πιο σύνθετες μορφοποιήσεις. Η ευρυζωνικότητα ευνοεί τη μετάδοση της πληροφορίας σε μορφή βίντεο, χωρίς προβλήματα κατά την αναπαραγωγή του. Η ευρυζωνικότητα δεν περιορίζεται μόνο στους οικιακούς χρήστες, οι οποίοι χρησιμοποιούν σταθερούς υπολογιστές, αλλά περιλαμβάνει και τους χρήστες κινητών συσκευών, όπως είναι οι υπολογιστές παλάμης και τα «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα. Η πρόσβαση πραγματοποιείται μέσα από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς. Συνεπώς, το ψηφιακό βίντεο τρισδιάστατης αναπαράστασης θα είναι διαθέσιμο προς όλους τους χρήστες του Διαδικτύου.⁴

Οι στόχοι οι οποίοι τέθηκαν για την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και αφορούν και στα δύο μέρη της, στο ερευνητικό σκέλος και στο ψηφιακό πολιτιστικό προϊόν, διακρίνονται σε δύο επίπεδα. Τόσο ο αναγνώστης της διατριβής, όσο και ο θεατής του video το οποίο παράχθηκε με τη χρήση των τρισδιάστατων γραφικών αποκτά νέες γνώσεις και νέες στάσεις. Συγκεκριμένα:

1. σε επίπεδο γνώσεων θα είναι σε θέση,
 - να μάθει για τα γεγονότα κατά την πολιορκία της Ποτίδαιας από τους Πέρσες, με τη χρήση ψηφιακού video τρισδιάστατων γραφικών, σύμφωνα με τις ιστορικές αναφορές του Ηροδότου (Ηροδότου Ιστορίαι VIII, 126-129),
 - να κατανοήσει τον μηχανισμό γένεσης του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, με τη βοήθεια της τρισδιάστατης αναπαράστασης μέσω C.A.D., σύμφωνα με τις γεωλογικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στον Θερμαϊκό κόλπο,
 - να αναγνωρίζει τα γενικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας και ειδικότερα αυτού στον Θερμαϊκό κόλπο με τη χρήση τρισδιάστατης αναπαράστασης από εγκάρσια οπτική και από προβολή κάτοψης, σύμφωνα με τις σεισμολογικές μελέτες,
 - να γνωρίζει τις τοποθεσίες των αρχαίων πόλεων του Θερμαϊκού κόλπου και τις συνέπειες του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας σε αυτές, με τη βοήθεια τρισδιάστατης αναπαράστασης της εξέλιξης του φαινομένου, σύμφωνα με τα στοιχεία τα οποία έχουν προκύψει από την αρχαιολογική έρευνα,

⁴ Θα γίνει χρήση καναλιού στις πλατφόρμες Youtube™ και Vimeo™.

- να γνωρίζει τον χώρο της αρχαίας Ποτίδαιας και τις εγκαταστάσεις που υπήρχαν σε αυτήν, με τη βοήθεια της τρισδιάστατης αναπαράστασης, όπως αναφέρονται στις πηγές,
2. σε επίπεδο στάσεων θα είναι σε θέση,
- να αντιλαμβάνεται τη χρησιμότητα των νέων τεχνολογιών ως μέσο για την απόκτηση γνώσης από διαφορετικά επιστημονικά πεδία,
 - να αισθάνεται εξοικείωση με τη χρήση των τρισδιάστατων γραφικών για την αναπαράσταση πληροφοριών.

1.3 Μεθοδολογία

Η μεταπτυχιακή διατριβή συγκεντρώνει την έρευνα από τρία διαφορετικά πεδία, αξιοποιεί τα στοιχεία που συμφωνούν μεταξύ τους και συνθέτει ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο θα παρουσιαστούν στο ευρύ κοινό τα συμπεράσματα. Συνεπώς, η εστίασή της εντοπίζεται στην τομή των τριών παραπάνω επιστημονικών πεδίων. Η τεχνολογία επιτρέπει τον συνδυασμό των απαραίτητων πληροφοριών και οδηγεί στην οργάνωση του περιεχομένου της τρισδιάστατης αναπαράστασης του γεγονότος.

Κατά το στάδιο της έρευνας πραγματοποιήθηκε αρχικά αναζήτηση πληροφοριών και στοιχείων για την αναφορά του Ηροδότου στο θαλάσσιο φαινόμενο του 479 π.Χ. Ως αποτέλεσμα της αναζήτησης προέκυψε πλήθος αναφορών στον ηλεκτρονικό τύπο τόσο στον ελληνικό όσο και στον διεθνή. Συλλέξαμε πληροφορίες από επιστημονικά περιοδικά και βιβλιογραφικές πηγές για το συγκεκριμένο γεγονός. Μελετήθηκε σε βάθος η περιγραφή του Ηροδότου, η οποία συνδυάστηκε με επιτόπια έρευνα στην περιοχή της Ποτίδαιας. Με την επιπλέον συνδρομή διαδικτυακών εφαρμογών επιχειρήσαμε να κατανοήσουμε τον χώρο.

Βασικός παράγοντας, ο οποίος ανέδειξε το θέμα στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, ήταν η έρευνα, η οποία παρουσιάστηκε από την διεθνή ομάδα σεισμολόγων με επικεφαλής τον καθηγητή Reichert. Επιδιώξαμε προσωπική επικοινωνία με μέλη της ομάδας, τα οποία μας παρείχαν τόσο τη συγκεκριμένη μελέτη για την οποία έγινε λόγος, όσο και προγενέστερη έρευνα για τα σεισμογενή ρήγματα στο Βόρειο Αιγαίο

και ειδικότερα στην περιοχή του Θερμαϊκού.⁵ Σκοπός ήταν να αποκτήσουμε σφαιρική γνώση για το συγκεκριμένο γεγονός από την οπτική της σεισμολογίας. Μόνο έτσι θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε τις απαραίτητες πληροφορίες στο περιεχόμενο της τρισδιάστατης αναπαράστασης, ώστε να τις κατανοήσει στη συνέχεια και ο θεατής του ψηφιακού βίντεο.

Η συνδρομή της ΙΣΤ΄ Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων και η προσωπική επικοινωνία με τον υπεύθυνο αρχαιολόγο κύριο Παπαστάθη Κωνσταντίνο ήταν σημαντική για την κατανόηση των αρχαιολογικών στοιχείων που υπάρχουν για το γεγονός, καθώς και για τις ανασκαφές στη χερσόνησο της Παλλήνης. Προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε τα ίχνη του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας κατά το πέρασμά του από τις αρχαίες πόλεις του Θερμαϊκού, όπως αποτυπώθηκε στα ευρήματα των αρχαιολογικών ανασκαφών. Καθοριστική παράμετρος για την έρευνα ήταν η κατανόηση του ευρύτερου χώρου όπου εξελίχθηκε το γεγονός, δηλαδή του Θερμαϊκού κόλπου.

⁵ Είχαμε ηλεκτρονική επικοινωνία με τον κύριο Παπανικολάου Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή Γενικής και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος μας παρείχε χρήσιμες πληροφορίες για τις γεωλογικές και σεισμολογικές έρευνες στο Βόρειο Αιγαίο.

Κεφάλαιο 2: Ο Θερμαϊκός κόλπος και η ιστορία του

Ο Θερμαϊκός κόλπος μεταβάλλεται διαρκώς από την επίδραση φυσικών περιοδικών φαινομένων και μη. Η κατανόηση της γεωγραφικής περιοχής, στην οποία εξελίχθηκε το γεγονός, βοηθάει τον παραγωγό του ψηφιακού προϊόντος να αναπαραστήσει το ψηφιακό περιβάλλον του κόλπου, όπως ενδεχομένως ήταν πριν 2.500 χρόνια με ρεαλισμό. Ταυτόχρονα, ο χρήστης⁶ αποκτά σωστή αντίληψη του χώρου, όπου διαδραματίζονται τα γεγονότα της εφαρμογής.

Στον Θερμαϊκό κόλπο διαβιεί το 10% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας. Κατά την απογραφή του 2001 οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης, η οποία αποτελεί το σημαντικότερο αστικό κέντρο του κόλπου, υπολογίστηκαν σε 971.026.⁷ Συνυπολογίζοντας τους κατοίκους των περιοχών της επαρχίας Θεσσαλονίκης και των πεδινών παράκτιων περιοχών της Ημαθίας, της ανατολικής Πιερίας και της δυτικής Χαλκιδικής,⁸ τότε ο συνολικός πληθυσμός υπερβαίνει το ένα εκατομμύριο κατοίκους (Φάμελλος, Κρεστενίτης, & Γεωργιάδης, 2006). Ωστόσο, κατά τους θερινούς μήνες ο Θερμαϊκός κόλπος συγκεντρώνει σημαντικό αριθμό τουριστών, αφού οι περιοχές της Χαλκιδικής και της Πιερίας αποτελούν κορυφαίους ταξιδιωτικούς προορισμούς. Στον κόλπο συγκεντρώνεται το σύνολο των οικιστικών και των παραγωγικών δραστηριοτήτων του προαναφερόμενου πληθυσμού, ο οποίος βρίσκεται σε διαρκή και άρρηκτη σχέση με τα περιβαλλοντικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του Θερμαϊκού (Φάμελλος, Κρεστενίτης, & Γεωργιάδης, 2006).

⁶ Ο χρήστης ενδέχεται να έχει ίδια γνώμη για τον χώρο όπου εξελίσσεται η εφαρμογή, αλλά μπορεί και να μην έχει επισκεφθεί ποτέ το συγκεκριμένο μέρος. Στην πρώτη περίπτωση θα αισθανθεί εξοικειωμένος με το ψηφιακό περιβάλλον, ενώ θα μπορεί να κάνει συσχετισμούς και αντιστοιχίσεις των τοποθεσιών που γνωρίζει με αυτές που αναπαρίστανται στην εφαρμογή. Στη δεύτερη περίπτωση θα αποκτήσει γνώση για τον χώρο και θα έχει την ικανότητα να προσανατολίζεται σωστά στο ψηφιακό περιβάλλον. Επίσης, σε ενδεχόμενη επίσκεψη στην περιοχή της Ποτίδαιας θα είναι σε θέση να συσχετίσει τις ψηφιακές τοποθεσίες με τις σύγχρονες.

⁷ Στο πολεοδομικό συγκρότημα και στους περιαστικούς δήμους απογράφηκαν 868.935 κάτοικοι, ενώ στη λοιπή ευρύτερη περιοχή της επαρχίας Θεσσαλονίκης απογράφηκαν 102.631 κάτοικοι.

⁸ Περιλαμβάνονται οι τουριστικές και παραθεριστικές περιοχές.

2.1 Η γεωμορφολογία του κόλπου σήμερα

Ο Θερμαϊκός κόλπος βρίσκεται στο βορειοδυτικό Αιγαίο. Τα όριά του καθορίζονται⁹ από την ανατολική ακτογραμμή των νομών Μαγνησίας, της Λάρισας και της Πιερίας. Περιορίζεται από τη νότιοδυτική ακτογραμμή του νομού Θεσσαλονίκης και τη δυτική ακτογραμμή του νομού Χαλκιδικής, με κατάληξη τη χερσόνησο της Κασσάνδρας. Τα νότια σύνορα του κόλπου ορίζονται από τη νοητή ευθεία, η οποία διέρχεται από το νότιο άκρο της χερσονήσου της Κασσάνδρας και από το βορειοανατολικό άκρο του νομού της Μαγνησίας. Πρόκειται για τη θαλάσσια περιοχή, η οποία απλώνεται βορειοδυτικά των Σποράδων.

Ο Θερμαϊκός κόλπος είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση στο Αιγαίο. Το πλάτος του κυμαίνεται από 5 χιλιόμετρα στα βόρεια μέχρι και 50 χιλιόμετρα στα νότια. Είναι ένας σχετικά ρηχός και κλειστός κόλπος. Χαρακτηρίζεται από ομαλό πυθμένα με χαμηλές κλίσεις και βάθη από 2 έως 200 μέτρα το μέγιστο στη νότια πλευρά του (Karageorgis et al., 2005). Αποτελείται από τέσσερις περιοχές. Ξεκινώντας από βόρεια διακρίνεται ο όρμος της Θεσσαλονίκης, γύρω από τον οποίο έχει χτιστεί η ομώνυμη πόλη. Εκτείνεται μέχρι τη νοητή γραμμή, η οποία ενώνει τα ακρωτήρια Μικρό Έμβολο και Παληομάνα. Νότια του όρμου και μέχρι τη νοητή γραμμή που συνδέει τα ακρωτήρια Μεγάλο Έμβολο και Βαρδάρη στις εκβολές του Αξιού ποταμού, βρίσκεται ο κόλπος της Θεσσαλονίκης.¹⁰ Στη συνέχεια ορίζεται ο κεντρικός Θερμαϊκός κόλπος, μέχρι τη νοητή ευθεία των ακρωτηρίων Επανομής και Αθερίδας. Τέλος, ο νότιος ή εξωτερικός Θερμαϊκός εκτείνεται μέχρι την ευθεία των ακρωτηρίων Ποσειδίου και Δερματά¹¹ (Σταμέλος & Γεωργιάδης, 2002).

Το βασικό χαρακτηριστικό του εσωτερικού Θερμαϊκού είναι οι εκτεταμένες αβαθείς¹² περιοχές στη δυτική πλευρά ως αποτέλεσμα της προσχωσιγενούς δράσης του Αξιού. Η μεγάλη εισροή ποτάμιων υδάτων¹³ και η είσοδος θαλάσσιων μαζών από το ανοιχτό πέλαγος επηρεάζουν σημαντικά τις φυσικοχημικές και οικολογικές λειτουργίες του κόλπου. Ωστόσο, τα σοβαρά ανθρωπογενή ρυπαντικά φορτία που

⁹ Ξεκινώντας από δυτικά και κινούμενοι κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

¹⁰ Ο όρμος και ο κόλπος της Θεσσαλονίκης αποτελούν τον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο.

¹¹ Βρίσκεται στην περιοχή της Όσσας.

¹² Πρόκειται για περιοχές με βάθος μικρότερο των 5 μέτρων.

¹³ Στον Θερμαϊκό κόλπο εκβάλλουν οι ποταμοί Αλιάκμονας, Αξιός, Γαλλικός και Λουδίας καθώς και αρκετοί μικρότεροι όπως ο Ανθεμούνας και ο Δενδροπόταμος.

δέχεται κατά τόπους, διαταράζουν εμφανώς τη φυσική λειτουργία του συστήματος σε αρκετές τοποθεσίες¹⁴ (Σταμέλος & Γεωργιάδης, 2002).

Η ακτογραμμή στην ανατολική και στη δυτική απόληξη του κόλπου είναι ήπια λοφώδης.¹⁵ Χαρακτηρίζεται από εναλλαγές αμμώδους και βραχώδους ακτής. Είναι τελείως επίπεδη στο μυχό του όρμου και στο βορειοδυτικό τμήμα του κόλπου,¹⁶ που ταυτίζεται με τις εκβολές των ποταμών (Φάμελλος, Κρεστενίτης, & Γεωργιάδης, 2006).

Τέλος, πρέπει να καθοριστεί η επίδραση της παλίρροιας στον Θερμαϊκό κόλπο. Η αστρονομική παλίρροια δεν υπερβαίνει τα 30 εκατοστά. Συμφωνεί με τον μέσο όρο του εύρους της κάθετης διακύμανσης της θαλάσσιας στάθμης, που ισχύει για τον ελληνικό χώρο και επομένως δεν γίνεται αντιληπτή. Ως αστρονομική χαρακτηρίζεται η παλίρροια, η οποία προκαλείται από την αλληλεπίδραση των ελκτικών και βαρυτικών δυνάμεων της γης, της σελήνης και του ήλιου. Επιπλέον μη αστρονομικοί παράγοντες που καθορίζουν αυτό το είδος παλίρροιας είναι η μορφολογία των αβαθών παράκτιων περιοχών, το τοπικό βάθος του νερού στη θαλάσσια λεκάνη καθώς και άλλες υδρογραφικές επιδράσεις. Ωστόσο, σε περιοχές με μικρό παλιρροιακό εύρος, όπως είναι η Ελλάδα, οι μετεωρολογικοί παράγοντες μπορεί να έχουν διπλάσια ή τριπλάσια επίδραση από ότι η αστρονομική παλίρροια (Αλμπανάκης, 2007).

2.2 Η γεωμορφολογία του κόλπου στην αρχαιότητα

Η γεωμορφολογία του Θερμαϊκού καθορίστηκε από τρεις βασικούς παράγοντες. Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, η επίδραση των ποταμών και η ανθρώπινη επέμβαση διαμορφώνουν τα χαρακτηριστικά του κόλπου. Πριν 25.000 χρόνια ο Θερμαϊκός στη μεγαλύτερη του έκταση ήταν στεριά. Η στάθμη της θάλασσας ήταν στη σημερινή ισοβαθή των 120-150 μέτρων. Η ακτογραμμή του κόλπου ήταν το τόξο,

¹⁴ Ενδεικτικά αναφέρονται η περιοχή της Σίνδου στο βορειοδυτικό τμήμα του εσωτερικού κόλπου, όπου βρίσκεται η Βιομηχανική Περιοχή της Θεσσαλονίκης, καθώς και το βορειοανατολικό τμήμα του όπου εκτείνεται το πολεοδομικό συγκρότημα των δήμων που αποτελούν την πόλη της Θεσσαλονίκης.

¹⁵ Η συγκεκριμένη περιοχή περιλαμβάνει την Επανομή μέχρι την Περαιά, την Καλαμαριά και από τη Μεθώνη μέχρι το Κίτρος.

¹⁶ Περιλαμβάνει την περιοχή από Θεσσαλονίκη μέχρι Αγαθούπολη.

που ενώνει το σημερινό Ποσειδί στην Κασσάνδρα και το Κόκκινο Νερό, νότια από τις εκβολές του Πηνειού (Ghilardi, Kunesch, Styllas, & Fouache, 2007).

Η ανύψωση της στάθμης των θάλασσας, η οποία οφείλεται στην τήξη των παγετώνων του Ολόκαινου, άρχισε να πραγματοποιείται πριν από περίπου 18.000 χρόνια. Το δεσμευμένο στους παγετώνες νερό επέστρεψε στη θάλασσα με αποτέλεσμα αυτή να εισχωρήσει προς τα βόρεια, κατακλύζοντας το βύθισμα του Θερμαϊκού και όλη την πεδινή περιοχή της λεκάνης Θεσσαλονίκης και Γιαννιτσών μέχρι βορειότερα στις παρυφές των ορεινών όγκων (Poulos, Chronis, Collins, & Lykousis, 2000). Η Πέλλα και Σκύδρα ήταν παραθαλάσσιες περιοχές κατά τον 5^ο αιώνα π.Χ., ενώ η σημερινή απόσταση της Πέλλας από την ακτή είναι 30 χιλιόμετρα βορειοδυτικά (Ghilardi, Kunesch, Styllas, & Fouache, 2007). Η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας που συντελέστηκε κατά τη συγκεκριμένη περίοδο, εκτιμάται στα 120 μέτρα, ενώ τον 5^ο αιώνα π.Χ. η στάθμη του επιπέδου της θάλασσας ήταν 4 μέτρα χαμηλότερη από τη σημερινή (Fairbanks, 1989). Επιπλέον, η επίδραση των θαλάσσιων κυμάτων διαμόρφωσε σε σημαντικό βαθμό την ακτογραμμή του κόλπου. Ο βαθμός διάβρωσης εξαρτάται από τα ιδιαίτερα γεωλογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής.¹⁷

Ωστόσο, προβληματισμό δημιουργεί το γεγονός ότι ενώ η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει, ο Θερμαϊκός κόλπος περιορίζεται σε έκταση κατά τα τελευταία 2.500 χρόνια. Η εξήγηση δίνεται από την επίδραση των ποταμών, οι οποίοι εκβάλλουν στον κόλπο και καθορίζουν τη μορφή του. Ιστορικά στοιχεία τα οποία χρονολογούνται από τον 5^ο αιώνα π.Χ., υποδηλώνουν ταχεία εξέλιξη του δελταϊκού συστήματος των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Γαλλικού επηρεάζοντας τον κόλπο της Θεσσαλονίκης. Από ευρεία θαλάσσια περιοχή, περιορίστηκε σε λιμνοθάλασσα με υφάλμυρο νερό τον 1^ο αιώνα π.Χ. ενώ μετράπηκε τον 5^ο αιώνα μ.Χ. από έλος σε λίμνη Λουδία¹⁸ (Poulos, Chronis, Collins, & Lykousis, 2000).

Η επέμβαση του ανθρώπου είναι καθοριστική το 1900, οπότε αποξηράνθηκε η λίμνη Λουδία και αποδόθηκε στη γεωργία. Τότε διανοίχτηκε και ένα τεχνητό κανάλι, το οποίο μεταφέρει τα νερά στον Θερμαϊκό και αποτελεί τον σημερινό ποταμό Λουδία. Παράλληλα, ο ποταμός Μονεγλίτσας εκτράπηκε και πέφτει πια στην κοίτη του Αλιάκμονα (Γιαννάκης, 2010). Στον Αλιάκμονα κατασκευάστηκαν φράγματα, τα

¹⁷ Οι πληροφορίες μας δόθηκαν από τον αναπληρωτή καθηγητή κύριο Αλμπανάκη Κ., διευθυντή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (προσωπική επικοινωνία, Οκτώβριος 8, 2013).

¹⁸ Ονομάζεται και λίμνη των Γιαννιτσών.

οποία σε συνδυασμό με τη μείωση της παροχής νερού και των φερτών υλικών από τους ποταμούς, περιόρισαν την ανάπτυξη του δελταϊκού συστήματος. Συνεπώς, η ανθρώπινη επέμβαση επηρέασε τη μορφολογία του Θερμαϊκού σε σημαντικό βαθμό.

2.3 Οι ιστορικές πόλεις στον κόλπο

Οι ιστορικές πηγές μας παρέχουν πληροφορίες για τις πόλεις οι οποίες ήταν εγκατεστημένες στον Θερμαϊκό κόλπο. Ο Ηρόδοτος περιγράφει στο έβδομο βιβλίο του, που ονομάζεται Πολύμνια, την πορεία του Ξέρξη κατά τη διάρκεια των δεύτερων Περσικών Πολέμων.¹⁹ Κατονομάζει με τη σειρά τις παραθαλάσσιες πόλεις της Χαλκιδικής και του Θερμαϊκού, από τις οποίες πέρασε ο περσικός στόλος για να συναντηθεί με τον υπόλοιπο στρατό στην πόλη της Θέρμης.

Ξεκινώντας από το νοτιοδυτικό άκρο της χερσονήσου της Παλλήνης,²⁰ ήταν χτισμένη η Σκιώνη (Ηροδότου Ιστορία VII, 123· Σκύλαξ Περίπλους, 66). Η θέση²¹ της έχει εντοπιστεί με ασφάλεια 3 χιλιόμετρα νοτιοανατολικά της Νέας Σκιώνης στο ύψωμα Μύτικας (Σασάνη, 2008). Αποτελεί την αρχαιότερη πόλη της Παλλήνης. Ιδρύθηκε από τους Πελληνείς κατά την επιστροφή τους προς την Πελοπόννησο, μετά το τέλος του τρωικού πολέμου. Συγκεκριμένα, παρασύρθηκαν από τρικυμία στην περιοχή και αναγκάστηκαν να προσαράξουν. Το αποτέλεσμα ήταν οι Πελληνείς να εγκατασταθούν στην Παλλήνη και να ιδρύσουν τη Σκιώνη (Θουκυδίδου Ιστορία Δ, 120).

Βορειοδυτικά της Σκιώνης ήταν η πόλη Μένδη²² (Ηροδότου Ιστορία VII, 123). Ιδρύθηκε από Ερετριείς αποίκους κατά τον 8^ο αιώνα π.Χ., χωρίς να είναι γνωστή η χρονολογία. Η θέση της αρχαίας Μένδης στην περιοχή της Καλάνδρας ταυτίστηκε από τον Leake τον 19^ο αιώνα. Ο κυρίως αρχαιολογικός χώρος εντοπίζεται στο επίπεδο πλάτωμα και τις πλαγιές ενός πευκόφυτου λόφου με ομαλή κατάληξη στη θάλασσα. Το ιερό της αρχαίας πόλης βρίσκεται 4 χιλιόμετρα δυτικά της Μένδης στο αμμώδες και επίπεδο ακρωτήρι Ποσειδί. Γνώρισε μεγάλη οικονομική άνθηση ήδη

¹⁹ Έγιναν το 480 - 479 π.Χ. Οι πρώτοι Περσικοί Πόλεμοι έγιναν την περίοδο 492 - 490 π.Χ. (Κατσουλάκος, Κοκκορού-Αλευρά & Σκουλάτος, 2006).

²⁰ Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι η προηγούμενη ονομασία της Παλλήνης ήταν η Φλέγρα (Ηροδότου Ιστορία VII, 123).

²¹ Η θέση της αρχαίας πόλης ταυτίστηκε από τον B. D. Merrit (Merrit, 1923).

²² Οφείλει το όνομά της στο φυτό μίνθη, το οποίο είναι ένα είδος μέντας, που φύεται ακόμα στην περιοχή (Βοκοτοπούλου, 2001).

από τις αρχές του 6^{ου} αιώνα π.Χ.. Επιβεβαιώνεται από τη μεγάλη κυκλοφορία των νομισμάτων της και οφείλεται κυρίως στις εξαγωγές του περίφημου «Μενδαίου οίνου» (Βοκοτοπούλου, 2001).

Η επόμενη πόλη που στη δυτική Παλλήνη και βόρεια της Μένδης ήταν η Σάνη (Ηροδότου Ιστορία VII, 123). Η θέση της αρχαίας πόλης δεν έχει ταυτιστεί με βεβαιότητα. Οι παλαιότεροι ερευνητές την αναζητούσαν στον όρμο της Μεγάλης Κύψας. Ωστόσο, κατά την ανέγερση ξενοδοχειακού συγκροτήματος βόρεια του όρμου, στο ακρωτήριο του Αγίου Γεωργίου, ήρθε στο φως μία σημαντική αρχαιολογική θέση, η οποία πιθανώς να ταυτίζεται με την αρχαία Σάνη. Το ακρωτήριο βρίσκεται ανάμεσα στη Μένδη και στην Ποτίδαια. Συγκεκριμένα απέχει 17 και 10 χιλιόμετρα αντίστοιχα. Οι πληροφορίες που διαθέτουμε για τη Σάνη είναι περιορισμένες και δεν πρέπει να συγχέονται με την ομώνυμη πόλη της Ακτής. Σύμφωνα με μαρτυρία του Στράβωνα η πόλη πιθανόν να ήταν αποικία των Ερετριέων, χωρίς να ορίζεται η χρονολογία της ίδρυσής της (Σασάνη, 2008).

Βόρεια της Ποτίδαιας²³ και της χερσονήσου της Παλλήνης υπήρχαν με τη σειρά οι αρχαίες πόλεις Λίπαξος,²⁴ Κώμβρεια, Αίσα, Γίγωνος,²⁵ Κάμψα, Σμίλα και Αίνεια. Ήταν χτισμένες κατά μήκος του Θερμαϊκού και αποτελούσαν την περιοχή Κροσσαίη (Ηροδότου Ιστορία VII, 123). Πρόκειται για το βορειοδυτικό παραθαλάσσιο τμήμα της Χαλκιδικής. Για τις περισσότερες δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες. Ωστόσο, η πόλη της Αίνειας ταυτίζεται με βεβαιότητα από τις πηγές και σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά δεδομένα εντοπίζεται η θέση της στην παράλια τραπεζόσχημη τούμπα «Γάμπια». Πρόκειται για την περιοχή νότια του ακρωτηρίου Μεγάλο Έμβολο ή Καραμπουρνού και σε απόσταση 2,5 χιλιομέτρων βορειοδυτικά από τη Νέα Μηχανιάνα.

Βορειοανατολικά της Αίνειας δηλώνεται η Θέρμη. Η πόλη της Θέρμης βρίσκεται στην περιοχή της σημερινής πόλης της Θεσσαλονίκης. Από τη Θέρμη ο κόλπος απέκτησε την ονομασία του ως Θερμαίος, ενώ αργότερα αποκτά τη σημερινή του ονομασία. Ο Ηρόδοτος αναφέρει τις πόλεις Σίνδο, Χαλέστρη, Ίχναι και Πέλλα (Ηροδότου Ιστορία VII, 123). Πρόκειται για τις σημερινές πόλεις της Σίνδου και της Χαλάστρας οι οποίες βρίσκονται πλησίον της ακτογραμμής του Θερμαϊκού. Ωστόσο, η αρχαία πόλη Ίχναι προσδιορίζεται στην περιοχή ανάμεσα στη σημερινή Χαλκηδόνα

²³ Θα ακολουθήσει αναλυτική περιγραφή της Ποτίδαιας (βλέπε ενότητα 2.4).

²⁴ Εντοπίζεται στην περιοχή της σημερινής παραλίας Διονυσίου.

²⁵ Εντοπίζεται στην περιοχή της σημερινής Καλλικράτειας.

και Κουφάλια. Τόσο η Πέλλα όσο και η αρχαία Ίγναι περιγράφονται από τις πηγές ως παραθαλάσσιες, ενώ σήμερα απέχουν περίπου 30 χιλιόμετρα από την ακτογραμμή.

Η Πέλλα ήταν μία μικρή πόλη, η οποία εξελίχθηκε σε σημαντικό πολιτικό, οικονομικό και πολιτιστικό κέντρο όλης της Ελλάδας, αφού έγινε η πρωτεύουσα του μακεδονικού κράτους, αντικαθιστώντας τις Αιγές. Τα εύφορα εδάφη στην ενδοχώρα της και το στρατηγικό σημείο όπου ήταν χτισμένη, στην ακτή του Θερμαϊκού κόλπου, συνετέλεσαν στην επιλογή της ως πρωτεύουσα. Αναπτύχθηκε το εμπόριο λόγω της εύκολης πρόσβασης σε όλες τις κατευθύνσεις (Λιλιμπάκη-Ακαμάτη, χ.χ.). Η πρώτη αναφορά για την Πέλλα δίνεται από τον Ηρόδοτο (Ηροδότου Ιστορίαι VII, 123). Οι προσχώσεις των ποταμών Λουδία, Αλιάκμονα και Αξιού αναδιαμόρφωσαν την περιοχή στο πέρασμα των αιώνων και έπειτα από την αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών η Πέλλα απέχει αρκετά χιλιόμετρα από την ακτή του Θερμαϊκού κόλπου (Λιλιμπάκη-Ακαμάτη, χ.χ.).

Οι Αιγές²⁶ βρίσκονται στη νότια άκρη του μακεδονικού κάμπου στους πρόποδες των Πιερίων, νότια του Αλιάκμονα. Αποτελεί το πρώτο μακεδονικό αστικό κέντρο. Ο ποταμός παρείχε φυσική οχύρωση για τους κινδύνους, οι οποίοι προέρχονταν από τον βορρά. Ταυτόχρονα, παρείχε άμεση πρόσβαση προς τη θάλασσα, η οποία ήταν σε πολύ κοντινή απόσταση. Στο σημείο όπου βρίσκονταν η πόλη, συναντιόταν ο κύριος οδικός άξονας που συνέδεε τη λεκάνη της Μακεδονίας με τη νότια Ελλάδα. Η πρώτη εγκατάσταση έγινε στον κάμπο κατά την 3^η χιλιετία π.Χ., ωστόσο στο τέλος της εποχής του χαλκού ο οικισμός μετακινήθηκε προς τις υπώρειες του βουνού. Τον 6^ο και 5^ο αιώνα π.Χ. οι Αιγές βρίσκονται σε περίοδο μεγάλης ακμής και αυτό ανιχνεύεται μέσα από τα εντυπωσιακά ευρήματα της νεκρόπολης²⁷ (Κοτταρίδη, χ.χ.).

Στα βορειοανατολικά παράλια της Πιερίας ήταν η αρχαία Μεθώνη. Η πόλη της Μεθώνης φέρεται να ήταν απομακρυσμένη από το λιμάνι της και η θέση της εντοπίζεται στην περιοχή, που εκτείνεται βόρεια του νεκροταφείου της σημερινής Νέας Αγαθούπολης και νότια από τις εκβολές του Αλιάκμονα. Από τα βόρεια και τα ανατολικά, βρέχονταν από τον Θερμαϊκό κόλπο. Το λιμάνι τοποθετείται σε βαθύ όρμο στη βόρεια πλευρά και θεωρούταν ως το ασφαλέστερο της Πιερίας, αφού παρείχε προστασία από τους δυνατούς βορειούς και τους νότιους ανέμους του κόλπου. Η ίδρυση της Μεθώνης φέρεται να έγινε κατά τα μέσα του 9^{ου} και 8^{ου} αιώνα π.Χ., ενώ

²⁶ Ο Ηρόδοτος αναφέρεται στις Αιγές με τον όρο «Μακεδονίς γη» (Κοτταρίδη, χ.χ.).

²⁷ Πρόκειται για αχανές νεκροταφείο με εκατοντάδες τύμβους, το οποίο απλώνεται σε έκταση πολλών εκατοντάδων στρεμμάτων (Κοτταρίδη, χ.χ.).

ακολούθησε η εγκατάσταση στην περιοχή και των Ερετριών αποίκων, οι οποίοι είχαν εκδιωχθεί νωρίτερα από την Κέρκυρα, από τους Κορίνθιους (Μπέσιος, Τζιφόπουλος & Κοτσώνας, 2012).

Νοτιότερα εντοπίζεται η αρχαία πόλη Πύδνα. Προσδιορίζεται δύο χιλιόμετρα νότια του σύγχρονου οικισμού Μακρυγιάλου. Διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην ιστορία της Μακεδονίας, χάρη στο λιμάνι και στη στρατηγική της θέση. Από επιφανειακά ευρήματα στην προϊστορική τούμπα, η οποία διαβρώθηκε στο μεγαλύτερο τμήμα της από τη θάλασσα, χρονολογείται στην Ύστερη Εποχή του Χαλκού. Είναι πολύ πιθανό όμως, η κατοίκηση να ξεκίνησε από την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού. Αξίζει να σημειωθεί ότι ανάμεσα στη Μεθώνη και στην Πύδνα στη θέση «Κούτσουρο» εντοπίστηκε οικισμός, ο οποίος διαβρώθηκε στο μεγαλύτερο τμήμα του κι αυτός, από την επίδραση της θάλασσας (Μπέσιος, 1997).

2.4 Η αρχαία Ποτίδαια

Η πόλη της αρχαίας Ποτίδαιας έχει προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια από τις ιστορικές πηγές. Βρισκόταν στο μέσον του ισθμού της χερσονήσου της Παλλήνης, στο βορειότερο σημείο της (Θουκυδίδου Ιστορία Α, 56· Σκύλαξ Περίπλους, 66). Ιδρύθηκε από τους Κορίνθιους το 600 π.Χ. και ο οικιστής της φερεται να ήταν ο Ευαγόρας, ο γιος του Περίανδρου, σύμφωνα με τον Νικόλαο Δαμασκηνό (Σασάνη, 2008). Το όνομά της το πήρε προς τιμήν του Ποσειδώνα, ενώ υπήρχε και ναός με το άγαλμά του στα προάστια της πόλης. Η θέση της Ποτίδαιας θεωρείται στρατηγική, αφού ήλεγχε το εμπόριο μεταξύ των πόλεων της Παλλήνης και της υπόλοιπης Χαλκιδικής (Alexander, 1963).

Ανατολικά βρέχεται από τον Τορωναίο κόλπο και διακρίνεται η χερσόνησος της Σιθωνίας, ενώ με κατάλληλες καιρικές συνθήκες διακρίνεται και ο Άθως. Δυτικά βρέχεται από τον Θερμαϊκό και διακρίνεται ο Όλυμπος και η Όσσα. Διέθετε λιμάνι στη δυτική ακτή, ενώ υπάρχει το ενδεχόμενο παρουσίας και δεύτερου, στην ανατολική ακτή. Στο βόρειο και στο νότιο τμήμα της υπήρχε ισχυρή οχύρωση από τείχη, τα οποία ένωναν τις δύο ακτές. Εκτείνονταν παράλληλα το ένα σε σχέση με το άλλο, τηρώντας απόσταση 900 μέτρων (Alexander, 1963). Το ακριβές μήκος των

τειχών δεν είναι γνωστό,²⁸ εξαιτίας της αλλοίωσης η οποία συντελέστηκε στις ακτές. Ταυτόχρονα, απέκοπταν την πρόσβαση από και προς την Παλλήνη. Το 1935 ξεκίνησαν οι εργασίες διάνοιξης της διώρυγας και ολοκληρώθηκαν το 1937. Το μήκος της διώρυγας είναι 1.200 μέτρα²⁹ (Alexander, 1963). Ο χώρος στον οποίο εκτείνονταν η πόλη ορίζεται στην περιοχή εντός των τειχών και μεταξύ των δύο ακτών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η δυτική πλευρά της Ποτίδαιας διέθετε φυσική οχύρωση σε δύο επίπεδα. Αφενός, το θαλάσσιο μέτωπο περιόριζε πιθανούς εισβολείς μόνο από τη θάλασσα. Αφετέρου, τα απόκρημνα βράχια³⁰ τα οποία εκτείνονται σχεδόν³¹ σε όλο το μήκος της ακτής και διαθέτουν περιορισμένο πλατος ακτής, αποτρέπουν οποιαδήποτε εισβολή από τα δυτικά. Μάλιστα, εκτείνονται σε απόσταση περίπου 10 χιλιομέτρων εκατέρωθεν³² της Ποτίδαιας. Ωστόσο, στη μεριά του Τορωναίου η ακτή έχει αισθητά μεγαλύτερο πλάτος, η οποία καταλήγει σε δυσπρόσιτη πλαγιά.

Οι πληροφορίες για την αρχαία πόλη είναι περιορισμένες, αφού η σημερινή Ποτίδαια είναι χτισμένη πάνω σε αυτήν, με αποτέλεσμα να χαθούν πολλά στοιχεία. Οι ανασκαφές που πραγματοποιούνται είναι κυρίως σωστικού χαρακτήρα και όχι συστηματικές. Οι ανασκαφικές έρευνες ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1950 σε περιορισμένη κλίμακα και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Οι περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την αρχαϊκή και κλασική Ποτίδαια μας παρέχονται από τις ιστορικές πηγές (Σασάνη, 2008).

Ο Κάσσανδρος ιδρύει στη θέση της αρχαίας πόλης την Κασσάνδρεια. Η ελληνιστική πόλη είναι διπλασια σε έκταση, σε σχέση με την αρχαϊκή. Σε ανασκαφικές έρευνες στο οικόπεδο Πεχλιβανίδη³³ ήρθαν στο φως δύο κτίρια σχήματος Γ, τα οποία χρονολογούνται την περίοδο ίδρυσης της Κασσάνδρειας και διαπιστώθηκε ότι εφαρμόστηκε το «ιπποδάμειο» σύστημα. Η ενίσχυση του εμπορίου μετέβαλε καθοριστικά την περιοχή και κατέστησε την πόλη σε σημαντικό εμπορικό σταυροδρόμι, ενώ φαίνεται να διέθετε και ναυπηγεία. Η θέση του ελληνιστικού λιμανιού αγνοείται, αφού η διάνοιξη της διώρυγας κάλυψε τα τεκμήρια. Τέλος να

²⁸ Το σημερινό διατείχισμα ανήκει στη βυζαντινή και στη μεσαιωνική περίοδο.

²⁹ Η διεύθυνση της διώρυγας είναι Α-Δ και ουσιαστικά αποκόπτει τη χερσαία σύνδεση της Παλλήνης από την υπόλοιπη Χαλκιδική.

³⁰ Είναι χαρακτηριστικό το κεραμιδί χρώμα, λόγω της σύνθεσής τους.

³¹ Στα σημεία όπου καταλήγουν τα τείχη στη θάλασσα, η πρόσβαση ήταν ομαλή.

³² Εκτείνονται κατά διαστήματα, βόρεια προς τα σημερινά Νέα Μουδανιά και νότια προς το ακρωτήριο του Αγίου Γεωργίου (Σάνη).

³³ Βρίσκεται στον νότιο τμήμα της σημερινής Νέας Ποτίδαιας.

σημειωθεί ότι η απόσταση ανάμεσα στα τείχη αυξήθηκε στα 3 χιλιόμετρα περίπου (Alexander, 1963).

Κεφάλαιο 3: Ιστορικές αναφορές και αρχαιολογική έρευνα

Το επόμενο μέρος της έρευνας είχε ως στόχο τη διερεύνηση των ιστορικών αναφορών και των αρχαιολογικών δεδομένων τα οποία σχετίζονται με το φυσικό φαινόμενο που αναφέρει ο Ηρόδοτος. Η κατανόηση του ιστορικού πλαισίου βοηθάει τον παραγωγό να οργανώσει το περιεχόμενο της τρισδιάστατης αναπαράστασης. Ο χρήστης της ψηφιακής εφαρμογής θα έχει τη δυνατότητα να γνωρίσει τα ιστορικά γεγονότα.

3.1 Το ιστορικό πλαίσιο

Το ιστορικό γεγονός, στο οποίο αναφέρεται η ψηφιακή εφαρμογή, έλαβε χώρα κατά το μεσοδιάστημα της Ναυμαχίας της Σαλαμίνας και της Μάχης των Πλαταιών. Η ήττα που υπέστησαν οι Πέρσες στη Σαλαμίνα, ανάγκασε τον Ξέρξη να αποχωρήσει από τον ελλαδικό χώρο, αφήνοντας πίσω τον στρατηγό του Μαρδόνιο ως διοικητή των ελληνικών περιοχών, που είχε κατακτήσει. Ο Αρτάβαζος συνόδευσε τιμητικά τιμητικά τον βασιλιά του μέχρι τον Εύξεινο Πόντο, με 60.000 άντρες τους οποίους επέλεξε ο Μαρδόνιος (Ηροδότου Ιστορία VIII, 126.1).

Ο Μαρδόνιος αποσύρθηκε στη Θεσσαλία και στη Μακεδονία, όπου σκόπευε να ξεχειμωνιάσει και δίχως βιασύνη να ανασυγκροτήσει τον στρατό του. Ο Ξέρξης βρισκόταν πλέον στην Ασία, ενώ ο Αρτάβαζος κινήθηκε προς την Παλλήνη. Σκοπός του ήταν η καταστολή της επανάστασης των Ποτιδαιατών. Οι κάτοικοι της Ποτίδαιας και των υπόλοιπων πόλεων της χερσονήσου, αφού πληροφορήθηκαν για την έκβαση της Ναυμαχίας της Σαλαμίνας και την αποχώρηση του Ξέρξη καθώς και του περσικού στόλου, εξεγέρθηκαν εναντίον των Περσών, στους οποίους ήταν υποτελείς (Ηροδότου Ιστορία VIII, 126.2-3).

Ο Αρτάβαζος πολιορκήσε την πόλη της Ποτίδαιας. Ωστόσο, επειδή είχε την υποψία ότι και η γειτονική πόλη της Ολύνθου³⁴ θα επαναστατούσε εναντίον του

³⁴ Η σημερινή Όλυνθος βρίσκεται ΒΒΑ της Ποτίδαιας και απέχουν σε ευθεία γραμμή 10 χιλιόμετρα περίπου. Η αρχαία πόλη της Ολύνθου βρίσκεται σε απόσταση 1 χιλιομέτρου ανατολικά από τη

βασιλιά του, την πολιορκήσε κι αυτήν. Την Όλυνθο την κατείχαν οι Βοττιαίοι, οι οποίοι εκδιώχθηκαν από τον Θερμαϊκό κόλπο,³⁵ από τους Μακεδόνες. Η άλωση της πόλης δεν άργησε να έρθει και ο Αρτάβαζος κατέσφαξε τους Ολύνθιους σε παρακείμενη λίμνη. Παρέδωσε την πόλη στον Κριτόβουλο τον Τορωναίο και έτσι περιήλθε η Όλυνθος στους Χαλκιδείς (Ηροδότου Ιστορία VIII, 127).

Η λίμνη την οποία αναφέρει ο Ηρόδοτος ως τόπο σφαγής των Ολύνθιων, πιθανόν να είναι η σημερινή περιοχή της λιμνοθάλασσας του Αγίου Μάμα. Πρόκειται για την περιοχή, που βρίσκεται ανάμεσα στην Όλυνθο και την Ποτίδαια. Συγκεκριμένα, το νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας απέχει περίπου δύο χιλιόμετρα από την Ποτίδαια, ενώ το βόρειο τμήμα της απέχει περίπου 6 χιλιόμετρα από την τοποθεσία της αρχαίας Ολύνθου. Ενδεχομένως να επέλεξε τη συγκεκριμένη τοποθεσία ο Αρτάβαζος για να κάμψει το ηθικό των Ποτιδαιατών και των συμμάχων τους από την υπόλοιπη Παλλήνη, οι οποίοι αντιστέκονταν στην πολιορκία της Ποτίδαιας.

3.2 Ο Ηρόδοτος για το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

Η πολιορκία της Ποτίδαιας έληξε έπειτα από τρεις μήνες, με την υποχώρηση των στρατευμάτων του Αρτάβαζου. Αυτό δεν συνέβη εξαιτίας ήττας σε μάχη. Ο λόγος της υποχώρησης των Περσών ήταν ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο έλαβε χώρα στη δυτική ακτή της πόλης της Ποτίδαιας. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε άμπωτη,³⁶ η οποία διήρκεσε για μεγάλο χρονικό διάστημα. Βλέποντας οι Πέρσες τη θαλάσσια περιοχή πλησίον της ακτής να μετατρέπεται σε τέναγος, βρήκαν την ευκαιρία να κατευθυνθούν προς την Παλλήνη (Ηροδότου Ιστορία VIII, 129.1).

Έχοντας διανύσει ο περσικός στρατός τα 2/5 της απόστασης από τα βόρεια προς τα νότια τείχη και ενώ υπολείπονταν τα 3/5 για να εισέλθουν στη χερσόνησο της Παλλήνης,³⁷ επήλθε μεγάλη πλημμυρίδα της θάλασσας. Μάλιστα, οι ντόπιοι δεν είχαν ξαναδεί παρόμοια πλημμυρίδα, η οποία ήταν πολλαπλή. Το αποτέλεσμα ήταν

σημερινή πόλη και ήταν χτισμένη σε υψίπεδο. Υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ Ποτίδαιας και Ολύνθου, αφού δεν παρεμβάλλεται κανένα φυσικό εμπόδιο.

³⁵ Ο Ηρόδοτος αναφέρεται στον Θερμαϊκό με τον όρο Θερμαίο.

³⁶ Το φαινόμενο της παλίρροιας περιγράφεται γενικά από δύο καταστάσεις: την άμπωτη και την πλημμυρίδα. Η μεν άμπωτη προσδιορίζει την κάθοδο της στάθμης του νερού, η δε πλημμυρίδα προσδιορίζει την άνοδο της στάθμης των υδάτων (Αλμπανάκης, 2007).

³⁷ Δηλαδή για να εισέλθουν σε χερσαία περιοχή νότια από το νότιο τείχος της Ποτίδαιας.

να πνιγούν, όσοι από τους Πέρσες δεν γνώριζαν κολύμπι. Οι υπόλοιποι σφαγιαστήκαν από τους Ποτιδαιάτες, οι οποίοι τους προσέγγισαν με τα πλοία τους (Ηροδότου Ιστορίαι VIII, 129.2).

Ο Ηρόδοτος δεν διευκρινίζει εάν η άμπωτη σημειώθηκε στον Τορωναίο ή στον Θερμαϊκό κόλπο. Συνεπώς, δεν παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη μεριά από την οποία επιχειρήθηκε η διέλευση των Περσών. Ωστόσο, ο Θουκυδίδης περιγράφοντας τα γεγονότα της αποστασίας της Ποτίδαιας από την Αθηναϊκή συμμαχία το 432 π.Χ., αναφέρει την περίπτωση του Αριστέα³⁸ (Θουκυδίδου Ιστορίαι Α, 60-63). Περιγράφει τον τρόπο, με τον οποίο οδήγησε τον στρατό του στην πόλη της Ποτίδαιας, έπειτα από υποχώρηση από το πεδίο της μάχης,³⁹ που γινόταν έξω από τα βόρεια τείχη της. Συγκεκριμένα, αφού σύμπτυξε τον στρατό του σε φάλαγγα όσο το δυνατόν πυκνότερα, κατόρθωσε να εισέλθει στην πόλη από τον κυματοθραύστη, ο οποίος υπήρχε μπροστά από το προς τη θάλασσα τείχος. Το πέτυχε με δυσκολία υπό βροχή βλημάτων, σώζοντας τους περισσότερους άντρες του (Θουκυδίδου Ιστορίαι Α, 63).

Ο κυματοθραύστης χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την προστασία λιμενικών εγκαταστάσεων. Στην περίπτωση της Ποτίδαιας, πρέπει να διευκρινιστεί σε ποιον από τους δύο κόλπους υπήρχε λιμάνι. Την απάντηση τη δίνει πάλι ο Θουκυδίδης, περιγράφοντας την εκστρατεία του στόλου⁴⁰ των Αθηναίων από το λιμάνι της Ποτίδαιας εναντίον της Μένδης και της Σκιώνης. Προσέγγισαν το Ποσειδώνιο⁴¹ και από εκεί βάδισαν εναντίον των Μενδαίων (Θουκυδίδου Ιστορίαι Δ, 129). Συνεπώς, το λιμάνι με τον κυματοθραύστη ήταν στη δυτική ακτή της Ποτίδαιας στον Θερμαϊκό κόλπο. Από εκεί πιθανότατα, εξόρμησαν με τα πλοία τους ο Ποτιδαιάτες και ολοκλήρωσαν τη συντριβή του περσικού στρατού.

Εφόσον ο Αριστέας κατάφερε να οδηγήσει τους άντρες του από το συγκεκριμένο σημείο, θα μπορούσε και ο Αρτάβαζος να κατευθύνει τον πολυπληθή στρατό από τα δυτικά. Μάλιστα, είχε ως σύμμαχο τη χαμηλή στάθμη της θάλασσας εξαιτίας της άμπωτης, που περιέγραψε ο Ηρόδοτος. Η στρατηγική την οποία μάλλον ακολούθησε ο Αρτάβαζος ήταν να πολιορκήσει την Ποτίδαια και από τη νότια πλευρά,

³⁸ Ο Αριστέας ο Κορίνθιος ήταν γιος του Αδεμάντου. Ήταν ο αρχηγός των Κορίνθιων εθελοντών και των Πελοποννήσιων μισθοφόρων (1.600 οπλίτες και 400 ελαφρά οπλισμένοι στρατιώτες), οι οποίοι έσπευσαν στην Ποτίδαια για να την ενισχύσουν, κατά την αποστασία της από την Αθηναϊκή Συμμαχία (Θουκυδίδου Ιστορίαι Α, 60).

³⁹ Πρόκειται για τη μάχη των Αθηναίων ενάντια στους Πελοποννήσιους και τους Ποτιδαιάτες. Οι Αθηναίοι είχαν στρατηγό τον Καλλία ενώ ο αρχηγός της πεζής δύναμης των συμμάχων ήταν ο Αριστέας και του ιππικού ο Περδίκκας (Θουκυδίδου Ιστορίαι Α, 63).

⁴⁰ Ο αριθμός των πλοίων προσδιορίζεται σε 50 (Θουκυδίδου Ιστορίαι Δ, 129).

⁴¹ Πρόκειται για το Ποσειδί όπου ήταν το Ιερό του Ποσειδώνα.

προωθώντας σημαντικό μέρος των δυνάμεών του, ώστε να αποκοπεί κάθε χερσαία βοήθεια. Το γεγονός ότι δεν επιτέθηκε από τα δυτικά, προφανώς δικαιολογείται από τη φυσική οχύρωση που διαθέτει η πόλη, χάρη στα απόκρημνα βράχια κατα μήκος του Θερμαϊκού. Επίσης, απέφυγε ο σατράπης να εισέλθει μέσω του λιμανιού,⁴² ενδεχομένως εξαιτίας του περιορισμένου χώρου. Από τη μία πλευρά, θα περιορίζοταν η διέλευση εξαιτίας του βόρειου τείχους, ενώ από την άλλη υπήρχε ο περιορισμός των βράχων.

Η εξήγηση που έδωσαν οι Ποτιδαιάτες για το φαινόμενο της ακραίας άμπωτης και πλημμυρίδας σχετίζεται με την οργή του Ποσειδώνα εναντίον των Περσών. Οι ίδιοι που πνίγηκαν είχαν βεβηλώσει το ναό και το άγαλμα του θεού, τα οποία ήταν στα προάστια της Ποτίδαιας. Ο Ηρόδοτος συμφωνεί με τη συγκεκριμένη εξήγηση. Επίσης, προσδιορίζει τη λήξη της πολιορκίας της πόλης, με την αποχώρηση των στρατευμάτων που απέμειναν υπό την καθοδήγηση του Αρτάβαζου στη Θεσσαλία, όπου βρισκόταν ο Μαρδόνιος (Ηροδότου Ιστορίαι VIII, 129.3).

Υπάρχουν ελάχιστα αρχαιολογικά ευρήματα, τα οποία αποδίδονται στον ναό του Ποσειδώνα. Βρέθηκαν τρία πάρινα κιονόκρανα δωρικού ρυθμού, μία τρίγλυφος και αρκετά θραύσματα. Τα τρία κιονόκρανα πιθανότατα να ανήκουν στην πρώιμη περίοδο της πόλης. Τα δύο από αυτά βρέθηκαν βόρεια από το μεσαιωνικό τείχος, σε σημείο όπου σήμερα είναι η διώρυγα. Κοντά στα κιονόκρανα βρέθηκε ένα κομμάτι από πωρόλιθο, το οποίο πιθανόν να είναι μετώπη ή στυλοβάτης με σφινγκήτα σε σχήμα «T» (Alexander, 1963). Βόρεια της σημερινής διώρυγας αποκαλύφθηκε ένα μεγάλο δωρικό κιονόκρανο⁴³ αρχαϊκής εποχής, το οποίο αποδίδεται στον ναό (Σισμανίδης, 1989).

Ο περιορισμένος αριθμός αρχαιολογικών ευρημάτων που σχετίζονται με τον ναό του Ποσειδώνα, οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους. Η θέση του ναού πιθανόν να ήταν στην περιοχή από όπου διέρχεται η διώρυγα. Οπότε, κατά τη διάνοιξή της χάθηκαν αρκετά στοιχεία. Το επικρατέστερο σενάριο είναι τα μέρη του ναού να μην βρίσκονται θαμμένα, αλλά να είναι χτισμένα στα Βυζαντινά τείχη καθώς και σε κτίρια του σύγχρονου οικισμού. Μέρη κίωνων φαίνονται εντοιχισμένα στο μεταγενέστερο τείχος (Alexander, 1963). Εξάλλου, διακρίνονται 4 επεμβάσεις επί του αρχαϊκού τείχους. Η πρώτη επέμβαση στα τείχη γίνεται από τον Κάσσανδρο, έπειτα από την καταστροφή της Ποτίδαιας από τον Φίλιππο. Η επόμενη αποκατάσταση των

⁴² Πρόκειται για τη βορειοδυτική Ποτίδαια.

⁴³ Οι διαστάσεις που δίνονται είναι: ύψος 0,53 μέτρα και μήκος άβακα 1,36 μέτρα.

τειχών γίνεται από τον Ιουστινιανό, μετά την καταστροφή της πόλης από τους Ούννους. Ακολουθούν η μεγάλης κλίμακας ανακατασκευή του τείχους με παράλληλη διάνοιξη τάφρου, από τον δεσπότη Θεσσαλονίκης Ιωάννη Ζ΄ Παλαιολόγο. Η τελευταία επέμβαση πραγματοποιήθηκε από τους Βενετούς το 1424, αλλά φαίνεται ότι δεν ολοκληρώθηκε (Alexander, 1963). Έπειτα από επιτόπια έρευνα στη βορειοδυτική Ποτίδαια διαπιστώσαμε ότι τμήμα του βυζαντινού τείχους, που καταλήγει σε πύργο μέσα στη θάλασσα, ήταν χτισμένο πάνω σε προϋπάρχουσα δομή.

3.3 Τα αρχαιολογικά στοιχεία για το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

Έχοντας ως αφετηρία την παραδοχή ότι το φυσικό φαινόμενο που περιέγραψε ο Ηρόδοτος κατά την πολιορκία της Ποτίδαιας από τους Πέρσες τον χειμώνα του 480 προς 479 π.Χ. έγινε στον Θερμαϊκό κόλπο, αναζητήσαμε τα ίχνη του στα αρχαιολογικά ευρήματα των αρχαίων πόλεων του κόλπου.

Ωστόσο, ο αρχαιολόγος της Ποτίδαιας, σε προσωπική μας επικοινωνία δήλωσε ότι δεν έχουν βρεθεί αρχαιολογικά στοιχεία, τα οποία να αποδίδονται σε θαλάσσιο φυσικό φαινόμενο στην περιοχή. Σημείωσε επίσης, ότι τα αρχαιολογικά ευρήματα από την αρχαία πόλη της Ποτίδαιας είναι περιορισμένα διότι η σύγχρονη πόλη είναι χτισμένη πάνω της (Κ. Παπαστάθης, προσωπική επικοινωνία, Αύγουστος 7, 2013). Δεν εντοπίσαμε αρχαιολογικές αναφορές για καταστροφές, οι οποίες να αποδίδονται σε βίαιο θαλάσσιο φαινόμενο.

Σύμφωνα με τον αναπληρωτή καθηγητή Γεωλογίας κύριο Αλμπανάκη, η καταβύθιση που παρατηρείται στις περιοχές του Θερμαϊκού κόλπου αποδίδεται στο φαινόμενο της παγκόσμιας ανόδου του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας (Κ. Αλμπανάκης, προσωπική επικοινωνία, Οκτώβριος 8, 2013).

Κεφάλαιο 4: Γεωλογική και σεισμολογική έρευνα

Στην τρισδιάστατη αναπαράσταση, του παλιρροιακού φαινομένου που περιγράφει ο Ηρόδοτος, θα ενσωματώσουμε την επιστημονική εξήγηση την οποία δίνουν οι ειδικοί. Στόχος μας είναι να παρουσιάσουμε στον χρήστη της εφαρμογής τα ιστορικά γεγονότα της πολιορκίας της Ποτίδαιας, συνδεδεμένα με τα ακριβή γεγονότα που συντελέστηκαν στον Θερμαϊκό κόλπο. Δεδομένου ότι στον κόλπο το φαινόμενο της παλίρροιας είναι περιορισμένο,⁴⁴ η αιτία του φαινομένου θα αναζητηθεί στον χώρο της γεωλογίας και της σεισμολογίας.

4.1 Η σεισμολογία του κόλπου

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μία έντονη σεισμοτεκτονική περιοχή. Βρίσκεται στο όριο σύγκλισης δύο κύριων λιθοσφαιρικών περιοχών, της Αφρικανικής και της Ευρασιατικής. Η συγκεκριμένη περιοχή δέχεται την επίδραση της κατάδυσης της ωκεάνιας λιθοσφαιρικής πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου, κάτω από την Ευρασιατική, η οποία προκαλεί την προς τα δυτικά κίνηση της μικροπλάκας της Ανατολίας, καθώς και της αριστερόστροφης κίνησης της μικροπλάκας της Απουλίας (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998· Papathanassiou & Zenetos, 2005).

Η περιοχή του Βορείου Αιγαίου επηρεάζεται άμεσα από τις παραπάνω επιδράσεις, στον συνδυασμό των οποίων οφείλονται η εξέλιξη και η γεωδυναμική συμπεριφορά της περιοχής. Το πλέον ενδιαφέρον σεισμοτεκτονικό χαρακτηριστικό είναι η Λεκάνη ή Τάφρος του Βορείου Αιγαίου.⁴⁵ Πρόκειται για μια θαλάσσια επιμήκη λεκάνη με μέγιστο βάθος τα 1.600 μέτρα. Στα ανατολικά της βρίσκονται οι μικρές λεκάνες της θάλασσας του Μαρμαρά. Στα βόρεια βρίσκεται η σταθερότερη γεωδυναμικά περιοχή της Ροδόπης, η οποία αποτελεί μεταβατική ζώνη, μεταξύ της σχεδόν σταθερής τεκτονικά βόρειας περιοχής και της τεκτονικά ενεργής προς νότο περιοχής του

⁴⁴ Βλέπε ενότητα 2.1.

⁴⁵ Συναντάται ως NAB (North Aegean Basin). Συχνά αναφέρεται και ως NAT (North Aegean Trough) (Papathanassiou & Zenetos, 2005).

Αιγαίου (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007· Gautier et al., αναφορά στο Ζέρβα 2011).

Η Τάφρος του Βορείου Αιγαίου είναι μία από τις πιο ενεργές σεισμικά ζώνες στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και αποτελεί τη δυτική συνέχεια του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας⁴⁶ στο Αιγαίο πέλαγος, με κατάληξη στην περιοχή των βόρειων Σποράδων (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007). Στην περιοχή αυτή παρατηρείται συχνή εκδήλωση επιφανειακών σεισμών και σεισμών μεσαίου εστιακού βάθους (Taymaz, Jackson, & McKenzie, 1991). Πρόσφατες σεισμολογικές και γεωδαιτικές προσεγγίσεις μας παρέχουν σημαντικά διαφορετικές εκτιμήσεις για τη σεισμική επικινδυνότητα και για το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος. Ωστόσο, οι νέοι βυθομετρικοί χάρτες υψηλής ανάλυσης και τα σεισμικά δεδομένα τα οποία ελήφθησαν κατά τα τελευταία χρόνια, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την Τάφρο του Βορείου Αιγαίου, ώστε να κατανοηθεί η σεισμική επικινδυνότητα σε σχέση με τα γεωλογικά δεδομένα (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Οι τεκτονικές κινήσεις οριζόντιας ολίσθησης σε συνδυασμό με κινήσεις εφελκυσμού, συνθέτουν το καθεστώς των τάσεων της περιοχής και φαίνεται να είναι ο επικρατέστερος μηχανισμός γένεσης σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της Τάφρου. Στην περιοχή σημειώνονται σεισμοί από τους ιστορικούς χρόνους μέχρι σήμερα. Όπως προκύπτει από μετρήσεις σεισμών, οι οποίοι σημειώθηκαν στον Ελλαδικό χώρο και αφορούν στην περίοδο 1953 μέχρι και 1995, οι 127 είχαν μέγεθος άνω των 5,5 R και εντοπίστηκαν σε εστιακό βάθος μικρότερο από 60 χιλιόμετρα. Ο ισχυρότερος ήταν μεγέθους 7,5 R⁴⁷ (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).

Έπειτα από την παρατήρηση των δεδομένων που προέκυψαν από δημοσίευση της έρευνας των Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos και Louvari το 1998, διαπιστώσαμε ότι οι 14 καταγραφές σεισμών αφορούσαν στη Λεκάνη του Βορείου Αιγαίου (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998). Συγκεκριμένα, οι 6 είχαν μέγεθος μέχρι 6,0 R, ενώ οι 5 σεισμοί ήταν μεταξύ 6,0 R μέχρι 7,0 R. Σημειώθηκαν 3 σεισμοί από 7,0 R και άνω. Στις 19 Φεβρουαρίου 1968 καταγράφηκε σεισμός μεγέθους 7,1 R σε εστιακό βάθος 9 χιλιομέτρων.⁴⁸ Στις 19

⁴⁶ Συναντάται ως NAF (North Anatolian Fault) (Papathanassiou & Zenetos, 2005).

⁴⁷ Σημειώθηκε στις 9 Ιουλίου 1956, στις 3:11 π.μ. στην θαλάσσια περιοχή βόρεια από τη Σαντορίνη (φ: 36,7° και μ: 25,8°) (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).

⁴⁸ Σημειώθηκε στις 10:45 μ.μ. με επίκεντρο στο στίγμα σε φ: 39,4° και μ: 24,9° (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).

Δεκεμβρίου 1981 καταγράφηκε σεισμός μεγέθους 7,2 R σε εστιακό βάθος 8 χιλιομέτρων.⁴⁹ Λίγες μέρες αργότερα, στις 18 Ιανουαρίου 1982 καταγράφηκε σεισμός μεγέθους 7,0 R σε εστιακό βάθος 9 χιλιομέτρων (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).⁵⁰ Όπως προκύπτει από τα δεδομένα που τηρεί το Ευρωμεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο, από το 2006 και έπειτα, έχουν σημειωθεί στην περιοχή 3 σεισμοί με μέγεθος άνω των 5,0 R (EMSC, 2014).⁵¹ Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής, σημειώθηκαν επτά σεισμικές δονήσεις με ένταση από 3,1 μέχρι και 3,4 R (EMSC, 2014).⁵²

Συνεπώς, τα σεισμολογικά δεδομένα και οι μελέτες από την περιοχή της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου, δηλώνουν μία σεισμικά ενεργή περιοχή, στην οποία σημειώνονται κατά καιρούς ισχυροί σεισμοί (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998). Το ερώτημα είναι αν υπάρχουν οι αναγκαίες συνθήκες, ώστε να προκληθεί έπειτα από μια ισχυρή σεισμική δόνηση στην περιοχή θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Ωστόσο, η κύρια απορία είναι αν το παλιρροιακό φαινόμενο το οποίο περιέγραψε ο Ηρόδοτος μπορεί να αποδοθεί σε θαλάσσιο κύμα βαρύτητας.

4.2 Οι γεωλογικές έρευνες στον Θερμαϊκό κόλπο

Η Τάφρος του Βορείου Αιγαίου περιλαμβάνει τρεις κύριες επιμήκεις κοιλάτες οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους από μορφολογικά υψίπεδα (Sakellariou, Lykousis, Karageorgis & Anagnostou, 2005). Η Τάφρος παρουσιάζει την τάση να επεκτείνεται και σταδιακά να βαθαίνει προς το νοτιοδυτικό μέρος της (Papanikolaou, Alexandri, Nomikou, & Ballas, 2002). Η ανατολική κοιλάτη εκτείνεται από τη Λήμνο, μέχρι τον κόλπο Σάρως. Χαρακτηρίζεται ως στενή και φθάνει μέχρι 1.400 μέτρα βάθος. Η δεύτερη κοιλάτη παρουσιάζει μέσο βάθος 1.200 μέτρων και εκτείνεται νοτιοανατολικά της χερσονήσου της Χαλκιδικής. Τέλος, η δυτική κοιλάτη

⁴⁹ Σημειώθηκε στις 2:10 μ.μ. με επίκεντρο στο στίγμα σε φ: 39,2° και μ: 25,2° (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).

⁵⁰ Σημειώθηκε στις 7:27 μ.μ. με επίκεντρο στο στίγμα φ: 39,8° και μ: 24,4° (Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998).

⁵¹ Στις 21 Δεκεμβρίου 2006 σημειώθηκε δόνηση μεγέθους 5,2 R σε εστιακό βάθος 10 χιλιομέτρων με επίκεντρο στο στίγμα φ: 39,4° και μ: 23,5°. Στις 3 Αυγούστου 2008 σημειώθηκε δόνηση μεγέθους 5,3 R σε εστιακό βάθος 5 χιλιομέτρων με επίκεντρο στο στίγμα φ: 39,6° και μ: 23,9°. Τέλος, στις 16 Ιουλίου 2010 σημειώθηκε δόνηση μεγέθους 5,1 R σε εστιακό βάθος 10 χιλιομέτρων με επίκεντρο στο στίγμα φ: 39,3° και μ: 24,0° (EMSC, 2014).

⁵² Πρόκειται για το χρονικό διάστημα από Ιούλιο 2013 μέχρι και Ιανουάριο 2014.

παρουσιάζει βάθη έως και 1.500 μέτρα και εντοπίζεται στην περιοχή βόρεια των Σποράδων και νότια του Θερμαϊκού κόλπου (Sakellariou, Lykousis, Karageorgis & Anagnostou, 2005).

Η νότια λεκάνη της Τάφρου εκτείνεται σε μία απόσταση μήκους 160 χιλιομέτρων, κατά τον άξονα ΒΑ-ΝΔ και εμφανίζει κατακόρυφη ολίσθηση με γραμμικά χαρακτηριστικά. Επίσης, ανιχνεύεται απότομος κρημνός σε όλο το μήκος του νότιου ορίου της λεκάνης (Papanikolaou, Alexandri, Nomikou, & Ballas, 2002). Στην περιοχή εντοπίζονται 6 μεγάλες σεισμικές πηγές, οι οποίες μπορούν να αποδειχθούν χρήσιμες για προσδιοριστικές προσεγγίσεις (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Η μία πηγή έχει μήκος 55 χιλιομέτρων και βρίσκεται προς τη νοτιοδυτική γωνία της Τάφρου, όπου η λεκάνη γίνεται βαθύτερη και ευρύτερη. Αυτό το ρήγμα αντιπροσωπεύει το νότιο τμήμα του ορίου της Τάφρου και εντοπίζονται κάθετες και οριζόντιες μετατόψεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν σεισμό μεγέθους 7,15 R, σύμφωνα με τη σχέση και τις εξισώσεις μεταξύ μεγέθους και ρήξης μήκους επιφάνειας. Εφαρμόζοντας το υπολογιστικό μοντέλο Wells and Coppersmith, το συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός αναμένεται να παράγει κατά μέσο όρο μετατόπιση 1,5 μέτρου, ενώ η μέγιστη μετατόπιση θα μπορούσε να σημειωθεί και στα 4,4 μέτρα. Με βάση τις εμπειρικές σχέσεις των Pavlides and Caruto υπολογίστηκε ένας μέσος όρος μέγιστου μεγέθους έντασης στα 7,05 R, με ακραία μέγιστη τιμή τα 7,3 R και μέγιστη κατακόρυφη μετατόπιση από 1,6 έως και 1,9 μέτρα (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Το συμπέρασμα είναι ότι η κατακόρυφη μετατόπιση που υπολογίζεται στη συγκεκριμένη σεισμογενή πηγή, η οποία υπολογίζεται από 1,6 μέχρι και 4 μέτρα και το γεγονός ότι ένας σεισμός τέτοιου μεγέθους θα αντισταθμίσει τον θαλάσσιο βυθό, είναι σε θέση ότι θαλάσσιο κύμα βαρύτητας θα πρέπει να θεωρηθεί ως απειλή. Η ρήξη θα συμβεί σε βάθος που υπολογίζεται στα 1.200 μέτρα. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη ότι σε απόσταση μερικών δεκάδων χιλιομέτρων βορειότερα, υπάρχουν τα ρηχά νερά του Θερμαϊκού κόλπου, το ύψος του κύματος βαρύτητας θα αυξάνεται και δυνητικά θα μπορούσε να αποτελέσει απειλή για την πόλη της Θεσσαλονίκης και της ευρύτερης περιοχής της Χαλκιδικής (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007). Ένα ισχυρό σεισμικό γεγονός στην περιοχή θα μπορούσε να προκαλέσει μεγάλης κλίμακας υποθαλάσσια κατολίσθηση κατά μήκος των απότομων πλαγιών του νότιου ρήγματος της Τάφρου, όπου το υψόμετρο κυμαίνεται 1.000 έως 1.500 μέτρα. Η

υποθαλάσσια κατολίσθηση θα μπορούσε επίσης, να προκαλέσει θαλάσσιο κύμα βαρύτητας (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Η δεύτερη πηγή είναι μια έντονα υποκατακόρυφη με μήκος 70 χιλιομέτρων ακολουθώντας τον άξονα Α-Δ και είναι βορειότερα από την πρώτη πηγή. Αυτή η πηγή αντιπροσωπεύει το βόρειο τμήμα του νότιου ρήγματος της Τάφρου και παρουσιάζονται κυρίως οριζόντιες μετατοπίσεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν σεισμικό γεγονός μεγέθους 7,2 R. Οι υπόλοιπες τέσσερις πηγές, εντοπίζονται πιο ανατολικά και είναι δυνατό να προκαλέσουν σεισμούς μέγιστης έντασης από 7,1 μέχρι και 7,7 R (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Οι Papadopoulos & Chalkis (1984) και Soloviev (1990) παρέχουν στοιχεία για αναφορές θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου (Reicherter et al., 2010). Την 9^η Φεβρουαρίου του 1893 σημειώθηκε φαινόμενο θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στη Σαμοθράκη έπειτα από σεισμό μεγέθους 6,5 R. Παρατηρήθηκε στην Αλεξανδρούπολη ύψος κύματος στα 0,8 μέτρα, ενώ η εισχώρησή του στην στεριά έφτασε μέχρι τα 40 μέτρα. Στις 22 Ιανουαρίου του 1902 σημειώθηκε θαλάσσιο κύμα βαρύτητας, έπειτα από σεισμική δόνηση 6,6 R. Στις 22 Απριλίου 1928, έπειτα από σεισμό έντασης 6,3 R παρατηρήθηκε στην Αλεξανδρούπολη θαλάσσιο κύμα βαρύτητας ύψους 0,6 μέτρων. Το 1932 σημειώθηκε στη Χαλκιδική αντίστοιχο κύμα βαρύτητας έπειτα από σεισμό 7,0 R. Το 1959 στην περιοχή Σαλαμίνα της Θεσσαλονίκης σημειώθηκε θαλάσσιο κύμα βαρύτητας από άγνωστη αιτία, με ύψος 0,9 μέτρα (Papadopoulos & Chalkis, 1984; Soloviev, 1990, cited in Reicherter et al., 2010). Οι Παπαζάχος και Παπαζάχου σημειώνουν την αναφορά του Ηρόδοτου το 479 π.Χ. για την αποχώρηση της θάλασσας και την πλημμυρίδα που επακολούθησε προκαλώντας καταστροφές στον περσικό στρατό. Μάλιστα, εκτιμούν ότι ίσως να πρόκειται για θαλάσσιο κύμα βαρύτητας (Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1989).

4.3 Η γένεση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον κόλπο

Το Μάιο του 2010 δημοσιεύτηκαν τα αποτελέσματα της έρευνας Ελλήνων και Γερμανών επιστημόνων με επικεφαλής τον καθηγητή Reicherter, η οποία περιελάμβανε την εξαγωγή και έρευνα ιζημάτων από τις παράκτιες εναποθέσεις στον

Θερμαϊκό κόλπο και πραγματοποιήθηκε το 2007 και το 2008. Σκοπός ήταν να αναγνωριστούν εναποθέσεις που οφείλονται σε θαλάσσια κύματα βαρύτητας και να συσχετιστούν με τη δραστηριότητα των ρηγμάτων της Τάφρου του Βορείου Αιγαίου. Κατά την έρευνα, οι επιστήμονες συνέλεξαν 300 περίπου μέτρα δείγματα ιζήματος από διάφορες τοποθεσίες στις ακτές του κόλπου, τόσο ανατολικά, όσο και δυτικά της Θεσσαλονίκης. Συγκέντρωσαν ιζήματα από λιμνοθάλασσες που βρίσκονται στην περιοχή ανάμεσα σε Κατερίνη και Θεσσαλονίκη, στην περιοχή μεταξύ Θεσσαλονίκης και Κασσάνδρας, στις περιοχές του Αγγελοχωρίου, του ακρωτηρίου της Επανομής και της Σωζόπολης (Reicherter et al., 2010a).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τη συλλογή ιζημάτων με κρουστικές γεωτρήσεις, οι οποίες έφταναν μέχρι και 10 μέτρα βάθος. Ακολούθησε η επιτόπια παρατήρηση των δειγμάτων και η εργαστηριακή μελέτη, πραγματοποιώντας γεωφυσική ανάλυση και ανάλυση με ραδιενεργό άνθρακα. Από τις γεωτρήσεις στην περιοχή Αλυκές στον Κορινό εντοπίστηκε στα 3,10 μέτρα, στρώμα πάχους 0,50 μέτρων, πάνω από διαβρωτική βάση. Περιείχε υπολλείματα θαλάσσιων οργανισμών και όστρακα. Στο ανώτερο επίπεδο εντοπίστηκε λεπτή άμμος παραλίας και ακολουθεί η υπερκάλυψη από αντίστοιχο στρώμα φερτών υλικών. Τα υπόλοιπα 1,12 μέτρα μέχρι την επιφάνεια αποτελούνται από σκούρη θαλάσσια άμμο, φυτικά υπολλείματα και άμμος η οποία εναποτέθηκε από τον άνεμο (Reicherter et al., 2010a).

Στις δειγματοληψίες του Αγγελοχωρίου παρατηρήθηκαν κι εκεί δύο στρώματα από εναπόθεση υλικών από την ανοιχτή θάλασσα. Ο εντοπισμός του παλαιότερου στρώματος έγινε περίπου στα 1,80 μέτρα. Στην Επανομή ο εντοπισμός της εναπόθεσης παρατηρήθηκε στα 3,70 μέτρα και στα 2,62 μέτρα. Τέλος, στη Σωζόπολη εντοπίστηκε υλικό από τον πυθμένα της θάλασσας σε βάθος 3,65 μέτρων. Οι εναποθέσεις δικαιολογούνται από την επίδραση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στην περιοχή του Θερμαϊκού (Reicherter et al., 2010a). Στην περιοχή της αρχαίας Μένδης βρέθηκαν στοιχεία από στρώμα το οποίο εναποτέθηκε από θαλάσσιο κύμα βαρύτητας και χρονολογήθηκε στα 2.500 έτη (Reicherter et al., 2010b).

4.4 Τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας του κόλπου

Το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας⁵³ είναι κύμα με μεγάλο μήκος και περίοδο. Το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας μπορεί να προκληθεί έπειτα από υποθαλάσσιο σεισμό με κατακόρυφη μετατόπιση του βυθού στο υποθαλάσσιο ρήγμα (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007). Οι Smith και Dawson το 1990 υποστηρίζουν ότι τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας μπορεί να προκληθούν έπειτα από ηφαιστειακή έκρηξη, καθώς και από μεγάλης έκτασης υποθαλάσσιες κατολισθήσεις (Smith & Dawson, αναφέρεται στο Καραχάλιου, 2006).

Τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας προκαλούνται από την ταπείνωση της θαλάσσιας στάθμης ακριβώς πάνω από την περιοχή υποχώρησης του πυθμένα καθώς το νερό πληρώνει τον κενό χώρο που δημιουργείται. Το νερό καλύπτει βίαια την περιοχή που έπεσε η θαλάσσια στάθμη για να αποκαταστήσει το επίπεδο της θάλασσας. Η αντιστάθμιση είναι υπερβολική, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τοπική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, που στη συνέχεια διαδίδεται προς τις ακτές με τη μορφή θαλάσσιου κύματος βαρύτητας (Smith & Dawson, αναφέρεται στο Καραχάλιου, 2006).

Ο γενική μαθηματική εξίσωση της ταχύτητας του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, ορίζεται από τον τύπο:

$$c=\sqrt{g*h}$$

όπου h είναι το βάθος της θάλασσας στο συγκεκριμένο σημείο, ενώ g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (Reicherter et al., 2010a).

Το μήκος κύματος του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, ορίζεται από τον τύπο:

$$L=T*\sqrt{g*h}$$

όπου T είναι η περίοδος του κύματος βαρύτητας (Αλμπανάκης, 2007).

Η ομάδα του καθηγητή Reicherter πραγματοποίησε την προσομοίωση⁵⁴ του σεισμού το οποίο θα προκαλούσε θαλάσσια κύματα βαρύτητας στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της του

⁵³ Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο tsunami.

⁵⁴ Ο κώδικας υπολογισμού αναπτύχθηκε από CEA (Γαλλία) και στηρίζεται στο μοντέλο διάδοσης κυμάτων σε αβαθή νερά υπό μη-γραμμική υπόθεση (Reicherter et al., 2010a).

φαινομένου στηρίχθηκαν σε προηγούμενες έρευνες⁵⁵ που πραγματοποιήθηκαν στην Τάφρο του Βορείου Αιγαίου. Μάλιστα, οι καθηγητές Παπανικολάου και Παπανικολάου ήταν στην ομάδα επιστημόνων του καθηγητή Reicherter. Ως περιοχή γένεσης του φαινομένου, ορίστηκε το νοτιοδυτικό ρήγμα της Τάφρου, γνωστό ως πηγή 1 (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007). Το σημείο που ορίστηκε ως επίκεντρο ήταν στις συντεταγμένες φ: 39,34° και μ: 23,89°. Το επίκεντρό του ορίστηκε σε βάθος 1.200 μέτρων, ενώ η ολίσθηση του ρήγματος ορίστηκε στα 2 μέτρα. Το μήκος του ρήγματος ορίστηκε στα 55 χιλιόμετρα και το πλάτος του ρυθμίστηκε στα 5 χιλιόμετρα (Reicherter et al., 2010a).

Κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης, επιβεβαιώθηκε η αρχή που ορίζει ότι τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε βαθιές περιοχές, ενώ κατά την προσέγγισή τους στην ακτή μειώνεται η ταχύτητα και αυξάνεται το ύψος τους. Διαπιστώθηκε επίσης η άμεση επίδραση που έχει η μορφολογία του βυθού στη διάδοση του κύματος βαρύτητας. Σε αυτό συντελούν οι παράγοντες ρήχωσης και συντονισμού. Στην περιοχή της Ποτίδαιας σημειώνεται η αδυναμία σίγουρων συμπερασμάτων, αφού το μοντέλο της ακτογραμμής που εισήχθη για τους υπολογισμούς δεν αντιπροσωπεύει τα πραγματικά δεδομένα. Μάλιστα στην αντίστοιχη εικόνα αποτυπώνεται η ευρύτερη περιοχή της Ποτίδαιας να είναι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η προσομοίωση επίσης, έδειξε ότι στην περιοχή της Μένδης, εξαιτίας του βάθους που έχει η περιοχή, σημειώνεται η ενίσχυση του κύματος (Reicherter et al., 2010a).

Εξαιτίας της χαμηλής ανάλυσης του χάρτη που χρησιμοποιήθηκε, η ομάδα των επιστημόνων δεν ήταν σε θέση να αναπαραστήσει την προσέγγιση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις ακτές. Ωστόσο, η προσομοίωση έδειξε ότι κατά την προσέγγιση μερικές εκατοντάδες μέτρα από τις ακτές, το ύψος του κύματος να κυμαίνεται από 0,30 μέχρι και 0,80 μέτρα. Συνυπολογίζοντας τη σημαντική μεταβολή του ύψους του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας όταν πλησιάζει στα τελευταία μέτρα από την ακτή, εξαιτίας της μορφολογίας και της βυθομετρίας, καθώς και τους εμπειρικούς κανόνες, η εκτίμηση για το ύψος του κύματος είναι άνω των 2 μέτρων (Reicherter et al., 2010a).

Συνεπώς, το παλιρροιακό φαινόμενο που αναφέρει ο Ηρόδοτος έχει αποτυπωθεί σε γεωλογικά ευρήματα. Οι σεισμολόγοι το αποδίδουν σε θαλάσσιο κύμα βαρύτητας.

⁵⁵ Πρόκειται για (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007).

Έχοντας συλλέξει τις απαραίτητες πληροφορίες από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους, θα τις συνθέσουμε για να σχεδιάσουμε το σενάριο της ψηφιακής μας εφαρμογής.

Κεφάλαιο 5: Προ-παραγωγή εφαρμογής (σενάριο και storyboard)

Ανεξάρτητα από το είδος της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, οι τρεις φάσεις ανάπτυξης μιας εφαρμογής είναι η προ-παραγωγή, η κύρια παραγωγή και η μετά-παραγωγή. Στη φάση της προ-παραγωγής⁵⁶ γίνεται το πέρασμα από τον χώρο των ιδεών και των προδιαγραφών στο υλοποιημένο αντικείμενο (Δημητριάδης, Πομπόρτσος & Τριανταφύλλου, 2004). Κατά τη φάση της προπαραγωγής στη δική μας ψηφιακή εφαρμογή γράψαμε το σενάριο και σχεδιάσαμε το storyboard⁵⁷ σύμφωνα με τα οποία θα αναπτυχθεί η τρισδιάστατη αναπαράσταση.

Η σχεδίαση του ψηφιακού προϊόντος στηρίχθηκε στο σενάριο «Γσουνάμι στην αρχαία Ποτίδαια». Σκοπός του σεναρίου είναι να συνθέσει τις πληροφορίες από τα διαφορετικά επιστημονικά πεδία και να τις παρουσιάσει στον θεατή υπό μορφή βίντεο με τη χρήση αποκλειστικά τρισδιάστατων γραφικών. Η στοχοθεσία της παραγωγής είναι όμοια με αυτήν, που παρουσιάστηκε παραπάνω.⁵⁸

Το κοινό στο οποίο απευθύνεται το ψηφιακό προϊόν είναι κατά βάση ενήλικες, με γνώσεις ιστορίας και γεωλογίας και ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο θέμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως υλικό για εκπαιδευτικές δράσεις, εφόσον ο εκπαιδευτικός το συνδυάσει και με άλλα μέσα. Ο θεατής θα γνωρίσει τη ροή των ιστορικών γεγονότων, τα οποία διαδραματίστηκαν κατά την περίοδο της πολιορκίας της αρχαίας Ποτίδαιας το 479 π.Χ. Επίσης, θα του δοθεί η δυνατότητα να κατανοήσει τους γεωλογικούς μηχανισμούς, που συντελέστηκαν και προκάλεσαν το φαινόμενο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον Θερμαϊκό κόλπο. Η ψηφιακή εφαρμογή σχεδιάστηκε χωρίς να θέτει γεωγραφικούς και γλωσσικούς περιορισμούς, ενώ η πρόσβαση σε αυτήν θα είναι ελεύθερη και μέσω διαδικτύου.⁵⁹ Η παρουσίαση της πληροφορίας στηρίζεται στην γραφική αναπαράσταση και την επεξήγηση των σημαντικών σημείων, τα οποία βοηθούν τον θεατή στην κατανόησή τους με τη χρήση πλαισίων πληροφοριών.

Το αρχικό σενάριο αποτελείται από επτά σελίδες και αντιστοιχεί σε βίντεο οκτώ λεπτών και τριάντα δευτερολέπτων. Ο συγκεκριμένος χρόνος αντιστοιχεί στην

⁵⁶ Η διεθνής ορολογία είναι pre-production (Δημητριάδης, Πομπόρτσος & Τριανταφύλλου, 2004).

⁵⁷ Ο ελληνικός όρος είναι εικονογράφηση (Δημητριάδης, Πομπόρτσος & Τριανταφύλλου, 2004).

⁵⁸ Βλέπε Κεφάλαιο 1.

⁵⁹ Θα χρησιμοποιηθεί χώρος φιλοξενίας στις πλατφόρμες YouTube™ και Vimeo™ και στον επίσημο ιστοχώρο της Πυρσεΐας Πληροφορικής.

παραγωγή 12.500 πλασίων εικόνας.⁶⁰ Η πλοκή εξελίσσεται σε 15 σκηνές,⁶¹ των οποίων ο χρόνος κυμαίνεται από 151 μέχρι και 1501 πλαίσια εικόνας.⁶² Η ιστορία τοποθετεί τον θεατή στο παρόν και παρουσιάζεται το κύριο θέμα της ψηφιακής εφαρμογής. Πραγματοποιείται στη συνέχεια ένα ταξίδι στον χωροχρόνο και τον μεταφέρει στην αρχαία Ποτίδαια του 480 π.Χ. Παρακολουθεί την εξέλιξη των γεγονότων, πριν την πολιορκία της πόλης και μέχρι τη στιγμή κατά την οποία εμφανίζεται το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας στη δυτική ακτή της πόλης. Ωστόσο, παρεμβάλλεται κατά τη γένεση του φαινομένου η επιστημονική ερμηνεία του με απλό τρόπο, παρουσιάζοντας τα ειδικά χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές του. Το βίντεο επαναφέρει τον θεατή στο παρόν και επιδιώκει να τον προβληματίσει για παρόμοια φαινόμενα στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου.

Η πλοκή ξεκινάει με τη σκηνή A1,⁶³ στα γραφεία μιας επιχείρησης, η οποία εδρεύει στην Θεσσαλονίκη και είναι εγκατεστημένη στον Κέδρινο Λόφο. Ο υπάλληλος ανοίγει τις γρίλιες από το παράθυρο και αποκαλύπτεται η πανοραμική θέα προς την πόλη, τη νέα παραλία, έχοντας ως φόντο τον Θερμαϊκό κόλπο και τον Ολυμπο. Αναζητώντας νέα το ενδιαφέρον το κεντρίζει η είδηση σχετικά με ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας που συνέβη στον Θερμαϊκό κόλπο.

Εφαρμόζουμε το τέχνασμα της προβολής της είδησης μέσα από δύο εικονικούς ιστοχώρους, ο πρώτος είναι στην αγγλική⁶⁴ και ο δεύτερος στην ελληνική γλώσσα.⁶⁵ Επιδίωξή μας είναι να αποφύγουμε υπότιτλους στο βίντεο και να εισάγουμε με απλό τρόπο τον θεατή στο κύριο θέμα της ταινίας. Ο υπάλληλος της επιχείρησης προσπαθεί να αναζητήσει επιπλέον πληροφορίες για την είδηση, πληκτρολογώντας στο αντίστοιχο πεδίο μιας εικονικής μηχανής αναζήτησης⁶⁶ τις λέξεις κλειδιά: «Tsunami in ancient Potidaea», οι οποίες αποτελούν και τον τίτλο του ψηφιακού προϊόντος. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη εισαγωγή στην ταινία, ώστε να αισθανθεί ο θεατής οικεία από την αρχή. Η περιπλάνηση στις πρόσφατες ειδήσεις και η

⁶⁰ Βλέπε Παράρτημα Β', στο συνοδευτικό αρχείο Scenario.pdf (7 σελίδες).

⁶¹ Βλέπε Παράρτημα Β', στο συνοδευτικό αρχείο Storyboard.pdf (37 σελίδες).

⁶² Εφαρμόσαμε τον ρυθμό των 25 fps, δηλαδή σε κάθε δευτερόλεπτο αντιστοιχούν 25 πλαίσια εικόνων (καρέ ή frames). Συνεπώς ο ελάχιστος χρόνος σκηνής είναι 6 δευτερόλεπτα και ο μέγιστος 60 δευτερόλεπτα.

⁶³ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 1-3). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 0:07 μέχρι 0:43.

⁶⁴ Χρησιμοποιείται η επωνυμία abcd_news.co.uk για τον αγγλικό ιστοχώρο.

⁶⁵ Χρησιμοποιείται η επωνυμία news365.gr για τον ελληνικό ιστοχώρο.

⁶⁶ Χρησιμοποιείται η επωνυμία Search για την μηχανή αναζήτησης.

αναζήτηση πληροφοριών μέσα από μηχανές αναζήτησης είναι εφαρμογές της καθημερινής χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου.

Η σκηνή A1, τροποποιήθηκε με αντικατάσταση της σκηνής B1⁶⁷ από επιπλέον πλαίσια, σύμφωνα με τα οποία, όταν ο υπάλληλος επιλέγει να αναζητήσει περισσότερες πληροφορίες, το ρολόι τοίχου αρχίζει να γυρίζει αντίστροφα, σαν να συντελείται ένα ταξίδι στον χρόνο. Η σκηνή A1 αποτελείται από 901 πλαίσια, δίνοντας απόσπασμα βίντεο με διάρκεια 36 δευτερολέπτων.⁶⁸

Η σκηνή C1⁶⁹ μεταφέρει τον θεατή από το παρόν στο 480 π.Χ. και διαρκεί 901 πλαίσια εικόνας. Ο θεατής βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη και επικεντρώνεται το ενδιαφέρον του στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου. Η αναδρομή στο παρελθόν πραγματοποιείται μέσω της μεταβολής μίας ένδειξης, η οποία δηλώνει το έτος στο οποίο βρίσκεται ο θεατής. Ταυτόχρονα, συντελείται η μεταβολή της ακτογραμμής του Θερμαϊκού κόλπου, παρουσιάζοντας την αλλαγή που υπέστη στη διάρκεια του χρόνου. Το ταξίδι στο χρόνο διακόπτεται το 480 π.Χ. και συγκεκριμένα, λίγες μέρες μετά τη Ναυμαχία της Σαλαμίνας. Επικεντρώνεται το ενδιαφέρον του χρήστη στην περιοχή της αρχαίας Ποτίδαιας.

Η σκηνή D1⁷⁰ έχει τροποποιηθεί σε σχέση με το αρχικό σενάριο και το storyboard.⁷¹ Τηρεί τον ίδιο χρόνο με την αρχικά σχεδιασμένη σκηνή, με διάρκεια 901 πλαίσια εικόνας. Ωστόσο, ο θεατής βρίσκεται μέσα στον ναό του Ποσειδώνα, στην αρχαία Ποτίδαια. Πραγματοποιεί έξοδο και περιφορά γύρω από το κτίριο, το οποίο βρίσκεται έξω από τα βόρεια τείχη. Δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη της ψηφιακής εφαρμογής να κινηθεί μέσα στον ναό και να κατανοήσει την ευρύτερη περιοχή της Ποτίδαιας. Επίσης, αντιλαμβάνεται την απόσταση που χώριζε την Όλυνθο από την Ποτίδαια. Η σκηνή ολοκληρώνεται, εστιάζοντας το ενδιαφέρον του χρήστη προς τα νοτιοδυτικά σε μια τριήρη, η οποία προσεγγίζει το λιμάνι.

⁶⁷ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 4).

⁶⁸ Ο ρυθμός με τον οποίο αναπαράγονται τα πλαίσια εικόνας στο σύνολο του βίντεο ανά δευτερόλεπτο έχει καθοριστεί στα 25 fps (frames per second).

⁶⁹ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 5-7). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 0:43 μέχρι 1:19.

⁷⁰ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 8-10). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 1:19 μέχρι 1:55.

⁷¹ Η τροποποίηση πραγματοποιήθηκε για να εκμεταλλευτούμε το τρισδιάστατο μοντέλο του ναού, ώστε να έχει ο θεατής τη δυνατότητα να αντιληφθεί την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Ταυτόχρονα, με τη μεταφορά του θεατή εκτός του κτιρίου και την πραγματοποίηση μιας περιφοράς γύρω από αυτό, έχει τη δυνατότητα να δει πανοραμικά την τοποθεσία της Ποτίδαιας.

Η σκηνή E⁷² τοποθετεί τον χρήστη της εφαρμογής πάνω στην τριήρη. Η σκηνή διαρκεί 351 πλαίσια εικόνας. Ο θεατής ακολουθεί την κίνηση του πλοίου, ενώ ταυτόχρονα κατανοεί την απόσταση ανάμεσα στα βόρεια και στα νότια τείχη της πόλης. Αντιλαμβάνεται τη στρατηγική θέση, όπου ήταν κτισμένη η πόλη, ενώ έχει τη δυνατότητα να δει τη νότια όψη του ναού, όπως και το λιμάνι. Η προσθήκη του πλοίου στο σενάριο της εφαρμογής, επιδιώκει να μεταφέρει το αποτέλεσμα της ναυμαχίας της Σαλαμίνας στους Ποτιδαιάτες.

Η σκηνή F1⁷³ διαρκεί 501 πλαίσια εικόνας. Λαμβάνει χώρα σε κεντρικό σημείο της πόλης της Ποτίδαιας, όπου βρίσκεται εγκατεστημένο ένα περσικό σύμβολο. Η διάδοση της ήττας των Περσών και η αποχώρηση του Ξέρξη από την Ελλάδα, προκαλεί την εξέγερση των Ποτιδαιατών. Με το γκρέμισμα του περσικού συμβόλου, δηλώνουμε τη στάση των Ποτιδαιατών. Με την τρισδιάστατη αναπαράσταση, μεταφέρουμε τον θεατή μέσα στη πόλη και κατανοεί καλύτερα τη θέση του ναού έξω από τα βόρεια τείχη, καθώς και του λιμανιού. Επίσης, αντιλαμβάνεται το υψόμετρο στο οποίο ήταν χτισμένη η Ποτίδαια και λειτουργούσε ως φυσική οχύρωση. Τέλος, διακρίνεται ο Όλυμπος και η Όσσα στο βάθος του Θερμαϊκού κόλπου.

Η σκηνή F2⁷⁴ αποτελείται από 501 πλαίσια εικόνας. Μεταφέρει τον θεατή της ψηφιακής εφαρμογής στην πύλη των βόρειων τειχών της πόλης. Επιλέγεται η συγκεκριμένη τοποθεσία, για να αντιληφθεί την πολιορκία της πόλης της Ολύνθου από τους Πέρσες. Αποφεύγουμε να αναπαραστήσουμε τη σφαγή των Ολύνθιων, αφενός για να μην περιορίσουμε το κοινό στο οποίο απευθύνεται η εφαρμογή, αφετέρου για λόγους οικονομίας χρόνου, κατά την παραγωγή του ψηφιακού προϊόντος. Χρησιμοποιούμε την πυρκαγιά για να δηλώσουμε την πτώση της Ολύνθου, ενώ ακολουθεί ο στενός περσικός κλοιός,⁷⁵ έξω από τα βόρεια τείχη της Ποτίδαιας. Με το σφράγισμα της πύλης σηματοδοτούμε την αρχή της πολιορκίας της πόλης της Ποτίδαιας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η σκηνή F2 εξελίσσεται σε τρεις ημέρες. Επίσης, αφαιρέθηκε από το σενάριο η διέλευση μπροστά από την κάμερα της μητέρας και του παιδιού, όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί.⁷⁶

⁷² Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 11). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 1:55 μέχρι 2:09.

⁷³ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 12-13). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 2:09 μέχρι 2:29.

⁷⁴ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 14-15). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 2:35 μέχρι 2:55.

⁷⁵ Κάνουμε χρήση περσικών σκηνών εκστρατείας.

⁷⁶ Αυτό έγινε για λόγους εξοικονόμησης χρόνου.

Η σκηνή G⁷⁷ διαρκεί 801 πλαίσια εικόνας. Η ψηφιακή εφαρμογή μεταφέρει τον θεατή έξω από τις κλειστές θύρες του ναού του Ποσειδώνα και γίνεται αυτόπτης μάρτυρας της βεβήλωσης του ναού και του αγάλματος του θεού, από τους Πέρσες. Με πολιορκητικό κριό παραβιάζουν τις θύρες και τον καταστρέφουν. Η σκηνή ολοκληρώνεται με εξωτερικό πλάνο του ναού, με φόντο τον Όλυμπο και τον Θερμαϊκό κόλπο. Ουσιαστικά, η σκηνή G παρουσιάζει το αίτιο, το οποίο κατά τον Ηρόδοτο και τους Ποτιδαιάτες (Ηροδότου Ιστορία VIII, 129.3), προκάλεσε το παλιρροιακό κύμα ενάντια στους Πέρσες.

Στον σχεδιασμό και την παραγωγή της εφαρμογής πρέπει να τοποθετήσουμε σε συγκεκριμένη περιοχή του τρισδιάστατου μοντέλου της Ποτίδαιας. Τα αρχαιολογικά στοιχεία που διαθέτουμε για τη θέση του ναού του Ποσειδώνα της Ποτίδαιας είναι ανεπαρκή.⁷⁸ Ωστόσο, υποθέσαμε μία πιθανή τοποθεσία για να σχεδιάσουμε τον ναό στην τρισδιάστατη αναπαράσταση της εφαρμογής μας, στηριζόμενοι στις αναφορές του Ηροδότου και αποτελεί την προσωπική μας εκτίμηση. Η θέση του είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, αφού ως προάστιο θεωρείται τόσο η βόρεια περιοχή εκτός των τειχών, όσο και η νότια. Η βεβήλωση του ναού έγινε από τους Πέρσες, οι οποίοι πολιορκούσαν την πόλη από τη βόρεια πλευρά. Συνεπώς, η ιδανική θέση του ναού για την τρισδιάστατη αναπαράσταση είναι στη βόρεια πλευρά της πόλης.

Ο Ποσειδώνας ήταν ο θεός της θάλασσας, οπότε προφανώς ήταν χτισμένος πλησίον της θάλασσας και όχι ανάμεσα στους δύο κόλπους. Η γεωγραφική θέση της Ποτίδαιας μας παρέχει δύο πιθανές επιλογές. Πιθανότερη είναι η περίπτωση να ήταν χτισμένος στη δυτική ακτή. Αφενός, διότι πρόκειται για ανοιχτή θάλασσα σε σχέση με την επιλογή του Τορωναίου. Αφετέρου, έχει άμεση οπτική επαφή με τον Όλυμπο. Επίσης, η γεωμορφολογία στην πλευρά του Θερμαϊκού παρουσιάζει λόφους δίπλα από τη θάλασσα σε αντίθεση με αυτήν του Τορωναίου, που χαρακτηρίζεται ομαλή και με πολύ χαμηλό υψόμετρο. Έτσι, επιλέγουμε να τοποθετήσουμε τον ναό στη βορειοδυτική πλευρά του τρισδιάστατου μοντέλου της αρχαίας Ποτίδαιας, σε επιβλητικό σημείο.

Η σκηνή I2 αντικαθιστά τη σκηνή H του αρχικού σεναρίου και storyboard. Αποτελείται από 201 πλαίσια εικόνας και συνδέεται με τη σκηνή I⁷⁹, η οποία διαρκεί

⁷⁷ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 16-18). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 2:55 μέχρι 3:27.

⁷⁸ Βλέπε κεφάλαιο 3.

⁷⁹ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 21-22). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 3:41 μέχρι 3:59.

451 πλαίσια εικόνας. Παρουσιάζεται αρχικά η προσέγγιση ενός κορακιού στην περιοχή της Ποτίδαιας. Αποτελεί τον οιωνό, ο οποίος έρχεται από την κατεύθυνση του Ολύμπου. Το κοράκι προσγειώνεται στο περσικό στρατόπεδο, στην κορυφή μια περσικής σκηνής. Η συγκεκριμένη σκηνή δεν περιγράφεται στις ιστορικές πηγές. Ωστόσο, προσπαθούμε να μεταδώσουμε στον θεατή τη σημασία την οποία έδιναν κατά το παρελθόν στα θειικά σημάδια, τα οποία προμήνυαν το μέλλον. Ταυτόχρονα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αντιληφθεί την πολιορκία της πόλης της Ποτίδαιας, από την οπτική γωνία του περσικού στρατοπέδου.

Η σκηνή D2⁸⁰ διαρκεί 1501 πλαίσια εικόνας. Ο χρήστης της εφαρμογής βρίσκεται στον δυτικό πύργο των νότιων τειχών της Ποτίδαιας. Παρατηρεί την ακτή του Θερμαϊκού και τη θάλασσα από τα νότια⁸¹ προς τα βόρεια. Συμβαίνει ισχυρή σεισμική δόνηση, η οποία διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα. Η θάλασσα αρχίζει να υποχωρεί, ενώ και τα πλεύμενα που βρίσκονται στο λιμάνι, ακολουθούν την υποχώρηση. Ο θεατής σαρώνει ξανά την ακτή, κατά την αντίθετη φορά και παρατηρεί την υποχώρηση της θάλασσας. Σε αυτή τη σκηνή, προσπαθούμε να μεταφέρουμε στον θεατή την πρώτη ένδειξη για την εκδήλωση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Η υποχώρηση των νερών, προηγείται της πλημμυρίδας. Η άμπωτη που περιέγραψε ο Ηρόδοτος, αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη φάση του θαλάσσιου φαινομένου, στην εφαρμογή μας.

Η σκηνή C2⁸² αποτελείται από 151 πλαίσια εικόνας. Σημειώνεται στον χάρτη η περιοχή, η οποία προτείνεται από τους σεισμολόγους ως το πιθανό επίκεντρο του σεισμού (Reicherter et al., 2010a, 2010b). Η σκηνή C3⁸³ διαρκεί 651 πλαίσια εικόνας και αποτελεί την τρισδιάστατη αναπαράσταση του φαινομένου του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Παρουσιάζεται στον θεατή η γένεση και η εξέλιξη του φαινομένου, σε εγκάρσια τομή. Δηλώνονται τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας και η μεταβολή τους στον χρόνο. Η σκηνή C4⁸⁴ επαναφέρει τον θεατή στον χάρτη της περιοχής του βορειοδυτικού Αιγαίου όπου παρατηρεί την πορεία του κύματος βαρύτητας προς τον Θερμαϊκό κόλπο. Σε πλαίσιο πληροφοριών,

⁸⁰ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 23-26). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 4:05 μέχρι 5:05.

⁸¹ Πρόκειται για τη χερσόνησο του Αγίου Γεωργίου, όπου βρισκόταν η Σάνη.

⁸² Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 27). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 5:05 μέχρι 5:11.

⁸³ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 28-29). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 5:11 μέχρι 5:37.

⁸⁴ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 30-31). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 5:37 μέχρι 6:15.

δηλώνονται τα χαρακτηριστικά του πρώτου κύματος, όπως η ταχύτητά του, η βυθομετρική ένδειξη στο σημείο που βρίσκεται κάθε στιγμή και ο χρόνος ζωής του. Κατά την προσέγγισή του σε κάθε αρχαία πόλη, εμφανίζονται οι επιπτώσεις του φαινομένου στην περιοχή. Η σκηνή C4 διαρκεί 951 πλαίσια εικόνας.

Η σκηνή D3⁸⁵ αποτελείται από 976 πλαίσια εικόνας. Ο θεατής τοποθετείται στην περιοχή του λιμανιού της Ποτίδαιας. Γίνεται αυτόπτης μάρτυρας της διέλευσης των Περσών προς τα νότια τείχη, κινούμενοι κατά μήκος της δυτικής παραλίας. Η στρατιωτική επιχείρηση πραγματοποιείται υπό βροχή βλημάτων, από τη μεριά των Ποτιδαιατών που βρίσκονται στο ύψωμα της πόλης. Το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας εμφανίζεται από τα νότια και σαρώνει κατά μήκος την ακτή. Κινείται με μεγάλη ταχύτητα προς τους Πέρσες. Η σκηνή διακόπτεται δίχως να παρουσιαστεί η συντριβή.

Η σκηνή A2⁸⁶ διαρκεί 1001 πλαίσια εικόνας. Καταργήσαμε τη σκηνή B2 και ενσωματώσαμε τον χρόνο σύμφωνα με τον οποίο είχε αρχικά σχεδιαστεί, στη σκηνή A2. Ο θεατής έχει επιστρέψει στο παρόν, στις εγκαταστάσεις του γραφείου από όπου ξεκίνησε η ιστορία. Εμφανίζονται τα αποτελέσματα της αναζήτησης που πραγματοποίησε, τα οποία εστιάζονται στον προβληματισμό των επιστημόνων για τον βαθμό κατά τον οποίο είναι θωρακισμένος ο Θερμαϊκός από ένα δυναμικό θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Ο χρήστης κινείται προς το παράθυρο και η σκηνή κλείνει με την προσγείωση ενός κορακιού στο περβάζι.

⁸⁵ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 32-33). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 6:15 μέχρι 6:54.

⁸⁶ Βλέπε Παράρτημα Β', στο Storyboard.pdf (σελ. 35-37). Στη ψηφιακή εφαρμογή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα από 6:55 μέχρι 7:35.

Κεφάλαιο 6: Κύρια παραγωγή εφαρμογής

Η ουσιαστική φάση της παραγωγής ξεκινά από τη στιγμή που η προ-παραγωγή θα παραδώσει έτοιμο ένα λειτουργικό και πλήρως αποδεκτό πρωτότυπο για να χτιστεί πάνω σε αυτό η τελική εφαρμογή (Δημητριάδης, Πομπόρτσος & Τριανταφύλλου, 2004). Η παραγωγή της τρισδιάστατης αναπαράστασης πραγματοποιήθηκε με την αποκλειστική χρήση του λογισμικού πακέτου Cinema4D™ έκδοση R12 της εταιρείας Maxon™. Εγκαταστάθηκε σε φορητό υπολογιστή Hewlett Packard™ HP Pavilion dv6700 Notebook PC,⁸⁷ με λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows Vista™ Home Premium 32-bit Operating System με εγκατεστημένο Service Pack 2. Ο τύπος του επεξεργαστή είναι Intel® Core™2 Duo CPU T8300 @ 2.40 GHz. Η μνήμη RAM δηλώνεται σε 3,00 GB. Η κάρτα γραφικών είναι της εταιρείας NVIDIA™ και ο τύπος της GeForce 8400M GS.

6.1 Μοντελοποίηση (modeling)

Η πρώτη φάση της κύριας παραγωγής στη δική μας εφαρμογή είναι η μοντελοποίηση και περιλαμβάνει τον τρισδιάστατο σχεδιασμό όλων των αντικειμένων, που σχεδιάστηκαν στο σενάριο και το storyboard. Οι οδηγίες που ορίζονται από το σενάριο και το storyboard, βοηθούν στην αποτύπωση λεπτομεριών, που αφορούν στα τρισδιάστατα αντικείμενα. Η τήρηση αναλογιών μεταξύ των μοντέλων ως προς τις διαστάσεις τους δημιουργεί την αίσθηση του ρεαλισμού του ψηφιακού περιβάλλοντος, όπου εξελίσσεται η δράση. Συνεπώς, στη φάση της μοντελοποίησης ορίζεται η δομή, τα σχήματα και οι διαστάσεις των αντικειμένων, καθώς και η μεταξύ τους σχέση (Δημητριάδης, Πομπόρτσος & Τριανταφύλλου, 2004).

Το τρισδιάστατο μοντέλο της περιοχής της Ποτίδαιας αποτελείται από τρεις περιοχές στεριάς και τρεις περιοχές παραλίας. Ο διαχωρισμός έγινε για να έχουμε ευελιξία κατά τη σχεδίαση των σκηνών. Συγκεκριμένα, όποια περιοχή ήταν περιττή τη διαγράψαμε, ώστε να περιορίσουμε τον αριθμό των πολυγώνων της σκηνής. Το

⁸⁷ Θα εμφανίζεται ως «υπολογιστής A» στο κείμενο.

μοντέλο του Ολύμπου και της Όσσας σχεδιάστηκε με τη βοήθεια μίας κάθετης επιφάνειας, την οποία διαιρέσαμε σε μεγάλο αριθμό πολυγώνων. Επεξεργαστήκαμε τη θέση των σημείων της ανώτερης ακμής της επιφάνειας, για να δημιουργήσουμε τις κορυφογραμμές. Τέλος, τοποθετήσαμε την επιφάνεια σε μακρινή απόσταση και ρυθμίσαμε το μήκος της να είναι σημαντικά μεγάλο, ώστε σε πανοραμικές λήψεις να μην εμφανίζεται ασυνέχεια ή απότομη διακοπή της στεριάς.

Το τρισδιάστατο μοντέλο του ναού σχεδιάστηκε σε τέσσερα μέρη. Η βάση του αποτελείται από τρία ορθογώνια παραλληλόγραμμα διαφορετικού μεγέθους. Για την πρόσβαση στο ναό δημιουργήσαμε ένα κεκλιμένο επίπεδο. Το δεύτερο μέρος ήταν το ανώτερο μέρος του ναού. Αποτελείται από δύο ορθογώνια παραλληλεπίπεδα διαφορετικού μεγέθους. Ακολουθεί η σκεπή, την οποία κατασκευάσαμε με ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο. Το επεξεργαστήκαμε ως προς τις ακμές του για να σχηματιστούν τα κεκλιμένα επίπεδα της στέγης. Ανάμεσα στη σκεπή και στο χαμηλό επίπεδο της οροφής ενσωματώσαμε τριγλύφους. Στο τρίτο μέρος ασχοληθήκαμε με τη σχεδίαση του τρισδιάστατου μοντέλου των κιόνων και των κιονόκρανων. Χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο της συμμετρίας κατά τη σχεδίαση των κιόνων και των τριγλύφων, περιορίζοντας σημαντικά τον χρόνο μοντελοποίησης του ναού. Τέλος, σχεδιάσαμε το μοντέλο του κυρίως ναού, μέσα στο οποίο εισαγάγαμε το άγαλμα του Ποσειδώνα.

Η σχεδίαση του τρισδιάστατου μοντέλου των τειχών στηρίζεται στην παρατήρηση ότι αποτελούνται από την επανάληψη της ακολουθίας ενός τοίχου μετά από έναν πύργο. Εισαγάγαμε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα έναν κύβο, τον οποίο τροποποιήσαμε ως προς τις διαστάσεις και διαιρέσαμε τις επιφάνειες των πλευρών του σε πολύγωνα. Στη μία κάθετη πλευρά επιλέξαμε περιοχή των πολυγώνων, τα οποία με το εργαλείο της εξώθησης δημιουργήσαμε τον τοίχο. Επεξεργαστήκαμε τη βάση του πύργου και του τοίχου, ώστε να είναι μεγαλύτερο το πλάτος σε εκείνη την περιοχή. Στην πάνω πλευρά του πύργου επιλέξαμε τα περιμετρικά πολύγωνα. Εφαρμόσαμε το εργαλείο της εξώθησης δημιουργώντας ένα πλαίσιο σε σχέση με την υπόλοιπη επιφάνεια. Εφαρμόσαμε τέλος, το εργαλείο της εξώθησης στα μισά πολύγωνα της επιλεγμένης περιμετρικής επιλογής για να δημιουργήσουμε τις πολεμίστρες. Δημιουργήσαμε το απαραίτητο πλήθος των μοντέλων και παραθέσαμε το ένα δίπλα στο άλλο. Σε περιοχές της σκηνής όπου υπήρχε μεγάλη κλιση στο έδαφος, επεξεργαστήκαμε το αντίστοιχο τμήμα του τοίχου, διατηρώντας άθικτο τον πύργο. Η περιοχή της πύλης, έμεινε κενή για να δημιουργηθεί διαφορετικό τρισδιάστατο μοντέλο.

Το τρισδιάστατο μοντέλο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας σχεδιάστηκε από 60 σφαίρες διαφορετικών ακτίνων, τις οποίες παραθέσαμε σε ευθεία και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.⁸⁸ Εφαρμόσαμε το εργαλείο metaball σε δύο⁸⁹ ομάδες ισάριθμων σφαιρών και δημιουργήσαμε με αυτό τον τρόπο ένα ενιαίο μέτωπο, το οποίο θα λειτουργούσε ως το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Το εργαλείο metaball εμφανίζει το σύνολο των σφαιρών σαν ένα αντικείμενο.⁹⁰ Εφαρμόσαμε στα δύο νέα αντικείμενα ένα οριζόντιο επίπεδο, παράλληλο προς το επίπεδο xz και σε μικρή απόσταση πάνω από αυτό. Το σκεπτικό μας ήταν το γεγονός ότι μετά το πρώτο κύμα, έπρεπε να επέλθει η πλυμμυρίδα.

Το τρισδιάστατο μοντέλο του κορακιού αποτελείται από επιμέρους αντικείμενα. Το σχεδιάστηκε με μία κάψουλα, στην οποία εφαρμόσαμε το εργαλείο κωνικής μορφοποίησης. Στη μία άκρη τοποθετήσαμε ένα επίπεδο, στο οποίο εφαρμόσαμε το εργαλείο της κύρτωσης, ώστε να συμπεριφέρεται σαν ουρά. Στην άλλη άκρη, τοποθετήσαμε μία σφαίρα η οποία λειτουργεί ως κεφάλι. Στον άκρη του κεφαλιού τοποθετήσαμε το ράμφος που αποτελείται από το άνω και το κάτω τμήμα. Επίσης, τοποθετήσαμε δύο σφαίρες ως μάτια. Για την κατασκευή των φτερών χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο της συμμετρίας. Έτσι, ασχοληθήκαμε με τη σχεδίαση του ενός μόνο φτερού. Το φτερό αποτελείται από το δύο μέρη. Το εσωτερικό δημιουργήθηκε από μία σφαίρα, η οποία λειτουργεί ως άρθρωση με το κυρίως σώμα και ενώσαμε στην άκρη της έναν κύλινδρο μικρότερης ακτίνας. Εφαρμόσαμε στον κύλινδρο μία επίπεδη επιφάνεια ίσου μήκους. Στην άκρη του κυλίνδρου εφαρμόσαμε το εξωτερικό φτερό με αντίστοιχο τρόπο. Ωστόσο, η επιφάνεια του εξωτερικού φτερώματος προεξέχει σε μήκος από τον εξωτερικό κύλινδρο και εφαρμόσαμε το εργαλείο της κύρτωσης. Η εξωτερική σφαίρα και ο εξωτερικός κύλινδρος έχουν μικρότερη ακτίνα από τα αντίστοιχα εσωτερικά αντικείμενα. Το εργαλείο της συμμετρίας το χρησιμοποιήσαμε και στα πόδια. Ο λεπτομερής σχεδιασμός του μοντέλου καθορίστηκε από το σενάριο, αφού το κοράκι έπρεπε να πετάει και να βγάζει ήχους. Έπρεπε επομένως να σχεδιάσουμε ένα τρισδιάστατο μοντέλο το οποίο θα μπορούσαμε να επεξεργαστούμε εύκολα στο στάδιο της εμψύχωσης.

⁸⁸ Βλέπε σκηνή D3.

⁸⁹ Εφαρμόσαμε δύο φορές το εργαλείο, γιατί θέλαμε να έχουμε καλύτερο έλεγχο στο μοντέλο στη φάση της σχεδιοκίνησης.

⁹⁰ Δίνει την αίσθηση του υφάσματος πάνω στις σφαίρες και έτσι δεν είναι διακριτές.

Το τρισδιάστατο μοντέλο της πύλης αποτελείται από επιμέρους μοντέλα.⁹¹ Συγκεκριμένα, αποτελείται από τις δύο πόρτες, το πέτρινο πλαίσιο και το ξύλινο κούφωμα. Το κέντρο βάρους κάθε πόρτας μετατοπίστηκε στον κατακόρυφο άξονα και συγκεκριμένα στο κέντρο των συνδέσμων οι οποίοι στηρίζουν τις πόρτες με την υπόλοιπη δομή της πύλης. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στις πόρτες να ανοιγοκλείνουν.⁹² Στη δεξιά πόρτα εφαρμόσαμε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο το οποίο ασφαλίσει την πύλη. Η καμάρα της πύλης, σχεδιάστηκε με τη βοήθεια διχοτομημένου κυλίνδρου όπου χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο της εξώθησης.

Για τον σχεδιασμό του μηχανισμού της γένεσης του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, χρησιμοποιήσαμε έναν κύλινδρο και ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο. Στην περιοχή επαφής του παραλληλεπίπεδου αντικείμενου με τον κύλινδρο, προσαρμόσαμε το εργαλείο της κύρτωσης. Η περιστροφή του κυλίνδρου γύρω από τον εαυτό του, επιδρούσε στην άκρη του παραλληλεπίπεδου. Με τον τρόπο αυτό, προσπαθήσαμε να αναπαραστήσουμε τον μηχανισμό της κάθετης μετατόπισης του ρήγματος της «πηγής 1», η οποία είναι ύποπτη για τη γένεση του σεισμού, που προκάλεσε το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας (Paranikolaou & Paranikolaou, 2007).

Στο τρισδιάστατο μοντέλο της πόλης της Ολύθνου εκμεταλλευτήκαμε το γεγονός ότι είναι απομακρυσμένο από την κάμερα, οπότε δεν ήταν αναγκαίο να αφιερώσουμε αρκετό χρόνο στη λεπτομερή σχεδίαση κτιρίων. Αποτελείται από ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, του οποίου η πάνω πλευρά διαιρέθηκε σε επιμέρους πολύγωνα. Με το εργαλείο της εξώθησης τροποποιήσαμε συγκεκριμένα πολύγωνα μεταβάλλοντας τη γεωμετρία του αρχικού αντικείμενου. Έτσι, δημιουργήσαμε την αίσθηση διακριτών κτιρίων. Αυτό το χαρακτηριστικό το εκμεταλλευτήκαμε στο στάδιο της εμπύχωσης, για τη δημιουργία της πυρκαγιάς στην πόλη της Ολύθνου.⁹³

6.2 Υλικά (textures)

Η χρήση υλικών στα τρισδιάστατα μοντέλα, προσδίδουν φυσικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά στο αντικείμενο διευκολύνοντας τον θεατή της εφαρμογής να τα αντιληφθεί καλύτερα. Οι υφές είναι απλές εικόνες που με κατάλληλες διαδικασίες

⁹¹ Βλέπε σκηνή F2.

⁹² Αντίστοιχη είναι και η περίπτωση στις θύρες του ναού. Βλέπε σκηνή G.

⁹³ Βλέπε σκηνή F2.

επικολλούνται στην επιφάνεια του αντικειμένου. Το τρισδιάστατο μοντέλο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη γεωμετρία του αντικειμένου που αναπαριστά, ενώ η υφή προσδιορίζει το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις τα ίδια τα υλικά, αντικαθιστούν τη χρήση των τρισδιάστατων μοντέλων, προσφέροντας ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αναπαράσταση και εξοικονομώντας υπολογιστικούς πόρους κατά τη φάση της φωτορεαλιστικής απεικόνισης (Δημητριάδης, Πομπόρτσης & Τριανταφύλλου, 2004).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αντικατάστασης τρισδιάστατου μοντέλου από τη χρήση υλικού είναι η αναπαράσταση του αγάλματος του Ποσειδώνα, όπως εμφανίζεται στη σκηνή της βεβήλωσης του ναού.⁹⁴ Χρησιμοποιήσαμε μία φωτογραφία που απεικόνιζε τον Ποσειδώνα. Με λογισμικό επεξεργασίας εικόνων⁹⁵ απομονώσαμε τη φιγούρα του Ποσειδώνα από το υπόλοιπο περιβάλλον της φωτογραφίας. Την εισάγαγαμε σε νέο υλικό, στο κανάλι πληροφορίας χρώματος και στο κανάλι πληροφορίας διαφάνειας. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε το υλικό, πάνω σε μία κάθετη επιφάνεια στο πρόγραμμα Cinema4D™, την οποία είχαμε τοποθετήσει στο ακριβές σημείο που θέλαμε να βρίσκεται το άγαλμα. Μάλιστα, βάλαμε την επιφάνεια πάνω σε τρισδιάστατο μαρμάρινο βάθρο, ώστε να φαίνεται πιο ρεαλιστικό το άγαλμα. Το κανάλι πληροφορίας της διαφάνειας χρησιμοποιήθηκε, για να εμφανιστεί μόνο η εικονιζόμενη περιοχή, αγνοώντας την ακάλυπτη επιφάνεια.

Παρόμοια τακτική ακολουθήσαμε και στη σκηνή E, όπου χρησιμοποιήθηκαν δέντρα και το περσικό συμβολο. Η βάση του συμβόλου είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο μαρμάρινης στήλης. Το ίδιο το σύμβολο δημιουργήθηκε με την εφαρμογή υλικού με επεξεργασμένη φωτογραφία, πάνω σε κάθετη επιφάνεια. Αποφύγαμε να χρησιμοποιήσουμε μοντέλο δέντρου για να εξοικονομήσουμε χρόνο από τη σχεδίαση και την παραγωγή ψηφιακού προϊόντος.

Η εφαρμογή υλικού για αντικατάσταση τρισδιάστατων μοντέλων, πραγματοποιήθηκε και στις σκηνές A1 και A2. Χρησιμοποιήσαμε μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, η οποία αναπαριστά τμήμα της πόλης της Θεσσαλονίκης. Η συγκεκριμένη εφαρμογή του υλικού σε κάθετη επιφάνεια λειτουργεί ως θέα από το παράθυρο. Φροντίσαμε να την απομακρύνουμε από το πλαίσιο του παραθύρου για να δημιουργείται η ψευδαίσθηση του χώρου και όχι του κάδρου. Η φωτογραφία τοποθετήθηκε μόνο στο κανάλι πληροφορίας χρώματος. Η συγκεκριμένη τακτική,

⁹⁴ Βλέπε σκηνή G

⁹⁵ Πρόκειται για το λογισμικό πακέτο Adobe Photoshop™ CS6.

εκτός από την οικονομία σε χρόνο σχεδίασης και παραγωγής, βοηθά τον θεατή να αντιληφθεί τον χρόνο και τον χώρο που βρίσκεται.

Η θάλασσα δημιουργήθηκε αποκλειστικά με την εφαρμογή ενός μόνο υλικού πάνω σε επίπεδη επιφάνεια. Στις ιδιότητες του υλικού ενεργοποιήσαμε τα κανάλια πληροφοριών για το χρώμα, τη διάχυση, τη φωτεινότητα, τη διαφάνεια, την αντανάκλαση, τον κατοπτρισμό και την τραχύτητα. Ρυθμίσαμε τα ποσοστά των ιδιοτήτων σε τέτοια επίπεδα, ώστε να παράγεται ικανοποιητικό αποτέλεσμα που να υποδηλώνει τη θάλασσα. Ωστόσο, οι συγκεκριμένες ιδιότητες στη φάση της παραγωγής των πλαισίων εικόνας, επιφέρουν πιο σύνθετους υπολογισμούς στον επεξεργαστή. Αυτό αποτυπώνεται και στην περίπτωση της παρούσας εφαρμογής, αφού οι σκηνές που περιείχαν θάλασσα και νερό, ήταν από τις πιο χρονοβόρες στο στάδιο της παραγωγής και παρουσιάζεται στο 9^ο κεφάλαιο. Το υλικό του νερού το εφαρμόσαμε και στις σκηνές D1 και G στο εσωτερικό του ναού, ορίζοντας διαφορετικές τιμές στις ιδιότητες των καναλιών πληροφορίας. Τέλος, στη σκηνή D3 όταν η κάμερα βρίσκεται στο ανώτερο σημείο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, ο θεατής μπορεί να παρατηρήσει ότι η θάλασσα που το ακολουθεί, έχει αποκτήσει την ιδιότητα της λάσπης.

Για τη στεριά, χρησιμοποιήσαμε υλικό με ιδιότητες που παραπέμπει σε άμμο για την παραλία της Ποτίδαιας. Στη σκηνή της πτώσης του περσικού συμβόλου καθώς και στη σκηνή στη βόρεια πύλη της πόλης, εφαρμόσαμε στην επιφάνεια του εδάφους υλικό που παραπέμπει σε πλακόστρωτη περιοχή. Εισαγάγαμε στο κανάλι της πληροφορίας χρώματος, την επιθυμητή φωτογραφία. Επίσης, στα βράχια της δυτικής ακτής εφαρμόσαμε υλικό, με φωτογραφία που λάβαμε από τη συγκεκριμένη περιοχή. Τέλος, χρησιμοποιήσαμε υλικά που παραπέμπουν σε γρασίδι, στα τριασδιάστατα μοντέλα λόφων και βουνών. Ρυμίσαμε διαφορετικά το κανάλι πληροφορίας του χρώματος σε κάθε υλικό, ώστε ο θεατής να έχει τη ψευδαίσθηση της απόστασης, ανάμεσα στους λόφους.

Στο μοντέλο της γης στη σκηνή C1 εφαρμόσαμε υλικό, όπου στο κανάλι πληροφορίας χρώματος προσθέσαμε εικόνα υψηλής ανάλυσης του παγκόσμιου χάρτη. Ενεργοποιήσαμε το κανάλι πληροφορίας της λάμψης και τη ρυθμίσαμε ώστε να εξάγεται φωτεινότητα από το αντικείμενο δημιουργώντας την ψευδαίσθηση της ατμόσφαιρας. Ορίσαμε η προβολή του υλικού στην επιφάνεια του τρισδιάστατου

μοντέλου, να είναι σφαιρική. Στις σκηνές όπου χρησιμοποιήσαμε επίπεδο χάρτη,⁹⁶ απενεργοποιήσαμε το κανάλι πληροφορίας της λάμψης και ρυθμίσαμε την προβολή του υλικού στην επίπεδη επιφάνεια να γίνεται χωρικά. Μάλιστα, στη σκηνή C4 εφαρμόσαμε υλικό με χαρακτηριστικά θάλασσας για την καλύτερη αναπαράσταση της εξέλιξης του φαινομένου του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας.

Στην περίπτωση των τειχών, καθώς και της βόρειας πύλης η χρήση εικόνας ως υλικό είχε δύο βασικά πλεονεκτήματα. Δεν χρειάστηκε να σχεδιάσουμε τα τείχη από επιμέρους δομικά στοιχεία, διαδικασία η οποία είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Επίσης, η χρήση του συγκεκριμένου υλικού προσέφερε ικανοποιητικό φωτορεαλιστικό αποτέλεσμα εξαιτίας της φυσικής φθοράς που εμφανίζονταν σε αυτό. Ωστόσο, στην πύλη χρειάστηκε να επέμβουμε στο τρισδιάστατο μοντέλο. Δημιουργήσαμε εσοχές ανάμεσα στις πέτρες που την αποτελούσαν, ώστε να δίνεται η αίσθηση ότι είναι χτισμένη από ξεχωριστές πέτρες.⁹⁷ Αυτό το κάναμε διότι η κάμερα βρίσκεται κοντά στο συγκεκριμένο σημείο και ο θεατής έχει τη δυνατότητα να το παρατηρήσει.

6.3 Φώτα, κάμερες, εμψύχωση (lights, cameras, animation)

Στην παραγωγή τρισδιάστατης σχεδιοκίνησης δημιουργούμε έναν εικονικό κόσμο μέσα στον οποίο χαρακτήρες, αντικείμενα, φώτα και κάμερες μετακινούνται και αλληλεπιδρούν. Ο φωτισμός και η σκίαση παίζουν σημαντικό ρόλο στην όψη του τρισδιάστατου αντικειμένου δίνοντας την αίσθηση του όγκου και του βάθους, ενώ προσδιορίζουν τη θέση των αντικειμένων μέσα στον χώρο (Δημητριάδης, Πομπόρτσης & Τριανταφύλλου, 2004).

Χαρακτηριστική περίπτωση κίνησης των φώτων είναι η σκηνή με την πτώση του περσικού συμβόλου.⁹⁸ Περιμετρικά του συμβόλου, έχουμε τοποθετήσει μικρές φωτεινές πηγές και βρίσκονται κυρίως σε οξείες κορυφές. Δίνεται η αίσθηση ότι το φως προκαλείται από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ενώ παράλληλα υποδηλώνει τη λεία επιφάνεια του συμβόλου. Κατά το γκρέμισμά του, έχουμε σχεδιάσει τη μεταβολή της θέσης των φώτων, τα οποία κινούνται κατά μήκος των ακμών, όπως θα συνέβαινε με τον ήλιο. Επίσης, στη βάση του μνημείου σηκώνεται

⁹⁶ Βλέπε σκηνές C1, C2, C3 και C4.

⁹⁷ Βλέπε σκηνή F2.

⁹⁸ Βλέπε σκηνή F1.

σκόνη, όπως και στην περιοχή του φτερού όταν ακουμπά στο έδαφος. Η σκόνη σχεδιάστηκε με τη μεταβολή των ιδιοτήτων των φώτων όπως χρώμα, μέγεθος και ένταση.

Η πυρκαγιά στην Όλυνθο σχεδιάστηκε με εμφύχωση σε φώτα.⁹⁹ Τοποθετήσαμε σε διαφορετικά σημεία της πόλης, φώτα περιοχής σε κόκκινο και πορτοκαλί χρώμα. Τα απομακρυσμένα από την κάμερα φώτα τα ορίσαμε σε κόκκινο, ενώ τα κοντινά σε πορτοκαλί. Σχεδιάσαμε μεταβολή στην ένταση, στον όγκο και την απόχρωσή τους. Με εμφύχωση φώτων, δημιουργήσαμε τις στήλες καπνού πάνω από την πόλη. Εφαρμόσαμε μεταβολή στην ένταση, στο χρώμα και τον όγκο τους. Η θέση τους ωστόσο, παρέμεινε σταθερή.

Η χρήση σχεδιοκίνησης στα φώτα της σκηνής του ναού, δημιούργησε το αποτέλεσμα της φωτιάς και του καπνού.¹⁰⁰ Συγκεκριμένα, τέσσερα φώτα κινούνται περιμετρικά της δεξαμενής, η οποία βρίσκεται στο κέντρο του ναού. Το χρώμα τους και η ένταση μεταβάλλονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζονται ως φωτιά. Επίσης, τοποθετήσαμε χαμηλότερα από την οροφή, λευκά φώτα τα οποία λειτουργούν ως καπνός. Ρυθμίσαμε τις ιδιότητες, ώστε να περιορίζεται η εμβέλειά τους από την οροφή και με αυτόν τον τρόπο ο καπνός εμφανίζεται να βγαίνει από το εσωτερικό του ναού.

Στις σκηνές σε εξωτερικό χώρο χρησιμοποιήσαμε για ήλιο την επιλογή του σχεδιαστικού προγράμματος, από τη ρύθμιση του ουρανού. Το ενδιαφέρον της συγκεκριμένης επιλογής είναι η δυνατότητα που παρέχει στο χρήστη να παραμετροποιεί τη θέση του ήλιου σύμφωνα με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος που επιθυμεί. Στην περίπτωση της εφαρμογής μας, ορίσαμε ως συντεταγμένες τη θέση της Θεσσαλονίκης.¹⁰¹ Επίσης, υπήρχε η δυνατότητα επιλογής της ακριβούς ημερομηνίας και ώρας. Τη δυνατότητα αυτή τη χρησιμοποιήσαμε στη βόρεια πύλη της Ποτίδαιας για να εξελιχθεί η πλοκή σε τρεις ημέρες.¹⁰² Την ίδια επιλογή χρησιμοποιήσαμε και στη σκηνή της βεβήλωσης του ναού, για τη δύση του ήλιου.¹⁰³

Η σκηνή της προσέγγισης του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην Ποτίδαια ήταν η πιο σύνθετη στη φάση της σχεδιοκίνησης.¹⁰⁴ Χρησιμοποιήσαμε εννιά γεννήτριες εκπομπής σφαιρών κατά μήκος της ακτής και τις παραμετροποιήσαμε ώστε να

⁹⁹ Βλέπε σκηνή F2.

¹⁰⁰ Βλέπε σκηνή G.

¹⁰¹ Η επιλογή έγινε διότι από τις διαθέσιμες πόλεις ήταν η πλησιέστερη προς τη Νέα Ποτίδαια.

¹⁰² Βλέπε σκηνή F2.

¹⁰³ Βλέπε σκηνή G.

¹⁰⁴ Βλέπε σκηνή D3.

παράγουν σε περιορισμένο χρονικό διάστημα από 3.000 έως 6.000 σφαίρες, όταν το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας θα περνούσε από κάθε γεννήτρια. Στις σφαίρες εφαρμόσαμε υλικό αφρού, ώστε να εμφανίζονται ως μέρος του κύματος που προκύπτουν από τη σφοδρή σύγκρουση του νερού στα εμπόδια. Παραμετροποιήσαμε την ταχύτητα με την οποία εκπέμπονται οι σφαίρες όπως και το εύρος της γωνίας εξόδου από τις γεννήτριες. Επίσης, ενεργοποιήσαμε την παράμετρο της βαρύτητας, ώστε τα αντικείμενα να συμπεριφέρονται φυσικά και να πέφτουν στην επιφάνεια. Παρόμοια γεννήτρια χρησιμοποιήσαμε στα βέλη που εκτοξεύονταν από το ύψωμα των βράχων προς τους Πέρσες. Ωστόσο, ορίσαμε τον ρυθμό εκπομπής να είναι 30 βέλη ανά δευτερόλεπτο και με μεγαλύτερη αρχική ταχύτητα.¹⁰⁵

Στην ίδια σκηνή εφαρμόσαμε σχεδιοκίνηση και στο μοντέλο του Πέρση στρατιώτη, η οποία εκτελείται σε 128 στιγμιότυπά του. Σχεδιάσαμε γρήγορο περπάτημα λαμβάνοντας υπόψη ότι θα κρατούσαν την ασπίδα στο αριστερό χέρι για να προστατεύτουν από τα βέλη, ενώ το δόρυ θα ήταν στο δεξί. Ωστόσο, ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η ανώμαλη επιφάνεια στην οποία περπατούσαν, αφού σε ορισμένες περιοχές εμφανίζονταν να αιωρούνται. Το πρόβλημα λύθηκε, τοποθετώντας το μοντέλο του Πέρση χαμηλότερα, ώστε να βουλιάζει ελαφρώς στην άμμο. Τέλος, η δημιουργία της σχεδιοκίνησης των φώτων ως σκόνη στην περιοχή από όπου περνούσαν οι Πέρσες, μας βοήθησε για να καλύψουμε στο σύνολο τα σφάλματα αιώρησης. Η αναπαράσταση του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας πραγματοποιήθηκε με την περιοδική μεταβολή της ακτίνας κάθε μίας από τις σφαίρες στις οποίες είχαμε εφαρμόσει το εργαλείο.¹⁰⁶ Επίσης, εφαρμόσαμε σχεδιοκίνηση στο χρώμα και στη λάμψη του υλικού του εργαλείου metaball.

Το κοράκι σύμφωνα με το σενάριο θα εκτελούσε συγκεκριμένες ενέργειες. Οι κραυγές έπρεπε να αναπαρασταθούν οπτικά από την αντίστοιχη κίνηση του ράμφους. Αυτό πραγματοποιήθηκε με την παραμετροποίηση της περιστροφής του άνω και κάτω ράμφους, σε κατάλληλες τιμές. Επίσης, παραμετροποιήσαμε την περιστροφή του κεφαλιού, ώστε το μοντέλο κουνάει το κεφάλι. Η εμψύχωση κατά την πτήση του κορακιού επιτεύχθηκε με τη μεταβολή της παραμέτρου της περιστροφής του εσωτερικού και του εξωτερικού κυλίνδρου του φτερώματος, καθώς και με την

¹⁰⁵ Ωστόσο, από το αποτέλεσμα είναι εμφανές ότι υπάρχει σφάλμα στη συγκεκριμένη αναπαράσταση αφού απουσιάζει η δύναμη της τριβής. Έτσι, ο θεατής ενδέχεται να αντιληφθεί τα βέλη ως πουλιά.

¹⁰⁶ Βλέπε κεφάλαιο 6.1.

παραμετροποίηση του εργαλείου κύρτωσης που εφαρμόσαμε στην άκρη των φτερών και στην ουρά.

Η σχεδιοκίνηση που εφαρμόσαμε στην οθόνη του φορητού υπολογιστή, σχετίζεται με την εναλλαγή των εικόνων και την εισαγωγή κειμένου στο πεδίο αναζήτησης.¹⁰⁷ Χρησιμοποιήσαμε τρία παράλληλα επίπεδα και τα τοποθετήσαμε σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Σε κάθε επίπεδο εφαρμόσαμε το υλικό της αντίστοιχης εικόνας. Η εναλλαγή των οθονών πραγματοποιήθηκε με τη μεταβολή της θέσης των επιπέδων. Η πλησιέστερη προς την κάμερα, ήταν η ορατή προς το χρήστη. Τέλος, η εισαγωγή κειμένου στο πεδίο αναζήτησης επιτεύχθηκε με σχεδιοκίνηση επί του κειμένου,¹⁰⁸ το οποίο ρυθμίσαμε να εμφανίζεται γράμμα προς γράμμα.¹⁰⁹

Η σχεδιοκίνηση στη σκηνή της εγκάρσιας τομής εφαρμόστηκε σε αντικείμενα και σε κείμενα.¹¹⁰ Στον μηχανισμό, ο οποίος αναπαριστά τη γένεση του σεισμού, μεταβάλαμε την ιδιότητα της δύναμης του εργαλείου κύρτωσης, ώστε να εμφανιστεί η καταβύθιση και η εκτίναξη του βυθού. Σχεδόν ακαριαία δημιουργήσαμε την επίδραση της κίνησης στην επιφάνεια της θάλασσας και εμφανίστηκε με μορφή κειμένου το μέγεθος του σεισμού. Στην εξέλιξη του φαινομένου, δηλώσαμε τη μεταβολή των χαρακτηριστικών του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας με σχεδιοκίνηση στο χρώμα των υλικών, στο μέγεθος των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες και του διανύσματος της ταχύτητας. Τέλος, εφαρμόσαμε σχεδιοκίνηση και στο μέγεθος των υπομνημάτων για την εμφάνισή τους στην οθόνη.

Η εμφύχωση του ρολογιού τοίχου διακρίνεται σε τρεις περιπτώσεις. Η κανονική λειτουργία του εμφανίζει τον δείκτη των δευτερολέπτων να περιστρέφεται κατά 6° το δευτερόλεπτο. Η μεταβολή γίνεται διακριτά σε βήματα και όχι γραμμικά. Αντίστοιχα, ρυθμίσαμε τον λεπτοδείκτη να περιστρέφεται γραμμικά κατά 6° ανά λεπτό.¹¹¹ Ωστόσο, η κανονική λειτουργία του ρολογιού σταματάει κατά τη στιγμή της αναζήτησης οπότε οι δείκτες περιστρέφονται αντίστροφα. Μάλιστα, ρυθμίσαμε τη μεταβολή της περιστροφής, να γίνεται με επιτάχυνση.¹¹²

Η εμφύχωση που εφαρμόσαμε στις 48 γρίλιες, πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις.¹¹³ Αρχικά ρυθμίσαμε η περιστροφή να γίνει ταυτόχρονα σε όλες, κατά 81° .

¹⁰⁷ Βλέπε σκηνή A1 και A2.

¹⁰⁸ Πρόκειται για την επιλογή MoText του λογισμικού σχεδίασης.

¹⁰⁹ Βλέπε σκηνή A1.

¹¹⁰ Βλέπε σκηνή C3.

¹¹¹ Βλέπε σκηνή A1 και A2.

¹¹² Βλέπε σκηνή A1.

¹¹³ Βλέπε σκηνή A1.

Στο επόμενο βήμα μετακινήσαμε τις 18 κατώτερες γρίλιες κατακόρυφα, ενώ ταυτόχρονα περιορίσαμε την απόσταση μεταξύ τους. Έπειτα, εφαρμόσαμε την ίδια διαδικασία στις 33 χαμηλότερες. Στο τελευταίο βήμα, ρυθμίσαμε τις αποστάσεις ώστε να είναι ίσες μεταξύ τους και οι γρίλιες να φαίνονται ανεβασμένες.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονίσουμε τη χρησιμότητα του εργαλείου F-Curve που μας παρείχε το λογισμικό του τρισδιάστατου σχεδιασμού. Η χρήση του μας παρέχει τη δυνατότητα να επεμβαίνουμε στις γραφικές παραστάσεις των ιδιοτήτων, που μεταβάλαμε κατά την εμφύχωση. Βελτιώσαμε την αναπαράσταση των κινήσεων, ώστε αυτές να πραγματοποιούνται ρεαλιστικά. Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις σκηνές της εφαρμογής μας.¹¹⁴

6.4 Φωτορεαλιστική απεικόνιση (rendering)

Η παραγωγή των ψηφιακών εικόνων πραγματοποιήθηκε στη φάση της φωτορεαλιστικής απεικόνισης, κατά την οποία αποδόθηκαν ρεαλιστικά χαρακτηριστικά στα μοντέλα με τη χρήση χρωμάτων, υλικών επικαλύψεων, φωτισμού και σκιάσεων. Το πρόγραμμα που είναι υπεύθυνο για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση είναι ο *renderer*, που παίζει τον ρόλο της φωτογραφικής μηχανής (Δημητριάδης, Πομπόρτσας & Τριανταφύλλου, 2004).

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση παράγει είτε ψηφιακό βίντεο, είτε ψηφιακές εικόνες. Μία σκηνή η οποία διαρκεί 60 δευτερόλεπτα μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή ενός αρχείου βίντεο διάρκειας ενός λεπτού ή να δημιουργήσει 1.500 ψηφιακές εικόνες, τις οποίες μπορούμε σε διαφορετικό χρόνο να τις συνθέσουμε σε αρχείο βίντεο. Ενδέχεται να εντοπιστούν σφάλματα στο περιεχόμενο των σκηνών μετά τη φωτορεαλιστική απεικόνιση, οπότε θα χρειαστεί να επεξεργαστούμε την προβληματική περιοχή της σκηνής. Προτιμότερη είναι η στρατηγική της παραγωγής φωτογραφιών, αφού σε αυτή την περίπτωση θα χρειαστεί να παράγουμε μόνο τα προβληματικά πλαίσια. Διαφορετικά, πρέπει να παράγουμε το σύνολο των πλαισίων εικόνας για να δημιουργηθεί το νέο αρχείο βίντεο. Επίσης, η παραγωγή αρχείων εικόνας, μας βοηθάει να διαμοιράσουμε την εργασία της φωτορεαλιστικής

¹¹⁴ Ο θεατής μπορεί να παρατηρήσει τη σχεδιοκίνηση του σκοινιού στη σκηνή F1, την μετακίνηση των καραβιών κατά την υποχώρηση στις θάλασσες στη σκηνή D2 και το σήκωμα των πανιών στη σκηνή D1.

απεικόνισης σε πολλούς υπολογιστές. Στο στάδιο της φωτορεαλιστικής απεικόνισης επιλέξαμε να δημιουργούνται αρχεία εικόνας.¹¹⁵

Κατά το στάδιο της παραγωγής των ψηφιακών εικόνων χρησιμοποιήθηκε παράλληλα με τον βασικό φορητό υπολογιστή¹¹⁶ και ένα επιπλέον μηχάνημα, χαμηλότερων προδιαγραφών, ώστε να επιταχυνθεί η παραγωγή. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε φορητό υπολογιστή Hewlett Packard™ HP G5000 Notebook PC,¹¹⁷ με λειτουργικό σύστημα Microsoft Windows 7™ Ultimate 32-bit Operating System. Ο τύπος του επεξεργαστή είναι GenuineIntel® CPU T2080 @ 1.73 GHz. Η μνήμη RAM είναι 1,00 GB. Η κάρτα γραφικών είναι MobileIntel® 945 Express Chipset Family.

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής A1 ολοκληρώθηκε σε 33 ώρες. Στον υπολογιστή B, δρομολογήθηκε η παραγωγή 120 πλαισίων εικόνας και ολοκληρώθηκε σε 7 ώρες. Ο υπολογιστής A, παράγαγε 781 πλαίσια εικόνας σε 26 ώρες. Οι ρυθμίσεις που εφαρμόσαμε ήταν η επιλογή global illumination,¹¹⁸ lens effect¹¹⁹ και glow effect.¹²⁰ Η ανάλυση για το σύνολο της παραγωγής ορίστηκε στα 1280 εικονοστοιχεία στον οριζόντιο άξονα και 720 εικονοστοιχεία στον κατακόρυφο δίνοντας αναλογία μήκους προς πλάτος, 16 προς 9. Επίσης, κατά την προεπισκόπηση των σκηνών για να εντοπίσουμε ενδεχόμενα σφάλματα και να τα διορθώσουμε πριν την τελική φωτορεαλιστική απεικόνιση, δημιουργούσαμε αρχείο βίντεο μικρής ανάλυσης για την εξοικονόμηση χρόνου. Συγκεκριμένα, το βίντεο είχε αναλογία μήκους προς πλάτος 16 προς 9, με 320 εικονοστοιχεία στον οριζόντιο άξονα και 180 στον κατακόρυφο. Μάλιστα, κατά την προεπισκόπηση εντοπίζαμε τα σημεία όπου απαιτούνταν περισσότερος χρόνος υπολογισμού. Αυτό μας βοήθησε στο να μοιράζουμε τις χρονοβόρες σκηνές στον υπολογιστή A, ενώ τις υπόλοιπες στον υπολογιστή B.

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής C1 ολοκληρώθηκε σε 2 ώρες. Ο υπολογιστής A, παράγαγε σε μία ώρα 601 πλαίσια εικόνας, ενώ ο υπολογιστής B στον ίδιο χρόνο παράγαγε 300 πλαίσια εικόνας. Εφαρμόστηκε μόνο η επιλογή glow effect.¹²¹ Για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής D1 απαιτήθηκαν 25 ώρες. Ο

¹¹⁵ Επιλέξαμε συγκεκριμένα να αποθηκεύονται σε μορφή TARGA (.tga).

¹¹⁶ Βλέπε κεφάλαιο 6.1.

¹¹⁷ Θα εμφανίζεται ως «υπολογιστής B» στο κείμενο.

¹¹⁸ Η επιλογή έγινε για να προκύπτει καλύτερη αίσθηση ρεαλισμού του χώρου του γραφείου από τον φωτισμό.

¹¹⁹ Χρησιμοποιήθηκε για το θάμπωμα κατά την εστίαση του ενδιαφέροντος του θεατή ανάμεσα στο ρολόι τοίχου και στην οθόνη του φορητού υπολογιστή.

¹²⁰ Χρησιμοποιήθηκε για την ακτινοβολία της οθόνης του φορητού υπολογιστή.

¹²¹ Η επιλογή έγινε για να εμφανίζεται ένα λεπτό στρώμα ατμόσφαιρας γύρω από τον πλανήτη.

υπολογιστής A, παρήγαγε 780 πλαίσια εικόνας σε 18 ώρες, ενώ σε 7 ώρες ο υπολογιστής B παρήγαγε 120 πλαίσια εικόνας. Η φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής E ολοκληρώθηκε σε 13 ώρες. Ο υπολογιστής A, παρήγαγε 75 πλαίσια εικόνας σε 3 ώρες, ενώ ο υπολογιστής B χρειάστηκε για 276 πλαίσια εικόνας, 10 ώρες. Η συγκεκριμένη σκηνή αποδείχθηκε χρονοβόρα, εξαιτίας της παρουσίας της θάλασσας σε όλη τη διάρκειά.

Η σκηνή F1 αναπαραστάθηκε φωτορεαλιστικά κυρίως από τον υπολογιστή B. Αυτό οφείλεται στην περιορισμένη εμφάνιση του στοιχείου της θάλασσας, στα πλάνα της σκηνής. Ο συνολικός χρόνος που αφιερώθηκε στην παραγωγή των εικόνων της σκηνής είναι 13 ώρες. Τα 451 πλαίσια εικόνας παράχθηκαν σε 12 ώρες, ενώ τα 50 πλαίσια που αναθέσαμε στον υπολογιστή A, χρειάστηκαν μία ώρα.

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής F2 ολοκληρώθηκε σε 12 ώρες. Ο υπολογιστής A, παρήγαγε 411 πλαίσια εικόνας σε 10 ώρες, ενώ ο υπολογιστής B παρήγαγε σε 2 ώρες, 90 πλαίσια εικόνας. Η ρύθμιση της έντασης της ομίχλης, καθώς και τα μεταλλικά χαρακτηριστικά τα οποία εφαρμόσαμε στα υλικά της πύλης, είχαν επίπτωση στον χρόνο παραγωγής των αντίστοιχων πλαισίων εικόνας. Η σκηνή G παράχθηκε σε 21 ώρες, αποκλειστικά στον υπολογιστή A. Ο συνδυασμός του υδάτινου στοιχείου, των ιδιοτήτων των τοιχωμάτων του ναού, καθώς και των φώτων, επέκτειναν τον χρόνο της φωτορεαλιστικής απεικόνισης. Η σκηνή I2 παράχθηκε σε 2 ώρες, ενώ η σκηνή I σε 4 ώρες, στον υπολογιστή A.

Η σκηνή D2 είναι η μεγαλύτερη σε διάρκεια. Έχει έντονο το στοιχείο της θάλασσας σε όλα τα πλαίσια εικόνας. Η φωτορεαλιστική απεικόνιση ολοκληρώθηκε σε 49 ώρες. Ο υπολογιστής A, παρήγαγε 1.050 πλαίσια εικόνας σε 30 ώρες, ενώ ο υπολογιστής B, χρειάστηκε 19 ώρες για την παραγωγή 451 πλαισίων εικόνας. Η σκηνή C2 ολοκληρώθηκε σε 1 ώρα χρησιμοποιώντας μόνο τον υπολογιστή A. Η φωτορεαλιστική απεικόνιση της σκηνής C3 ολοκληρώθηκε σε 4 ώρες με τη βοήθεια του υπολογιστή B. Με τον ίδιο υπολογιστή ολοκληρώσαμε τη σκηνή C4 σε 8 ώρες.

Η σκηνή D3 παράχθηκε δύο φορές. Στην πρώτη έκδοση, ενεργοποιήσαμε τη ρύθμιση global illumination. Ωστόσο, το αποτέλεσμα δεν ήταν ικανοποιητικό ως προς τον φωτισμό. Εμφανίστηκαν έντονα φωτισμένες περιοχές εξαιτίας της αντανάκλασης των αντικειμένων της σκηνής. Το συγκεκριμένο σφάλμα δεν αποτυπώθηκε στο βίντεο της προεπισκόπησης, εξαιτίας του ότι δεν ενεργοποιούσαμε την επιλογή global illumination για οικονομία χρόνου. Ωστόσο, η πρώτη έκδοση της σκηνής παράχθηκε έπειτα από 71 ώρες. Στη δεύτερη έκδοση και αφού διορθώσαμε τα σφάλματα της

σκηνής, απενεργοποιήσαμε την επιλογή global illumination. Το αποτέλεσμα ήταν να παραχθεί η ίδια σκηνή σε μόλις 12 ώρες. Η διαφορά που παρατηρήσαμε σε χρόνους ήταν καθοριστική ώστε να επανεξετάσουμε τις περιπτώσεις στις οποίες θα χρησιμοποιούσαμε την επιλογή της συγκεκριμένης παραμέτρου.

Η σκηνή A2 είναι η δεύτερη και η τελευταία περίπτωση που κάναμε χρήση της επιλογής global illumination και ολοκληρώθηκε σε 63 ώρες. Ο υπολογιστής A, παράγαγε 571 πλαίσια εικόνας σε 26 ώρες, ενώ ο υπολογιστής B, παράγαγε τα υπόλοιπα 430 πλαίσια σε 37 ώρες. Δεν κρατήσαμε στατιστικά για τον χρόνο που αφιερώσαμε κατά την παραγωγή του σήματος της αρχής, των ενδιάμεσων πλαισίων πληροφοριών και για τους τίτλους τέλους. Η φωτορεαλιστική απεικόνιση των σκηνών πραγματοποιήθηκε σε διάστημα 6 εβδομάδων.¹²² Σε αυτό το διάστημα το συνολικό μέγεθος των αρχείων εικόνας που προέκυψαν είναι 28,73 GB. Ωστόσο, πρέπει να συνυπολογίσουμε και το μέγεθος των αρχείων για το σήμα της αρχής, τα ενδιάμεσα πλαίσια και τους τίτλους τέλους, το οποίο είναι 5,3 GB.

6.5 Επεξεργασία ήχου και βίντεο (sound and video editing)

Το τελικό στάδιο της παραγωγής του ψηφιακού προϊόντος είναι η επεξεργασία του ήχου και η συρραφή του με τις εικόνες που παράχθηκαν στη φάση της φωτορεαλιστικής απεικόνισης. Οι ήχοι που θα χρησιμοποιηθούν επεξεργάζονται ως προς τη διάρκεια και την έντασή τους. Σε αυτό το στάδιο ρυθμίζονται ειδικά φίλτρα όπως η ηχώ, η ομαλή είσοδος και έξοδος σε ένα ηχητικό απόσπασμα ή η καθυστέρηση. Η επεξεργασία των ήχων για την παραγωγή της τρισδιάστατης αναπαράστασης πραγματοποιήθηκε με το πακέτο λογισμικού Adobe Audition™ CS6.

Το σύνολο της ψηφιακής εφαρμογής υποστηρίζεται ηχητικά. Προσπαθήσαμε να λύσουμε το πρόβλημα της απουσίας χαρακτήρων τόσο ανθρώπων, όσο και ζώων με τη χρήση κατάλληλων ηχητικών αποσπασμάτων. Στη ψηφιακή εφαρμογή οι χαρακτήρες που εμφανίζονται και αντιστοιχούν σε έμβια όντα είναι το κοράκι και οι στρατιώτες του Αρτάβαζου. Ωστόσο, η χρήση αποσπασμάτων από ήχους πουλιών και

¹²² Ξεκίνησε στις 19 Δεκεμβρίου 2013 και τελείωσε στις 4 Φεβρουαρίου 2014.

εντόμων, δημιουργούν στον θεατή την ψευδαίσθηση της παρουσίας τους. Αυτό παρατηρείται κυρίως στις σκηνές σε ανοιχτούς χώρους.¹²³

Εκμεταλευτήκαμε επίσης, τη χρήση του ήχου για να εξοικονομήσουμε χρόνο από τη σχεδίαση πολύπλοκων τρισδιάστατων μοντέλων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε τον ήχο από το τρίξιμο ξύλων, για να αντιληφθεί ο θεατής ότι βρίσκεται πάνω σε καράβι,¹²⁴ το οποίο δεν υπάρχει. Ωστόσο, ο συγχρονισμός του ήχου με την κίνηση της κάμερας δημιουργούν την ψευδαίσθηση, ότι ο θεατής επιβαίνει σε αυτό.

Στην ψηφιακή εφαρμογή χρησιμοποιήσαμε τον ήχο, για να δώσουμε έμφαση σε ενέργειες που συνέβαιναν στη σκηνή. Το μεγάλο βάρος του περσικού συμβόλου γίνεται εύκολα αντιληπτό με τη συνδρομή του χαρακτηριστικού ήχου, που προκαλείται κατά τη σύγκρουση του μετάλλου στο πέτρινο έδαφος.¹²⁵ Μάλιστα, η επανάληψη του ήχου στο επόμενο δευτερόλεπτο σε χαμηλότερη ένταση, σημειώνει την ανεπαίσθητη αναπήδηση που πραγματοποίησε το σύμβολο. Ωστόσο, στην ίδια σκηνή νωρίτερα, εισαγάγαμε τον ήχο που παράγεται από το τέντωμα του σκοινιού. Αντίστοιχη είναι η χρήση του ήχου και στην περίπτωση της βόρειας πύλης, κατά το βίαιο κλείσιμο των ξύλινων θυρών.¹²⁶ Στο επόμενο δευτερόλεπτο χρησιμοποιήσαμε ήχο που παραπέμπει σε μέταλλο, για να υποστηριχθεί το σφράγισμα των θυρών από τη σιδερένια ράβδο. Τέλος, κατά τη βεβήλωση του ναού, χρησιμοποιήσαμε ισχυρό ήχο για να τονίσουμε τη σφοδρότητα με την οποία συγκρούεται ο πολιορκητικός κριός στις πόρτες του ναού.¹²⁷

Τα επεξεργασμένα αρχεία ήχου εισήχθησαν στα αντίστοιχα κανάλια στο ειδικό πακέτο λογισμικού για σύνθεση βίντεο Adobe Premiere™ Pro CS3. Αντίστοιχα, οι εικόνες φωτορεαλιστικής απεικόνισης συνολικού μεγέθους 34,03 GB εισήχθησαν στα κανάλια βίντεο του Premiere. Ακολούθησε η λεπτομερής αντιστοίχιση ήχων και εικόνων, ως προς τον χρόνο εκτέλεσης του βίντεο. Η περιοχή εργασίας σαρώθηκε και προέκυψε αρχείο εικόνας και ήχου για εξαγωγή σε τυποποιημένη μορφή.

Στο στάδιο της εξαγωγής του τελικού βίντεο καθορίσαμε τα χαρακτηριστικά του. Επιλέξαμε να δημιουργηθεί βίντεο ίδιας ανάλυσης με τα πλαίσια εικόνων, που προέκυψαν κατά το στάδιο της φωτορεαλιστικής απεικόνισης, 1280x720 εικονοστοιχεία τηρώντας την αναλογία 16:9. Ο τύπος του αρχείου βίντεο ορίστηκε σε

¹²³ Βλέπε σκηνή D1, E, F1 και D2.

¹²⁴ Βλέπε σκηνή E.

¹²⁵ Βλέπε σκηνή F1.

¹²⁶ Βλέπε σκηνή F2.

¹²⁷ Βλέπε σκηνή G.

QuickTime με ταυτόχρονη εξαγωγή εικόνας και ήχου. Η συμπίεση ορίστηκε σε τύπο H.264 με βάθος χρώματος ρυθμισμένο σε εκατομμύρια. Ο ρυθμός των πλαισίων εικόνας ανά δευτερόλεπτο ορίστηκε στα 25 και η αναλογία πλευρών εικονοστοιχείων ορίστηκε σε Square Pixels. Η ποιότητα του βίντεο ρυθμίστηκε σε 100%. Ως προς τον ήχο, επιλέξαμε να παραμείνει ασυμπίεστος. Η συχνότητα δείγματος ορίστηκε σε 48.000 Hz και ο τύπος του σε 16 bit. Τέλος, τα κανάλια του ήχου ρυθμίστηκαν στερεοφωνικά. Έτσι, ολοκληρώσαμε την παραγωγή του ψηφιακού βίντεο¹²⁸ μεγέθους 1,45 GB και διάρκειας 8 λεπτών και 30 δευτερολέπτων, το οποίο αναπαριστά το ιστορικό γεγονός του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας το οποίο έπληξε τον Θερμαϊκό κόλπο το 479 π.Χ.

6.6 Δυσκολίες και περιορισμοί

Κατά τον σχεδιασμό της ψηφιακής εφαρμογής, στο στάδιο της συγγραφής του σεναρίου και του storyboard, καθώς και στη φάση της μοντελοποίησης, το βασικό πρόβλημα το οποίο συναντήσαμε ήταν τα περιορισμένα στοιχεία για αντικείμενα που συμμετείχαν στην πλοκή. Ο ναός του Ποσειδώνα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Δεν υπήρχαν αρκετά αρχαιολογικά ευρήματα, ούτε σαφείς ενδείξεις για την αρχιτεκτονική και για την τοποθεσία στην οποία ήταν χτισμένος. Ωστόσο, στην ψηφιακή εφαρμογή ήταν σημαντικό να αναπαρασταθεί ο ναός με συγκεκριμένα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και σε καθορισμένο μέρος. Έτσι, χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες πληροφορίες των ιστορικών πηγών και σε συνδυασμό με τα περιορισμένα αρχαιολογικά ευρήματα, κάναμε υποθέσεις ώστε να ξεπεράσουμε τα εμπόδια.

Το δεύτερο σημαντικό πρόβλημα αντιμετωπίσαμε ήταν οι περιορισμένες δυνατότητες σε υπολογιστικούς πόρους. Τόσο η έρευνα, όσο και η παραγωγή του προϊόντος έγινε στη Θεσσαλονίκη. Δεν εκμεταλλευτήκαμε τις δυνατότητες τις οποίες μας παρείχε το εργαστήριο των υπολογιστών του Τμήματος της Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στη Μυτιλήνη. Χρειάστηκε να τροποποιήσουμε την ανάλυση των παραγόμενων πλαισίων εικόνας σε

¹²⁸ Το αρχείο βίντεο είναι διαθέσιμο στο Παράρτημα Β με την ονομασία Tsunami_in_ancient_Potidaea.mov.

χαμηλότερη,¹²⁹ ώστε να κερδίσουμε χρόνο για την παραγωγή του συνόλου των 12.500 πλαισίων εικόνας. Υποχρεωθήκαμε να περιορίσουμε τη χρήση ρυθμίσεων, οι οποίες προσφέρουν πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα στην τρισδιάστατη αναπαράσταση, αλλά απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο παραγωγής.¹³⁰ Η εναλλακτική λύση ήταν να περιοριστεί ο χρόνος του τελικού βίντεο, η οποία απορρίφθηκε.

Για το ίδιο πρόβλημα αναγκαστήκαμε να εγκαταλείψουμε την προοπτική χρήσης εξειδικευμένου λογισμικού πακέτου,¹³¹ το οποίο εκτελεί ρεαλιστική προσομοίωση των ρευστών, σε συνεργασία με το λογισμικό πακέτο Cinema4D™ R12. Η χρήση του προοριζόταν αποκλειστικά για τη σκηνή D3, ώστε να αναπαρασταθεί το φαινόμενο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Απαιτούσε υπερβολικό χώρο για την παραγωγή των ενδιάμεσων αρχείων προσομοίωσης.¹³² Επίσης, στην απόρριψη της συγκεκριμένης επιλογής μας οδήγησε και το απαγορευτικό κόστος της απόκτησής του.¹³³ Συνεπώς, σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε τη συγκεκριμένη σκηνή χρησιμοποιώντας αποκλειστικά τις δυνατότητες που μας παρείχε το Cinema4D™ R12.

¹²⁹ Η αρχικός σχεδιασμός της παραγωγής καθόριζε την παραγωγή των πλαισίων εικόνας και την τελική σύνθεση του βίντεο σε ανάλυση 1920x1080 εικονοστοιχεία. Η παραγωγή τελικά πραγματοποιήθηκε σε ανάλυση 1280x720 εικονοστοιχεία.

¹³⁰ Ενδεικτικά αναφέρουμε την επιλογή Global Illumination.

¹³¹ Πρόκειται για το προϊόν RealFlow™ της Next Limit Technologies™ (Realflow Pricing, 2014).

¹³² Πρόκειται για αποθηκευτικό χώρο της τάξης Tbytes.

¹³³ Η αγορά του πλήρους πακέτου, σύμφωνα με τον επίσημο ιστοχώρο του προϊόντος RealFlow™ ανέρχεται σε 3.500€. Η ενοικίασή του ανά εβδομάδα ανέρχεται σε 450€ ανά εβδομάδα.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και προοπτικές εξέλιξης

Οι νέες τεχνολογίες μπορούν να συνδυάσουν πληροφορίες, οι οποίες προέρχονται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Οι δυνατότητες οι οποίες μας παρέχονται όπως η χρήση των τρισδιάστατων γραφικών, αποτελούν χρήσιμο εργαλείο για την αναπαράσταση της πληροφορίας με τρόπο κατανοητό και ευχάριστο. Η παρούσα ψηφιακή εφαρμογή παρουσιάζει τα ιστορικά γεγονότα που διαδραματίστηκαν στην αρχαία Ποτίδαια, σε συνδυασμό με το ακραίο γεωλογικό φαινόμενο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, το οποίο συνέβη την ίδια περίοδο. Ο θεατής γνωρίζει το ιστορικό πλαίσιο στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου και κατανοεί τον μηχανισμό γένεσης του φυσικού φαινομένου.

Η ψηφιακή εφαρμογή θα μπορούσε να λειτουργήσει και ως εργαλείο για την αρχαιολογία. Η τρισδιάστατη αναπαράσταση του ιστορικού γεγονότος, σε συνδυασμό με τις γεωλογικές έρευνες, ενισχύουν την άποψη ότι το φυσικό φαινόμενο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας συνέβη τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, στον Θερμαϊκό κόλπο. Συνεπώς, θα μπορούσαν οι αρχαιολόγοι να συμπεριλάβουν την παράμετρο αυτής της φυσικής καταστροφής σε μελλοντικές ανασκαφές, στη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

Μέσα από τη διαδικασία της σχεδίασης και παραγωγής της ψηφιακής εφαρμογής είχαμε τη δυνατότητα να γνωρίσουμε τη διαδικασία που ακολουθείται σε όλα τα στάδια ανάπτυξής της. Αντιληφθήκαμε την αναγκαιότητα της διεξαγωγής έρευνας σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία, ώστε να κατανοήσουμε πλήρως το θέμα, το οποίο θα αναπαραστήσαμε στην ψηφιακή εφαρμογή. Μάθαμε για τη σημασία της φάσης της προ-παραγωγής, η οποία καθορίζει με λεπτομέρεια όλα τα στάδια της κύριας παραγωγής και αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην ομάδα η οποία αναλαμβάνει να αναπτύξει τα τρισδιάστατα γραφικά. Επίσης, καταλήξαμε σε τρόπους επίλυσης προβλημάτων που προέκυψαν κατά την παραγωγή, ώστε να τηρήσουμε τους χρονικούς περιορισμούς, οι οποίοι τέθηκαν στο πλαίσιο εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής.

Έχοντας ολοκληρώσει τη σχεδίαση και την παραγωγή του ψηφιακού πολιτιστικού προϊόντος με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών, θα παραθέσουμε τρεις προτάσεις για τη μελλοντική του εξέλιξη. Κοινό χαρακτηριστικό και των τριών εκδόσεων θα

είναι το στοιχείο της διάδρασης, η οποία θα παρέχεται στον χρήστη. Ωστόσο, οι σκοποί που θέτει κάθε εφαρμογή και το κοινό στο οποίο απευθύνονται, διαφέρουν. Η πρώτη περίπτωση αφορά στη σχεδίαση και την παραγωγή διαδραστικής ψηφιακής εφαρμογής με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών, η οποία θα βρίσκεται εγκατεστημένη στον χώρο μουσείου, σε συγκεκριμένη θεματική ενότητα. Ο επισκέπτης μετά την περιήγηση στο συγκεκριμένο τμήμα του μουσείου και έχοντας παρατηρήσει τα εκθέματα, θα καλείται να εκτελέσει συγκεκριμένες αποστολές βάσει σεναρίου. Ο σκοπός θα είναι να κατανοήσει τη χρήση των εκθεμάτων του μουσείου, στο ιστορικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκαν. Θα αναπτυχθεί σε πλατφόρμα τρισδιάστατης αναπαράστασης χώρου, σε πραγματικό χρόνο¹³⁴ και θα εκτελείται σε κονσόλα παιχνιδιομηχανής ή εναλλακτικά, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η κίνηση και οι ενέργειες του χρήστη στο ψηφιακό τρισδιάστατο περιβάλλον θα πραγματοποιούνται μέσω ασύρματων τηλεχειριστηρίων.

Το σημαντικό στοιχείο στην ψηφιακή εφαρμογή είναι ότι θα μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα μέχρι και τέσσερα άτομα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στον μεμονωμένο επισκέπτη του μουσείου να χρησιμοποιήσει το ψηφιακό πολιτιστικό προϊόν μόνος ή σε συνεργασία με άλλους. Προφανώς, η ανάπτυξη κοινωνικών σχέσεων μέσα στον χώρο του μουσείου, το καθιστά πιο προσιτό στον κόσμο. Μια σημαντική παράμετρος είναι η ευκαιρία που θα παρέχεται στις οικογένειες, να παίζουν ταυτόχρονα οι γονείς με τα παιδιά, για να επιτευχθούν συνεργατικά οι στόχοι του σεναρίου. Μάλιστα, η θεματική περιοχή του μουσείου θα αποτελέσει χώρο παιχνιδιού, αφού θα χρειάζεται κάποιο μέλος να ανατρέχει στο φυσικό έκθεμα για να λαμβάνει κρίσιμες πληροφορίες¹³⁵ για την ολοκλήρωση της εικονικής αποστολής.

Επιπλέον, η εφαρμογή θα παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει προσωπικό λογαριασμό, στον οποίο θα αποθηκεύεται η εμπειρία που έχει αποκτήσει κατά τη χρήση της εφαρμογής. Μετά την αποχώρηση από το μουσείο θα μπορεί να εισέρχεται στον προσωπικό του λογαριασμό, μέσω του επίσημου ιστοχώρου του μουσείου και να επανεξετάζει τα στοιχεία που συνέλεξε νωρίτερα. Σε επόμενη επίσκεψη στο μουσείο θα κληθεί να εκτελέσει διαφορετική αποστολή, χρησιμοποιώντας διαφορετικά εκθέματα, αφού ο χρήστης θα λειτουργεί με βάση ένα νέο σενάριο.

¹³⁴ Ενδεικτικά αναφέρονται οι επιλογές των Unity 3D™ και Unreal Development Kit™.

¹³⁵ Ενδεχομένως το χρώμα, η χρονολόγηση, η τοποθεσία που βρέθηκε ένα αρχαιολογικό αντικείμενο να είναι αναγκαία πληροφορία για να εξελιχθεί το σενάριο. Κάποιο μέλος της ομάδας ανατρέχει στους χώρους του μουσείου, εντοπίζει το αντικείμενο και συλλέγει εκ νέου τις πληροφορίες που απαιτούνται.

Η δεύτερη παραλλαγή είναι η σχεδίαση και παραγωγή μιας ψηφιακής εφαρμογής, η οποία θα προσομοιώνει το φαινόμενο του θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον Θερμαϊκό κόλπο. Θα απευθύνεται σε γεωλόγους και σεισμολόγους, οι οποίοι θα τροφοδοτούν το σύστημα με δεδομένα σχετικά με το αίτιο πρόκλησης του φαινομένου, ώστε να παρατηρούν τη συμπεριφορά του φαινομένου σε κάθε σημείο του κόλπου. Κατά την επεξεργασία των δεδομένων θα λαμβάνεται υπόψη η τρισδιάστατη αναπαράσταση του βυθού, όπως προκύπτει από τις βυθομετρικές αναλύσεις. Παράλληλα, θα αποτυπωθεί με τη χρήση των τρισδιάστατων γραφικών η ακτογραμμή του Θερμαϊκού, ώστε να υπολογίζεται η ρεαλιστική συμπεριφορά του θαλάσσιου κύματος, σύμφωνα με τα εμπόδια που συναντά.¹³⁶

Ανάμεσα στις παραμέτρους, τις οποίες μπορεί να εισαγάγει ο χρήστης θα είναι το σημείο γένεσης του φαινομένου και το μέγεθος του σεισμού που το προκάλεσε. Επίσης, θα έχει την επιλογή δηλώνει τη χρονολογία στην οποία επιθυμεί να προσομοιωθεί το εικονικό φαινόμενο. Το τρισδιάστατο μοντέλο του Θερμαϊκού θα προσαρμόζεται στην επιλογή του χρήστη. Παράλληλα θα λαμβάνεται υπόψη ο ρυθμός διάβρωσης της ακτογραμμής, όπως θα προκύψει από τη γεωλογική έρευνα. Θα αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο και για την επιστήμη της αρχαιολογίας, κυρίως της ενάλιας, αφού θα υποδεικνύει περιοχές στις οποίες θα μπορούσαν να έχουν αναπτυχθεί οικισμοί ή να έχουν επεκταθεί οι αρχαίες πόλεις που γνωρίζουμε.

Τέλος, η τρίτη παραλλαγή της παρούσας διατριβής είναι η σχεδίαση και η παραγωγή του παιχνιδιού,¹³⁷ το οποίο θα σχετίζεται με το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας στην αρχαία Ποτίδαια. Η περιοχή, στην οποία θα εξελίσσεται, παρέχει αρκετά στοιχεία από τη μυθολογία και την ιστορία. Η περιπλάνηση του χρήστη θα γίνει σύμφωνα με τις αποστολές του σεναρίου, οι οποίες θα εκτυλίσσονται στην περιοχή που εκτείνεται από τον Όλυμπο και τις Αιγές, μέχρι την Τορώνη και από τη Θέρμη μέχρι τη Σκιώνη. Η τελική επιδίωξη του χρήστη της εφαρμογής, θα είναι η επιβίωση από την οργή του Ποσειδώνα, επιλύοντας γρίφους οι οποίοι σχετίζονται με τις ιστορικές πηγές.

¹³⁶ Ενδεικτικά αναφέρεται το RealFlow™ σε συνδυασμό με το Cinema4D™.

¹³⁷ Θα γίνει με τη χρήση του Unity 3D™ ή του Unreal Development Kit™.

Βιβλιογραφία

- Αλμπανάκης, 2007 Αλμπανάκης, Κ. (2007). *Μαθήματα Ωκεανογραφίας*.
Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης.
- Alexander, 1963 Alexander, J.A. (1963). *Potidaea. Its History and
Remains*. USA: University of Georgia Press.
- Βοκοτοπούλου, 2001 Βοκοτοπούλου, Ι. (2001). *Ηπειρωτικά και Μακεδονικά
Μελετήματα*. Αθήνα: Η εν Αθήναις Αρχαιολογική
Εταιρεία.
- Γιαννάκης, 2010 Γιαννάκης, Σ. (2010). *Επιρροή των ρεμάτων της αστικής
και περιαστικής ζώνης του πολεοδομικού συγκροτήματος
Θεσσαλονίκης στην παράκτια ρύπανση του Θερμαϊκού
κόλπου*. (Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2010). Ανακτήθηκε από:
[http://invenio.lib.auth.gr/record/126561/files/GRI-2011-
6711.pdf](http://invenio.lib.auth.gr/record/126561/files/GRI-2011-6711.pdf)
- Δημητριάδης,
Πομπόρτσης &
Τριανταφύλλου, 2004 Δημητριάδης, Σ.Ν., Πομπόρτσης, Α.Σ., &
Τριανταφύλλου, Ε.Γ. (2004). *Τεχνολογία Πολυμέσων,
Θεωρία και Πράξη*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- EMSC, 2014 European-Mediterranean Seismological Centre. (2014).
Search for earthquakes. Ανακτήθηκε February 8, 2014,
από <http://www.emsc-csem.org/Earthquake>
- Fairbanks, 1989 Fairbanks, R.G. (1989). A 17,000-year glacio-eustatic sea

- level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*. 342, 637-642.
- Ζέρβα, 2011 Ζέρβα, Ε. (2011). *Συνθήκες και παράγοντες ιζηματογένεσης στο Βόρειο Αιγαίο*. (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, 2011). Ανακτήθηκε από:
http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4034/3/zervae_sedimentation.pdf
- Ghilardi, Kunesch, Styllas, & Fouache, 2007 Ghilardi, M., Kunesch, S., Styllas, M. & Fouache, E. (2007). Reconstruction of Mid-Holocene sedimentary environments in the central part of the Thessaloniki Plain (Greece), based on microfaunal identification, magnetic susceptibility and grain-size analyses. *Geomorphology*. 97, 617-630.
- Hernandez-Ibanez, 2013 Hernandez-Ibanez, L. (2013). Depict, envision, experience. Visual narratives for virtual heritage. In *Book of Abstracts*. Paper presented at the International Workshop on Virtual Archaeology: Museums & Cultural Tourism, Delphi, 25-28 September 2013, (pp. 8-9). Delphi, University of the Aegean, Dept. of Mediterranean Studies, Lab of Archaeometry.
- Καραχάλιου, 2006 Καραχάλιου, Α. (2006). *Μορφολογικές Παρατηρήσεις στην παράκτια ζώνη των περιοχών Λίνδου και Αρχαγγέλου της νήσου Ρόδου*. (Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο

- Πανεπιστήμιο, 2006). Ανακτήθηκε από:
<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/176/1/Ptychiaki27.pdf>
- Κατσουλάκος, Κατσουλάκος, Θ., Κοκκορού-Αλευρά, Γ., & Σκουλάτος, Κοκκορού-Αλευρά & Σκουλάτος, 2006 B. (2006). *Αρχαία Ιστορία*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- Karageorgis et al., 2005 Karageorgis, A.P., Skourtos, M.S., Kapsimalis, V., Kontogianni, A.D., Skoulikidis, N.T., Pagou, K. et al. (2005). An integrated approach to watershed management within framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. *Regional Environmental Change*. 5, 138-160.
- Κοτταρίδη, χ.χ. Κοτταρίδη, Α. (χ.χ.). *Αιγές*. Ανακτήθηκε January 31, 2014, από http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=2362
- Λιλιμπάκη-Ακαμάτη, χ.χ. Λιλιμπάκη-Ακαμάτη, Μ. (χ.χ.). *Πέλλα*. Ανακτήθηκε January 31, 2014, από http://odysseus.culture.gr/h/3/gh351.jsp?obj_id=2399
- Μπέσιος, 1997 Μπέσιος, Μ. (1997). ΠΥΔΝΑ. *Αρχαιολογία & Τέχνες*. 63, 56-60.
- Μπέσιος, Τζιφόπουλος & Κοτσώνας, 2012 Μπέσιος, Μ., Τζιφόπουλος, Γ., & Κοτσώνας, Α. (2012). *ΜΕΘΩΝΗ ΠΙΕΡΙΑΣ Ι: Επιγραφές, χαράγματα και εμπορικά σύμβολα στη γεωμετρική και αρχαϊκή κεραμική από το 'Υπόγειο' της Μεθώνης Πιερίας στη Μακεδονία*. Θεσσαλονίκη: Κέντρο Ελληνικής Γλώσσας.

- Μπούνια & Νικονάνου, 2008 Μπούνια, Α., & Νικονάνου, Ν. (2008). Η χρήση της κινούμενης εικόνας στα ελληνικά μουσεία: το βίντεο ως ερμηνευτικό εργαλείο. Στο Α. Μπούνια, Ν. Νικονάνου, & Μ. Οικονόμου (επιμ.). *Η Τεχνολογία στην υπηρεσία της πολιτισμικής κληρονομιάς*. Αθήνα: Καλειδοσκόπιο.
- Merrit, 1923 Merrit, B. D. (1923). Scione, Mende and Torone. *AJA*, 27, 447-460.
- Παπαζάχος & Παπαζάχου, 1989 Παπαζάχος, Β., & Παπαζάχου, Κ. (1989). *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
- Papanikolaou, Alexandri, Nomikou, & Ballas, 2002 Papanikolaou, D., Alexandri, M., Nomikou, P. & Ballas, D. (2002). Morphotectonic structure of the western part of the North Aegean Basin based on swath bathymetry. *Marine Geology*. 190, 465-492.
- Papanikolaou & Papanikolaou, 2007 Papanikolaou, D. I. & Papanikolaou, I. D. (2007, April 1). Seismic hazard scenarios from the longest geologically constrained active fault of the Aegean. *Quaternary International*, 171-172, 31-44.
- Papathanassiou & Zenetos, 2005 Papathanassiou, E., & Zenetos, A. (Eds.). (2005). *State of the Hellenic Marine Environment*. Athens: HCMR Publ.
- Papazachos, Papadimitriou, Kiratzi, Papazachos, & Louvari, 1998 Papazachos, B. C., Papadimitriou, E. E., Kiratzi, A. A., Papazachos, C. B. & Louvari, E. K. (1998). Fault plane solutions in the Aegean Sea and the surrounding area and their tectonic implication. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*. 39 (3), 199-218.
- Poulos, Chronis, Collins, Poulos, S.E., Chronis, G.T., Collins, M.B. & Lykousis, V.

- & Lykousis, 2000 (2000). Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean Sea: an overview of water / sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities. *Journal of Marine Systems*. 25, 47-76.
- Realflow Pricing, 2014 *Realflow Pricing*. (2014). Ανακτήθηκε Φεβρουάριος 11, 2014, από <http://www.realflow.com/pricing/>
- Reicherter et al., 2010a, 2010b Reicherter, K., Papanikolaou, I., Roger, J., Mathes-Schmidt, M., Papanikolaou, D., Rossler, S. et al. (2010). Holocene tsunamigenic sediments and tsunami modelling in the Thermaikos Gulf area (northern Greece). *Zeitschrift fur Geomorphologie*. 54, 099-126.
- Reicherter, K., Papanikolaou, I.D., Roger, J., Grutzner, C., Stamatis, G., Mathes-Schmidt, M. et al. (2010, September). Holocene tsunamis in coastal areas of northern Greece: sedimentological and geoarchaeological evidences. *Paper presentet at XIX Congress of the Carpathian - Balkan Geological Association CBGA*. Thessaloniki.
- Σασάνη, 2008 Σασάνη, Χ. (2008). *Οι αποικίες στην αρχαία Χαλκιδική. Η περίπτωση της Κασσάνδρας*. (Μεταπτυχιακή διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2008). Ανακτήθηκε από: <http://invenio.lib.auth.gr/record/109582?ln=el>
- Σισμανίδης, 1989 Σισμανίδης, Κ. (1989). Ανασκαφές στην Ποτίδαια. *ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΈΡΓΟ ΣΤΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ ΚΑΙ*

- ΘΡΑΚΗ*. 3, 357-365.
- Σταμέλος & Γεωργιάδης, 2002
Σταμέλος, Κ.Δ. & Γεωργιάδης, Γ.Α. (2002, Μάρτιος).
Αφειτηρίες και άξονες παρεμβάσεων για την αποκατάσταση και διατήρηση του Θερμαϊκού κόλπου. Έγγραφο που παρουσιάστηκε στο 1^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Sakellariou, Lykousis, Karageorgis & Anagnostou, 2005
Sakellariou, D., Lykousis, V., Karageorgis, A., & Anagnostou, C. (2005). Geomorphology and Tectonic Structure. In E. Papathanassiou & A. Zenetos (Eds.), *State of the Hellenic Marine Environment*. Athens: HCMR
- Taymaz, Jackson, & McKenzie, 1991
Taymaz, T., Jackson, J. & McKenzie, D. (1991). Active Tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.* 106, 433-490.
- Φάμελλος, Κρεστενίτης, & Γεωργιάδης, 2006.
Φάμελλος, Σ., Κρεστενίτης, Ι., & Γεωργιάδης, Γ. (2006). *Θερμαϊκός Κόλπος - Πολυπαραμετρικότητα, αξίες και απόθεμα*. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Πηγές

- Ιστορίαι Ηροδότου VII Goodley, A. D. (Εκδ.). (1920). *Ιστορίαι Ηροδότου, Ιστοριών εβδόμη επιγραφομένη Πολύμνια*. Cambridge.
- Ιστορίαι Ηροδότου VIII Goodley, A. D. (Εκδ.). (1920). *Ιστορίαι Ηροδότου, Ιστοριών ογδόη επιγραφομένη Ουρανία*. Cambridge.
- Θουκυδίδου Ιστορίαι Α Χατζόπουλος, Ο. (Εκδ.). (1992). *Ιστορία Α*. Αθήνα.
- Θουκυδίδου Ιστορίαι Δ Χατζόπουλος, Ο. (Εκδ.). (1992). *Ιστορία Δ*. Αθήνα.
- Σκύλαξ Περίπλους Peretti, A. (1979). *Il periplo di Scilace*. Pisa.

Παραρτήματα

Προέλευση εικόνων

Εικόνα 1: Γεωδυναμικές ρυθμίσεις της Ανατολικής Μεσογείου και το τεκτονικό πλαίσιο της Λεκάνης του Βορείου Αιγαίου. Reicherter et al., 2010a, 100, fig.1.

Εικόνα 2: Λεκάνη Βορείου Αιγαίου. Τρισδιάστατη προβολή από Β-Α. Paranikolaou & Paranikolaou, 2007, 34, fig. 2.

Εικόνα 3: Λεκάνη Βορείου Αιγαίου. Ρήγμα βόρεια της Αλονήσσου. Paranikolaou & Paranikolaou, 2007, 35, fig. 3a.

Εικόνα 4: Περιοχή εργασίας και γεωτρήσεων στον Θερμαϊκό κόλπο στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου. Reicherter et al., 2010a, 103, fig. 2.

Εικόνα 5: Γεωλογικά σκαριφήματα από α. Κορινό/Αλυκές και β. Αγγελοχώρι. Reicherter et al., 2010a, 105, fig. 3 A.

Εικόνα 6: Γεωλογικά σκαριφήματα από c. το ακρωτήριο Επανομής και d. τη Σωζόπολη. Reicherter et al., 2010a, 106, fig. 3 C.

Εικόνα 7: Γεώτρηση από τον Κορινό/Αλυκές λιμνοθάλασσα B29. Reicherter et al., 2010a, 107, fig. 4 A.

Εικόνα 8: Γεώτρηση από το Αγγελοχώρι. Reicherter et al., 2010a, 108, fig. 4 B5.

Εικόνα 9: Γεώτρηση από το ακρωτήριο της Επανομής B 16. Reicherter et al., 2010a, 109, fig. 4 C.

Εικόνα 10: Γεώτρηση από τη Σωζόπολη B 7. Reicherter et al., 2010a, 110, fig. 4 D.

Εικόνα 11: Από τη γεώτρηση στη Σωζόπολη B 20. Reicherter et al., 2010a, 112, fig. 5.

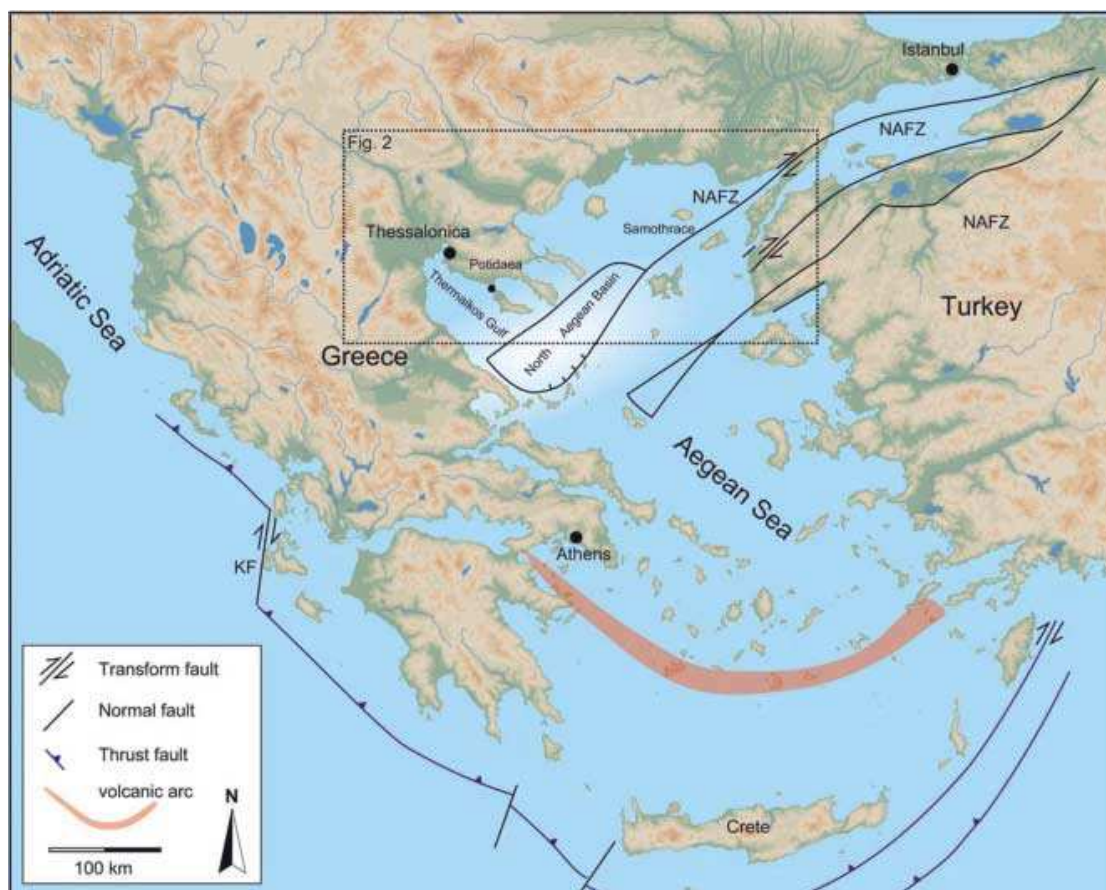
Εικόνα 12: Γεώτρηση στη Σωζόπολη. Reicherter et al., 2010a, 114, fig. 7 A.

Εικόνα 13: Γεώτρηση στον Κορινό. Reicherter et al., 2010a, 115, fig. 7 B.

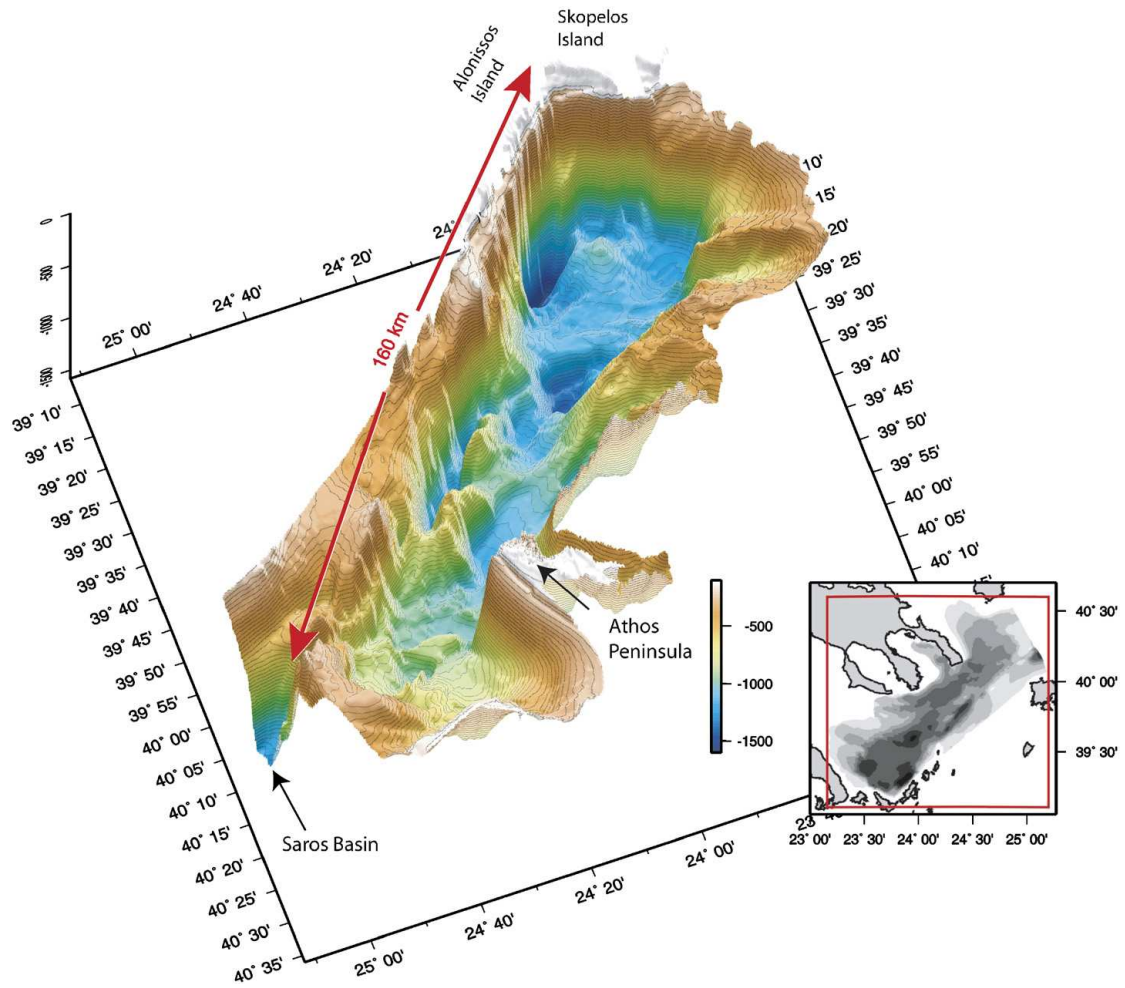
Εικόνα 14: Προσομοίωση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας (tsunami). Reicherter et al., 2010a, 117, fig. 8.

Εικόνα 15: Προσομοίωση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας (tsunami), μέγιστο ύψος κύματος. Reicherter et al., 2010a, 118, fig. 9A, 9B.

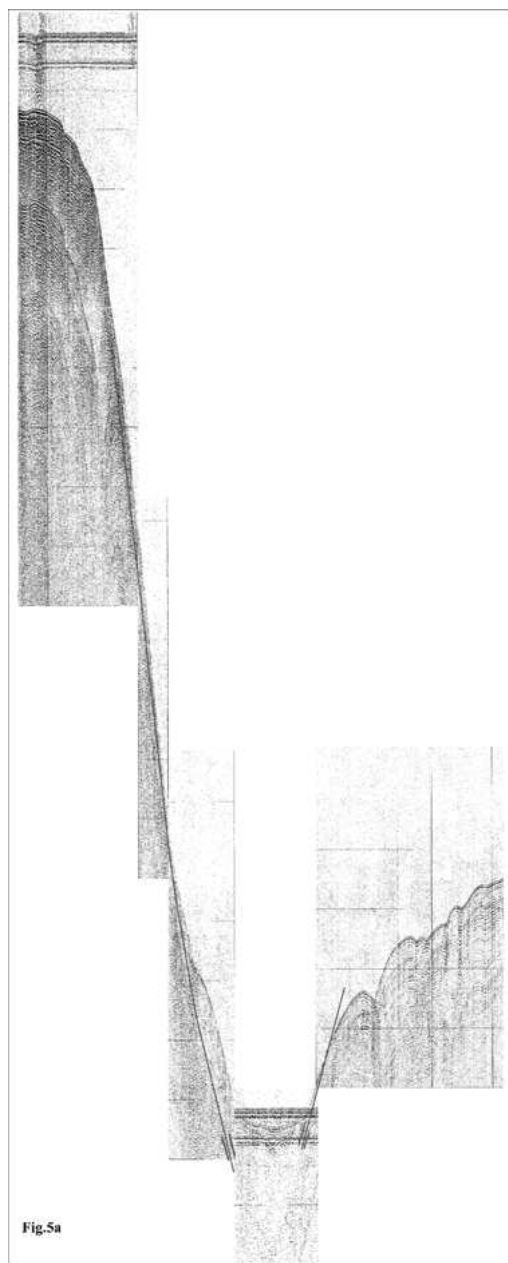
Εικόνες



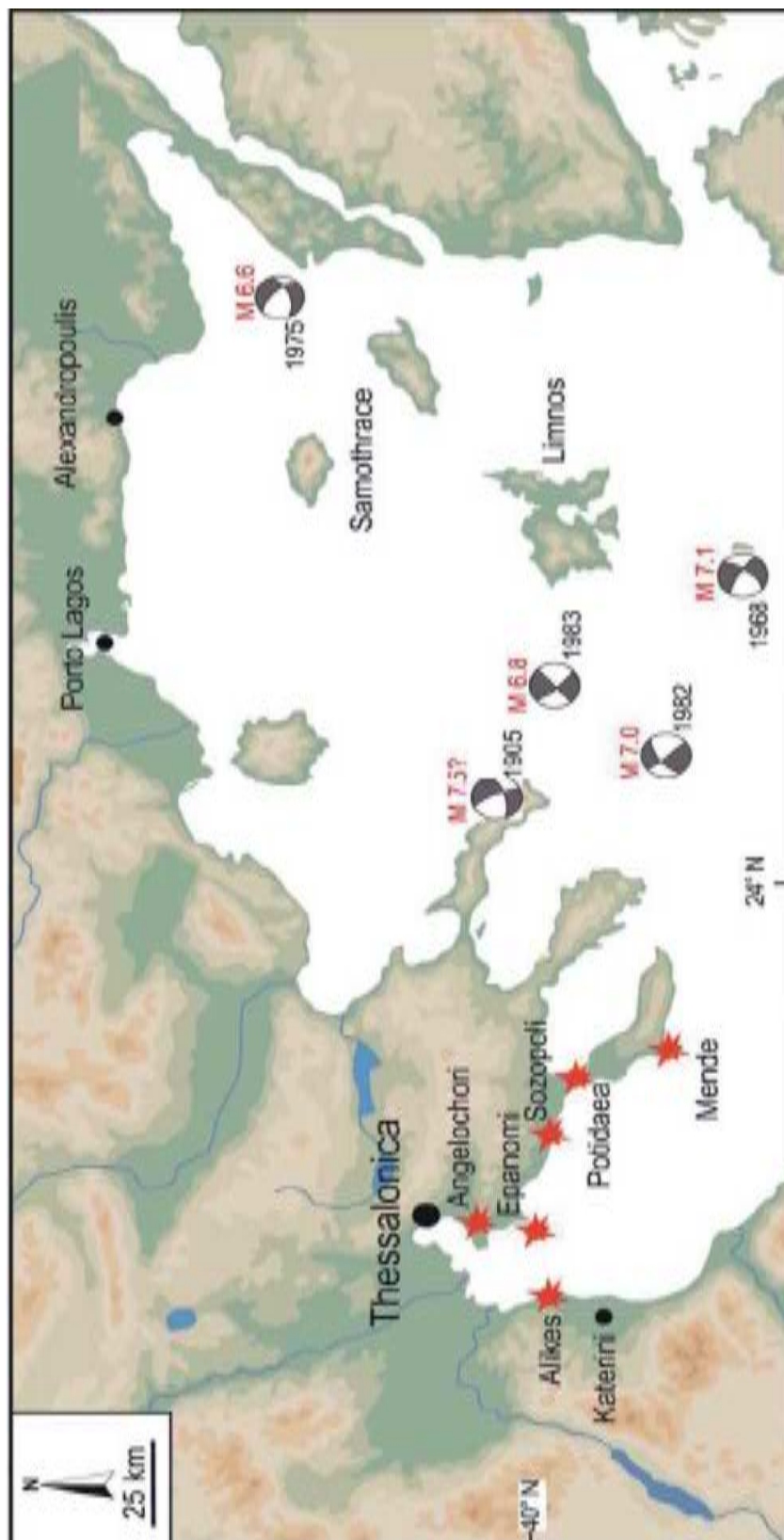
Εικόνα 16: Γεωδυναμικές ρυθμίσεις της Ανατολικής Μεσογείου και το τεκτονικό πλαίσιο της Λεκάνης του Βορείου Αιγαίου. Reicherter et al., 2010a, 100, fig.1.



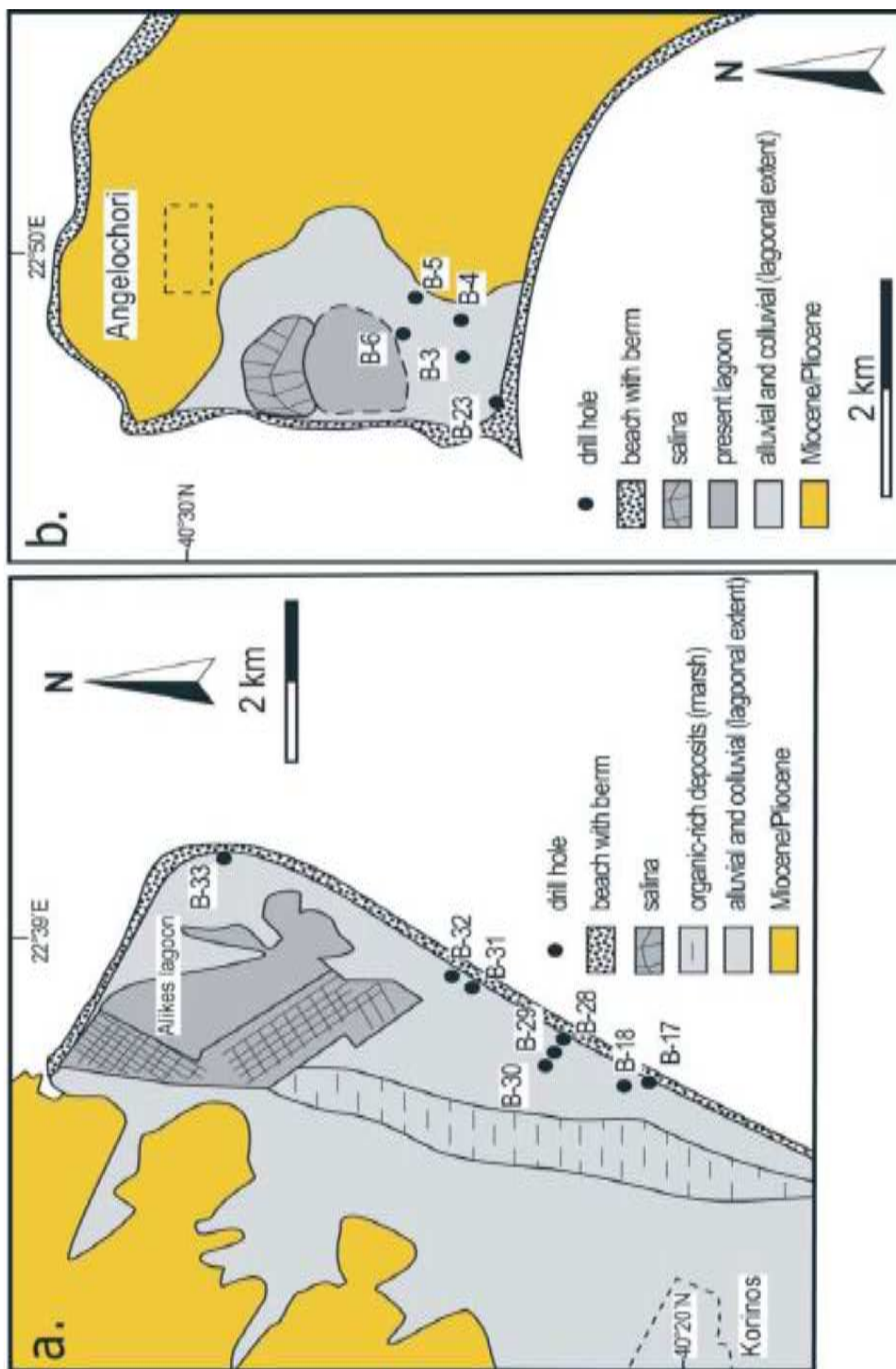
Εικόνα 17: Λεκάνη Βορείου Αιγαίου. Τρισδιάστατη προβολή από Β.Α. Ραπανικόλαου & Ραπανικόλαου, 2007, 34, fig. 2.



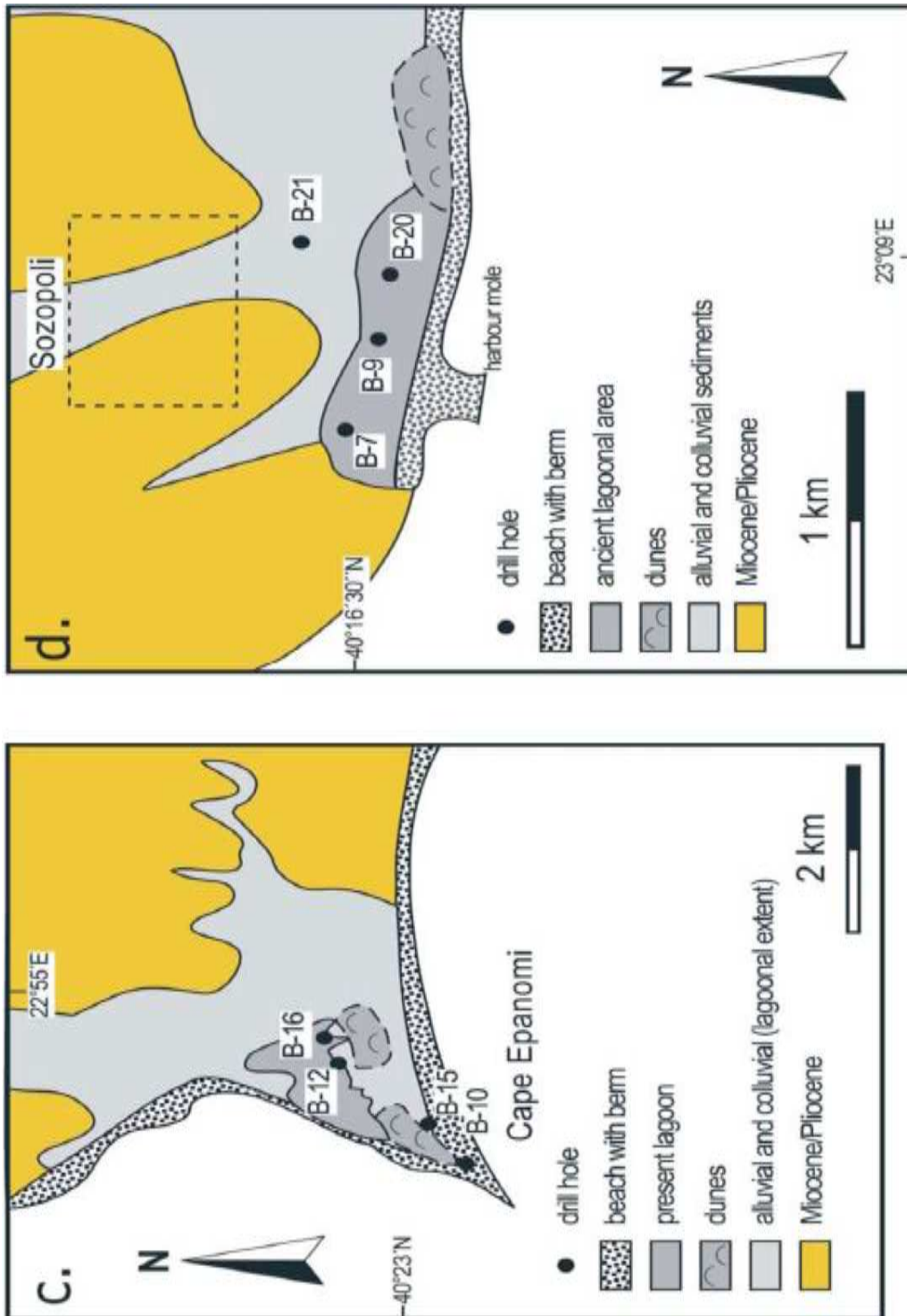
Εικόνα 18: Λεκάνη Βορείου Αιγαίου. Ρήγμα βόρεια της Αλονήσσου. Papanikolaou & Papanikolaou, 2007, 35, fig. 3a.



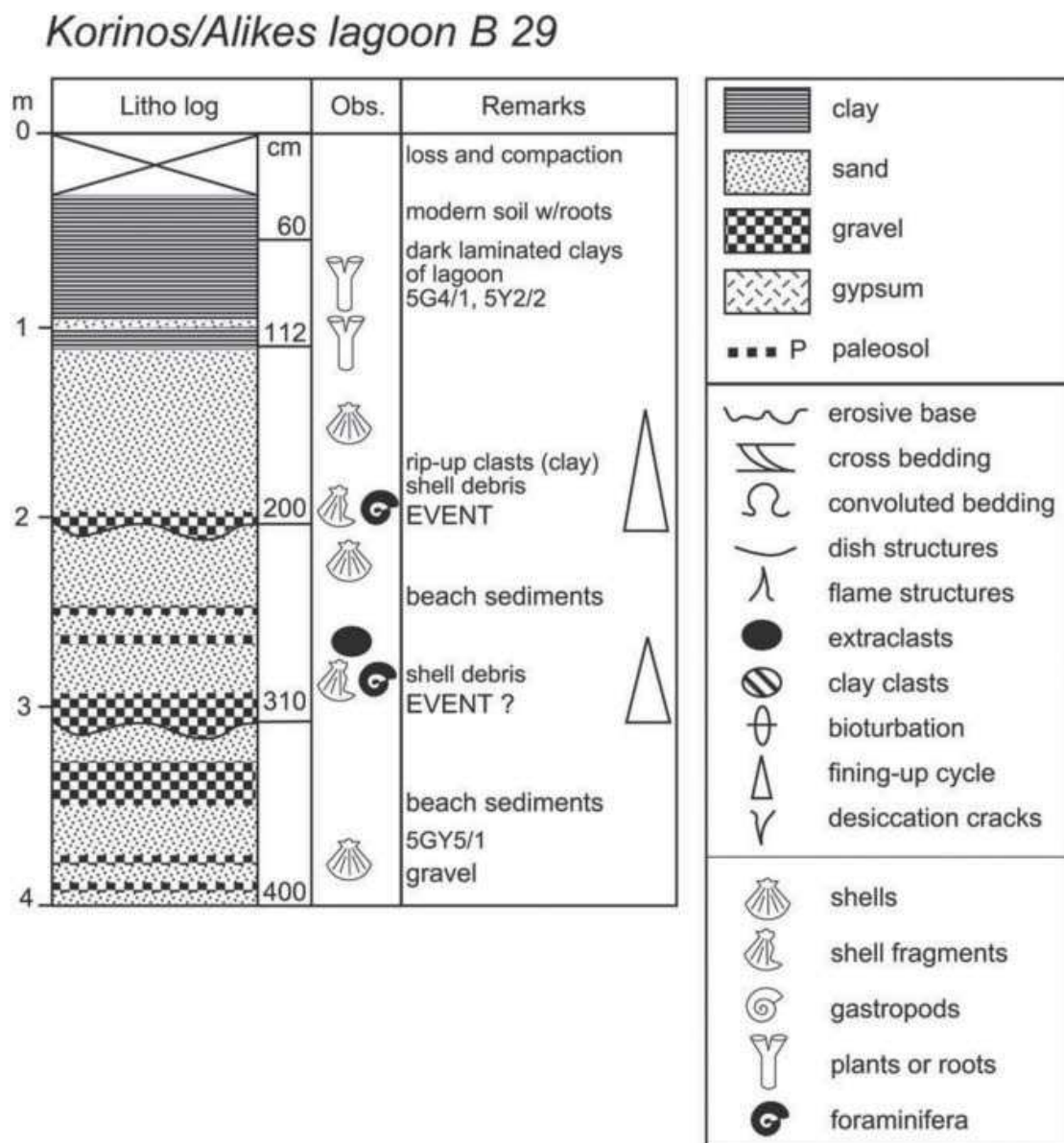
Εικόνα 19: Περιοχή εργασίας και γεωτρήσεων στον Θερμαϊκό κόλπο στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου. Reicherter et al., 2010a, 103, fig. 2.



Εικόνα 20: Γεωλογικά σκαριφήματα από α. Κορινό/Αλικές και β. Αγγελοχώρι. Reicherter et al., 2010a, 105, fig. 3 A.

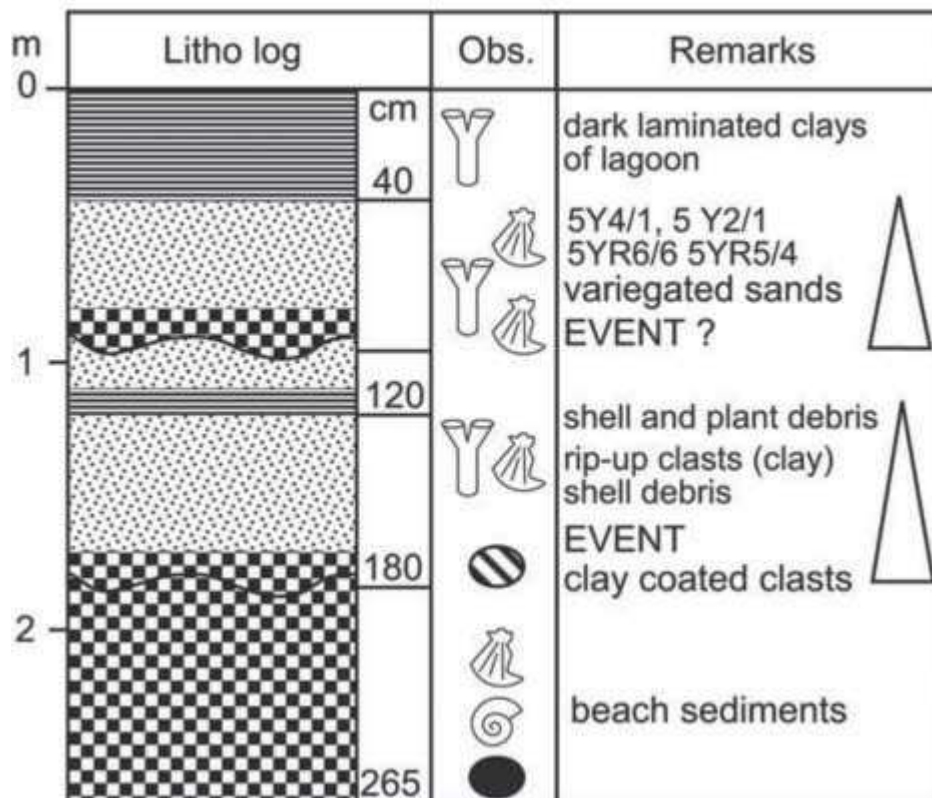


Εικόνα 21: Γεωλογικά σκαριφήματα από c. το ακροτήριο Επανομής και d. τη Σωζόπολη. Reicherter et al., 2010a, 106, fig. 3 C.



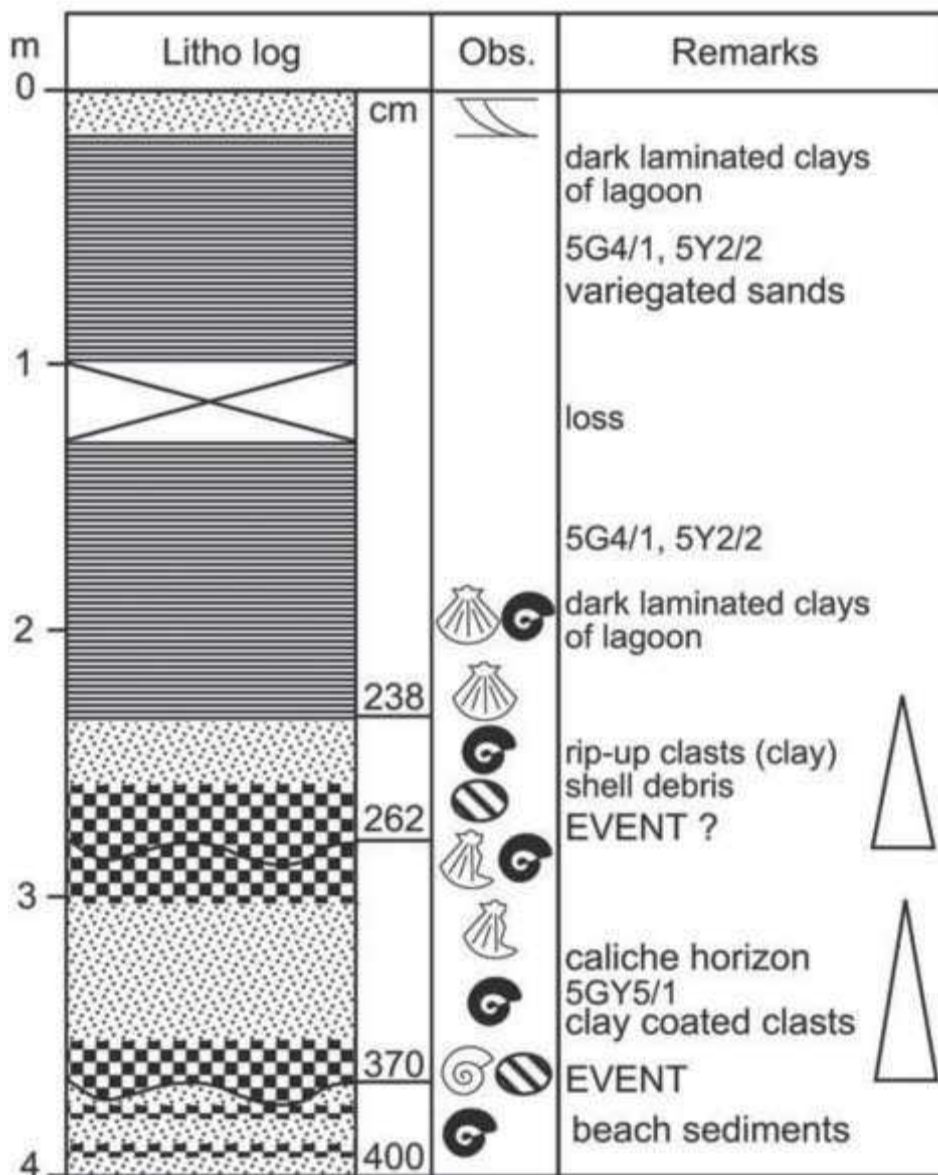
Εικόνα 22: Γεώτρηση από τον Κορινό/Αλοκές λιμνοθάλασσα B29. Reicherter et al., 2010a, 107, fig. 4 A.

Angelochori B 5



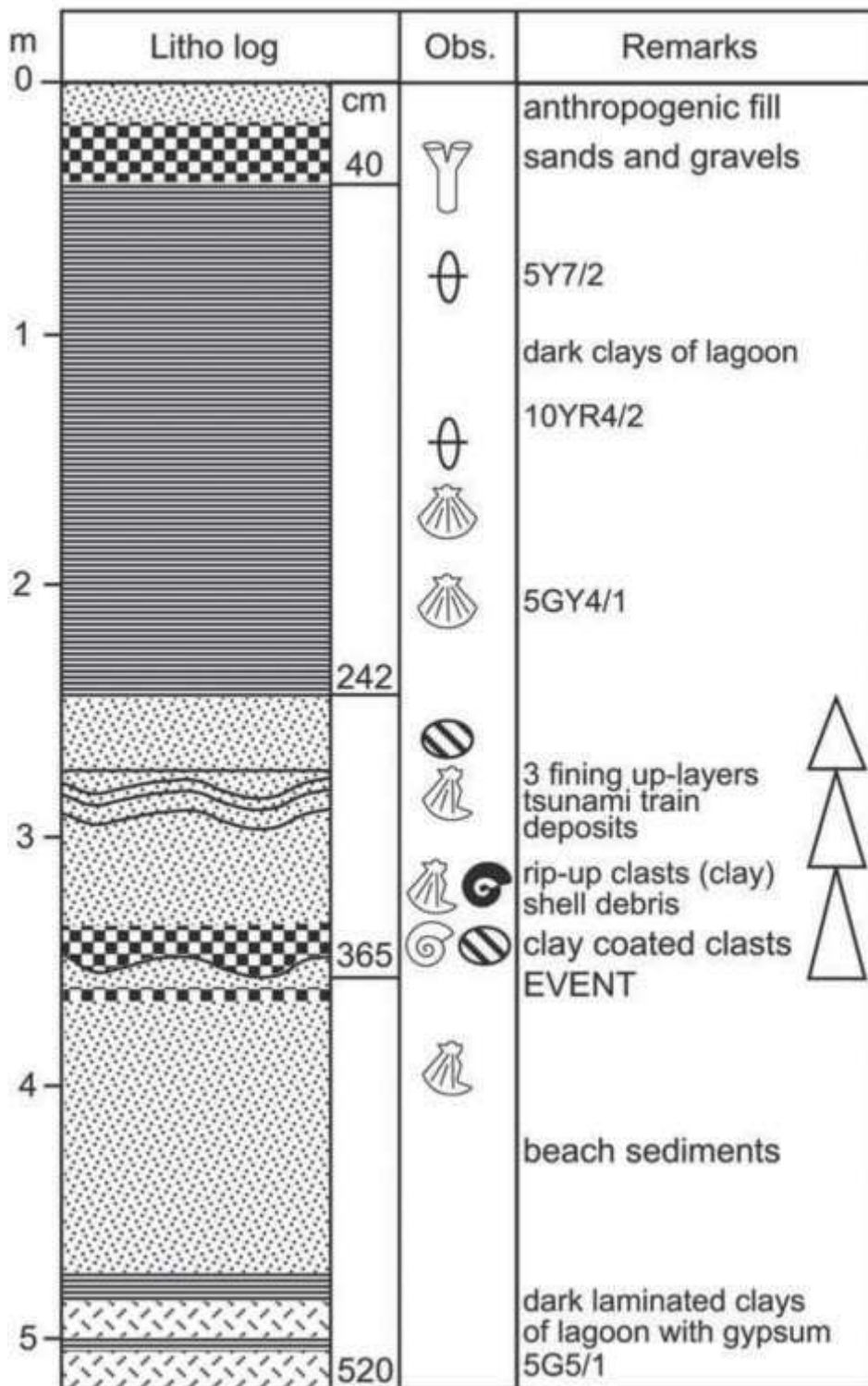
Εικόνα 23: Γεώτρηση από το Αγγελολόρι. Reicherter et al., 2010a, 108, fig. 4 B5.

Ερανομή Β 16

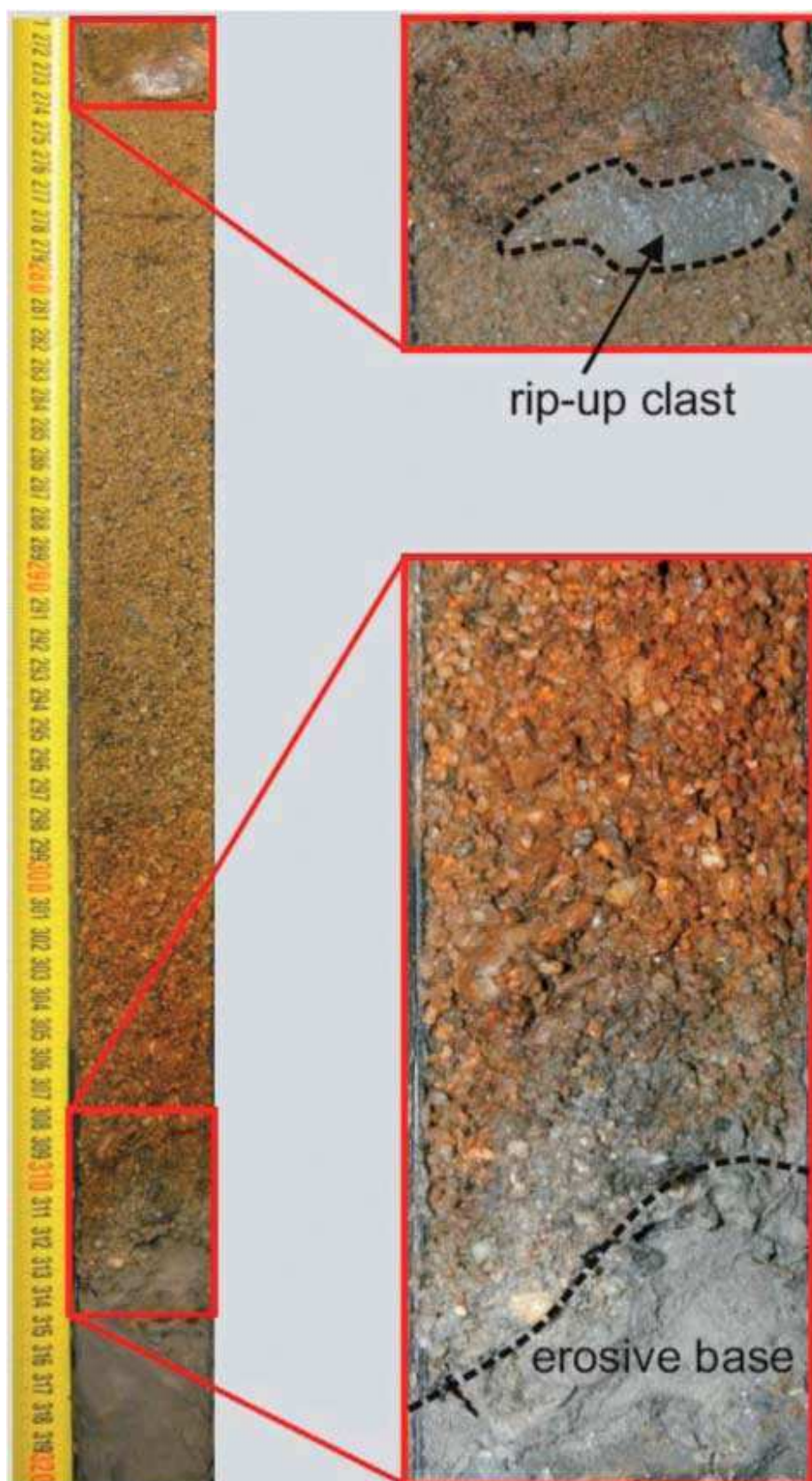


Εικόνα 24: Γεώτρηση από το ακρωτήριο της Ερανομής Β 16. Reicherter et al., 2010a, 109, fig. 4 C.

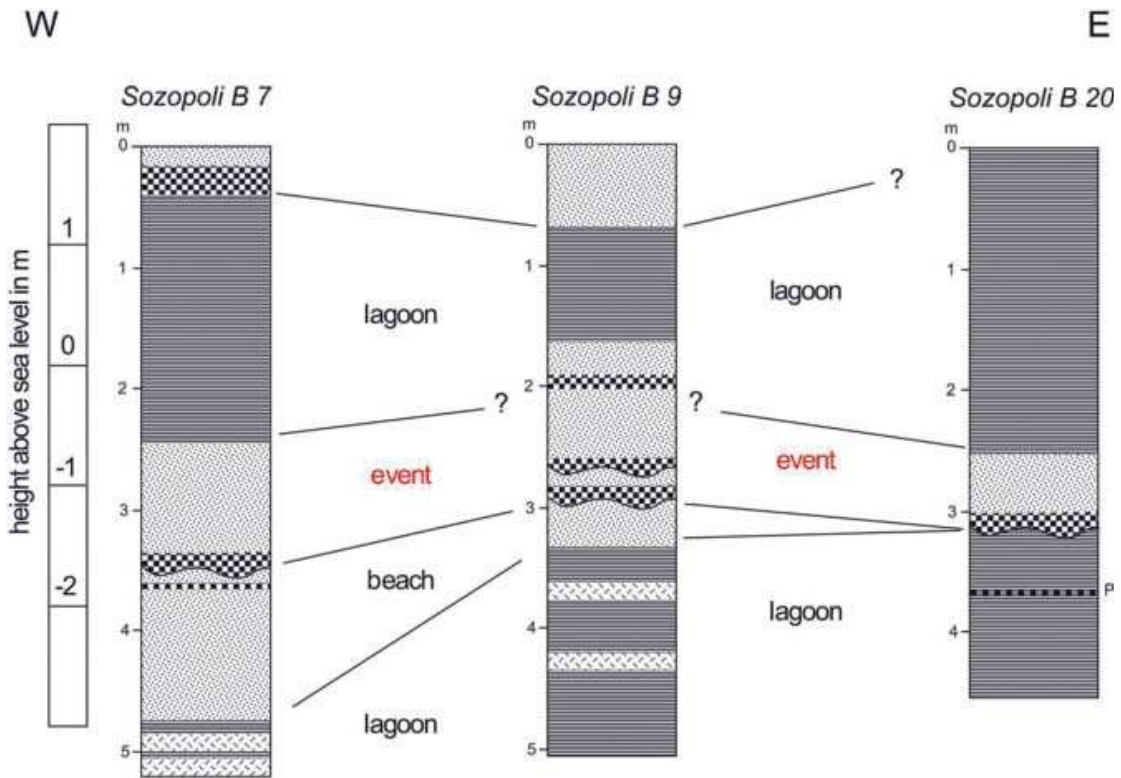
Sozopoli B 7



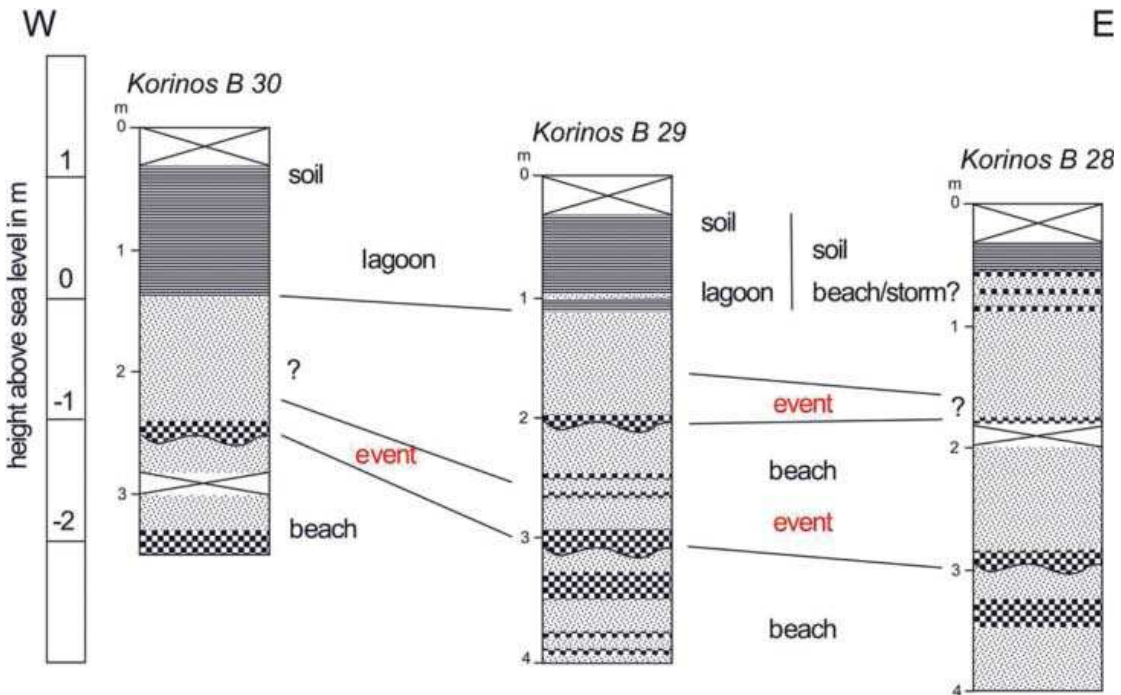
Εικόνα 25: Γεώτρηση από τη Σωζόπολη Β 7. Reicherter et al., 2010a, 110, fig. 4 D.



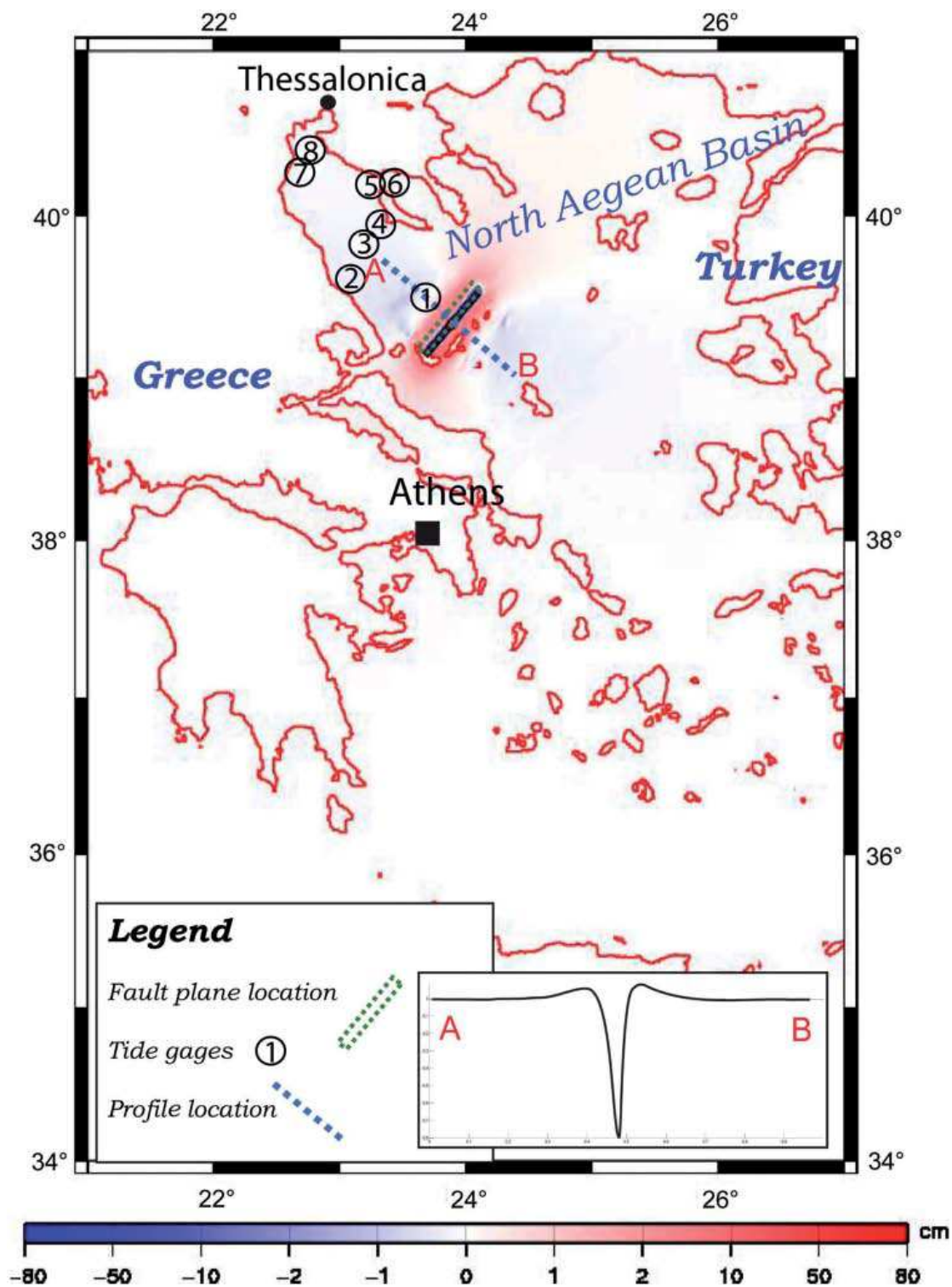
Εικόνα 26: Από τη γεώτρηση στη Σωζόπολη Β 20. Reicherter et al., 2010a, 112, fig. 5.



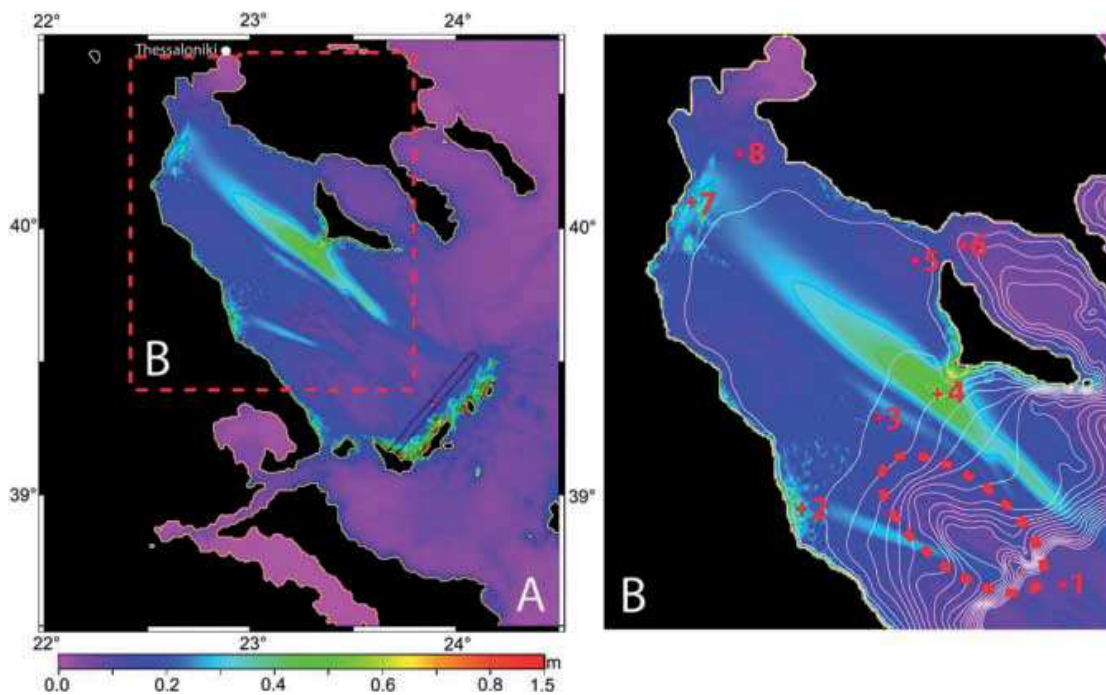
Εικόνα 27: Γεώτρηση στη Σωζόπολη. Reicherter et al., 2010a, 114, fig. 7 A.



Εικόνα 28: Γεώτρηση στον Κορινό. Reicherter et al., 2010a, 115, fig. 7 B.



Εικόνα 29: Προσομοίωση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας (tsunami). Reicherter et al., 2010a, 117, fig. 8.



Εικόνα 30: Προσομοίωση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας (tsunami), μέγιστο ύψος κύματος. Reicherter et al., 2010a, 118, fig. 9A, 9B.