



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ
ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ – ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΤΩΝ
ΝΕΩΡΙΩΝ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ

Α. 3 Συνολικό παραδοτέο Α' φάσης έργου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ

Συμπληρωματική έκθεση για τη διασκόπηση

στους τοίχους

ΚΑΙ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ερευνητικά υπεύθυνος

Νίκος Σκουτέλης - αρχιτέκτων μηχανικός

Καθηγητής

Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Π.Κ.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΒΑΦΕΙΔΗΣ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ

Καθηγητές Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Μάρτιος 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΣΥΝΟΨΗ.....	3
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	4
2.1 Σκοπός της γεωλογικής έρευνας.....	4
2.2 Μεθοδολογικές προσεγγίσεις.....	5
2.3 Αποτελέσματα.....	7
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ ΣΤΑ ΝΕΩΡΙΑ	2
3.1 Διεξαγωγή μετρήσεων με τη μέθοδο του γεωραντάρ και της ηλεκτρικής τομογραφίας	2
3.2 Οριζόντια και κατακόρυφες γραμμές μελέτης	4
Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος	5
Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος οριζόντια γραμμή μελέτης.....	9
Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος οριζόντια γραμμή μελέτης 900MHz	13
Νεώριο 1 Ανατολικός τοίχος 400 MHz.....	15
Νεώριο1 Δυτικός τοίχος 400 MHz.....	17
Νεώριο 2 Δυτικός τοίχος 400 MHz.....	19
Νεώριο 2 Δυτικός τοίχος 900 MHz.....	21
Νεώριο 7 Δυτικός τοίχος	23
Νεώριο 6 Ανατολικός τοίχος	25
4. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	27
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	28

1. ΣΥΝΟΨΗ

Στα πλαίσια της γεωλογικής έρευνας καθορίστηκαν οι κύριοι λιθότυποι στους οποίους εμπίπτουν οι δομικοί λίθοι που χρησιμοποιήθηκαν στα διάφορα τμήματα κατασκευής των Νεωρίων και ακολούθως πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένες θέσεις του κτηριακού συγκροτήματος αναγνώριση, καταμέτρηση και στατιστική επεξεργασία δομικών λίθων, απαραίτητη για τις δομοστατικές μελέτες που ακολούθησαν ως επόμενο ερευνητικό στάδιο.

Η συμπληρωματική γεωφυσική διασκόπηση έχει σαν στόχο την απεικόνιση της λιθοδομής στους τοίχους των Νεωρίων. Περιλαμβάνει την εφαρμογή των μεθόδων γεωραντάρ και ηλεκτρικής τομογραφίας. Στην παρούσα έκθεση παρατίθενται τα αποτελέσματα της εφαρμογής των γεωφυσικών μεθόδων σε επιλεγμένες θέσεις στους τοίχους των Νεωρίων.

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής σχεδιάστηκε γεωφυσική έρευνα, η οποία επικεντρώθηκε σε επτά (7) θέσεις όπου οι τοίχοι διασκοπηθηκαν κυρίως στην κατακόρυφη διεύθυνση. Από τον συνδυασμό δεδομένων γεωραντάρ και γεωηλεκτρικών δεδομένων προέκυψε ότι το πάχος της λιθοδομής δεν ξεπερνά τα 0.4m. Από την ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εκτιμήθηκε η υγρασία στους τοίχους η οποία κυμαίνεται από 20-32% κ.ο. Στις γεωηλεκτρικές τομές, η ειδική ηλεκτρική αντίσταση της λιθοδομής εμφανίζει συνήθως υψηλότερες τιμές σε σχέση με την αντίστοιχη στους αργόλιθους των τοίχων.

Πιο συγκεκριμμένα στον ανατολικό τοίχο του 7^{ου} Νεώριου και στην γεωηλεκτρική τομή της οριζόντιας γραμμής μελέτης, η λιθοδομή απεικονίζεται κατ' έξαιρεση με ζώνες χαμηλότερες τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εξαιτίας της πολύ υψηλής υγρασίας 32% κ.ο. Στην ίδια θέση η τομή γεωραντάρ με την κεραία των 900 MHz υπέδειξε ότι η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων κυμαίνεται από 0,05 m/ns έως 0,08 m/ns και αυξάνεται από νότο προς βορρά. Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς στο βόρειο τμήμα της τομής γεωραντάρ υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp υγρασία ίση με 24% κ.ο., ενώ στο νότιο, 32% κ.ο.. Στην ίδια τομή απεικονίζεται ανακλαστήρας στα 7-12 ns ο οποίος αποδίδεται στην λιθοδομή της οποίας το πάχος είναι 0.3 m.

Τέλος, στις τομές τοίχων στα Νεώρια 1-3 προστέθηκε η απεικόνιση του κάτω όριου της θεμελίωσής που προέκυψε από την 3D γεωηλεκτρική διασκόπηση.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

2.1 Σκοπός της γεωλογικής έρευνας

Εκκινώντας με την συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικών με την γεωλογία του υποβάθρου της πόλης των Χανίων αλλά και της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου, με συνεπικουρία εργασιών πεδίου και εργαστηριακών εργασιών στόχοι της γεωλογικής έρευνας στα πλαίσια του ερευνητικού αυτού έργου αποτέλεσαν:

Α) συλλογή δεδομένων από υφιστάμενους γεωλογικούς χάρτες και από γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000 στην περιοχή περίξ των Νεωρίων, σχετικών με τις ανάγκες του έργου. Καταγραφή των εμφανών φυσικών τομών στις οποίες αποκαλύπτονται τα *in situ* πετρώματα εντός του ιστού της παλαιάς πόλης, κυρίως στον λόφο Καστέλι, στο παραλιακό μέτωπο, εντός αρχαιολογικών χώρων, υπογείων κατοικιών αλλά και συλλογή γεωλογικών στοιχείων από τυχόν αρχαιολογικές ανασκαφές στην περιοχή. Η σύνθεση και σύνδεση των ανωτέρων στοιχείων με βιβλιογραφικά δεδομένα συνδυάστηκαν με στοιχεία από την λεπτομερή γεωφυσική έρευνα στα πλαίσια αυτού του προγράμματος.

Β) Τα διάφορα πετρώματα που χρησιμοποιήθηκαν ως δομικό υλικό των Νεωρίων είναι διαφορετικής λιθολογίας, διαφορετικής αποθετικής φάσης, ηλικίας αλλά και προέλευσης. Στηριζόμενοι στα δεδομένα της υφιστάμενης βιβλιογραφίας σχετικής με την χωρική κατανομή των αρχαίων λατομικών χώρων έγινε αναζήτηση και συλλογή στοιχείων που αφορά και εκτίνεται από την χωρική κατανομή των χώρων ιστορικών λατομείων από όπου και ανорύχθηκαν οι δομικοί λίθοι για την κατασκευή των Νεωρίων μέχρι και την εργαστηριακά προσεγγίσιμη συλλογή δεδομένων που αφορούν φυσικοχημικές, ορυκτολογικές και μηχανικές ιδιότητες των δομικών αυτών λίθων.

Γ) Συμπληρωματικά στα ανωτέρω αρχικά καθορίστηκαν οι κύριοι λιθότυποι στους οποίους εμπίπτουν οι δομικοί λίθοι που χρησιμοποιήθηκαν στα διάφορα τμήματα κατασκευής των Νεωρίων και ακολούθως πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένες θέσεις του κτηριακού συγκροτήματος αναγνώριση, καταμέτρηση και στατιστική επεξεργασία δομικών λίθων, απαραίτητη για τις δομοστατικές μελέτες που ακολούθησαν ως επόμενο ερευνητικό στάδιο.

2.2 Μεθοδολογικές προσεγγίσεις

A) Εκκινώντας με το γεωλογικό περίγραμμα των Ελληνίδων Οροσειρών, το γεωλογικό περίγραμμα της Κρήτης, την γεωτεκτονική εξέλιξη της Κρήτης από το Ανώτερο Ηώκαινο μέχρι το Μέσο Μειόκαινο, με την παράθεση των διαφόρων μοντέλων/προτύπων που προτείνουν διάφορες γεωλογικές εξελικτικές διεργασίες στην προσπάθεια των γεωεπιστημόνων να ερμηνεύσουν την αποκάλυψη των μεταμορφωμένων πετρωμάτων των ενοτήτων Φυλλιτών – Χαλαζιτών και Ομάδας Πλακωδών Ασβεστολίθων στο νησί της Κρήτης παρατίθενται συνοπτικά και οργανωμένα στοιχεία από την διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την τεκτονική εξέλιξη της Κρήτης κατά την Νεοτεκτονική περίοδο που συμπίπτει με την μελέτη των γεωλογικά «πρόσφατων κινήσεων» που έλαβαν χώρα στο τέλος του Τριτογενούς και το πρώτο ήμισυ του Τεταρτογενούς και συνδέθηκαν με τη δημιουργία και τη διαμόρφωση των σημερινών ορίων και κινήσεων των γειτνιαζόντων λιθοσφαιρικών πλακών.

Η Νεοτεκτονική περίοδος της Κρήτης αρχίζει αμέσως μετά την τελική πτύχωση της αλπικής ορογενετικής φάσης, κατά την οποία η Κρήτη και ο ευρύτερος χώρος του Αιγαίου είχαν μεταβληθεί σε ξηρά σε νησιωτικά συμπλέγματα μέχρι την διαμόρφωση των σημερινών τοπογραφικών τους ορίων, μέχρι τις γεωλογικά «σύγχρονες» αναδύσεις και καταβυθίσεις δηλαδή εκείνες που λαμβάνουν χώρα κατά τους ιστορικούς χρόνους δηλαδή μετά τον 3^{ον} αιώνα μ.Χ.. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με αναφορά στην γεωλογική δομή του Νομού Χανίων όπως αυτή αποτυπώθηκε στους υφιστάμενους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής, στην οποία συμμετέχουν και δομούν στρωματογραφικές και τεκτονικές ενότητες, που αρχίζοντας από τις νεότερες και καταλήγοντας στις παλαιότερες, είναι:

- Τεταρτογενείς αποθέσεις
- Νεογενείς αποθέσεις
- Τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου
- Τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης
- Τεκτονικό κάλυμμα της Ομάδας των Φυλλιτών – χαλαζιτών (Φυλλιτική – Χαλαζιακή σειρά, στρώματα Ραβδούχων και Βαρίσκια πετρώματα)
- Τεκτονικό κάλυμμα της ενότητας Τρυπαλίου

- Η ενότητα Ταλέα Όρη–Πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Plattenkalk)

Από τις ενότητες αυτές ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αποθέσεις του Τεταρτογενούς και ιδιαίτερα **οι αιολιανίτες που έχουν τοποθετηθεί ασύμφωνα** είτε πάνω σε μάργες είτε σε ανθρακικούς σχηματισμούς του Νεογενούς, κατά μήκος του παραλιακού μετώπου, που αποτελεί και ιδιαίτερη περιοχή ενδιαφέροντος. Πέρα από τα λεπτομερή στοιχεία που έχουν παρατεθεί στο πρώτο αλλά και το δεύτερο παραδοτέο φωτογραφήθηκαν και μετρήθηκαν πρόσφατα χωρικά στοιχεία οι στρώσεις χαρακτηριστικών **αιολιανιτών** που θα παρατεθούν ακολούθως.

B) Οι κύριες πληροφορίες που διαθέτουμε για τους διακοσμητικούς λίθους που χρησιμοποιήθηκαν σε ιστορικούς (και παλαιότερης ηλικίας) χρόνους προέρχονται από την συνδυαστικές έρευνες αρχαιολογικές, γεωλογικές, ορυκτολογικές, κτλ.. Αν και το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε όπως και ο ασβεστόλιθος ή άλλα μεγάλης αντοχής και σκληρότητας (π.χ. σχιστόλιθοι) και ως δομικό υλικό π.χ. σε κίονες, το κατά εξοχή δομικό υλικό ήταν για πολλούς λόγους και για πολλούς αιώνες οι **πωρόλιθοι**. Για την μελέτη των πωρόλιθων υπάρχουν δύο διακριτές «περιοχές μελετών». Οι ίδιες οι κατασκευές, όπου μελετώνται και οι κατασκευές αλλά και οι δομικοί τους λίθοι, αλλά και οι περιοχές εξόρυξης αυτών των δομικών λίθων, οι αρχαίοι λατομικοί χώροι. Είναι ευνόητο ότι όσο μεγαλύτερη αντοχή παρουσιάζει το εξορυσσόμενο δομικό υλικό τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντοχή του λατομικού χώρου στον χρόνο. Δυστυχώς οι μελέτη των αρχαίων λατομικών χώρων υστερεί, πολύ δεν περισσότερο αρχαίων λατομικών χώρων ενός υλικού όπως ο πωρόλιθος. Ιδιαίτερες επιπρόσθετα δυσκολίες παρουσιάζει η έρευνα λατομικών χώρων που βρίσκονται δίπλα σε θαλάσσιες περιοχές και έχουν υποστεί την διαβρωτική ενέργεια της θάλασσας. **Ο πωρόλιθος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως το κυριότερο δομικό υλικό της αρχαιότητας.** Δεν είναι ένα μόνο είδος πετρώματος αλλά μια κατηγορία ιζηματογενών πετρωμάτων ανθρακικής σύστασης μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται ο κογχυλιάτης λίθος, ο τραβερτίνης, ψαμμίτες και μικροκοπαλοπαγή συνεκτικά πετρώματα. Στον ευρύτερο ελληνικό χώρο η ευρύτερη χρήση του ξεκινάει τον 7ο αι. π.Χ. αντικαθιστώντας το ξύλο και τις πλίνθους. Ο πωρόλιθος, λόγω της ευρείας χωρικής κατανομής του, της ευκολίας εξόρυξης και επεξεργασίας του, χρησιμοποιήθηκε από τον 6ο αι. π.Χ. σε όλες τις περιοχές του αρχαίου κόσμου από την κάτω Ιταλία, Σικελία, Ελλάδα και δυτική Μικρά Ασία συμβάλλοντας ουσιαστικά στην ανάπτυξη της αρχαίας ελληνικής τέχνης και της

μνημειακής αρχιτεκτονικής. Χαρακτηριστικά ο λίθος αυτός αναδείχτηκε το κατά εξοχήν υλικό της δωρικής αρχιτεκτονικής αφού χρησιμοποιήθηκε στην οικοδόμηση των πρώτων ναών αλλά και μεγάλου αριθμού άλλων δημοσίων οικοδομημάτων. Πριν δε κυριαρχία του μαρμάρου στα γλυπτά αποτελούσε το πρωταρχικό υλικό για την δημιουργία και των πρώτων μνημειακών έργων γλυπτικής (Κουκουβού, 2010). Όπως όμως φαίνεται και μέχρι την εμφάνιση και χρήση της πυρίτιδας στην εξορυκτική, ο πωρόλιθος κράτησε την πρωτοκαθεδρία για πολλούς αιώνες ως δομικό υλικό. Μεταξύ των πετρωμάτων που συγκαταλέγονται στους πωρόλιθους είναι και μια κατηγορία ιζηματογενών πετρωμάτων ηπειρωτικής αποθετικής φάσης, που προέρχονται από την αναδόμησης, με την συνδρομή του ανέμου, της άμμου της ακτής και στην συνέχεια της διαγένεσής της από χαλαρού ιζήματος σε συνεκτικό πέτρωμα. Είναι στην πλειοψηφία τους ανθρακικής σύστασης πετρώματα με κοκκομετρική ομοιομορφία, που εναλλάσσονται με παλαιοεδάφη και σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζουν χαρακτηριστικές δομές.

Τους αιολιανίτες κατά μήκος του παραλιακού μετώπου της πόλης των Χανίων αλλά και της ευρύτερης περιοχής του Ακρωτηρίου παρουσίασε στην διεθνή γεωεπιστημονική βιβλιογραφία για πρώτη φορά ο Kelletat (1979) και στην συνέχεια μελετήθηκαν περαιτέρω από τους Zamani&Maroukian 1981. **Οι αιολιανίτες στην περιοχή χρησιμοποιήθηκαν ως δομικό υλικό ήδη από τους προϊστορικούς χρόνους αλλά και εντατικά όπως φαίνεται και στην περίοδο της ενετοκρατίας.** Η πρώτη συστηματική καταγραφή των ιστορικά (και όχι μόνο) λατομικών χώρων μεταξύ των οποίων και αυτών των αιολιανιτών στο Ακρωτήρι και πέριξ της πόλης των Χανίων έγινε στην διδακτορική διατριβή της Moody, J.A. (1987) και στην συνέχεια στην διδακτορική διατριβή της Τσιλιγκάκη (2014). Ορισμένες από τις θέσεις αυτές περιέχονται και στο Corpus αρχαίων λατομείων. Οι εργασίες πεδίου στα πλαίσια αυτού του έργου ανάδειξαν και χαρακτηριστικές δομές αιολιανιτών αλλά και νέες θέσεις λατόμευσης δομικών λίθων αιολιανιτικής προέλευσης.

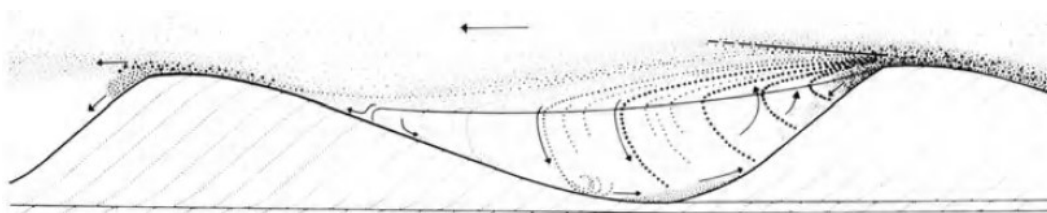
2.3 Αποτελέσματα

A) Από τα στοιχεία που μπορεί να αναγνώσει κανείς στους υφιστάμενους χάρτες και να τα συνδυάσει με τανέα δεδομένα από την λεπτομερή χαρτογράφηση γύρω από την περιοχή των Νεωρίων προέκυψαν τα ακόλουθα:

I -στον υφιστάμενο χάρτη του ΓΓΕΥ (Καραγεωργίου και Τσαϊλά-Μονόπωλη 1971) για την ευρύτερη περιοχή της πόλης των Χανίων και του Ακρωτηρίου, κατά μήκος

του παραλιακού μετώπου, στη δυτική πλευρά του λιμένος, καθώς και εντός της στενής περιοχής ενδιαφέροντος, εκεί που βρίσκονται τα Νεώρια, τα εναλλασσόμενα στρώματα μαργαϊκών ψαμμιτών με μαργαϊκούς ασβεστολίθους εντάσσονται στα «παλιότερης ηλικίας» πετρώματα του Μειοκαίνου. Παραπλήσια διαφοροποίηση παρατηρείται και στον νεώτερο σε χρόνο δημιουργίας χάρτη των Μουντράκηetal. (2012). Μόνο που ο διαχωρισμός γίνεται για το σύνολο της περιοχής δυτικά της εισόδου του λιμένος που εντάσσεται στους παλαιότερους σχηματισμούς του Μέσου Ανώτερου Μειοκαίνου (κίτρινοι, λευκοί ασβεστόλιθοι με λεπτές μαργαϊκές και ψαμμιτικές ενστρώσεις και ανατολικά της εισόδου του λιμένος που εντάσσεται σε νεώτερης ηλικίας σχηματισμούς του Ανώτερου Μειοκαίνου – Πλειόκαίνου (μάργες). Η μετάβαση από τον έναν σχηματισμό στον άλλον δίνεται κανονική, μόνο που στον χάρτη του ΙΓΕΥ είναι αποτυπωμένο νοτιότερα στη περιοχή αλλά πάντα στο ύψος της εισόδου του λιμένος ένα υποθετικό ρήγμα διεύθυνσης ΒΒΔ/ΝΝΑ.

II-Επιπρόσθετα στα στοιχεία των υφιστάμενων γεωλογικών χαρτών, όπως προέκυψε από την υφιστάμενη βιβλιογραφική ανασκόπηση και την λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση, σε όλο το παραλιακό μέτωπο της πόλης των Χανίων αλλά και των δυτικών ακτών τους Ακρωτηρίου υπάρχουν εμφανίσεις αιολιανιτών που βρίσκονται σε υψόμετρα που ποικίλλουν από την στάθμη της θάλασσας (0 μέτρα) μέχρι και απόλυτου υψομέτρου 14 μέτρων. Η ηλικία της δημιουργίας τους τοποθετείται την νεώτερη παγετώδη περίοδο του Βούρμιου που ξεκίνησε είτε πριν 115.000, είτε 75.000 χρόνια πριν (η διαφορά στην έναρξη εξαρτάται από την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε) που τελείωσε με το ξεκίνημα του Ολόκαινου (πριν περίπου 12.000 χρόνια). Οι αιολικές διεργασίες έχουν μελετηθεί πριν δεκαετίες (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Διεργασίες ροής και απόθεσης των αιολικών κυματοειδών ρυτιδώσεων κατά την δημιουργία αιολικών συσσωρεύσεων (αμμόλοφος – θίνα) από την διαγένεση των οποίων προέκυψαν in situ αιολιανίτες, ορισμένοι εκ των οποίων διατηρούν αυτές τις χαρακτηριστικές δομές (σύγκρ. εικόνες 2 και 3) (από Reineck&Singh, 1975).

Από τις μετρήσεις των επιφανειών στις αιολικές ρυτιδώσεις των αιολιανιτών προέκυψε ότι η φορά των ανέμων που σχημάτισαν τους αρχικούς αμμόλοφους ήταν ΒΔ και ΝΔ, συστήματα που είναι ακόμα και σήμερα ενεργά.

Οι αιολιανίτες εξελίσσονται ασύμφωνα είτε πάνω από τις μάργες, είτε πάνω από τα ανθρακικά του Νεογενούς στην περιοχή και εμφανίζουν χαρακτηριστικές δομές



Εικόνες 2 και 3: Αποθέσεις insitu αιολιανιτών κατά μήκος του παραλιακού μετώπου της πόλης των Χανίων με χαρακτηριστικές δομές.

Από την λεπτομερή μελέτη της χωρικής κατανομής των αιολιανιτών στην ευρύτερη περιοχή προέκυψε ότι το γεωλογικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο εδράστηκαν τα Νεώρια δομείται από αιολιανίτες. Στην θέση κάτω από τα Νεώρια αυτοί εντοπίζονται με γεωφυσικές μεθόδους από κοντά στο δάπεδο, μέχρι βάθους 1,40 μ. από το δάπεδο.

III-Το ενετικό λιμάνι έχει ιδιαίτερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά: η είσοδος του λιμένα είναι ένα τεκτονικό βύθισμα που ξεπερνάει σε βάθος τα 15 μέτρα και έρχεται σε μεγάλη αντίθεση με την ήπια βαθυμετρία του περιγύρου πυθμένα. Αυτό το βύθισμα θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως το αποτέλεσμα της δράσης της προέκτασης του δυτικού ρήγματος που υπάρχει στον γεωλογικό χάρτη του ΠΕΥ διεύθυνσης ΒΒΔ. Το ρήγμα αυτό οριοθετεί δυτικά του τα ηλικίας Μειόκαινου πετρώματα της περιοχής με τα ηλικίας Πλειόκαινου πετρώματα στα ανατολικά του. Τα παλαιότερα σε ηλικία πετρώματα εμφανίζονται και δομούν δυτικά του ρήγματος στον υφιστάμενο λόφο. Κατά θέσεις στο παραλιακό μέτωπο και ασύμφωνα έχουν αποτεθεί αιολιανίτες. Αντίθετα μέσω του tilting (κάθοδος και μερική περιστροφή) του ανατολικού τεμάχους του ρήγματος δημιουργήθηκε το βύθισμα και ταυτόχρονα βύθισε τους αιολιανίτες σε χαμηλότερα σημεία όπως στην τοποθεσία που έχουν χτιστεί τα Νεώρια. Η επίκαιρη βαθυμετρία εντός του χώρου του λιμένος ήταν διαφορετική από αυτήν της περιόδου της Ενετοκρατίας αλλά και των νεότερων χρόνων.

IV-Ειδικές γεωμορφολογικές συνθήκες

Κατά την εκσκαφή/ανασκαφή του αντλιοστασίου δυτικά των Νεωρίων προέκυψε μια τεχνητή γεωλογική τομή που παρουσιάζει ενδιαφέρον. Τα ανώτερα τμήματα της

τομής είναι εδάφη και παλαιοεδάφη με το χαρακτηριστικό έντονο ερυθρό χρώμα που εμπεριέχουν κατά θέσεις και στρώσεις δευτερογενούς ανθρακικού ασβεστίου (caliche). Κάτω από τις θέσεις των caliche, που αντιπροσωπεύουν χημικές αποθέσεις ανθρακικού ασβεστίου κατά ξηρές ή ημίξηρες παρατεταμένες περιόδους σε ηπειρωτικό αποθετικό πεδίο ακολουθεί ένα στρώμα αρκετών εκατοστών που δομείται από καλά αποστρογγυλοποιημένες και εν μέρει πεπλατυσμένες κροκάλες (εικόνες 4-8) που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε ένα τοπικό ποταμοχειμάρριο σύστημα που κατέληγε στο παραλιακό μέτωπο. Το σύστημα αυτό ακολουθεί την διεύθυνση των ΒΒΔ των ρηγμάτων της περιοχής και από ότι φαίνεται είναι ακόμα ενεργό σε βάθος κάτω από ένα περίπου μέτρο.



Εικόνες 4-8: Τομές κατά την εκσκαφή/ανασκαφή της κατασκευής του αντλιοστασίου. Πέρα της συγκέντρωσης υδάτων παρατηρείται εναλλαγή ποτάμιων κροκαλοπαγών με παλαιοεδάφη. Στην κάτω δεξιά φωτογραφία διακρίνεται σχηματισμός caliche

Στρωματογραφικά κάτω από το σύστημα αυτό βρίσκονται οι αιολιανίτες και κάτω από τους αιολιανίτες στην θέσης ανασκαφής και ανατολικότερα μη διαπερατές μάργες του Νεογενούς. Η διαδοχή περατών και μη περατών πετρωμάτων δημιουργεί

ευνοϊκές συνθήκες για την δημιουργία ενός σχετικά επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα.

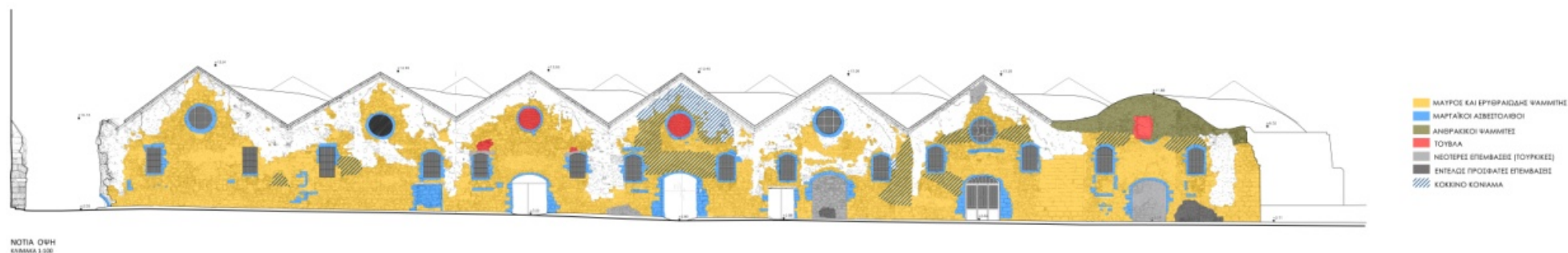
Β) Πληροφορίες που υφίστανται για τους δομικούς λίθους που χρησιμοποιήθηκαν στα Νεώρια προέρχονται από την διπλωματική εργασία στο Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης (Παππάς, 1996). Στην εργασία αυτή μεταξύ άλλων μελετήθηκαν σε δείγματα που πάρθηκαν από ιστορικές θέσεις λατόμευσης στον Σταυρό Ακρωτηρίου και την περιοχή των Αγ. Αποστόλων φυσικές ιδιότητες όπως απορρόφηση νερού με ολική βύθιση, ξήρανση, καθώς και μηχανικές ιδιότητες όπως αντοχή σε θλίψη και μέτρο ελαστικότητας.

Όπως προέκυψε από τις αναλύσεις **θεωρήθηκε ότι τα υλικά δομής των Νεωρίων είναι κυρίως ασβεστόλιθοι του Νεογενούς**. Σύμφωνα με την εργασία αυτή στο μεγαλύτερο μέρος της τοιχοποιίας συναντώνται δομικοί λίθοι με εμφάνιση ανώμαλη (μεγάλες, μεσαίες και μικρές πέτρες), ενώ στο ανώτερο τμήμα των πλαγίων τοίχων απαντούν δομικοί λίθοι με εμφάνιση πιο επιμελημένη (μεσαίες πέτρες σε στρώσεις). Λαξευτοί λίθοι εμφανίζονται α) σε όλο το ύψος των 5 τελευταίων μέτρων του βόρειου τμήματος των τοίχων προς την παραλία, β) στο επίπεδο των πεσσών σε ύψος από το δάπεδο έως τη γένεση του θόλου (σε στρώσεις), γ) στις προεξοχές των αετωμάτων, δ) στα τόξα των αετωμάτων. Όπως προέκυψε από ορυκτολογικές και πετρογραφικές αναλύσεις οι δομικοί λίθοι των Νεωρίων είναι κυρίως βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι και παρουσιάζουν την ίδια ορυκτολογική και πετρογραφική σύσταση με δείγματα από τις περιοχές του Σταυρού και των Αγίων Αποστόλων.

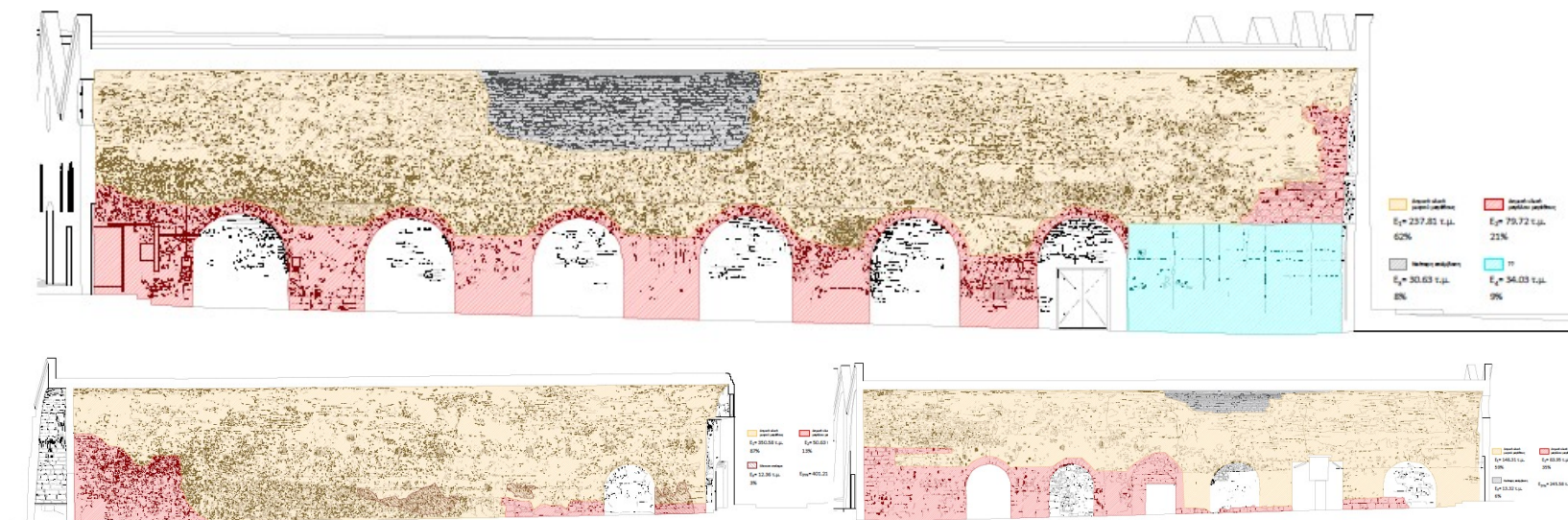
Πιο αναλυτικά: η εργαστηριακή εξέταση των δειγμάτων που ελήφθησαν από τους λίθους της τοιχοποιίας έδειξε πως οι δομικοί λίθοι των Νεωρίων ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες: α) απολιθωματοφόροι μικριτικοί ασβεστόλιθοι, οι οποίοι μακροσκοπικά εμφανίζονται με χρώμα υποκίτρινο έως λευκοκίτρινο, είναι αρκετά συμπαγείς, με ακανόνιστο έως κογχώδη θραυσμό (Παππάς 1996, 59). Εξωτερικά μερικοί καλύπτονται από μαύρη κρούστα, β) βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι, οι οποίοι μακροσκοπικά εμφανίζονται με χρώμα κιτρινόφαιο έως καστανόφαιο, (Παππάς 1996, 60). Τα συστατικά τους είναι κυρίως βιογενή και αποτελούνται από απολιθώματα ή θραύσματα απολιθωμάτων, όπως εχινόδερμα, κοράλλια, βραχιονόποδα κλπ. Το πορώδες είναι υψηλό και παρατηρείται εντός των απολιθωμάτων (ό.π.). Εξωτερικά μπορεί να καλύπτονται από μαύρη κρούστα γ) ασβεστιτικοί ψαμμίτες: είναι

καστανόφαιοι πορώδεις καλκαρενίτες, αλλά με μεγαλύτερο ποσοστό κλαστικού χαλαζία από αυτό που περιέχουν οι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι, (Παππάς 1996, 61).

Σε αντίθεση με τα ανωτέρω συμπεράσματα αυτό το οποίο προέκυψε ως συμπέρασμα από την μελέτη της νότιας τοιχοποιίας των Νεωρίων (εικόνα 9) είναι το ακόλουθο: Υπάρχουν **δύο μεγάλες κατηγορίες δομικών λίθων** ασχέτως του μεγέθους τους: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (από ασβεστολιθικές μάργες μέχρι καθαρούς ασβεστολίθους) και ψαμμίτες (από καθαρούς αιολιανίτες, βιοκλαστικούς, βιοκαλακαρενίτες μέχρι μικροκροκαλοπαγής ψαμμίτες). Η συμμετοχή οποιαδήποτε άλλου υλικού όπως τσιμέντου και τούβλων είναι σημειακή, πρόσφατη και μπορεί να χαρακτηριστεί επιφανειακή.



Εικόνα 9: Κατανομή δομικών υλικών στην τοιχοποιία της νότιας όψης των Νεωρίων



Εικόνα 10: Κατανομή δομικών υλικών στις εσωτερικές τοιχοποιίες των Νεωρίων

Για την εσωτερική τοιχοποιία (σύγκρ. εικόνα 9) συμπερασματικά μπορούν να παρατεθούν τα ακόλουθα:

- Δόμηση με καντονάδες αιολιανίτη 25% της συνολικής τοιχοποιίας.
- Δόμηση 75% της τοιχοποιίας με μικρότερα, ακανόνιστα κομμάτια (τεμάχια) αιολιανίτη.
- Δόμηση με καντονάδες σε όλο το ύψος του τοίχου που έρχεται σε επαφή με τις βόρειες και νότιες όψεις του συνόλου των Νεωρίων.
- Δόμηση με καντονάδες μέχρι του ύψους που αρχίζουν οι καμπυλώσεις στις εσωτερικές καμάρες.
- Δόμηση με καντονάδες σε όλες τις εσωτερικές καμάρες.
- Δόμηση με επιλεγμένο και επεξεργασμένο δομικό υλικό (αιολιανιτικό) στην κατασκευή των θόλων.
- Δόμηση με διαφορετικό δομικό υλικό, (ψαμμιτικό ασβεστόλιθο) των εξωτερικών εισόδων και παραθύρων.

Στους εδώ και χρόνια προτεινόμενους ιστορικούς λατομικούς χώρους στον Σταυρό Ακρωτηρίου και στους Αγ. Αποστόλους πρέπει να προστεθούν και δεκάδες άλλες ιστορικές λατομικές θέσεις κυρίως κατά μήκος των ακτών του Ακρωτηρίου και της ευρύτερη παραλιακής ζώνης της πόλης των Χανίων. Το δομικό υλικό που κατ' εξοχή εξόρυσσαν ήταν αιολιανίτες: παράκτιοι ψαμμίτες που εντάσσονται κάτω από τον ευρύ και ιστορικό χαρακτηρισμό πωρόλιθοι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο λατομικός χώρος μπροστά από τον λιμενοβραχίονα αλλά και πολλοί άλλοι για τους οποίους απαιτείται περαιτέρω μακρόχρονη συστηματική έρευνα.

Οι λιμενικές εγκαταστάσεις των Ενετών δημιουργήθηκαν κάτω από την «πίεση» μιας κλιματικής αλλαγής. Σε διάστημα μικρότερο των 200 ετών υπάρχουν ενδείξεις για πέρασμα από μικρή μεσοπαγετώδη σε μικρή παγετώδη περίοδο στη Ευρώπη. Και εκεί που υπάρχει πίεση οποιαδήποτε μορφής, θα πρέπει να την λάβουμε υπόψη.

Η συστηματική λατόμευση αιολιανιτών από τις ζώνες διάθλασης (refraction zone), θραύσης (breaker zone), απόσβεσης/κυματογής (surf zone) καθώς και την ζώνη

διαβροχής/αναρρίχησης (swashzone) που βρίσκονται μπροστά από την εσωτερική παραλία (Backshore) αποτελούν **την πρώτη ουσιαστική και καθοριστική,ανθρωπογενούς προέλευσης παρέμβαση στο παραλιακό μέτωπο της πόλης των Χανίων.** Πολύ πιθανώς η σχετική ταπείνωση της θαλάσσιας στάθμης κατά την μετάβαση προς την μικρή παγετώδη περίοδο και κατά την διάρκεια αυτής, να επέτρεψε την μαζική λατόμευσηαιολιανιτικού δομικού υλικού και από θέσεις κατά μήκος του παραλιακού μετώπου.

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ ΣΤΑ ΝΕΩΡΙΑ

3.1 Διεξαγωγή μετρήσεων με τη μέθοδο του γεωραντάρ και της ηλεκτρικής τομογραφίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της γεωφυσικής διασκόπησης που πραγματοποιήθηκε σε επιλεγμένες θέσεις σε τοίχους στα Νεώρια Χανίων. Διασκοπήθηκαν συνολικά επτά (7) γραμμές μελέτης με την μέθοδο του γεωραντάρ και δύο (2) γραμμές μελέτης με την μέθοδο ηλεκτρικής τομογραφίας (Σχήμα 1).

Η μέθοδος του γεωραντάρ ανήκει στις ηλεκτρομαγνητικές μεθόδους, με τις οποίες επιδιώκεται τόσο η απεικόνιση των διηλεκτρικών ανομοιογενειών, όσο και η εκτίμηση της ταχύτητας διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο υπέδαφος. Αυτό επιτυγχάνεται με την διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο υπέδαφος, τα οποία όταν συναντήσουν γεωλογικό σχηματισμό με διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες, μέρος της ενέργειάς τους ανακλάται προς την επιφάνεια, ενώ η υπόλοιπη ενέργεια διαδίδεται προς βαθύτερους σχηματισμούς. Όλες οι γραμμές μελέτης διασκοπήθηκαν με τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Μέθοδος διασκόπησης:** Σταθερή απόσταση πομπού-δέκτη
- **Κυρίαρχη συχνότητα κεραίας:** 400 MHz και 900 MHz
- **Ολικός χρόνος καταγραφής:** 150 ns
- **Διάστημα χρονικής δειγματοληψίας:** 0.0244 ns
- **Διάστημα δειγματοληψίας διαδοχικών ιχνών:** 2 cm
- **Μήκος γραμμών (συνολικό):** 4 m
- **Μέγιστο βάθος διασκόπησης:** 1 m
- **Πρόγραμμα επεξεργασίας:** MatLab

Η επεξεργασία των δεδομένων σε όλες τις γραμμές μελέτης πραγματοποιήθηκε με την χρήση αλγορίθμων σε περιβάλλον Matlab.

Επιγραμματικά, η επεξεργασία των δεδομένων γεωραντάρ για την απεικόνιση των τομών περιλάμβανε τα εξής βήματα:

- 1) Διόρθωση για το μηδενικό χρόνο (time-zero correction) και αποκοπή μεταγενέστερων χρόνων καταγραφής
- 2) Αποκοπή αρμονικών πολύ χαμηλής συχνότητας (Dewow)
- 3) Χρονικά μεταβαλλόμενη ενίσχυση

Η επεξεργασία των δεδομένων γεωραντάρ για την εισαγωγή τους σε αλγόριθμο ανάλυσης ταχυτήτων βάσει των περιθλάσεων περιλάμβανε τα εξής βήματα:

- 1) Διόρθωση για τον μηδενικό χρόνο (time-zero correction) και αποκοπή μεταγενέστερων χρόνων καταγραφής
- 2) Αποκοπή αρμονικών πολύ χαμηλής συχνότητας (Dewow)
- 3) Αφαίρεση μέσου ίχνους (Background noise removal)
- 4) Χρονικά μεταβαλλόμενη ενίσχυση (Inverse amplitude decay gain)

Η μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας ανήκει στις ηλεκτρικές μεθόδους, με τις οποίες επιδιώκεται ο καθορισμός της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης και της κατανομής των τιμών της στο υπεδάφος. Αυτό επιτυγχάνεται με την δημιουργία τεχνητών ηλεκτρικών πεδίων. Το ηλεκτρικό πεδίο επηρεάζεται από τη δομή του υπεδάφους, και επομένως από τις μετρήσεις του δυναμικού είναι δυνατός ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής δομής.

Οι παράμετροι της ηλεκτρικής τομογραφίας οι εξής:

- **Διάταξη:** Διπόλου-διπολου και Gradient
- **Αριθμός ηλεκτροδίων:** 40
- **Απόσταση μεταξύ ηλεκτροδίων:** 0.1 m
- **Αριθμός επιπέδων βάθους:** 14 επίπεδα
- **Πρόγραμμα επεξεργασίας:** Res2Dinv
- **Μέθοδος αντιστροφής:** Smoothness constraint inversion
- **Μέγιστο βάθος διασκόπησης στο κέντρο της τομής:** 0.8 m

3.2 Οριζόντια και κατακόρυφες γραμμές μελέτης

Οι μετρήσεις με το γεωραντάρ έγιναν στον δυτικό και ανατολικό τοίχο του Νεωρίου 1 (N1), στον δυτικό τοίχο του Νεωρίου 2 (N2), στον ανατολικό τοίχο του Νεωρίου 6 (N6) και στο δυτικό τοίχο του Νεωρίου 7 (N7) με κατακόρυφη διασκόπηση, καθώς και στον ανατολικό τοίχο του Νεωρίου 7 (N7) όπου πραγματοποιήθηκαν οριζόντια αλλά και κατακόρυφη διασκόπηση.

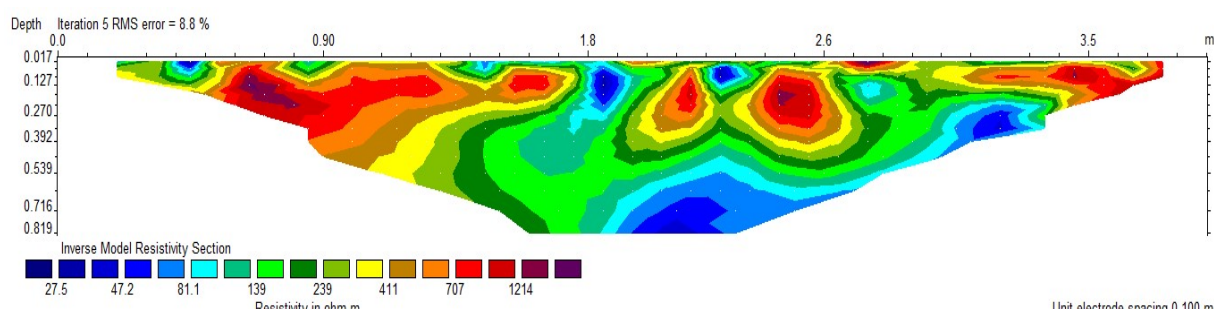


Σχήμα 1:Κάτοψη Νεωρίων με κόκκινα βέλη οι θέσεις σε τοίχους στα Νεώρια Χανίων στις οποίες πραγματοποιήθηκε η γεωφυσική διασκόπηση.

Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος

Ξεκινώντας από τις μετρήσεις που έγιναν στο N7 επισημαίνεται ότι η συγκεκριμένη κατακόρυφη γραμμή μελέτης διασκοπήθηκε και με την μέθοδο ηλεκτρικής τομογραφίας. Η γεωηλεκτρική τομή χρησιμοποιήθηκε για την επιβεβαίωση της ερμηνείας των δεδομένων του γεωραντάρ.

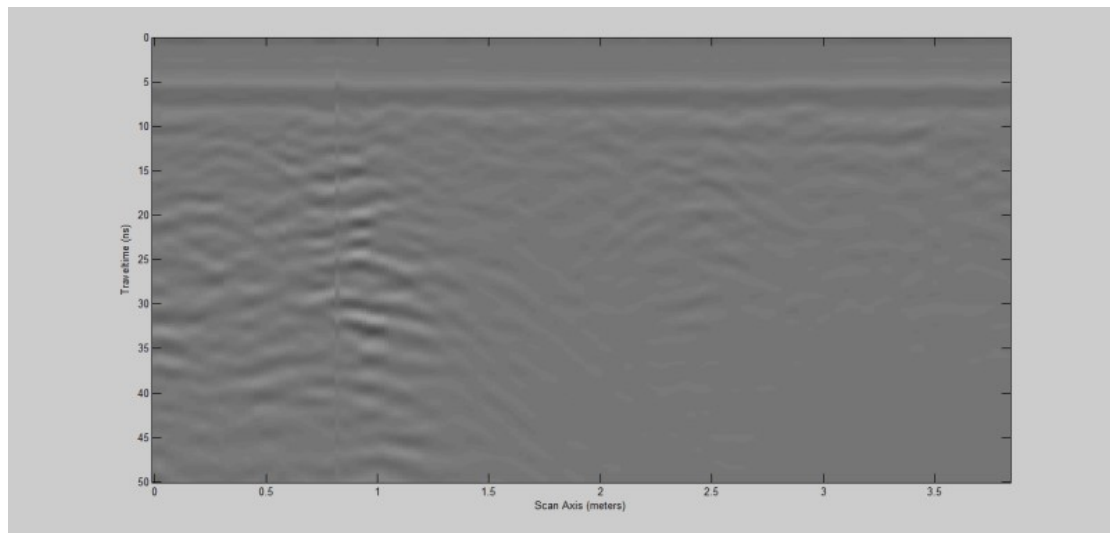
Η γραμμή μελέτης ξεκινά από το πάνω μέρος του τοίχου και καταλήγει στο δάπεδο. Στην γεωηλεκτρική τομή (Σχήμα 2) εμφανίζονται ζώνες με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μικρότερες των 80 Ωm (μπλε χρώμα) οι οποίες αποδίδονται σε αυξημένη υγρασία/αργιλότητα. Η μεγαλύτερη από αυτές εμφανίζεται στο χαμηλότερο τμήμα του τμήμα του τοίχου (2m – 3.4m στην γεωηλεκτρική τομή) σε απόσταση από την ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου περίπου 0.5m. Ζώνες με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μεγαλύτερες των 400 Ωm (καφέ-κόκκινο χρώμα) αποδίδονται στην λιθοδομή της οποίας το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.4m.



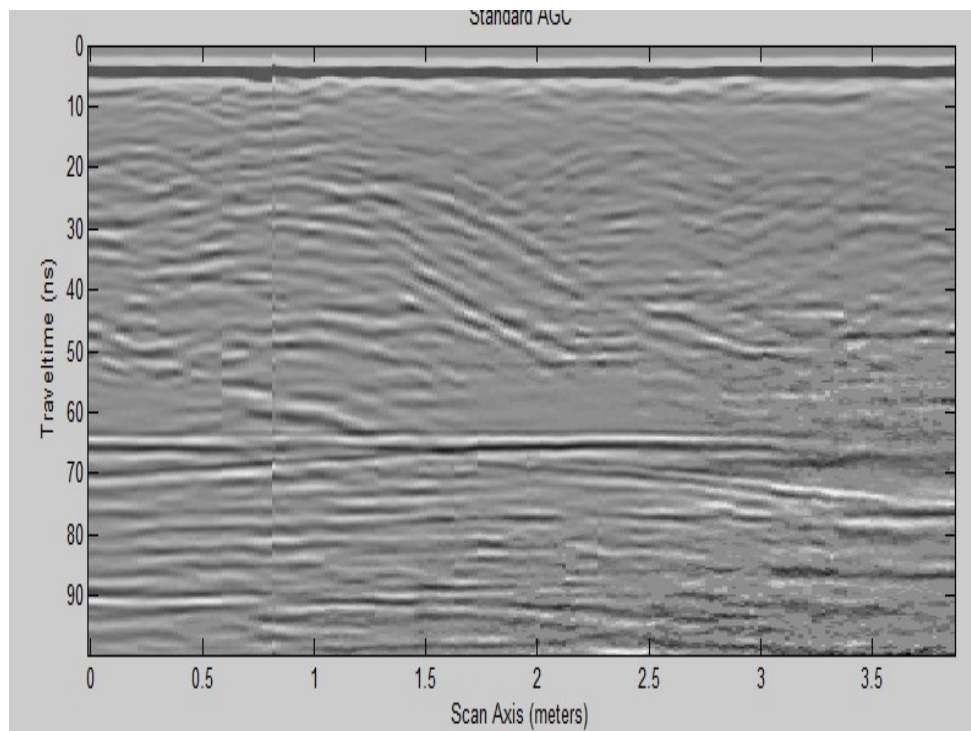
Σχήμα 2: Γεωηλεκτρική τομή στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω. Ζώνες με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μεγαλύτερες των 400 Ωm (καφέ-κόκκινο χρώμα) αποδίδονται στην λιθοδομή της οποίας το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.4m

Με βάση τις τομές γεωραντάρ που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (Σχήμα 3) προσδιορίστηκαν δύο ζώνες υψηλότερης σχετικά εξασθένησης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η πρώτη από τα 1.5 m μέχρι περίπου τα 2 m από την αρχή της γραμμής μελέτης και η δεύτερη από 3 m μέχρι το τέλος. Η υψηλότερη εξασθένηση αποδίδεται σε αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία ή/και σε αυξημένη αργιλότητα.

Παρουσιάζονται δηλαδή ζώνες αυξημένης εξασθένησης και μειωμένης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης λόγω της ύπαρξης υγρασίας.

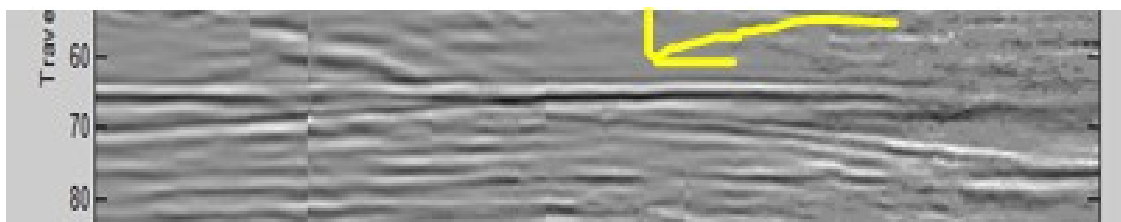


Σχήμα 3: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



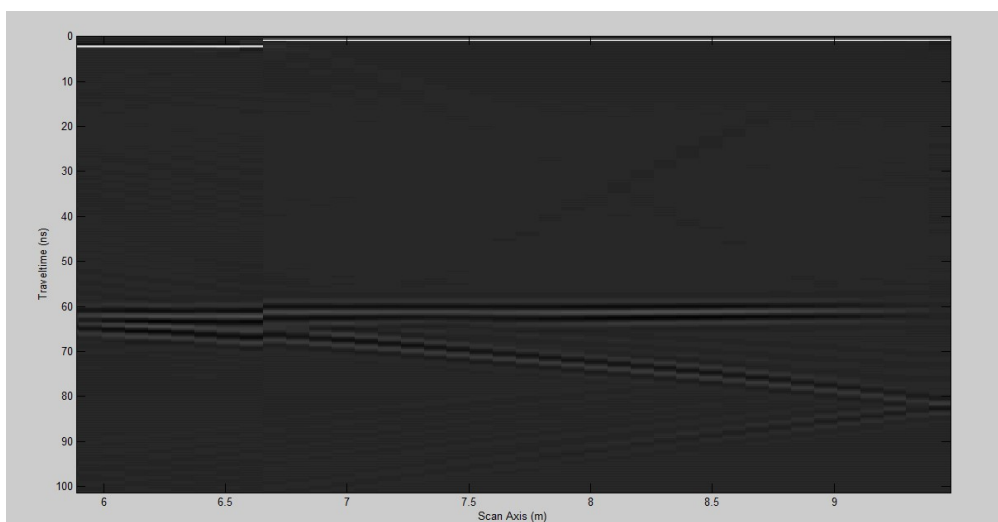
Σχήμα 4: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η ίδια τομή γεωραντάρ με το Σχήμα 3 αλλά με τη διαφορά ότι αυτή έχει εφαρμοστεί αυτόματη ενίσχυση. Στην τομή αυτή ο χρόνος καταγραφής των κυμάτων είναι μεγαλύτερος και φτάνει μέχρι τα 100 ns. Παρατηρούνται ανακλώμενα κύματα που προέρχονται από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 7, όπως φαίνονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Ανακλώμενα κύματα από τον απέναντι τοίχο το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου στην τομή γεωραντάρ

Τα κύματα αυτά εμφανίζονται σε όλες τις κατακόρυφες τομές (N1, N2, N6 και N7) σε χρόνο καταγραφής από 60ns μέχρι 70ns. Για την αναγνώρισή τους χρησιμοποιήθηκε και ένα μοντέλο του Νεωρίου και προσομοιωτής για τη δημιουργία συνθετικών δεδομένων (Σχήμα 6). Βάση των συνθετικών αυτών δεδομένων και τη σύγκριση των επεξεργασμένων τομών γεωραντάρ με τις συνθετικές επιβεβαιώθηκε ότι στα 65-70 ns περίπου καταγράφονται αυτά τα κύματα.



Σχήμα 6: Συνθετικά δεδομένα για την απεικόνιση των ανακλώμενων κυμάτων από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου

Αναμένεται στις τομές γεωραντάρ η καταγραφή ανακλώμενων κυμάτων που προέρχονται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν διακρίνονται σε αυτή την τομή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε, δηλαδή στην ύπαρξη υγρασίας κυρίως στα κατώτερα τμήματα της δομής και έτσι τα κύματα να παρουσιάζουν υψηλή εξασθένιση, και ο δεύτερος, στο ότι αυτά τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται σε παρόμοιους χρόνους με τα κύματα από τον απέναντι τοίχο τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλάτη. Πιο πιθανόν όμως να συμβαίνει λόγω της ύπαρξης υγρασίας καθώς η εφαρμογή της

μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας υποδεικνύει έντονη παρουσία υγρασία στο κάτω τμήμα της δομής.

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε και το πάχος της λιθοδομής του τοίχου όπου υπήρξε καταγραφή κύματος.

Αρχικά, η ταχύτητα διάδοσης του κύματος εκτιμήθηκε στα 0,072 m/ns από την μελέτη περιθλώμενων κυμάτων. Γνωρίζοντας τη ταχύτητα και τη σχέση που συνδέει τη ταχύτητα με την διηλεκτρική σταθερά εκτιμάται η τελευταία.

$$\rightarrow v=c/\varepsilon^{0.5} \text{ άρα } \varepsilon=(c/v)^2 =17.4$$

Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχεί στο πάνω τμήμα του τοίχου (στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ) και υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp ζώνη υγρασίας ίσης με 27% κ.ο.

$$\varepsilon_r = 3,03 + 9,3\theta + 146\theta^2 - 76,7\theta^3 \text{ σχέση Torpp}$$

Έπειτα, υπολογίστηκε ότι το πάχος της λιθοδομής του τοίχου είναι ίσο με 0.36 m στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ.

$$\rightarrow @0.4m: 10ns/2 \times 0,072m/ns=0.36m$$

Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα 3-3.5 m της τομής γεωραντάρ, όπου το πάχος της λιθοδομής του τοίχου υπολογίστηκε στα 0,28m με τη ταχύτητα των κυμάτων να υπολογίζεται στα 0.056 m/ns, την διηλεκτρική σταθερά στα 28,7 και την υγρασία 32% κ.ο.

$$\rightarrow v=c/\varepsilon^{0.5} \text{ άρα } \varepsilon=(c/v)^2 =28,7$$

$$\rightarrow @3-3.5m: 10ns/2 \times 0,056m/ns=0.28m$$

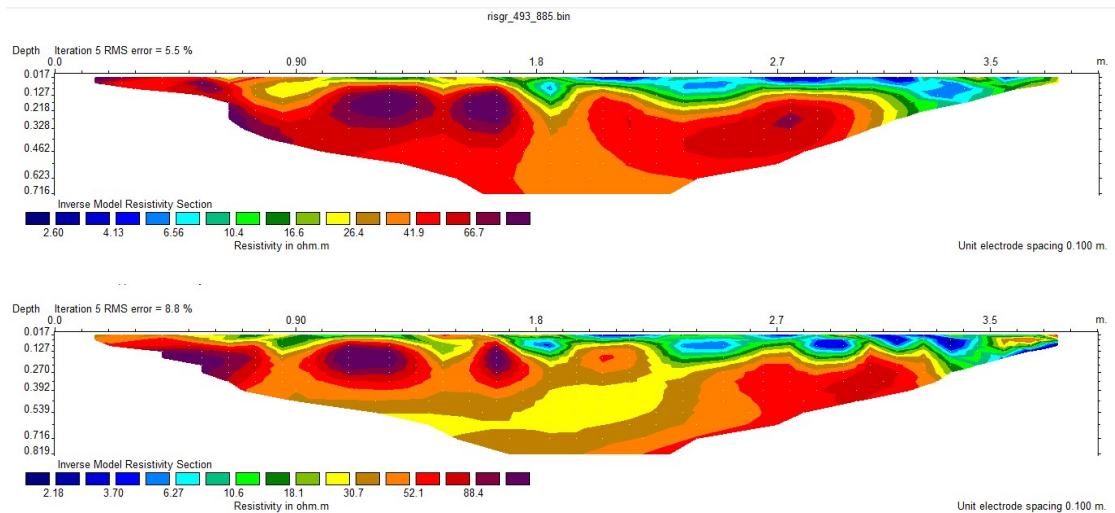


Εικόνα 11: Εσωτερικό Νεωρίου N7 Ανατολικός τοίχος, μέθοδος ηλεκτρικής τομογραφίας, κάθετη γραμμή στο επίπεδο του δαπέδου

Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος οριζόντια γραμμή μελέτης

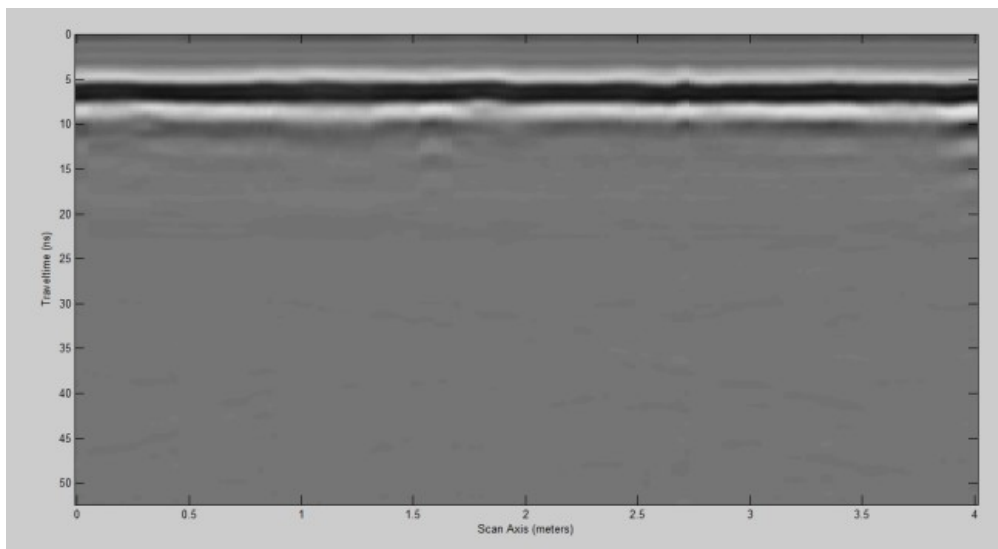
Στον ίδιο τοίχο διασκοπήθηκε οριζόντια γραμμή μελέτης και με την μέθοδο ηλεκτρικής τομογραφίας. Η γεωηλεκτρική τομή χρησιμοποιήθηκε για την επιβεβαίωση της ερμηνείας των δεδομένων του γεωραντάρ.

Η γραμμή μελέτης απέχει περίπου 1m από το δάπεδο. Στις γεωηλεκτρικές τομές με τη διάταξη Gradient και διπόλου-διπόλου (Σχήμα 7) εμφανίζονται τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μικρότερες των 80 Ωm οι οποίες αποδίδονται σε αυξημένη υγρασία/αργιλότητα. Ζώνες με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μικρότερες των 40 Ωm (μπλέ χρώμα) αποδίδονται στην αυξημένης υγρασίας (32%κ.ο.) λιθοδομή της οποίας το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.3m.

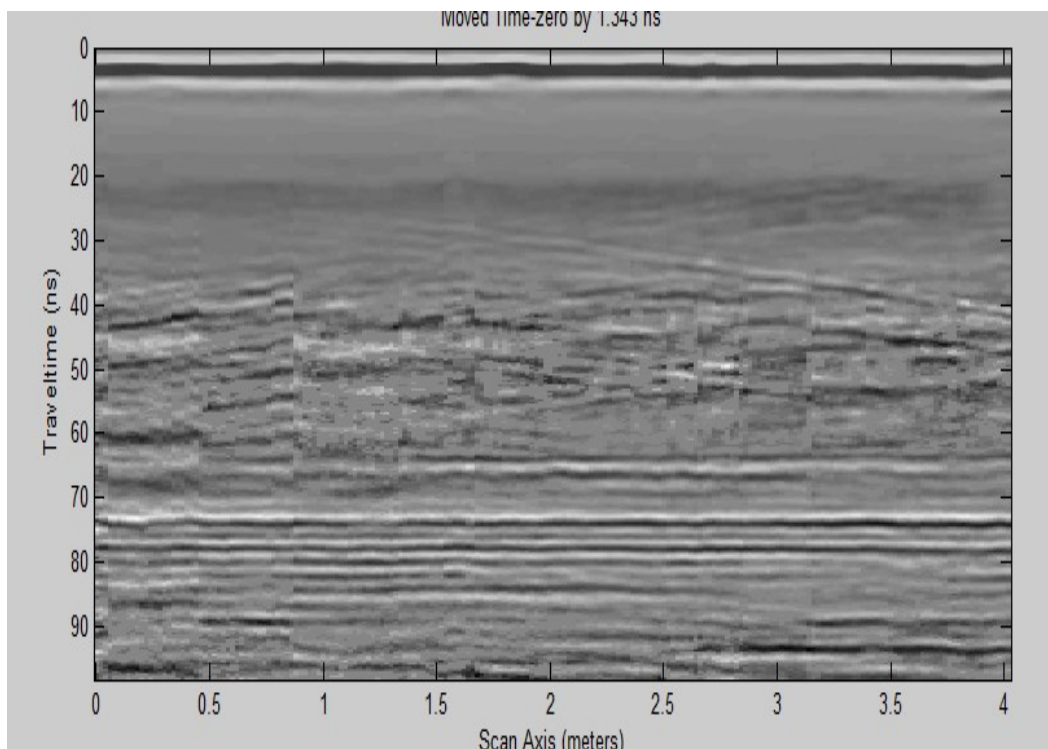


Σχήμα 7: Γεωηλεκτρικές τομές με τη διάταξη Gradient (πάνω) και διπόλου-διπόλου (κάτω) στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από νότο προς τα βορρά. Ζώνες με τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης μικρότερες των 40 Ωm (μπλέ χρώμα) αποδίδονται στην αυξημένης υγρασίας (32%κ.ο.) λιθοδομή της οποίας το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.3m

Με βάση τις τομές γεωραντάρ που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (Σχήμα 8) παρατηρείται αυξημένη εξασθένιση η οποία αποδίδεται σε υγρασία ή/και σε αυξημένη αργιλότητα.



Σχήμα 8: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από νότο προς τα βορρά.



Σχήμα 9:Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεωρίου από νότο προς τα βορρά

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η ίδια τομή γεωραντάρ με το Σχήμα 8 αλλά με τη διαφορά ότι αυτή έχει εφαρμοστεί αυτόματη ενίσχυση. Στην τομή αυτή ο χρόνος καταγραφής των κυμάτων είναι μεγαλύτερος και φτάνει μέχρι τα 100 ns. Παρατηρούνται ανακλώμενα κύματα που προέρχονται από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 7. Τα κύματα αυτά εμφανίζονται σε χρόνο καταγραφής από 60 ns μέχρι 70 ns. Αναμένεται στις τομές γεωραντάρ η καταγραφή ανακλώμενων κυμάτων που προέρχονται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν διακρίνονται σε αυτή την τομή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε, δηλαδή στην ύπαρξη υγρασίας και έτσι τα κύματα να παρουσιάζουν υψηλή εξασθένιση, και ο δεύτερος, στο ότι αυτά τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται σε παρόμοιους χρόνους με τα κύματα από τον απέναντι τοίχο τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλάτη. Πιο πιθανόν όμως να συμβαίνει λόγω της ύπαρξης υγρασίας καθώς η εφαρμογή της μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας υποδεικνύει έντονη παρουσία υγρασία στο κάτω τμήμα της δομής.



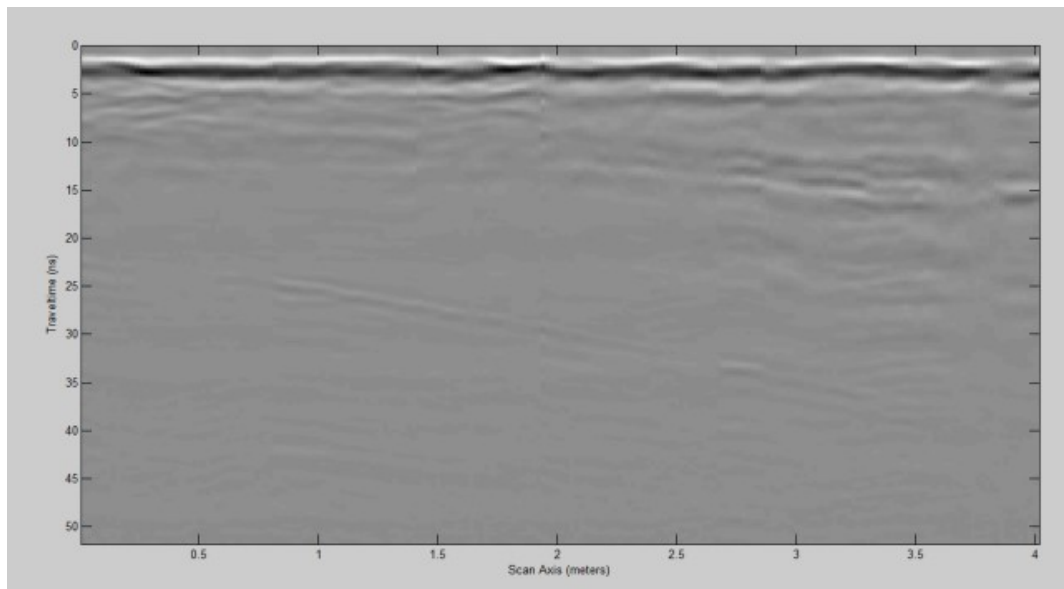
Εικόνα 12: Εσωτερικό Νεωρίου N7 Ανατολικός τοίχος, μέθοδος ηλεκτρικής τομογραφίας σε οριζόντια θέση με το επίπεδο του δαπέδου



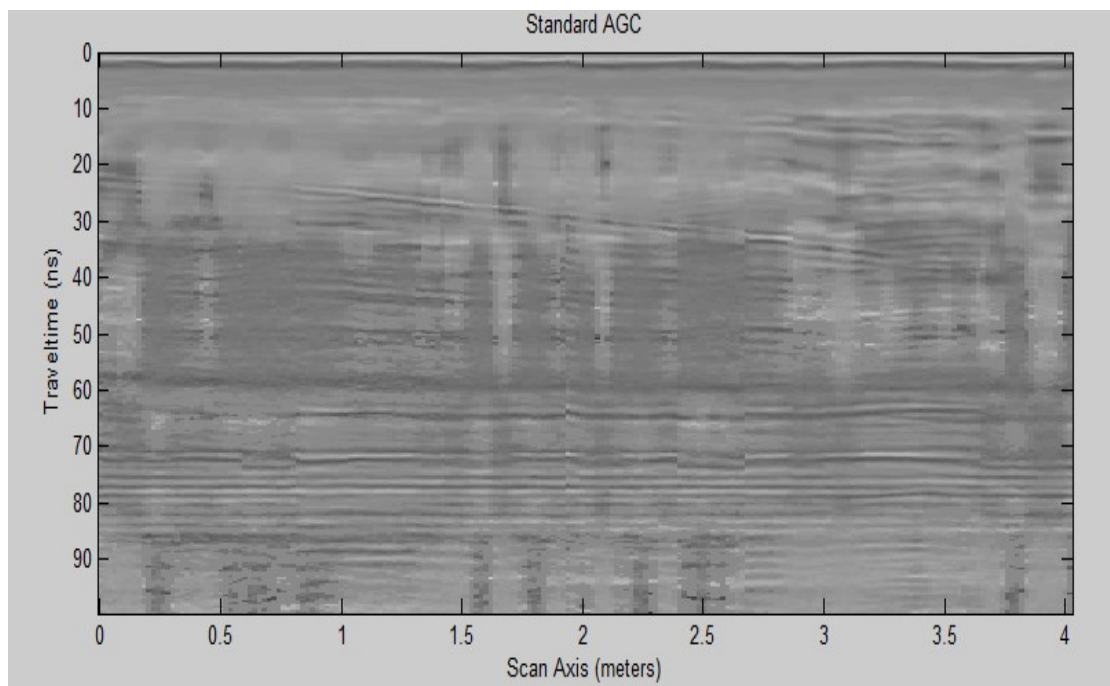
Εικόνα 13: Εσωτερικό Νεωρίου N7 Ανατολικός τοίχος, μέθοδος γεωραντάρ, σε οριζόντια θέση με το επίπεδο του δαπέδου, με κεραία 400MHz,

Νεώριο 7 Ανατολικός τοίχος οριζόντια γραμμή μελέτης 900MHz

Η ίδια οριζόντια γραμμή μελέτης διασκοπήθηκε και με την κεραία των 900MHz. Με βάση τις τομές γεωραντάρ που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (Σχήμα 10) παρατηρείται αυξημένη εξασθένιση η οποία αποδίδεται σε υγρασία ή/και σε αυξημένη αργιλότητα.



Σχήμα 10: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 900 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από νότο προς τα βορρά. Ο κεκλιμένος ανακλαστήρας από 5ns -12ns αποδίδεται στην λιθοδομή.



Σχήμα 11: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 900 MHz στον ανατολικό τοίχο του 7ου Νεώριου από νότο προς τα βορρά

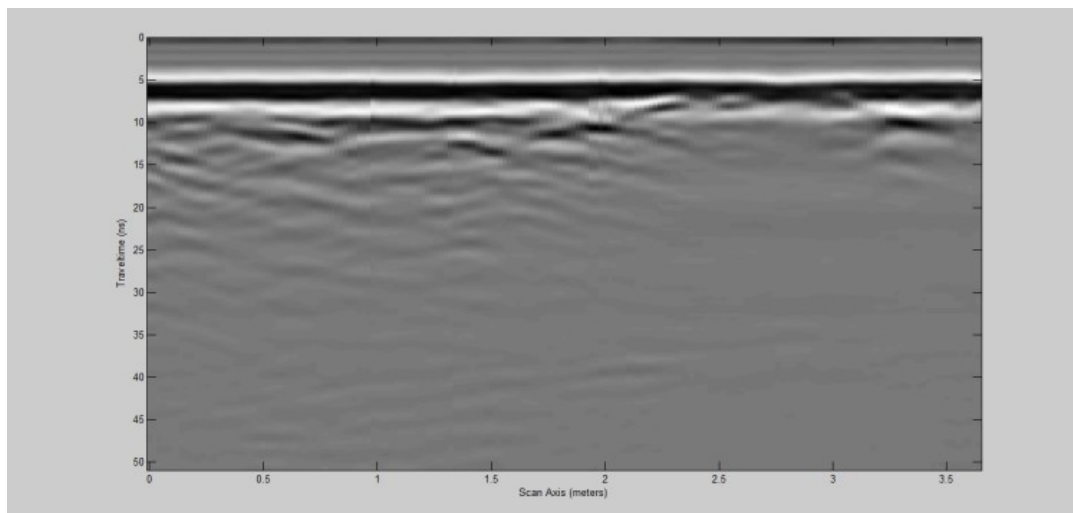
Στο Σχήμα 11 παρουσιάζεται η ίδια τομή γεωραντάρ με το Σχήμα 10 αλλά με τη διαφορά ότι αυτή έχει εφαρμοστεί αυτόματη ενίσχυση. Στην τομή αυτή ο χρόνος καταγραφής των κυμάτων είναι μεγαλύτερος και φτάνει μέχρι τα 100 ns. Παρατηρούνται ανακλώμενα κύματα που προέρχονται από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 7. Τα κύματα αυτά εμφανίζονται σε χρόνο καταγραφής από 60 ns μέχρι 70 ns. Αναμένεται στις τομές γεωραντάρ η καταγραφή ανακλώμενων κυμάτων που προέρχονται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν διακρίνονται σε αυτή την τομή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε, δηλαδή στην ύπαρξη υγρασίας και έτσι τα κύματα να παρουσιάζουν υψηλή εξασθένιση, και ο δεύτερος, στο ότι αυτά τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται σε παρόμοιους χρόνους με τα κύματα από τον απέναντι τοίχο τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλάτη. Πιο πιθανόν όμως να συμβαίνει λόγω της ύπαρξης υγρασίας καθώς η εφαρμογή της μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας υποδεικνύει έντονη παρουσία υγρασία στο κάτω τμήμα της δομής.

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε και το πάχος της λιθοδομής του τοίχου. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτή τη τομή κυμαίνεται από 0,05 m/ns έως 0,08 m/ns και αυξάνεται από νότο προς βορρά. Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό όπως και στην προηγούμενη τομή, υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά και έπειτα το πάχος της λιθοδομής του τοίχου στα 0.3 m.

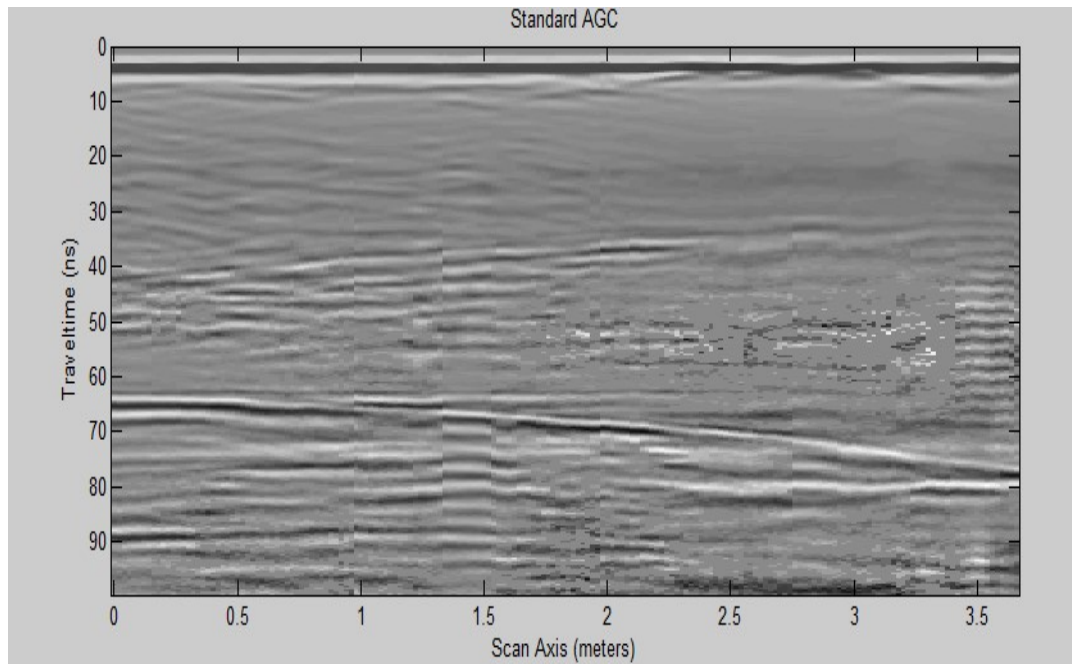
Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς στο βόρειο τμήμα της τομής γεωραντάρ υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp υγρασία ίση με 24% κ.ο., ενώ στο νότιο, 32% κ.ο..

Νεώριο 1 Ανατολικός τοίχος 400 MHz

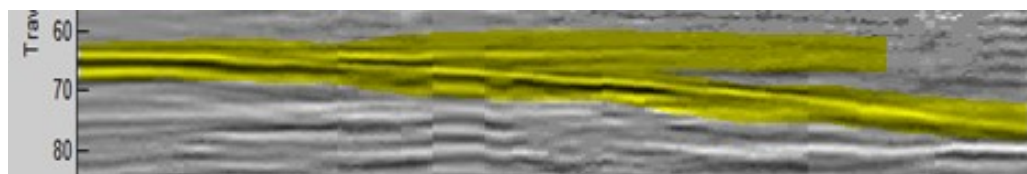
Παρατηρείται και σε αυτή τη τομή στον ανατολικό τοίχο του 1^{ου} Νεωρίου (Σχήμα 12) ότι υπάρχει εξασθένιση των κυμάτων από τα 2.4 m μέχρι το τέλος της γραμμής μελέτης. Επίσης αναμένεται ανάκλαση που προέρχεται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν εμφανίζεται στην τομή (Σχήμα 13). Αυτό συμβαίνει πιθανόν για τους προαναφερθέντες λόγους στη διασκόπηση της θέσης N7 (ανατολικός τοίχος). Παρατηρείται και εδώ η ύπαρξη ανακλώμενων κυμάτων από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 1 στα 65-70 ns περίπου της τομής γεωραντάρ (Σχήμα 14).



Σχήμα 12: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 1ου Νεωρίου από πάνω προς τα κάτω



Σχήμα 13:Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 1ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 14:Ανακλώμενα κύματα από τον απέναντι τοίχο το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου στην τομή γεωραντάρ

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε και το πάχος της λιθοδομής του τοίχου όπου υπήρξε καταγραφή κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτή τη τομή υπολογίστηκε στα 0,08 m/ns από την μελέτη περιθλώμενων κυμάτων. Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό όπως και στην προηγούμενη τομή, υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά και έπειτα το πάχος της λιθοδομής του τοίχου στα 0.4 m.

➔ $v=0,08\text{m/ns}$

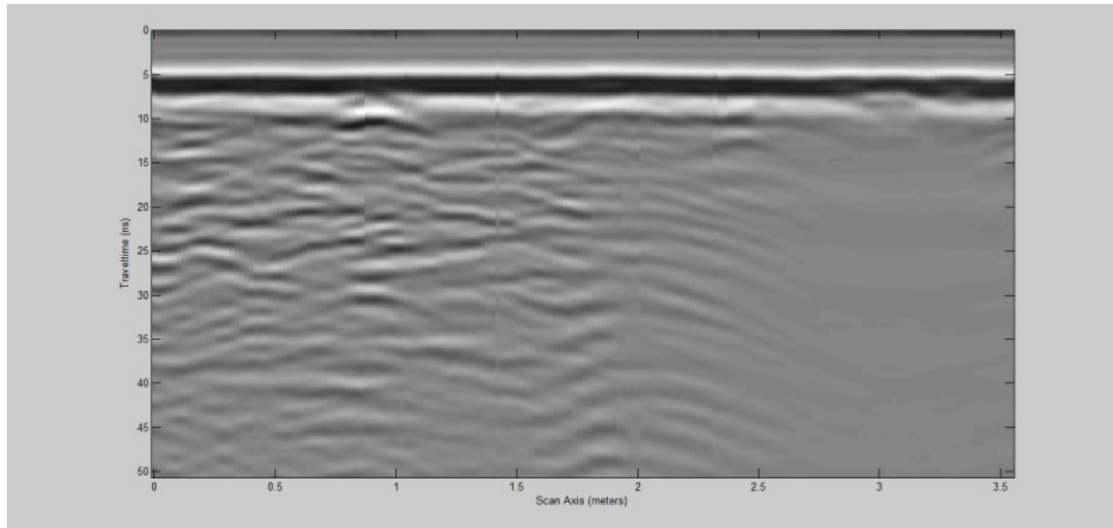
➔ $v=c/\epsilon^{0.5}$ άρα $\epsilon=(c/v)^2=14$

➔ @0.4 m: $10\text{ns}/2 \times 0.08 \text{ m/ns} = 0.4 \text{ m}$

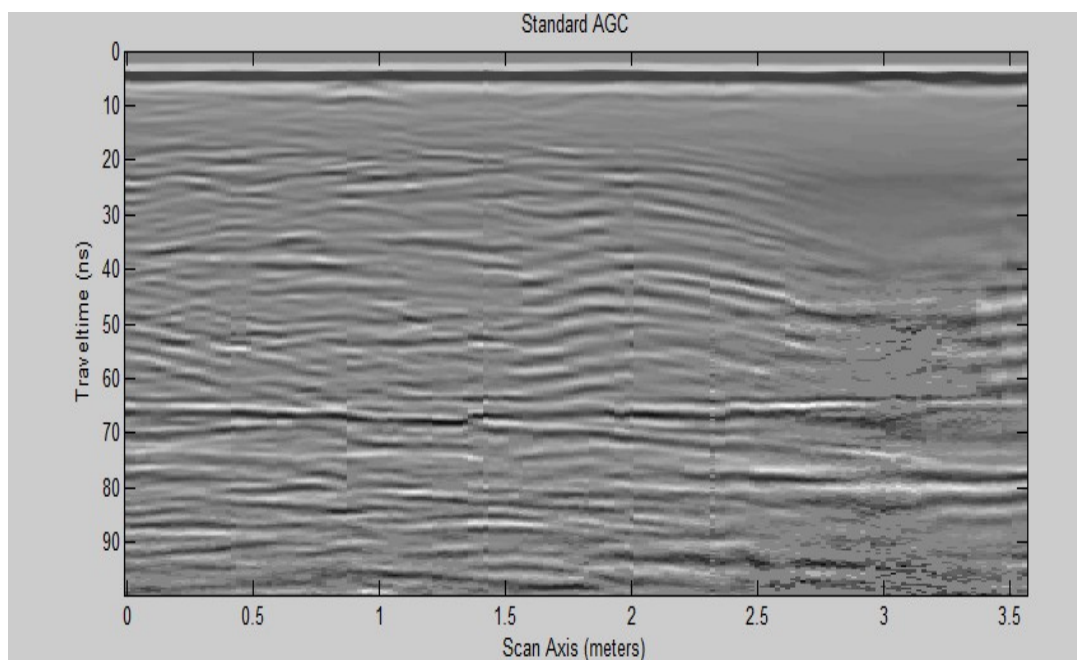
Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχεί στο πάνω τμήμα του τοίχου (στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ) και υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp υγρασία ίση με 24% κ.ο.

Νεώριο1 Δυτικός τοίχος 400 MHz

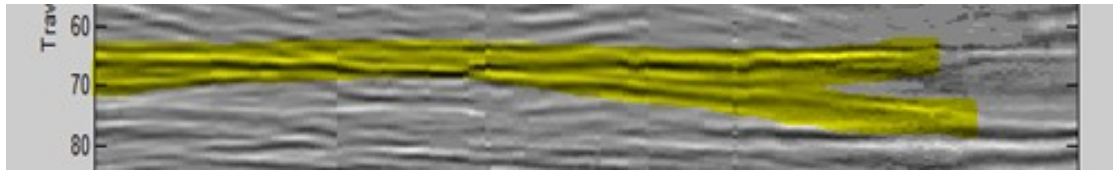
Ομοίως από τα 2,5 μέτρα μέχρι το τέλος της γραμμής γεωραντάρ, στο δεξί τμήμα της τομής γεωραντάρ (Σχήμα 15) υπάρχει εμφανής εξασθένιση του σήματος. Ο λόγος πάλι, είναι ο ίδιος με τις προηγούμενες θέσεις.



Σχήμα 15: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 1ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 16: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 1ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 17: Ανακλώμενα κύματα από τον απέναντι τοίχο το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου στην τομή γεωραντάρ

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε το πάχος της λιθοδομής του τοίχου όπου υπήρξε καταγραφή κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτή τη τομή υπολογίστηκε στα 0,08 m/ns από την μελέτη περιθλώμενων κυμάτων. Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό όπως και στην προηγούμενες θέσεις, υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά και έπειτα το πάχος της λιθοδομής του τοίχου στα 0.4 m.

$$\rightarrow v=0,08\text{m/ns}$$

$$\rightarrow v=c/\varepsilon^{0.5} \text{ άρα } \varepsilon=(c/v)^2 =13,4$$

$$\rightarrow @0,3\text{m} : 10 \text{ ns}/2 \times 0.08\text{m/ns} = \mathbf{0.4 \text{ m}}$$

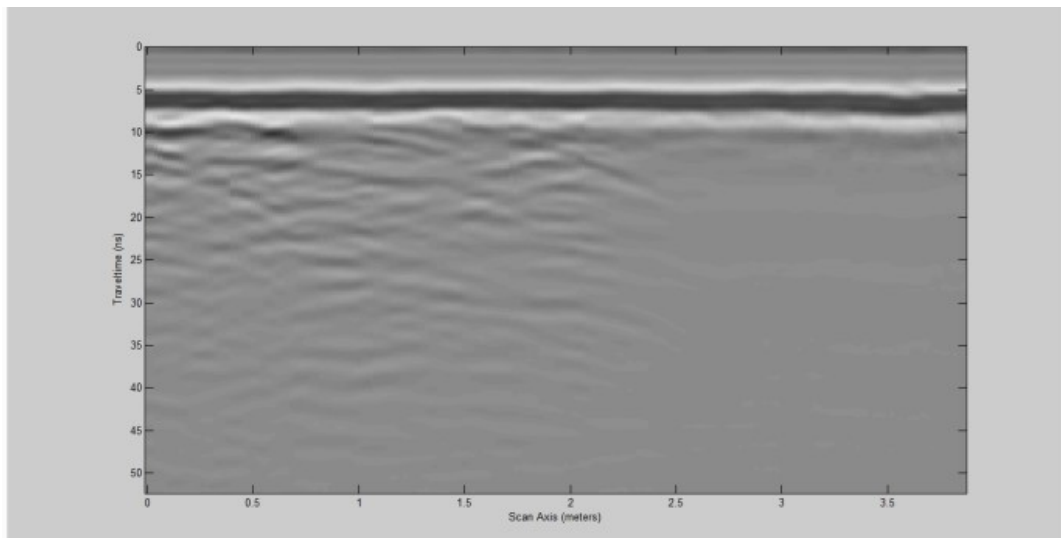
$$\rightarrow @2.5 \text{ m} : 10 \text{ ns}/2 \times 0.06 \text{ m/ns} = \mathbf{0.3 \text{ m}}$$

Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχεί στο πάνω τμήμα του τοίχου (στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ) και υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp υγρασία ίση με 24% κ.ο.

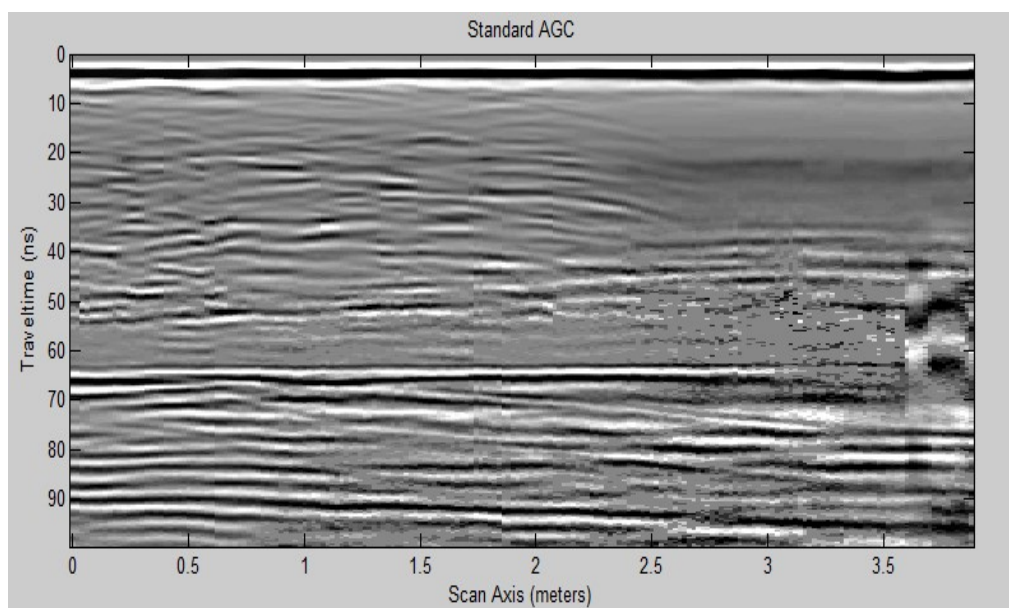
Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα 2.5 m, όπου το πάχος της λιθοδομής του τοίχου υπολογίστηκε στα 0,3m με τη ταχύτητα των κυμάτων να υπολογίζεται στα 0.06 m/ns, την διηλεκτρική σταθερά στα 25 και την υγρασία 31% κ.ο.

Νεώριο 2 Δυτικός τοίχος 400 MHz

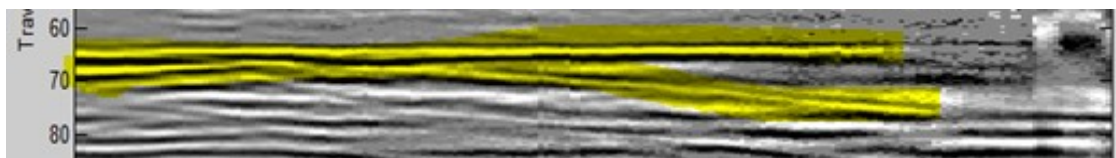
Όπως και στις προηγούμενες τομές ούτε και εδώ διακρίνεται ανάκλαση που προέρχεται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου (Σχήματα 18-20). Αυτό οφείλεται και πάλι στην ύπαρξη υγρασίας (εξασθένιση κύματος από τα 2.4m περίπου μέχρι το τέλος της γραμμής μελέτης) είτε στην επικάλυψη των προαναφερθέντων ανακλώμενων κυμάτων από αντίστοιχα ανακλώμενα κύματα προερχόμενα από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 2.



Σχήμα 18: Ανεπεξεργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 2ου Νεωρίου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 19: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 2ου Νεωρίου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 20: Ανακλώμενα κύματα από τον απέναντι τοίχο το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε το πάχος της λιθοδομής του τοίχου όπου υπήρξε καταγραφή κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτή τη τομή υπολογίστηκε στα 0,08 m/ns από την μελέτη περιθλώμενων κυμάτων. Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό όπως και στην προηγούμενη τομή, υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά και έπειτα το πάχος της λιθοδομής του τοίχου στα 0.4 m.

- ➔ $v=0,08\text{m/ns}$
- ➔ $v=c/\epsilon^{0.5}$ άρα $\epsilon=(c/v)^2 =13,4$
- ➔ @0,4 m: $10\text{ns}/2 \times 0.08 \text{ m/ns} = \mathbf{0.4m}$
- ➔ $v=0,06\text{m/ns}$
- ➔ $v=c/\epsilon^{0.5}$ άρα $\epsilon=(c/v)^2 =25$
- ➔ @2 m: $10\text{ns}/2 \times 0.06 \text{ m/ns} = \mathbf{0.3m}$

Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχεί στο πάνω τμήμα του τοίχου (στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ) και υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp υγρασία ίση με 24% κ.ο. Αντίστοιχα στο κάτω τμήμα του τοίχου (στα 2 m της τομής γεωραντάρ) η υγρασία είναι ίση με 31% κ.ο.



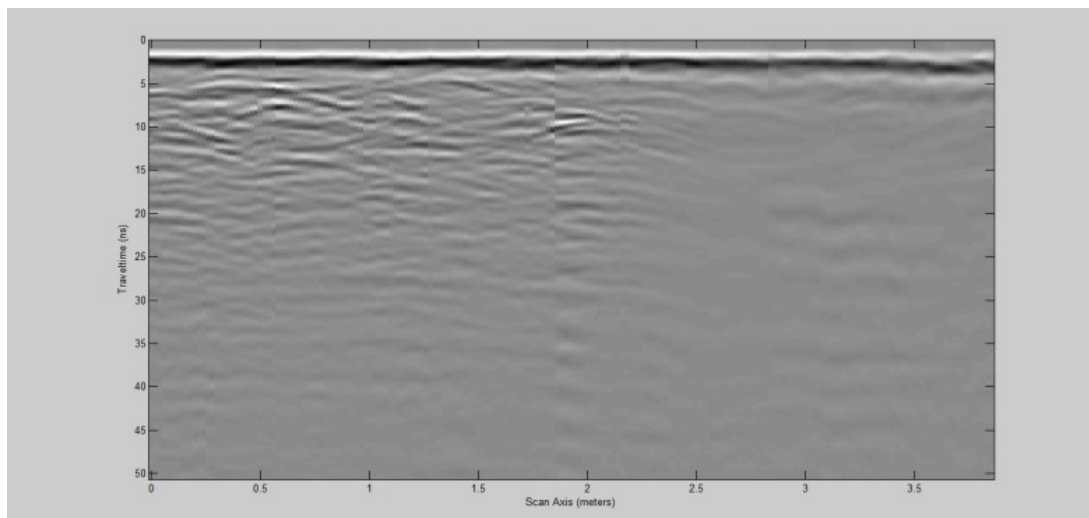
Εικόνα 14: Δυτικός τοίχος Νεωρίου N2 μέθοδος γεωραντάρ με κεραίες 400 MHz και 900 MHz.

Νεώριο 2 Δυτικός τοίχος 900 MHz

Στην ίδια θέση με την προηγούμενη, η γραμμή μελέτης σαρώθηκε πάλι, αλλά αυτή τη φορά με κεραίες συχνότητας 900 MHz. Αυτό έγινε για να συλλεχθούν δεδομένα με μεγαλύτερη ανάλυση.

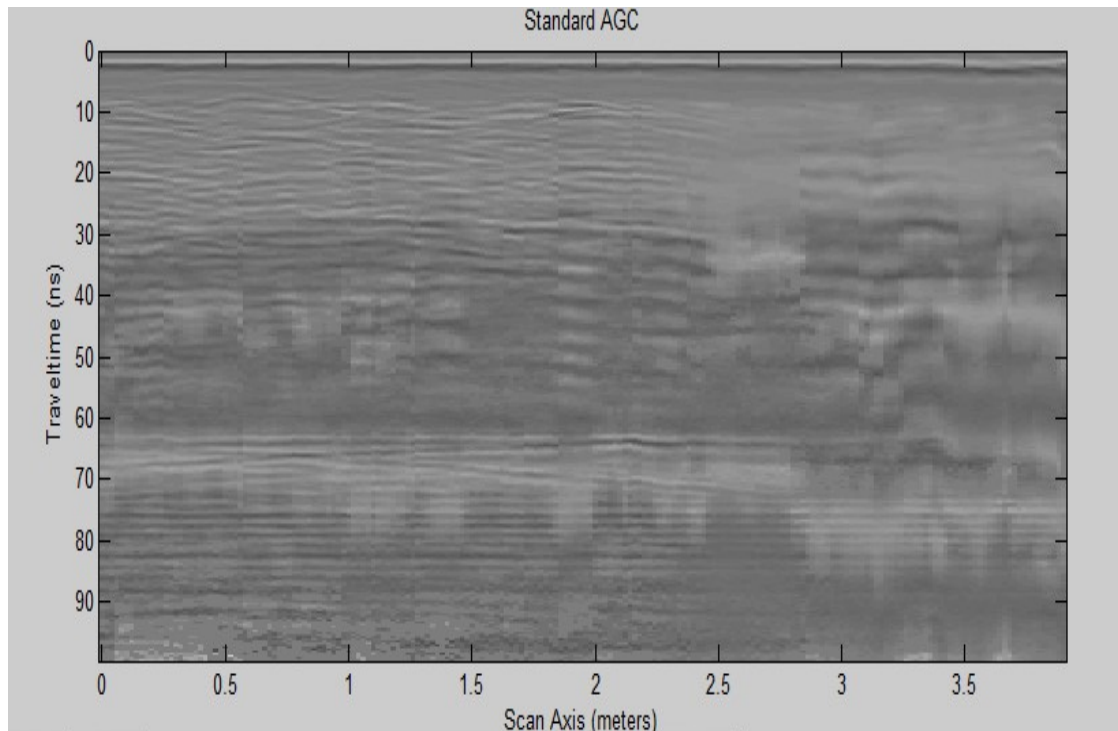
Ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο, αποτελεί η επιλογή της συχνότητας λειτουργίας του γεωραντάρ, η οποία πρέπει να προεπιλεχθεί των μετρήσεων. Όσο μεγαλύτερη συχνότητα εκπομπής, τόσο υψηλότερης ανάλυσης δεδομένα προκύπτουν, με το μειονέκτημα όμως του μικρού βάθους διείσδυσης. Αντίθετα, η σχετικά μικρότερη συχνότητα εκπομπής έχει το πλεονέκτημα του μεγαλύτερου βάθους διείσδυσης.

Και σε αυτή τη περίπτωση, ακόμη και με τη χρήση κεραιών υψηλότερης συχνότητας, παρατηρείται πάλι στο δεξί τμήμα της τομής γεωραντάρ εξασθένιση των κυμάτων λόγω της υγρασίας (Σχήματα 21 - 23).



Σχήμα 21: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 900 MHz στον δυτικό τοίχο του 2ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.

Από τις τομές γεωραντάρ προσδιορίστηκε το πάχος της λιθοδομής του τοίχου όπου υπήρξε καταγραφή κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων σε αυτή τη τομή υπολογίστηκε στα 0,1 m/ns από την μελέτη περιθλώμενων κυμάτων. Με το ίδιο ακριβώς σκεπτικό όπως και στην προηγούμενη τομή, υπολογίστηκε η διηλεκτρική σταθερά και έπειτα το πάχος της λιθοδομής του τοίχου στα 0.4 m.



Σχήμα 22: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 900 MHz στον δυτικό τοίχο του 2ου Νεωρίου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 23: Ανακλώμενα κύματα από τον απέναντι τοίχο το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου

➔ $v = 0,1 \text{ m/ns}$

➔ $v = c/\epsilon^{0.5}$ άρα $\epsilon = (c/v)^2 = 9$

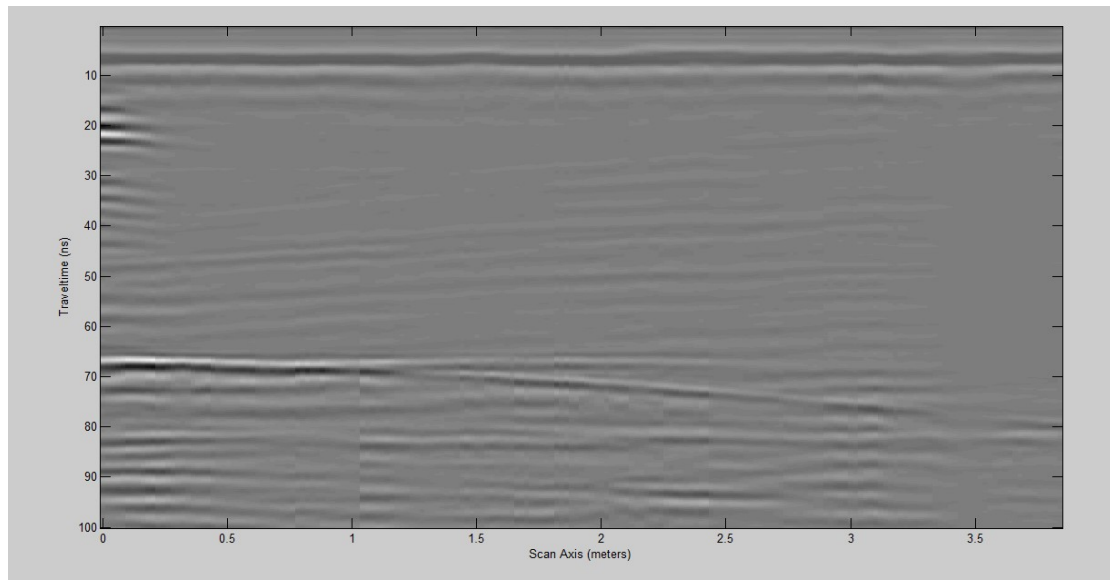
➔ @ 0-1m: $5 \text{ ns}/2 \times 0,1 \text{ m/ns} = \mathbf{0.25 \text{ m}}$

➔ @ 2.2m: $6,5 \text{ ns}/2 \times 0,1 \text{ m/ns} = \mathbf{0.32 \text{ m}}$

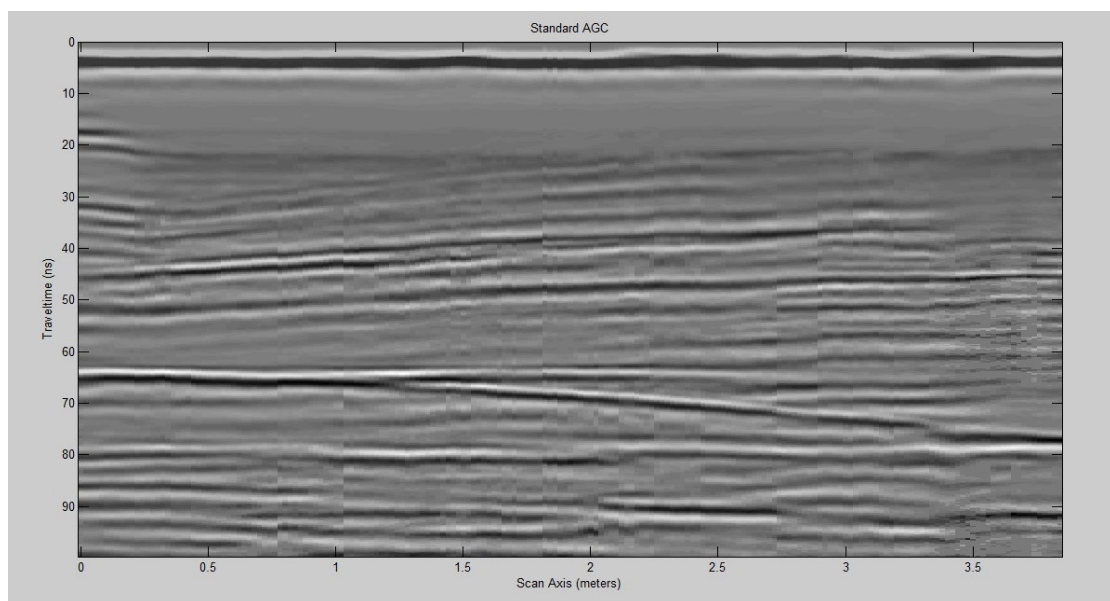
Η τιμή της διηλεκτρικής σταθεράς αντιστοιχεί στο πάνω τμήμα του τοίχου (στα 0.4 m της τομής γεωραντάρ) και υποδεικνύει σύμφωνα με την σχέση Torpp ζώνη υγρασίας ισης με 17% κ.ο.

Νεώριο 7 Δυτικός τοίχος

Με βάση τις τομές γεωραντάρ που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (Σχήμα 24) προσδιορίστηκαν δύο ζώνες υψηλότερης σχετικά εξασθένησης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η πρώτη από τα 0.5 m μέχρι περίπου τα 2 m από την αρχή της γραμμής μελέτης και η δεύτερη από 3.5 m μέχρι το τέλος. Η υψηλότερη εξασθένηση αποδίδεται σε αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία ή/και σε αυξημένη αργιλότητα.



Σχήμα 24: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 7ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



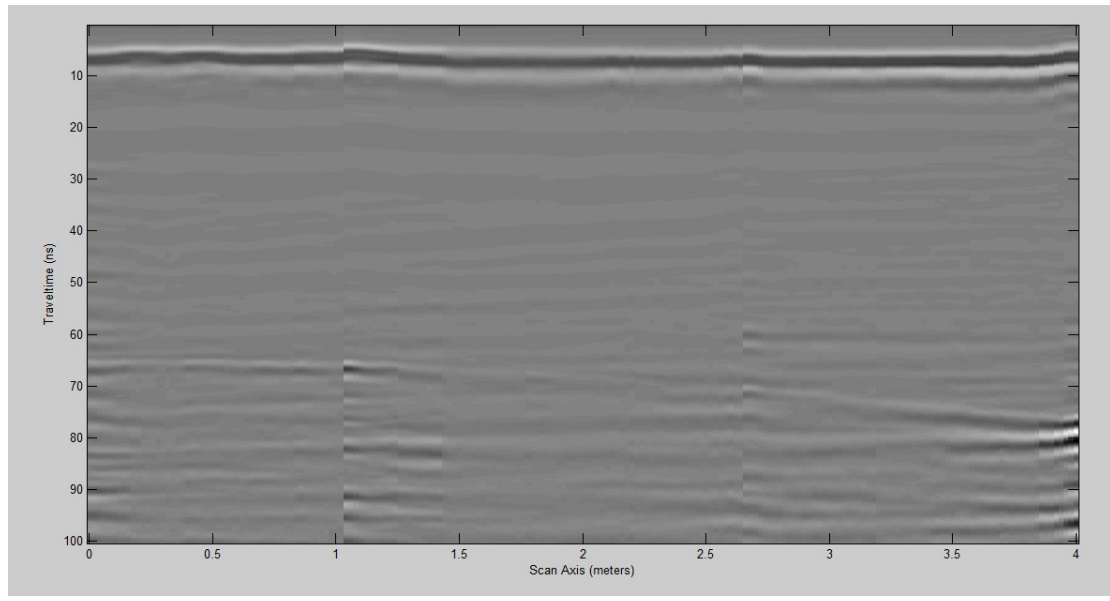
Σχήμα 25: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον δυτικό τοίχο του 7ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω

Στο Σχήμα 24 παρουσιάζεται η ίδια τομή γεωραντάρ με το Σχήμα 25 αλλά με τη διαφορά ότι αυτή έχει εφαρμοστεί αυτόματη ενίσχυση. Στην τομή αυτή ο χρόνος καταγραφής των κυμάτων είναι μεγαλύτερος και φτάνει μέχρι τα 100 ns. Παρατηρούνται ανακλώμενα κύματα που προέρχονται από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 7.

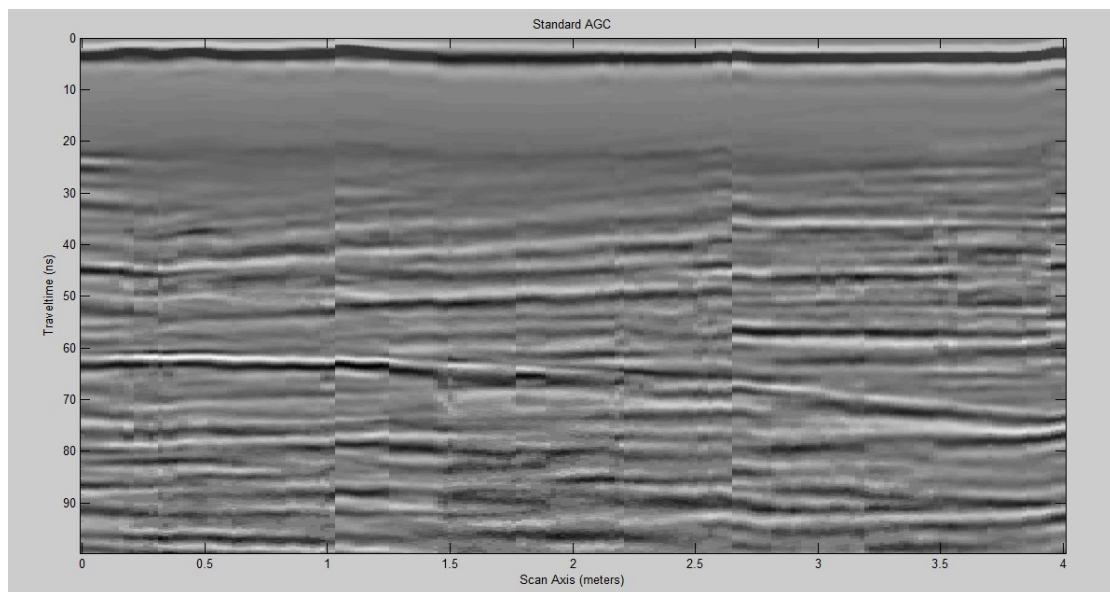
Τα κύματα αυτά εμφανίζονται σε όλες τις κατακόρυφες τομές (N1,N2,N7) σε χρόνο καταγραφής από 60ns μέχρι 70ns. Αναμένεται στις τομές γεωραντάρ η καταγραφή ανακλώμενων κυμάτων που προέρχονται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν διακρίνονται σε αυτή την τομή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε, δηλαδή στην ύπαρξη υγρασίας κυρίως στα κατώτερα τμήματα της δομής και έτσι τα κύματα να παρουσιάζουν υψηλή εξασθένιση, και ο δεύτερος, στο ότι αυτά τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται σε παρόμοιους χρόνους με τα κύματα από τον απέναντι τοίχο τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλάτη. Πιο πιθανόν όμως να συμβαίνει λόγω της ύπαρξης υγρασίας καθώς η εφαρμογή της μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας υποδεικνύει έντονη παρουσία υγρασία στο κάτω τμήμα της δομής.

Νεώριο 6 Ανατολικός τοίχος

Με βάση τις τομές γεωραντάρ που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων (Σχήμα 26) παρατηρείται υψηλή σχετικά εξασθένιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, η οποία αποδίδεται σε αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία ή/και σε αυξημένη αργιλότητα.



Σχήμα 26: Ανεπεξέργαστη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 6ου Νεώριου από πάνω προς τα κάτω.



Σχήμα 27: Επεξεργασμένη τομή γεωραντάρ με τις κεραίες των 400 MHz στον ανατολικό τοίχο του 6^{ου} Νεώριου από πάνω προς τα κάτω

Στο Σχήμα 27 παρουσιάζεται η ίδια τομή γεωραντάρ με το Σχήμα 26 αλλά με τη διαφορά ότι αυτή έχει εφαρμοστεί αυτόματη ενίσχυση. Στην τομή αυτή, ο χρόνος καταγραφής των κυμάτων είναι μεγαλύτερος και φτάνει μέχρι τα 100 ns. Παρατηρούνται ανακλώμενα κύματα που προέρχονται από τον απέναντι τοίχο, το δάπεδο και την οροφή του Νεωρίου 6.

Τα κύματα αυτά εμφανίζονται σε όλες τις κατακόρυφες τομές (N1,N2,N7) σε χρόνο καταγραφής από 60ns μέχρι 70ns. Αναμένεται στις τομές γεωραντάρ η καταγραφή ανακλώμενων κυμάτων που προέρχονται από την άλλη ελεύθερη επιφάνεια του τοίχου αλλά δεν διακρίνονται σε αυτή την τομή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Ο ένας είναι αυτός που προαναφέρθηκε, δηλαδή στην ύπαρξη υγρασίας κυρίως στα κατώτερα τμήματα της δομής και έτσι τα κύματα να παρουσιάζουν υψηλή εξασθένιση, και ο δεύτερος, στο ότι αυτά τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται σε παρόμοιους χρόνους με τα κύματα από τον απέναντι τοίχο τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλάτη. Πιο πιθανόν όμως να συμβαίνει λόγω της ύπαρξης υγρασίας καθώς η εφαρμογή της μεθόδου ηλεκτρικής τομογραφίας υποδεικνύει έντονη παρουσία υγρασία στο κάτω τμήμα της δομής.

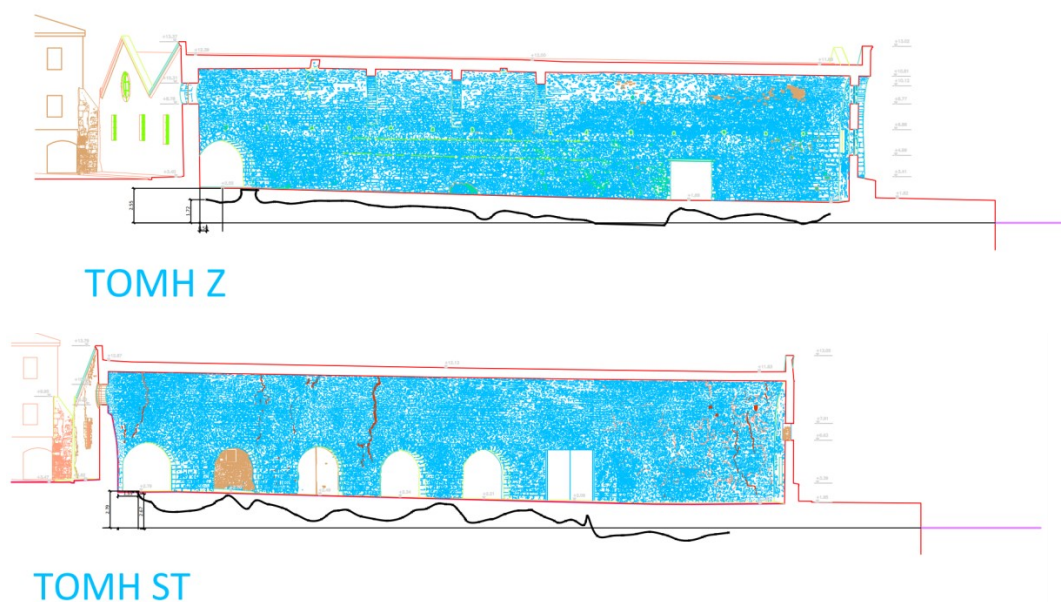


Εικόνα 15: Εσωτερικό Νεωρίου N6, Ανατολικός τοίχος, μέθοδος γεωραντάρ με κεραία 400 MHz

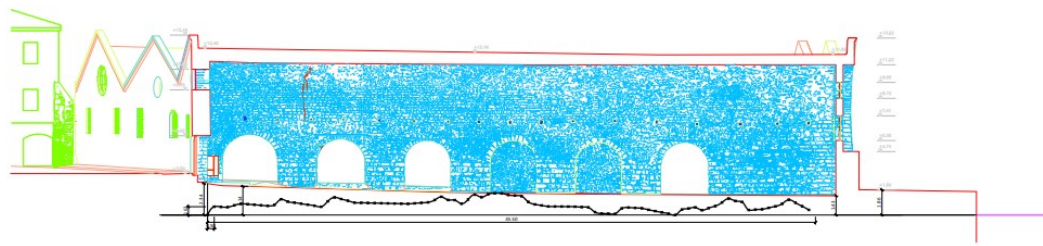
4. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Στις τομές τοίχων στα Νεώρια 1-3 προστέθηκε η απεικόνιση του κάτω όριου της θεμελίωσης που προέκυψε από την 3D γεωηλεκτρική διασκόπηση.

Ειδικότερα στις τομές Z και ΣΤ του δυτικού τοίχου των Νεωρίων 2 και 1 αντίστοιχα (Εικόνα 16), το απόλυτο υψόμετρο του κάτω όριου της θεμελίωσης μειώνεται προς βορρά. Το κάτω όριο της θεμελίωσης προέκυψε από τις γεωηλεκτρικές τομές όπου η θεμελίωση αντιστοιχεί σε ζώνη χαμηλότερων τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ($< 70 \Omega\text{m}$) πιθανόν λόγω αυξημένης υγρασίας. Στην τομή Η του δυτικού τοίχου του Νεωρίου 3 (Εικόνα 17), το απόλυτο υψόμετρο του κάτω όριου της θεμελίωσης κυμαίνεται από 0 -1.5 m. Η θεμελίωση στην γεωηλεκτρική τομή αντιστοιχεί σε ζώνη υψηλότερων τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ($> 70 \Omega\text{m}$).



Εικόνα 16: Τομές δυτικών τοίχων στα Νεώρια 1 (κάτω) και 2 (πάνω) στις οποίες προστέθηκε η απεικόνιση του κάτω όριου της θεμελίωσης που προέκυψε από την 3D γεωηλεκτρική διασκόπηση από νότο προς βορρά.



ΤΟΜΗ Η

Εικόνα 17: Τομή δυτικού τοίχου στο Νεώριο 3 στην οποία προστέθηκε η απεικόνιση του κάτω όριου της θεμελίωσης που προέκυψε από την 3D γεωηλεκτρική διασκόπηση από νότο προς βορρά.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κουκουβού Α.Γ. (2010): *Λατομεία παωρόλιθου στην περιοχή της αρχαίας Βέροιας: μελέτη για τη λατομία οικοδομικού λίθου στην αρχαιότητα*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Ιστορίας και Αρχαιολογία, Φιλοσοφική Σχολή, ΑΠΘ, 337 σελ.+ Σχέδια, Πίνακες Παράρτημα
- Reineck H.E. & Singh B. (1975): *Depositional Sedimentary Environments with Reference to Terrigenous Clastics*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York