



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΓΕΩΡΑΝΤΑΡ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΕΝΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΥΖΑΝΤΙΝΑ
ΤΕΙΧΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ”

ΗΛΙΑΣ Θ.ΜΑΡΡΑΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
ΒΑΦΕΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΠΑΡΤΣΙΝΕΒΕΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΛΕΚΤΟΡΑΣ
ΣΠΑΝΟΥΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΡ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

**ΧΑΝΙΑ,
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008**

Πρόλογος

Για την ομαλή διεξαγωγή και ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ Αντώνη Βαφείδη, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα, όσο και για το ενδιαφέρον και την υπομονή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εν λόγω διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Νικόλαο Σπανουδάκη για τη καθοδήγηση και τη χρήσιμη συμβολή του για τη επιτυχή διεκπεραίωση της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κ. Νικόλαο Οικονόμου για την βοήθεια που μου προσέφερε όσον αφορά την κατανόηση λειτουργίας του Arc view. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου γεωφυσικής και για την άμεση και πολύτιμη βοήθεια τους, όποτε αυτή χρειάστηκε. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την 28^η εφορεία Βυζαντινών αρχαιοτήτων των Χανίων καθώς και την Δρ. αρχαιολόγο Χρύσα Μπούρμπου για το φωτογραφικό και αρχειακό υλικό που διέθεσαν. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κ. Παρτσινέβελο Παναγιώτη για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδερφή μου για την συνεχή ηθική και υλική υποστήριξη και βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Σκοπός Εργασίας	6
1.2 Ιστορικά στοιχεία	8
1.3 Περίγραμμα Διπλωματικής Εργασίας.....	11
2.ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	13
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Ηλεκτρική τομογραφία.	13
2.3 Γεωραντάρ	15
2.3.1 Ιστορία γεωραντάρ.....	15
2.3.2 Αρχή Λειτουργίας Γεωραντάρ.....	19
2.4 Ηλεκτρική Χαρτογράφηση	20
2.5 Ηλεκτρομαγνητική Χαρτογράφηση.....	20
3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	23
3.1 Εισαγωγή.....	23
3.2 Έννοιες, Ορισμοί- Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.....	24
3.2.1 Λογισμικό Γ.Σ.Π. Arc view.	26
3.3 Διαχρονική εξέλιξη	28
3.4 Τμήματα και βασικές Διαδικασίες ενός Γ.Σ.Π.	29
3.5 Γ.Σ.Π. στον Ελληνικό χώρο και στη Κρήτη	32
3.6 Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών για την διαχείριση γεωφυσικών δεδομένων.	33
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	36
4.1 Εισαγωγή.....	36
4.2 Διαθέσιμα Δεδομένα	36
4.3 Εγγραφή Δεδομένων	38
4.4 Βυζαντινό τείχος-περιοχή Σήφακα.	38
4.5 Ενετικό τείχος.	54
4.6 Περιοχή οδός Κανεβάρο	63
4.7 Περιοχή- Λόφος Καστέλι	67
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την απεικόνιση και την αξιολόγηση γεωφυσικών δεδομένων με τη χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) και συγκεκριμένα με τη χρήση του λογισμικού ArcView. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα γεωραντάρ και ηλεκτρικής τομογραφίας. Η διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μελέτης για τον εντοπισμό θαμμένων τοιχοδομών του Ενετικού και Βυζαντινού τείχους, της πόλης των Χανίων.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η συλλογή δεδομένων με τη μέθοδο του γεωραντάρ (GPR), σαρώνοντας περιοχές για τον εντοπισμό ή την επιβεβαίωση κάποιου θαμμένου τείχους, σε συνεννόηση με την 28^η εφορεία Βυζαντινών αρχαιοτήτων. Συγκεκριμένα οι περιοχές μελέτης περιλαμβάνουν ένα οικόπεδο στην οδό Σήφακα, την κεντρική πλατεία της αγοράς των Χανίων, το χώρο του προαυλίου του αθλητικού γυμνασίου Χανίων, ένα οικόπεδο στην οδό Κανεβάρο και τέλος τον λόφο Καστέλι στη παλιά πόλη των Χανίων. Το επόμενο στάδιο ήταν η εισαγωγή των τοπογραφικών και γεωφυσικών δεδομένων στο Γ.Σ.Π.

Τέλος, έγινε η ερμηνεία των γεωφυσικών δεδομένων από όπου προέκυψαν συμπεράσματα για τη θέση θαμμένων τμημάτων του Ενετικού τείχους των Χανίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χάρτες είναι μια ανακάλυψη από αρχαιοτάτων χρόνων και επιδέχονταν σε όλη την ιστορία του ανθρώπου βελτιώσεις και διορθώσεις στη προσπάθειά του να απεικονίσει όσο το δυνατόν ακριβέστερα τον πραγματικό κόσμο σε δύο διαστάσεις. Η τεχνολογία σήμερα έφερε τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) ή GIS (Geographic Information System) για την απεικόνιση του πραγματικού κόσμου τόσο σε δύο όσο και τρεις διαστάσεις. Φυσικά τα Γ.Σ.Π. χρησιμοποιήθηκαν εκτός από τη χαρτογράφηση, τόσο στην ανάλυση χωρικών δεδομένων όσο και στη λήψη αποφάσεων. Αναγνωρισμένο αρχικά σαν ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στην ενοποίηση και ανάλυση χωρικών δεδομένων, το GIS εμφανίστηκε στο προσκήνιο σαν μια ισχυρή τεχνολογία που υπάρχει για να συντονίσει την δουλειά μιας εταιρίας ή ενός οργανισμού γύρω από μια κοινή βάση δεδομένων.

Το Γ.Σ.Π. αποτελείται από δυο μέρη, το γραφικό μέρος και την βάση δεδομένων. Στο γραφικό μέρος σχεδιάζονται οι γραμμές, τα πολύγωνα ή τα σημεία που αντιπροσωπεύουν περιοχές του πραγματικού κόσμου. Στη βάση δεδομένων υπάρχουν πληροφορίες, οι οποίες εισάγονται από τον χρήστη, για τα γραφήματα που έχουν σχεδιαστεί [1], [9].

1.1 Σκοπός Εργασίας

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας γεωφυσικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο του γεωραντάρ και τη μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας απεικονίζονται με τη χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τα θαμμένα τμήματα του Ενετικού και Βυζαντινού τείχους, τα οποία βρίσκονται σε όλη την έκταση της Παλιάς πόλης των Χανίων. Στόχος είναι να αναδειχτεί η συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στη σύγκριση δεδομένων διαφορετικών γεωφυσικών μεθόδων.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε γεωφυσική διασκόπηση για τον εντοπισμό του θαμμένου προτειχίσματος του Βυζαντινού τείχους στην οδό Σήφακα της παλιάς πόλης των Χανίων. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην κεντρική

πλατεία της αγοράς των Χανίων, καθώς και στο προαύλιο του αθλητικού γυμνασίου για τον εντοπισμό του θαμμένου τμήματος του Ενετικού τείχους και του αντιστοιχισμού. Στην φωτογραφία του σχήματος 1.1 φαίνεται η περιοχή μελέτης στην οδό Σήφακα, και το Βυζαντινό τείχος.



Σχήμα 1.1: Βυζαντινό τείχος στην οδό Σήφακα.

Στην φωτογραφία του σχήματος 1.2 φαίνεται η πλατεία αγοράς στην οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη μέθοδο του γεωραντάρ. Στη δυτική πλευρά (αριστερά) διακρίνεται ένα μέρος του Ενετικού τείχους που σώζεται, και αποτέλεσε οδηγό στο σχεδιασμό της γεωφυσικής έρευνας.



Σχήμα 1.2 : Πλατεία αγοράς (Στο κόκκινο κύκλο περικλείεται το ορατό τμήμα του Ενετικού τείχους).

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Τα Χανιά απελευθερώθηκαν το 961 μ.Χ. όταν οι βυζαντινοί με το Νικηφόρο Φωκά ανέκτησαν το νησί από τους Άραβες και ξαναέκτισαν την πόλη, οχυρώνοντας το λόφο Καστέλι με τείχη που τον περιβάλλουν. Από τα βυζαντινά τείχη σήμερα σώζεται το βόρειο τμήμα τους προς την πλευρά της θάλασσας και μικρό τμήμα στην οδό Σήφακα. Στο τμήμα της οδού Σήφακα φαίνονται εντοιχισμένες βάσεις από κίονες, που δείχνουν τη χρήση υλικών από παλιότερα κατεστραμμένα κτίρια. Το σχήμα του τείχους, όπως είναι σήμερα, παρά τις μεταγενέστερες επεμβάσεις ή καταστροφές, είναι ακανόνιστο, ωοειδές, ακολουθεί και συμπληρώνει το φυσικό ανάγλυφο του λόφου, με κατά μήκος άξονα Α-Δ.



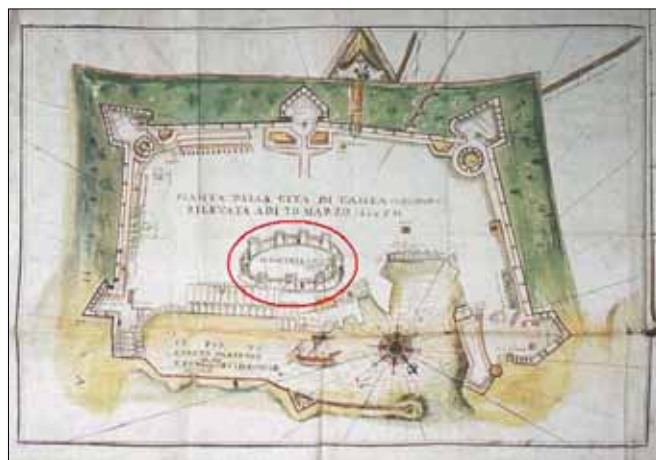
Σχήμα 1.3 : Βόρεια όψη Βυζαντινού τείχους στον λόφο Καστέλι.

Προς τα ανατολικά, κατά μήκος της σημερινής οδού Καραολή Δημητρίου και Σήφακα, σώζονται μεγάλα τμήματα του αρχικού τείχους και πύργοι τα οποία είναι ορατά. Η βόρεια πλευρά του τείχους σώζεται σχεδόν στην αρχική μορφή ως το μεγάλο νεώριο της πλατείας Κατεχάκη. Από τη δυτική πλευρά υπάρχει πέτρινη σκάλα, η οποία οδηγούσε στη βόρεια μικρή πύλη του Καστελίου και το συγκρότημα των Τούρκικων φυλακών, με ενσωματωμένο μέρος του τείχους στην αντηρίδα της βάσης του. Το τείχος, κατά ένα μεγάλο μέρος ανακατασκευασμένο, ακολουθεί την οδό Σουμερλή και καταλήγει στη δυτική πύλη στην πλατεία του Σιντριβανιού. Στο τμήμα αυτό υπάρχουν συνεχείς εσοχές-κοιλότητες, διαμορφωμένες μεταγενέστερα σε καταστήματα. Η πυρκαγιά του 1936 κατάστρεψε τα κτίσματα της πλατείας ενώ οι βομβαρδισμοί του 1941, οδήγησαν στη σημερινή άναρχη οικοδόμηση της περιοχής.

Το 1204 οι Ενετοί προσαρτούν την Κρήτη στα εδάφη τους. Το 1252 αποφασίζουν να ανοικοδομήσουν και να προστατεύσουν τα Χανιά με φρούριο στο λόφο Καστέλι και ισχυρά τείχη που περικλείουν σημαντικά μεγαλύτερο τμήμα της πόλης σε σχέση με τα βυζαντινά τείχη. Τα ενετικά τείχη ενισχύονται με 4 προμαχώνες, πύργους και τάφρο εξωτερικά, ώστε να μπορούν να αντέξουν τις επιθέσεις των πειρατών και άλλων εχθρών [2].



Σχήμα 1.4 : Η παλιά πόλη των Χανίων που περιβάλλεται από τα Ενετικά τείχη, με τη κίτρινη γραμμή. Με κόκκινη γραμμή απεικονίζονται Βυζαντινά τείχη.



Σχήμα 1.5 : Απεικόνιση του βυζαντινού τείχους στο κέντρο που περιβάλλεται από το ενετικό (Archivio di Stato, Venezia, 1688).

1.3 Περίγραμμα Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται εισαγωγικά στοιχεία για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) και αρχαιολογικά στοιχεία για το Βυζαντινό και Ενετικό τείχος της πόλης των Χανίων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι γεωφυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, αυτές του γεωραντάρ και της ηλεκτρικής τομογραφίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται έννοιες και ορισμοί του Γεωγραφικού συστήματος Πληροφοριών και παρουσιάζεται το λογισμικό ArcView που χρησιμοποιήθηκε.

Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα αντίστοιχα, για κάθε μια από τις περιοχές μελέτης.

Τέλος το έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για τη υποστήριξη της διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

2. ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Εισαγωγή

Η εφαρμοσμένη γεωφυσική έρευνα έχει μεγάλη πρακτική σημασία, διότι με τις γεωφυσικές μεθόδους μελετάται η δομή και οι γεωδυναμικές διαδικασίες στο φλοιό και πάνω στο μανδύα της γης που καθορίζουν τις θέσεις πολλών δομών οικονομικής σημασίας. Στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της γης εντοπίζονται δομές που σχετίζονται με κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου, μεταλλεύματα, πηγές γεωθερμικής ενέργειας, ορυκτοί άνθρακες κλπ. Επίσης, προσδιορίζονται οι μηχανικές ιδιότητες των επιφανειακών στρωμάτων της γης που έχουν σχέση με τη κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων όπως θεμελιώσεις γεφυρών, φραγμάτων κλπ.

Η γεωφυσική έρευνα βασίζεται, κατά κύριο λόγο στη συλλογή, επεξεργασία και ερμηνεία γεωφυσικών δεδομένων. Κατά τη διαδικασία αυτή πραγματοποιείται η μέτρηση διάφορων φυσικών ιδιοτήτων και η ερμηνεία αυτών, σε συνάρτηση με άλλες φυσικές ποσότητες που περιγράφουν θεωρητικά τις ιδιότητες της Γης και τις φυσικές διαδικασίες στο εσωτερικό της. Οι φυσικές ποσότητες που συνήθως μετρούνται είναι οι χρόνοι διαδρομής των σεισμικών κυμάτων, η ένταση του γεωμαγνητικού πεδίου, η ροή θερμότητας από το εσωτερικό της Γης, η ραδιενέργεια των πετρωμάτων της Γης, η ηλεκτρική αντίσταση των πετρωμάτων κλπ. [4].

2.2 Ηλεκτρική τομογραφία.

Η ηλεκτρική τομογραφία ανήκει στις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης και συμβάλει στη λεπτομερή απεικόνιση του υπεδάφους καθώς είναι μέθοδος με υψηλή διακριτική ικανότητα.

Με την ηλεκτρική τομογραφία επιδιώκεται ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους, δηλαδή της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σε δύο ή τρεις διαστάσεις. Επειδή δεν είναι εύκολος ο άμεσος υπολογισμός της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης από μετρήσεις στην επιφάνεια της γης, υπολογίζεται αρχικά η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ_a , η οποία χρησιμοποιείται για το καθορισμό της πραγματικής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος. Η ειδική

ηλεκτρική αντίσταση ρ αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα των πετρωμάτων και των ορυκτών. Η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση, το πορώδες (το είδος και η θερμοκρασία των περιεχόμενων ρευστών), και τη κατάσταση ρηγμάτωσης σχηματισμού.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διάταξης των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού στην επιφάνεια της γης για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων. Στη διάταξη διπόλου-διπόλου τα δυο ηλεκτρόδια ρεύματος αποτελούν το ένα δίπολο και απέχουν μεταξύ τους απόσταση a . Τα ηλεκτρόδια δυναμικού αποτελούν το άλλο δίπολο και απέχουν μεταξύ τους την ίδια απόσταση a , ενώ τα δυο δίπολα απέχουν na , όπου n ακέραιος. Στη διάταξη αυτή, η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από τη σχέση :

$$\rho_a = \pi a n(n+1)(n+2)(\Delta V/I)$$

όπου ΔV είναι η τάση και I η ένταση του ρεύματος.

Στη διάταξη Wenner η απόσταση των ηλεκτροδίων είναι a και η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από τη σχέση :

$$\rho_a = 2\pi a(\Delta V/I)$$

Στη διάταξη αυτή για τον υπολογισμό της φαινόμενης αντίστασης που αντιστοιχεί σε μεγαλύτερα βάθη, αυξάνεται σταδιακά η απόσταση a σε $2a$, $3a$ κ.ο.κ. [4].



Σχήμα 2.1 : Γραμμή μελέτης Ηλεκτρικής τομογραφίας

2.3 Γεωραντάρ

Οι εφαρμογές του γεωραντάρ καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα διαφόρων επιστημών. Παράλληλα με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και των ηλεκτρονικών συστημάτων, το γεωραντάρ καθίσταται ένα από τα πιο εύχρηστα όργανα καθώς είναι εύκολα μετακινήσιμο και η συλλογή δεδομένων είναι σχετικά γρήγορη [5], [12].

2.3.1 Ιστορία γεωραντάρ

Από τα μέσα της δεκαετίας του '80 το γεωραντάρ (Ground Penetrating Radar GPR) έγινε ιδιαίτερα δημοφιλές στις κοινότητες των γεωφυσικών, των γεωλόγων και των αρχαιολόγων. Σε γεωλογικές εφαρμογές χρησιμοποιείται από το 1960.

Το 1910 στη Γερμανία ήταν πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για τον προσδιορισμό της θέσης θαμμένων αντικειμένων. Η πρώτη φορά που εκδόθηκε μια τέτοια έρευνα ήταν το 1914. Στις έρευνες τότε χρησιμοποιούσαν συνεχή κύματα. Παροδικά κύματα εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά το 1926 από τον Hulsenbeck με σκοπό να εντοπίσει θαμμένα αντικείμενα.

Τις δεκαετίες 1960-1970 έγιναν εκτεταμένες μελέτες σε παγετώνες από πολλούς επιστήμονες, ενώ αργότερα το ενδιαφέρον στράφηκε στη μελέτη κατασκευών όπως σήραγγες, δρόμοι κτλ. Οι γεωλογικές εφαρμογές άρχισαν τις δύο τελευταίες δεκαετίες με σκοπό τον καθορισμό της στρωματογραφίας, την έρευνα κοιτασμάτων και τη χαρτογράφηση σπηλαίων. Το γεωραντάρ χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα σε αρχαιολογικές ανασκαφές για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης των θαμμένων ερειπίων.

Άλλες χρήσεις του γεωραντάρ που έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία, περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό του πάχους στρωμάτων πάγου, την ανίχνευση ρωγμών σε κοιτάσματα αλατιού και τη μελέτη κρυσταλλικών πετρωμάτων. Επίσης χρησιμοποιήθηκε από την αστυνομία για τον εντοπισμό θαμμένων πτωμάτων και αργότερα για τον εντοπισμό πτωμάτων κρυμμένων μέσα σε τσιμεντένιες κατασκευές.

Περαιτέρω εξελίχθηκε από τον Αμερικανικό στρατό κατά τη διάρκεια του πολέμου στο Βιετνάμ, με σκοπό τον εντοπισμό του λαβύρινθου από σήραγγες που χρησιμοποιούσαν οι Βιετκόγκ. Μετά το τέλος του πολέμου αναπτύχθηκαν μέθοδοι για αστικούς σκοπούς από την GSSI (Geophysical Survey Systems Inc), η οποία είναι ακόμα η μεγαλύτερη κατασκευάστρια συστημάτων γεωραντάρ. Τη δεκαετία του 1970 άρχισαν να εμφανίζονται και νέες εταιρίες συστημάτων γεωραντάρ όπως η Sensors and Software Ltd. Άλλες εταιρίες ασχολούνται με την εξέλιξη νέων συστημάτων (ERA Technologies Ltd) και κεραιών [5], [11].

Η ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών συστημάτων και η αυτοματοποίηση καθιστούν το γεωραντάρ ένα πολύ εύχρηστο όργανο: είναι φορητό και η συλλογή των δεδομένων ανάλογα με τον σκοπό σχετικά γρήγορη και πολλές φορές μπορεί να γίνει επιτόπου η επεξεργασία τους. Επίσης το εύρος χρήσης του είναι πολύ μεγάλο.



Σχήμα 2.1 : Εικονιζόμενες εφαρμογές με γεωραντάρ

Οι εφαρμογές του γεωραντάρ μπορούν να διακριθούν ουσιαστικά σε δύο κατηγορίες βάσει της κεντρικής συχνότητας εκπομπής. Για γεωλογικούς σκοπούς, όπου το βάθος διασκόπησης είναι σημαντικότερο από την διακριτική ικανότητα, χρησιμοποιούνται κεραίες των 50 - 100 MHz το λιγότερο. Για εφαρμογές στις επιστήμες των μηχανικών και στις μη καταστροφικές δοκιμές (Non Destructive Testing, NDT) όπου η διακριτική ικανότητα είναι το ζητούμενο, οι κεραίες που χρησιμοποιούνται είναι της τάξης των 500-2000MHz, ενώ στην αρχαιολογία χρησιμοποιούνται κεραίες 100-500 MHz.



Σχήμα 2.2 : Εικονίζεται το γεωραντάρ

Οι σημαντικότερες εφαρμογές του γεωραντάρ είναι οι εξής (Reynolds 1998, Mellet 1995, Al-Dajani 1990, Toshioka 1995, Tsoflias 1999, Al-Nuaimo 2000, Hugenschmidt 1998) [5], [12] :

Γεωλογικές:

- Ανίχνευση εγκοίλων και ασυνεχειών
- χαρτογράφηση βυθισμάτων
- χαρτογράφηση επιφανειακών κοιτασμάτων
- έρευνα κοιτασμάτων και αξιολόγηση ορυκτών πόρων
- πάχος στρωμάτων τύρφης και αξιολόγηση του

- θέση σφηνών πάγου
- χαρτογράφηση ρωγμών σε ορυκτό αλάτι
- χαρτογράφηση προσχώσεων, επιπέδων ασυνεχειών κλπ.
- χαρτογράφηση γεωλογικών δομών
- χαρτογράφηση λιμναίων και ποτάμιων ιζημάτων

Περιβαλλοντικές:

- χαρτογράφηση ρυπασμένων περιοχών
- χαρτογράφηση ρύπων στο υπεδάφειο νερό
- έρευνες σε χωματερές
- εντοπισμός θαμμένων βυτίων και βαρελιών
- εντοπισμός διαρροής αερίων
- έρευνες για νερό

Επιστήμη μελέτης Παγετώνων:

- χαρτογράφηση του πάχους των πάγων
- προσδιορισμός εσωτερικής δομής των παγετώνων
- μελέτη κίνησης των πάγων
- ανίχνευση ρωγμών στη βάση των παγετώνων
- χαρτογράφηση καναλιών ροής νερού στους παγετώνες
- μελέτη της ισορροπίας της μάζας κάτω από τον παγετώνα
- χαρτογράφηση της στρωματογραφίας του χιονιού

Κατασκευές:

- ανάλυση στρωματογραφίας σε δρόμους
- ανίχνευση αστοχιών\ κενών
- προσδιορισμός οπλισμού στο τσιμέντο
- προσδιορισμός σωλήνων καλωδίων
- μελέτη ακεραιότητας κατασκευαστικών υλικών
- δοκιμές στο τσιμέντο (concrete testing)

Αρχαιολογία:

- εντοπισμός θαμμένων κατασκευών
- εντοπισμός αρχαίων τάφων
- χαρτογράφηση πριν την εκσκαφή

- εντοπισμός, χαρτογράφηση αρχαίων δρόμων

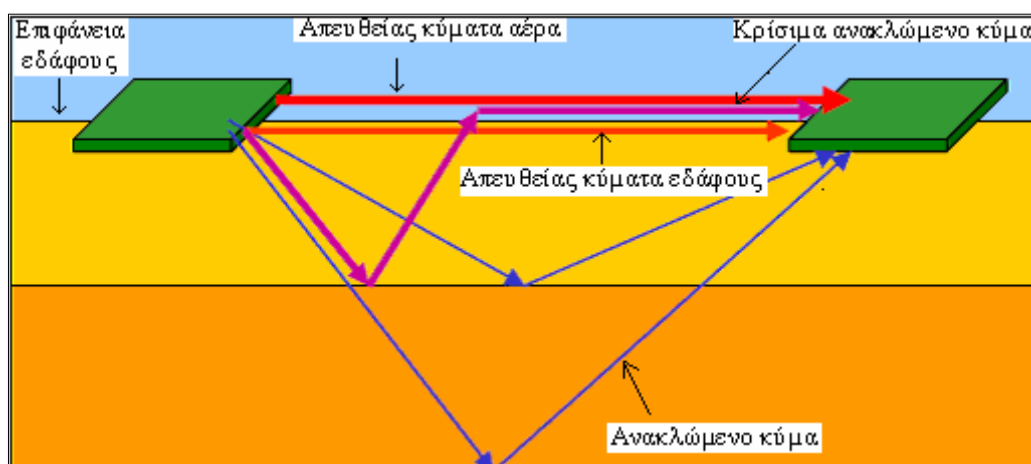
Δικανικές Επιστήμες :

- εντοπισμός θαμμένων στόχων (πτώματα, μπάρες χρυσού κλπ.) [5] ,[12]

2.3.2 Αρχή Λειτουργίας Γεωραντάρ

Ο τρόπος που λειτουργεί το υπεδάφειο γεωραντάρ είναι απλός. Ο πομπός παράγει ηλεκτρομαγνητικό παλμό ο οποίος διαρκεί μερικά νανοδευτερόλεπτα (10^{-9} sec). Ο παλμός αυτός “ταξιδεύει” στο υπό έρευνα υλικό ωσότου συναντήσει επιφάνεια ή υλικό με διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες (σχήμα 2.3). Τότε ένα μέρος της ενέργειας του παλμού θα διαδοθεί στο δεύτερο υλικό (διάθλαση), και ένα μέρος θα ανακλαστεί και θα επιστρέψει στον δέκτη. Έτσι η μονάδα ελέγχου καταγράφει το χρόνο διαδρομής του παλμού και το πλάτος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η διάδοση του κύματος εξαρτάται από τις ηλεκτρικές ιδιότητες του υπό μελέτη υλικού καθώς και από τη συχνότητα εκπομπής της κεραίας του πομπού.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι διάταξης πομπού - δέκτη ανάλογα με το σκοπό της έρευνας. Κύρια διάταξη για τη συλλογή δεδομένων γεωραντάρ είναι αυτή της σταθερής απόστασης πομπού δέκτη (common offset) ή ανάκλασης, όπου πομπός και δέκτης κινούνται κατά μήκος γραμμής μελέτης στην επιφάνεια του εδάφους, διατηρώντας την μεταξύ τους απόσταση σταθερή. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σταθμών παρατήρησης ονομάζεται ισο-απόσταση ή βήμα διασκόπησης [5], [11].



Σχήμα 2.3 : Κατηγορίες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Η επεξεργασία δεδομένων του γεωραντάρ είναι εμπνευσμένη από την έρευνα με σεισμικές μεθόδους (μέθοδος ανάκλασης). Στο λογισμικό GPR-PRO οι αλγόριθμοι έχουν ταξινομηθεί ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους σε διάφορες κατηγορίες. Όπως μονοδιάστατα φίλτρα, Δυσδιάστατα φίλτρα, Στιγμιαία μιγαδικά χαρακτηριστικά, Γεωμετρικά μιγαδικά χαρακτηριστικά [5], [11].

2.4 Ηλεκτρική Χαρτογράφηση

Στην ηλεκτρική χαρτογράφηση μελετάται η πλευρική μεταβολή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του υπεδάφους με τη δημιουργία χαρτών της φαινόμενης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Αν η ηλεκτρική χαρτογράφηση πραγματοποιείται με τη διάταξη Wenner η σχετική απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων παραμένει σταθερή και τα τέσσερα ηλεκτρόδια κινούνται κατά μήκος των γραμμών μελέτης. Οι γραμμές μελέτης συνήθως ισαπέχουν. Η διάταξη Wenner χρησιμοποιείται συχνά και έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Με τη χρήση ενός πέμπτου ηλεκτροδίου και ενός διακόπτη το τελευταίο ηλεκτρόδιο μπορεί να απενεργοποιηθεί και να τοποθετηθεί στην αρχή της διάταξης. Η διάταξη Wenner έχει πρόβλημα στην ερμηνεία εξαιτίας του χαρακτηριστικού σήματος διπλής κορυφής όταν η διάταξη διασχίζει γραμμικές δομές. Η διάταξη διπόλου – διπόλου δεν εμφανίζει το πρόβλημα διπλής κορυφής και έχει παρόμοια ευαισθησία [4].

Εύκολους στόχους, για τη μέθοδο της ηλεκτρικής χαρτογράφησης μπορούν να αποτελέσουν, τόσο τοίχοι μέσα στο έδαφος όσο και χαντάκια πληρωμένα με εδαφικό υλικό που διασχίζουν συμπαγές πέτρωμα. Γραμμικές γενικά δομές και θεμέλια μπορεί να επιδείξουν ανιχνεύσιμες διαφορές της ειδικής αντίστασης εξαιτίας των σημαντικών διαφοροποιήσεων στην ικανότητα συγκέντρωσης νερού σε σχέση με το περιβάλλον τους [1],[9].

2.5 Ηλεκτρομαγνητική Χαρτογράφηση

Κατά την εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητικών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης παράγεται (τεχνητά ή φυσικά) στην επιφάνεια της γης πρωτεύον

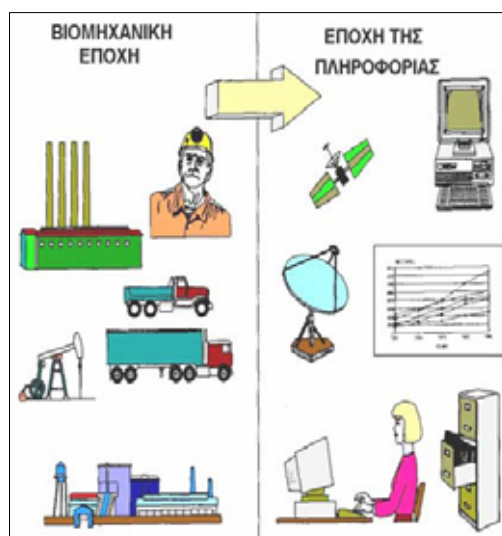
ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το πεδίο αυτό όχι μόνο διαδίδεται απ' ευθείας και σχεδόν αμετάβλητο σε δέκτη στην επιφάνεια της γης, αλλά παράλληλα διαδίδεται και μέσα στη γη. Αν οι δυναμικές γραμμές του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου συναντήσουν ηλεκτρικά αγώγιμο σώμα, επάγουν σε αυτό ηλεκτρικό ρεύμα. Η επαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στο υπέδαφος έχει σαν συνέπεια τη γέννηση δευτερογενούς ηλεκτρομαγνητικού κύματος το οποίο φτάνει στο δέκτη και συμβάλλει με το πρωτεύον κύμα. Η ηλεκτρομαγνητική μέθοδος συνεχούς κυματομορφής (CW) χρησιμοποιείται στην αρχαιολογία εδώ και πολλά χρόνια. Μ' αυτή τη μέθοδο ασχολήθηκαν αρχαιοκάπηλοι, κυνηγοί θησαυρών και ερασιτέχνες γιατί είναι η πιο κατάλληλη για την ανίχνευση μετάλλων σε μικρό βάθος. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται το ότι μετράει τόσο τη πραγματική συνιστώσα όσο και τη φανταστική του δευτερογενούς πεδίου, κάτι που επιτρέπει τόσο την εκτίμηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας, όσο και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υπεδάφους [1], [9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες η εξέλιξη της τεχνολογίας ήταν ραγδαία. Βρισκόμαστε στη μεταβιομηχανική εποχή της πληροφορίας η οποία μεταβάλλεται σε κύριο προϊόν.

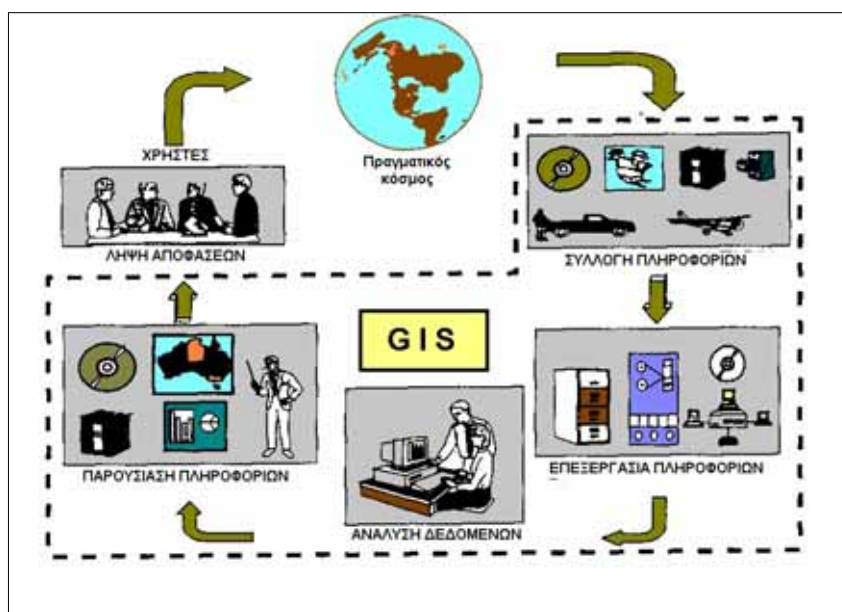


Σχήμα 3.1: Αναπαράσταση της μετάβασης από την βιομηχανική εποχή στην εποχή της πληροφορίας.

Οι καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου, από τις πιο απλές μέχρι τις πλέον σύνθετες, είναι τις περισσότερες φορές συνυφασμένες με την έννοια του χώρου. Σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε κυβερνητικό ή επιστημονικό επίπεδο επηρεάζονται, περιορίζονται ή ακόμη και υπαγορεύονται από κάποιο γεωγραφικό χαρακτηριστικό. Γενικά οι αποφάσεις λαμβάνονται μετά από εκτίμηση διαφόρων δεδομένων που χαρακτηρίζονται ως πληροφορίες και είναι συνδεδεμένες με το χώρο. Ως πληροφορία ορίζεται οποιοδήποτε είδος γνώσης ή μηνύματος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ολοκληρώσει ή να βελτιώσει τη διαδικασία λήψης μίας απόφασης. Ως Γεωγραφική πληροφορία ορίζεται κάθε γνώση ή μήνυμα που σχετίζεται με τη κατανομή ενός φαινομένου ή μιας διαδικασίας στο χώρο [6].

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη" το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν ερωτήσεις (αναζητήσεις

δημιουργημένες από το χρήστη), να αναλύσουν χωρικά δεδομένα και να τα προσαρμόσουν. Βασικό χαρακτηριστικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι ότι λειτουργούν με γεωγραφικές συντεταγμένες σε αντίθεση με άλλα συστήματα διανυσματικής σχεδίασης (CAD) [7].



Σχήμα 3.2: Κύκλος πληροφοριών με χρήση GIS.

3.2 Έννοιες, Ορισμοί- Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems-GIS) ασχολούνται με τη μελέτη του χώρου και στις τέσσερις φυσικές του διαστάσεις (τρεις διαστάσεις του χώρου και μία διάσταση το χρόνο) με τη βοήθεια του υπολογιστή. Αντικείμενα του τρισδιάστατου χώρου ορίζονται με τη βοήθεια τοπικών συντεταγμένων X-Ψ-Z, ή με τη χρήση του γεωγραφικού μήκους, πλάτους, και ύψους πάνω από τη στάθμη της θάλασσας (ϕ , λ , H). Εναλλακτικά, η θέση στα Γ.Σ.Π. μπορεί να οριστεί σε πολικές συντεταγμένες (ρ , θ , ϕ).

Στη γενική περίπτωση, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών διαχωρίζονται από τα «μη Γεωγραφικά» στο ότι εμπεριέχουν την πληροφορία θέσης με αριθμητικές τιμές συντεταγμένων. Με βάση αυτή τη παρατήρηση, η απόσταση μεταξύ δυο σημείων, από μόνη της δεν είναι πρωτογενής χωρική πληροφορία, ενώ οι

συντεταγμένες των σημείων αποτελούν πρωτογενή χωρική πληροφορία. Έτσι, τα γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών ανήκουν στη κατηγορία των Χωρικών Συστημάτων Πληροφοριών, «πρόγονοι» των οποίων υπήρξαν τα συστήματα CAD/CAM. Στη κατηγορία των Χωρικών Συστημάτων Πληροφοριών σχετίζονται με σχεσιακές βάσεις δεδομένων κλπ.

Με αυτές τις επισημάνσεις μπορούμε να δώσουμε έναν ορισμό για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών: **Ένα Γ.Σ.Π. είναι ένα Σύστημα Πληροφοριών που εισάγει, διορθώνει, αναλύει, απεικονίζει χωρικά δεδομένα από μικρές (1:1000000) έως μεγάλες (1 :500) κλίμακες.**

Από τον ορισμό αυτό είναι εμφανής ο «συγκεντρωτικός ρόλος» των Γ.Σ.Π. να επεξεργάζονται δηλαδή κάθε είδους χωρική πληροφορία η οποία μπορεί να ψηφιοποιηθεί. Τα στοιχεία που απαρτίζουν ένα Γ.Σ.Π. μπορούν στη συνέχεια να οριστούν ως εξής (κατά φθίνουσα σειρά κόστους):

- Άνθρωποι: Με τον όρο «άνθρωποι» εννοούμε εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο να μπορεί να διαχειρίζεται τα Γ.Σ.Π. σε ένα Οργανισμό –Εταιρία – Πανεπιστήμιο, είτε σε επίπεδο προσωπικού υπολογιστή είτε σε επίπεδο δικτύου υπολογιστών, είτε σε επίπεδο κεντρικού υπολογιστή
- Δεδομένα: Με τον όρο «δεδομένα» εννοούμε ψηφιακά χωρικά δεδομένα που αφορούν τη περιοχή ή τις περιοχές μελέτης και αναφέρονται σε κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Τα χωρικά αυτά δεδομένα, στην απλή τους μορφή είναι δύο διαστάσεων (σε μια πιο εξελιγμένη απεικόνιση μπορεί να είναι τριών διαστάσεων), ενώ η πλήρης μορφή των χωρικών δεδομένων, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι οι τέσσερις διαστάσεις του χώρο-χρόνου.
- Λογισμικό: Με τον όρο «Λογισμικό» αναφερόμαστε στα προγράμματα Γ.Σ.Π. που έχουν κατασκευαστεί προκειμένου να γίνεται διαχείριση της χωρικής πληροφορίας. Παραδείγματα τέτοιου ειδικού λογισμικού είναι τα προγράμματα Arc Info, MapInfo, AutoCAD Map κλπ.
- Αλγόριθμοι: Με τον όρο «Αλγόριθμοι» εννοούμε το σύνολο εκείνο των μαθηματικών σχέσεων εκφρασμένων με προγράμματα για αριθμητικές εφαρμογές χωρικής ανάλυσης. Παραδείγματα τέτοιων αλγόριθμων είναι: η

εύρεση της κοινής επιφάνειας δύο τεμνόμενων πολυγώνων, η επίλυση των παραμέτρων μετασχηματισμού δύο συστημάτων αναφοράς κλπ.

Το κόστος για τα στοιχεία ενός Γ.Σ.Π. είναι μέγιστο για το εξειδικευμένο προσωπικό και φθίνει ώσπου να γίνει ελάχιστο για τους αλγόριθμους, σύμφωνα με τη σειρά που αναφέρονται παραπάνω. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι σε εφαρμογές μηχανοργάνωσης Γ.Σ.Π. το κόστος των δεδομένων είναι πάντα ψηλότερο από το κόστος του λογισμικού και των μηχανών.

Η διαφορά λοιπόν μεταξύ των χωρικών συστημάτων πληροφοριών και των μη χωρικών είναι η ύπαρξη χωρικής πληροφορίας, και η ολοκλήρωση της με τα στοιχεία που περιγράφουν αυτή τη χωρική πληροφορία (attribute information). Η χωρική πληροφορία οργανώνεται σε επίπεδα (layers) που ανήκουν στο ίδιο σύστημα αναφοράς. Η μορφή του πίνακα μπορεί να είναι μία συμβατική βάση δεδομένων που περιέχει τα αντίστοιχα πεδία και εγγραφές.

Με τους παραπάνω ορισμούς είναι σαφές ότι τα Γ.Σ.Π. είναι σε άμεση αλληλοεπίδραση με τις επιστήμες κυρίως της γεωπληροφορικής, όπου τα στοιχεία εισόδου – εξόδου είναι ψηφιακά και αναφέρονται στο χώρο. Αυτές οι επιστήμες είναι ενδεικτικά η Τηλεπισκόπηση, η Φωτογραμμετρία, η Γεωδαισία, η Χαρτογραφία, η Πληροφορική (σε ότι αφορά τα ψηφιακά μέσα ενός Γ.Σ.Π.), η Στατιστική (κυρίως Γεωστατιστική) κλπ.[1], [13].

3.2.1 Λογισμικό Γ.Σ.Π. Arc view.

Το ArcView GIS είναι παγκοσμίως το πλέον δημοφιλές «desktop mapping» και GIS λογισμικό το οποίο παρέχει πληθώρα δυνατοτήτων χωρικής ανάλυσης και χαρτογραφίας. Η ευκολία στην εκμάθηση και τη χρήση του, και οι προαιρετικές επεκτάσεις του (extensions), αναλόγως των απαιτήσεων του χρήστη το καθιστούν ένα πολύ ισχυρό εργαλείο διαχείρισης και ανάλυσης γεωγραφικής πληροφορίας [8].

Το Arc View είναι το πρόγραμμα εκείνο από την οικογένεια προγραμμάτων της εταιρίας ESRI που δημιουργήθηκε για την φιλική επικοινωνία των χρηστών με τα Γ.Σ.Π. στο παραθυρικό περιβάλλον των Windows. Προέρχεται σαν μια απλουστευμένη εφαρμογή του πιο μεγάλου και σύνθετου πακέτου, Arc Info. Επιτρέπει την δημιουργία και επεξεργασία σημειακών, γραμμικών και πολυγωνικών

χαρτών, και των αντίστοιχων ιδιοτήτων τους. Έχει την δυνατότητα ενσωμάτωσης διαγραμμάτων, ενώ εκτυπώσεις και λεπτομερείς επισκοπήσεις του τι πρόκειται να εκτυπωθεί βρίσκονται στην επιλογή LAYOUTS. Η υποστήριξη εφαρμογών, καθώς και προγραμμάτων βοηθητικών γίνεται με την χρήση της γλώσσας επικοινωνίας, της Avenue. Υπάρχει υποστήριξη λειτουργιών πιο σοβαρών εφαρμογών, με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να κάνει 3D σχεδίαση, επεξεργασία δικτύων, ανάλυση εικόνας και επιπλέον χωρικές αναλύσεις. Υποστηρίζονται όλα τα γνωστά διανυσματικά (.dwg, .dxf, .shp, .bnd κλπ.) και raster (.bil, .bsq, .tif, .jpg κλπ.) αρχεία για εισαγωγή και εξαγωγή στοιχείων από και προς άλλα Γ.Σ.Π [1], [13].

Όπως αναφέρθηκε και πριν υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης επεκτάσεων οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών :

- Spatial Analyst : εξελιγμένες δυνατότητες raster GIS, χωρική ανάλυση, παρεμβολή, ανάλυση επιφανειών.
- 3D Analyst : δημιουργία, απεικόνιση, ανάλυση 3D ψηφιακών μοντέλων εδάφους.
- Network Analyst : Διαχείριση δικτύων.
- Image Analyst : Εισαγωγή, επεξεργασία και αξιοποίηση δεδομένων τηλεπισκόπησης.
- Tracking Analyst : Διαχείριση δεδομένων πραγματικού χρόνου- σύνδεση με GPS.
- Business Analyst : Εμπορικές εφαρμογές, ανάλυση αγοράς.
- Arcpress : Εξελιγμένες δυνατότητες εκτύπωσης και μετατροπής αρχείων εκτύπωσης.
- LogisDraw : Εξελιγμένες CAD δυνατότητες.

Το ArcView GIS βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, οι οποίοι εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα [8]:

Ασφάλειες	Διαχείριση γης
Μηχανική	Στρατός/ Άμυνα
Διαφήμιση	Εγκληματολογία
Βιομηχανία	Κοινωνική ανάπτυξη
Αρχιτεκτονική	Επείγοντα περιστατικά
Δημόσια Ασφάλεια	Πετρέλαιο – Φυσικό αέριο
Δημόσιες Υπηρεσίες	Προγραμματισμός πωλήσεων
Στατιστική Ανάλυση	Ταξίδια
Δημόσια πληροφόρηση	Τράπεζες
Διαχείριση ιδιοκτησιών	Ψυχαγωγία
Κτηματολόγιο	Κατασκευές
Οικονομικές υπηρεσίες	Δημογραφία
Διαστημικές εφαρμογές	Αεροναυπηγική
Αυτόματη χαρτογραφία	Τηλεπικοινωνίες
Τουριστικές εφαρμογές	Ύδρευση – υδάτινο δυναμικό
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός	Φυσικά διαθέσιμα
Εκδόσεις	Σχεδιασμός δρομολογίων
Εκπαίδευση	Δίκτυα κοινής ωφέλειας
Λογιστική	Γεωργία - Αγροτική τεχνολογία
Επιχειρήσεις	Τοπική αυτοδιοίκηση
Συγκοινωνίες	Οικιστικός σχεδιασμός
Σύστημα υγείας	Επιδημιολογία

Πίνακας 3.1 : Εφαρμογές ArcView.

3.3 Διαχρονική εξέλιξη

Στη σημερινή φάση ανάπτυξης όλων των κρατών του κόσμου, η καταγραφή και διαχείριση μεγάλου αριθμού δεδομένων και πληροφοριών γίνεται όλο και περισσότερο απαραίτητη λόγω της αλματώδους ανάπτυξης της βιομηχανίας, του εμπορίου και της τεχνολογίας, αλλά παράλληλα των απαιτήσεων για καλύτερη ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος.

Στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών διαπιστώθηκε σε πολλές χώρες ότι οι ανάγκες για αξιόπιστες πληροφορίες γύρω από τη γη, τη κοινωνία και το περιβάλλον δε μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Έτσι, από τις αρχές της δεκαετίας του 80, γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη τα Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών-ΓΣΠ (Geographical Information System, GIS). Η εξέλιξη των Γ.Σ.Π. είναι συνυφασμένη με την περίοδο και την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Οι κυριότεροι λόγοι που ώθησαν την τεχνολογία των Γ.Σ.Π. στην μεγάλη και απότομη εξέλιξη ήταν :

- Η μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής και το διαρκώς μειούμενο κόστος των αντίστοιχων συστημάτων και λογισμικών.

- Η βελτίωση των μαθηματικών μεθόδων ανάλυσης, ερμηνείας και πρόβλεψης των συνθηκών του γήινου περιβάλλοντος.

- Η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για την περιβαλλοντική υποβάθμιση τόσο σε τοπική, όσο και παγκόσμια κλίμακα

- Η αδυναμία επεξεργασίας με παραδοσιακούς τρόπους του τεράστιου όγκου στοιχείων για τη μελέτη των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών μεγεθών των σύγχρονων πολύπλοκων προβλημάτων ανάπτυξης .

Το πρώτο Γ.Σ.Π. σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 60 σε συνεργασία της πολιτείας της Μινεσότα και της Καναδικής Γεωγραφικής εταιρίας (Canadian Geographic Information System-CGIS). Το σύστημα αυτό είναι ακόμα σε χρήση και περιλαμβάνει χαρτογραφικά και ποιοτικά μεγέθη για όλο τον Καναδά.

Στην Ευρώπη, ένα από τα πιο αξιόλογα συστήματα δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 70 στη Σουηδία με σκοπό την καταγραφή του Κτηματολογίου [1], [13].

3.4 Τμήματα και βασικές Διαδικασίες ενός Γ.Σ.Π.

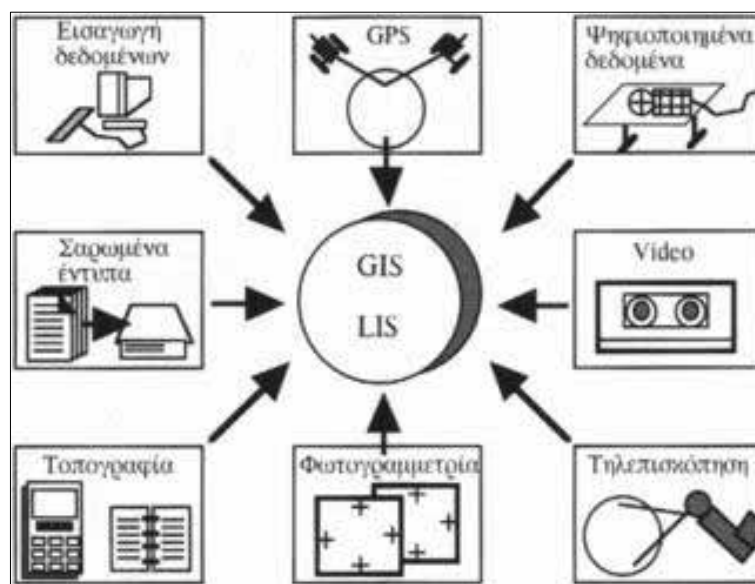
Οι διαδικασίες που συνθέτουν ένα Γ.Σ.Π. και εκτελούνται κατά τη λειτουργία του είναι ακόλουθες:

1. Η συλλογή των στοιχείων που καταχωρούνται στο σύστημα, η οποία μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους που εξαρτώνται από το είδος, την αξιοπιστία

και τη πηγή των πληροφοριών. Η συλλογή των δεδομένων αυτών μπορεί να γίνει με χρήση τοπογραφικών, φωτογραφικών, τηλεσκοπικών ή μεικτών μεθόδων όπως ψηφιοποίηση υπαρχόντων αναλογικών χαρτών, καταχώριση υφιστάμενων ποιοτικών καταγραφών. κ.α.

2. Το επόμενο στάδιο μετά τη συλλογή των δεδομένων είναι η κωδικοποίηση και η εισαγωγή αυτών στο σύστημα. Η εισαγωγή τους περιλαμβάνει το μετασχηματισμό των δεδομένων από τη μορφή που έχουν αρχικά και η οποία ποικίλει ανάλογα με την προέλευση τους (αεροφωτογραφίες, χάρτες, δορυφορικές, γεωφυσικές εικόνες κλπ.) σε ψηφιακή μορφή συμβατή με εκείνη που προκαθορίζει το Γ.Σ.Π.

3. Η αποθήκευση και η διαχείριση των δεδομένων γίνεται με τη χρήση Συστημάτων Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων-Σ.Δ.Β.Δ., με στόχο την κάλυψη πολλών και διαφορετικών αναγκών, την αποτελεσματική αποθήκευση, ανάκτηση και ενημέρωση των στοιχείων, την αποφυγή πολλαπλών καταγραφών ιδίων στοιχείων και την εξασφάλιση διαρκούς, ολοκληρωμένης και ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος. Η οργάνωση των δεδομένων γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εν χρήσει Η/Υ και τις ανάγκες των χρηστών.



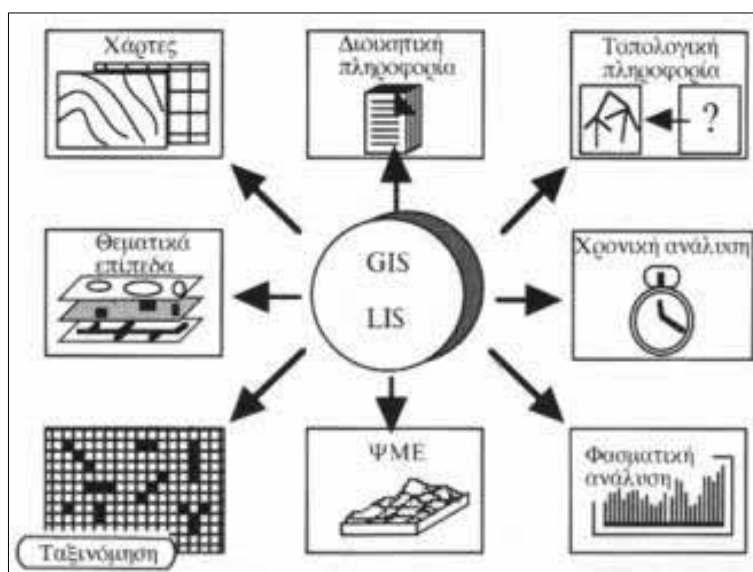
Σχήμα 3.3 : Εισαγωγή δεδομένων στο GIS.

Κατά το στάδιο της καταγραφής δεδομένων μπορεί να απαιτείται ένα μόνο χαρακτηριστικό, σύνολο συγκεκριμένων χαρακτηριστικών, μη προσδιορισμένες ομάδες χαρακτηριστικών, χαρακτηριστικά που εμφανίζουν συγκεκριμένες σχέσεις

μέσα σ' ένα σύνολο, σύνολο χαρακτηριστικών όπου τα κριτήρια βρίσκονται μέσα σε μία άλλη ομάδα στοιχείων, ή όλα τα χαρακτηριστικά μιας ομάδας.

Η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων περιλαμβάνει τις αναταξινομήσεις και ομαδοποιήσεις ποιοτικών στοιχείων, τις γεωμετρικές επεξεργασίες, τον προσδιορισμό κεντρικού σημείου των πολύγωνων, τη μετατροπή της δομής των δεδομένων, τη χωρική ανάλυση και στατιστική επεξεργασία, τις μετρήσεις αποστάσεων και διευθύνσεων κ.α.

Τέλος, η απεικόνιση δεδομένων μπορεί να γίνει μέσω οθόνης ηλεκτρονικού υπολογιστή, εκτυπωτών, αυτόματου σχεδιαστή κ.α. Τα δεδομένα που καταχωρούνται σε ένα Γ.Σ.Π. είναι είτε αντικείμενα, φαινόμενα ή μεγέθη, είτε σχέσεις μεταξύ τους και δομούνται σε μορφή διανυσμάτων ή σε μορφή ψηφίδων [1], [13].



Σχήμα 3.4 : Απόδοση τελικών προϊόντων.

3.5 Γ.Σ.Π. στον Ελληνικό χώρο και στη Κρήτη

Παραγωγή λογισμικού Γ.Σ.Π. γίνεται κυρίως στις ΗΠΑ ενώ στον Ελληνικό χώρο έχουμε ειδικές εφαρμογές που συνήθως στηρίζονται στις αρχικές πλατφόρμες Γ.Σ.Π.

Εξέχουσα θέση στο λογισμικό Γ.Σ.Π. έχει το πρόγραμμα Arc Info της ESRI, με όλα τα προγράμματα που το συνοδεύουν. Έχει αναπτυχθεί σε όλα σχεδόν τα λειτουργικά (Windows, UNIX, DOS, SOLARIS κλπ.), και διαθέτει για την επεξεργασία της μη χωρικής πληροφορίας ειδική βάση δεδομένων, όπως η ORACLE, η INGRES, η ACCESS κλπ. Επίσης διαθέτει τη γλώσσα AML για ειδικές εφαρμογές.

Το πρόγραμμα τεχνικής σχεδίασης AutoCAD της Autodesk, αν και αρχικά υποστήριζε μόνο εφαρμογές τεχνικής σχεδίασης, εν τούτοις έχει επεκταθεί με τα προγράμματα AutoCAD World και AutoCAD Map και σε εφαρμογές Γ.Σ.Π. Το μεγάλο πλεονέκτημα του AutoCAD είναι η ευκολία στην τεχνική σχεδίαση και η συμβατότητα του με εφαρμογές Μηχανικού.

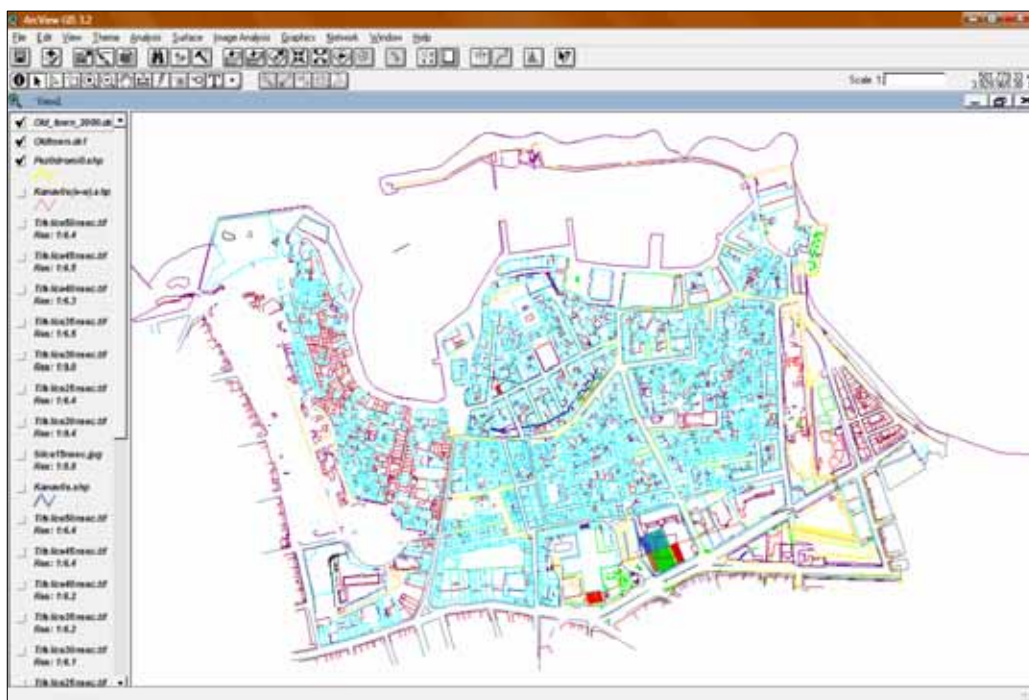
Πρέπει να σημειωθεί ότι σχεδόν όλα από τα σύγχρονα προγράμματα Γ.Σ.Π. υποστηρίζουν και τις δυο μορφές χωρικής πληροφορίας διανυσματική και ψηφίδων, διαθέτουν σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων (RDBMS Engine), έχουν δική τους γλώσσα προγραμματισμού για ανάπτυξη εφαρμογών, υποστηρίζουν τα πολυμέσα (video, εικόνα, κείμενο και κινούμενο σχέδιο) και υποστηρίζουν εφαρμογές στο διαδύκτιο. Στοιχεία που είναι ακόμα υπό εξέλιξη στα Γ.Σ.Π. είναι η δυναμική τους στο χρόνο, και η ενσωμάτωση μοντέλων σφαλμάτων. Επίσης, η πολύγλωσση υποστήριξη, τουλάχιστον για τον ελληνικό χώρο.

Στην Ελλάδα, οι κύριοι κρατικοί φορείς που χρησιμοποιούν Γ.Σ.Π. διαθέτοντας και τα αντίστοιχα στοιχεία σε ψηφιακή μορφή και αναλογική είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, και το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων. Τα στοιχεία που διατίθενται είναι χάρτες σε κλίμακες 1:5000 και 1:50000, διαγράμματα πόλεων σε 1:25000, αεροφωτογραφίες σε διάφορες χρονολογίες και κλίμακες και συντεταγμένες τριγωνομετρικών και υψομετρικών σημείων.

Στη Κρήτη, οι κύριοι φορείς που διαθέτουν ψηφιακή χωρική πληροφορία είναι ο Οργανισμός Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης, το Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, και το Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας Ηρακλείου [1], [13].

3.6 Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών για την διαχείριση γεωφυσικών δεδομένων.

Το Γ.Σ.Π. που χρησιμοποιήθηκε είναι το Arc view και συγκεκριμένα η έκδοση 3.0α. Το Γ.Σ.Π. περιλαμβάνει τα παρακάτω εργαλεία : **THEME**: Γραφική απεικόνιση γραμμών, σημείων ή σχημάτων στο ίδιο επίπεδο. **VIEW**: Παράθυρο γραφικής απεικόνισης που περιέχει πολλά themes (επίπεδα πληροφορίας). **TABLE**: Πίνακας δεδομένων. **SCRIPT**: Ένα σύνολο εντολών στο arc view. **AVENUE**: Γλώσσα επικοινωνίας του χρήστη με το arc view.



Σχήμα 3.1: Περιβάλλον λειτουργίας του arc view.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν διακρίνονται σε τοπογραφικά και γεωφυσικά. Τα τοπογραφικά δεδομένα αποτελούνται από συντεταγμένες σημείων, τοπογραφικούς χάρτες της περιοχής. Τα γεωφυσικά δεδομένα αποτελούνται από χάρτες και γραμμές γεωραντάρ και ηλεκτρικής τομογραφίας. Οι συντεταγμένες των σημείων αντιπροσωπεύουν θέσεις που είτε απαρτίζουν τα όρια των καννάβων γεωφυσικών διασκοπήσεων είτε άκρα γραμμών γεωφυσικών διασκοπήσεων ή ακόμη και σημεία προσανατολισμού στην περιοχή μελέτης. Στο πίνακα του κάθε επιπέδου

πληροφοριών εκτός από τις επιθυμητές ιδιότητες των γραφικών του απεικονίσεων, υπάρχει δυνατότητα να προστεθεί από τον χρήστη παραπομπή σε κάποια εικόνα, ή κάποιο αρχείο κειμένου. Στην παρούσα εργασία η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε εξ ολοκλήρου μόνο για την παραπομπή σε εικόνες [1], [13].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται, το πώς απεικονίζονται τα αποτελέσματα των γεωφυσικών μεθόδων με τη χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, στις περιοχές μελέτης. Στόχος είναι η ευκολότερη ερμηνεία, αλλά και σύγκριση γεωφυσικών δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές μεθόδους.

Επίσης παρουσιάζονται αεροφωτογραφίες των περιοχών μελέτης αλλά και σχήματα που απεικονίζουν τομές γραμμών μελέτης δεδομένων γεωραντάρ και ηλεκτρικής τομογραφίας.

4.2 Διαθέσιμα Δεδομένα

Τα διαθέσιμα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν συντεταγμένες σημείων που αντιπροσωπεύουν όρια καννάβων γεωφυσικών δεδομένων διασκοπήσεων, είτε άκρα γραμμών γεωφυσικών διασκοπήσεων ή ακόμα σημεία που αντιπροσωπεύουν γνωστές τοποθεσίες στις περιοχές μελέτης.

Ο ψηφιοποιημένος τοπογραφικός χάρτης της περιοχής που χρησιμοποιήθηκε ήταν σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87. Οι κάνναβοι εγγράφηκαν στη σωστή τους θέση και με σωστό προσανατολισμό πάνω στο χάρτη και μαζί με τα υπόλοιπα γεωφυσικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την ερμηνεία των γεωφυσικών διασκοπήσεων.

Η μέθοδος του γεωραντάρ πραγματοποιήθηκε σε όλες τις περιοχές μελέτης. Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το SIR-3000 της εταιρίας GSSI. Οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κεντρικής συχνότητας 400 MHz. Το βήμα διασκόπησης ήταν 5 cm. Η ισαπόσταση των γραμμών μελέτης ήταν 0.5 m. Η διάρκεια της δειγματοληψίας ήταν στα 0.1367 ns και η συνολική καταγραφή μέχρι τα 120 ns. Συνολικά διασκοπήθηκαν 2 κάνναβοι με τη μέθοδο του γεωραντάρ στην οδό Σήφακα. Στον κάνναβο με κατεύθυνση Α-Δ μετρήθηκαν 14 γραμμές μελέτης. Στο κάνναβο Β-Ν μετρήθηκαν 126 γραμμές μελέτης. Στην αγορά των Χανίων σχεδιάστηκε ένας κάνναβος, με διεύθυνση Β-Ν, για τις ανάγκες της διασκόπησης έγιναν 49 γραμμές μελέτης. Στη περιοχή του αθλητικού γυμνασίου Χανίων κατασκευάστηκαν 5

κάνναβοι με διεύθυνση B-N. Συνολικά έγιναν 180 γραμμές μελέτης. Στην οδό Κανεβάρο πραγματοποιήθηκαν 42 γραμμές μελέτης με τη μέθοδο του γεωραντάρ. Τέλος στον λόφο Καστελίου μετρήθηκαν 138 γραμμές σε έξι καννάβους με διεύθυνση B-N.

Μετά τη συλλογή των μετρήσεων ακολούθησε η επεξεργασία τους για την διευκόλυνση στον εντοπισμό των ανακλαστήρων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν μια σειρά βημάτων με τη χρήση του προγράμματος GPR-PRO.

Αρχικά εφαρμόζεται το φίλτρο αποκοπής χαμηλών συχνοτήτων (Dewow) και ακολουθεί η εκθετική ενίσχυση (sec) των δεδομένων. Ύστερα από την παραπάνω εφαρμογή μονοδιάστατων φίλτρων έγινε χρήση των φυσικών χαρακτηριστικών (Physical Attributes) με τη σειρά που δίνονται παρακάτω :

Στιγμιαίο πλάτος (instantaneous envelope): Το στιγμιαίο πλάτος $E(t)$ εκφράζει την ισχύ των ανακλώμενων κυμάτων που καταγράφονται σε χρόνο t .

Στιγμιαίο πλάτος σε κλίμακα dB (dB instantaneous envelope): Το στιγμιαίο πλάτος σε κλίμακα dB δίνεται από τη σχέση $20\log E(t)$, όπου $E(t)$ αντιστοιχεί στο στιγμιαίο πλάτος.

Στιγμιαία φάση (instantaneous phase): Το χαρακτηριστικό αυτό, χρησιμεύει στον εντοπισμό πλευρικών μεταβολών στους ανακλαστήρες (π.χ. απευθείας κύμα), που καταγράφεται σε χρόνο t . Το φυσικό αυτό χαρακτηριστικό είναι ανεξάρτητο από το πλάτος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Τέλος, γίνεται εφαρμογή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (Geometrical Attributes) και συγκεκριμένα της συνάφειας (semblance) [3], [10].

Η μέθοδο της ηλεκτρικής τομογραφίας εφαρμόστηκε στη περιοχή της οδού Σήφακα. Πραγματοποιήθηκαν 7 γραμμές μελέτης με διεύθυνση B-N. Η διάταξη ηλεκτροδίων που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή του διπόλου- διπόλου. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων ήταν 40 cm. Η μέθοδος αντιστροφής ήταν κανονικοποίηση με περιορισμούς εξομάλυνσης (Smoothness- constrained least- squares method).

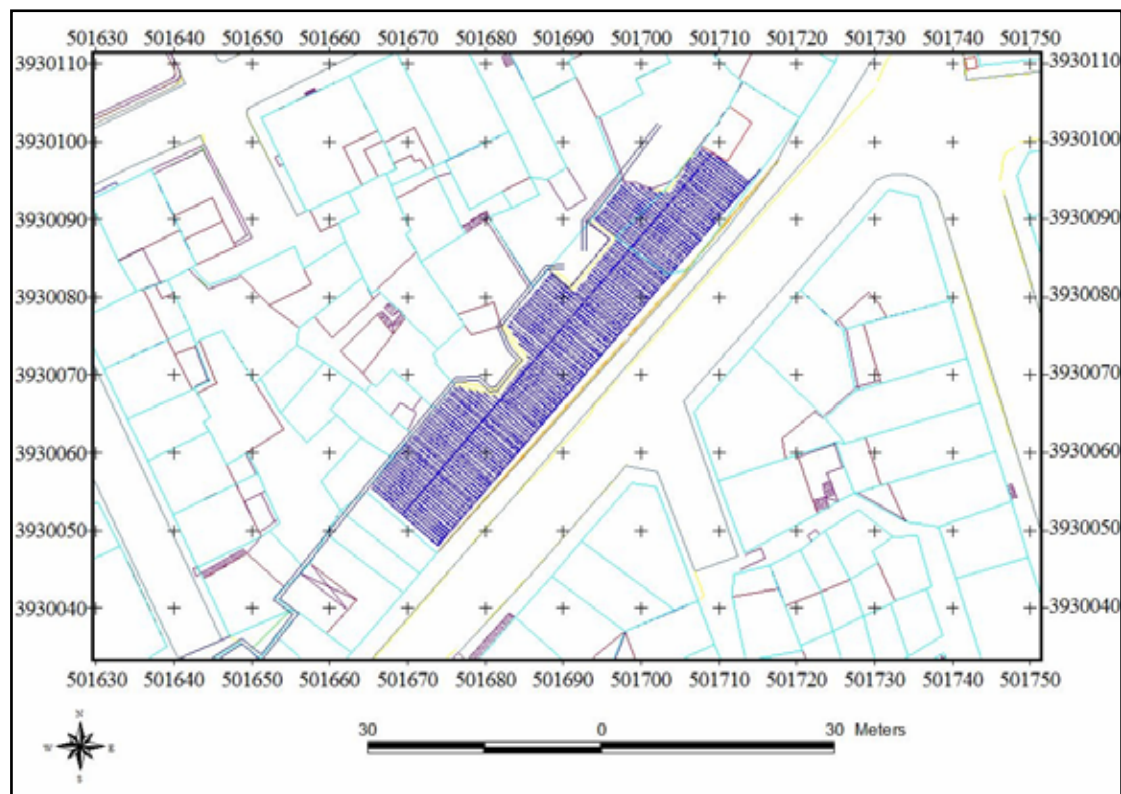
4.3 Εγγραφή Δεδομένων

Η επιλογή της χρήσης του συστήματος συντεταγμένων έγινε γιατί ο ψηφιοποιημένος χάρτης ήταν σε αυτό το σύστημα συντεταγμένων. Το ΕΓΣΑ'87 ορίστηκε με βάση τα πλέον πρόσφατα γεωδαιτικά στοιχεία και παρέχει ένα ενιαίο και μοναδικό σύστημα συντεταγμένων για όλο τον Ελλαδικό χώρο. Η εισαγωγή των στοιχείων του ψηφιοποιημένου τοπογραφικού χάρτη έγινε από αρχείο του AutoCAD σε μορφή .dxf στο σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87 για όλα τα δεδομένα.

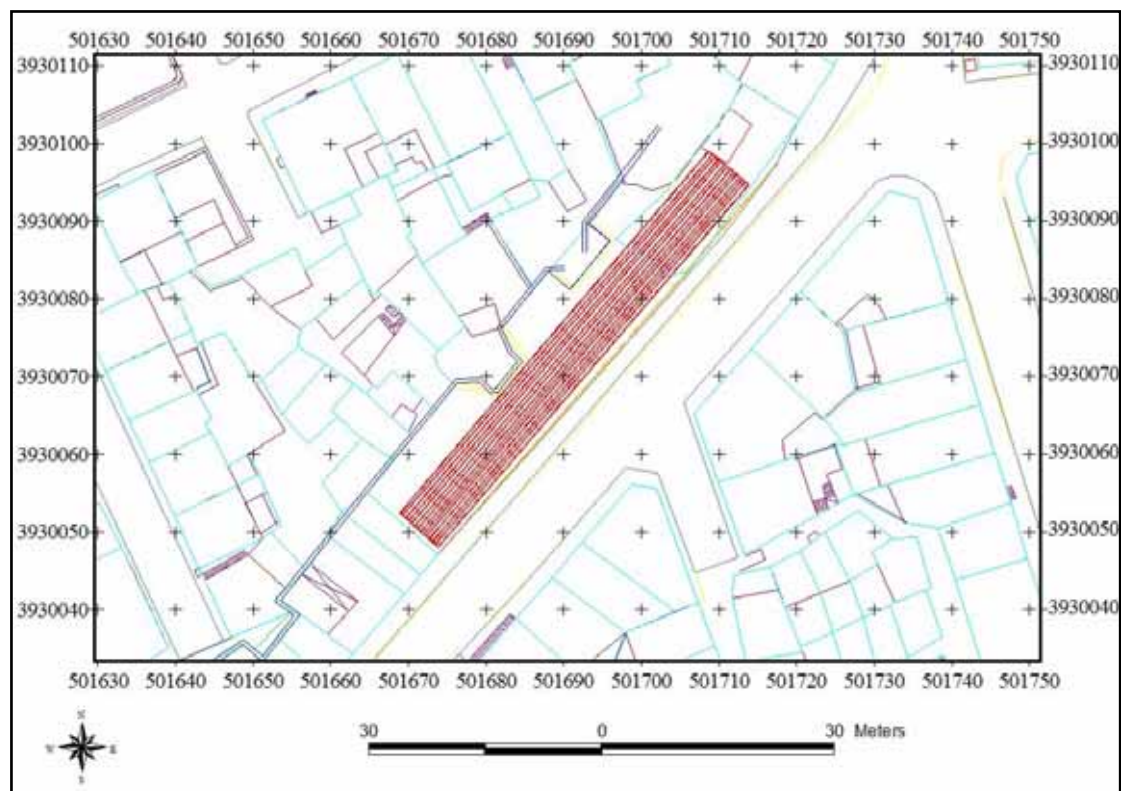
Επόμενο βήμα ήταν να εισαχθούν στο Γ.Σ.Π., τόσο τα σημεία που αναφέρονται στις ακμές καννάβου και σε άκρα γραμμής μελέτης όσο και τα σημεία αναφοράς. Με το σχεδιασμό των καννάβων στο Γ.Σ.Π. μπορεί κανείς να διακρίνει τα σφάλματα στο σχεδιασμό καννάβου στην ύπαιθρο. Αυτό συμβαίνει λόγω σφαλμάτων στην οριοθέτηση των καννάβων με τις μετροταινίες, που οφείλονται σε διάφορους λόγους, όπως π.χ. την βλάστηση. Τα σφάλματα αυτά δεν ξεπερνούν τα 20 cm.

4.4 Βυζαντινό τείχος-περιοχή Σήφακα.

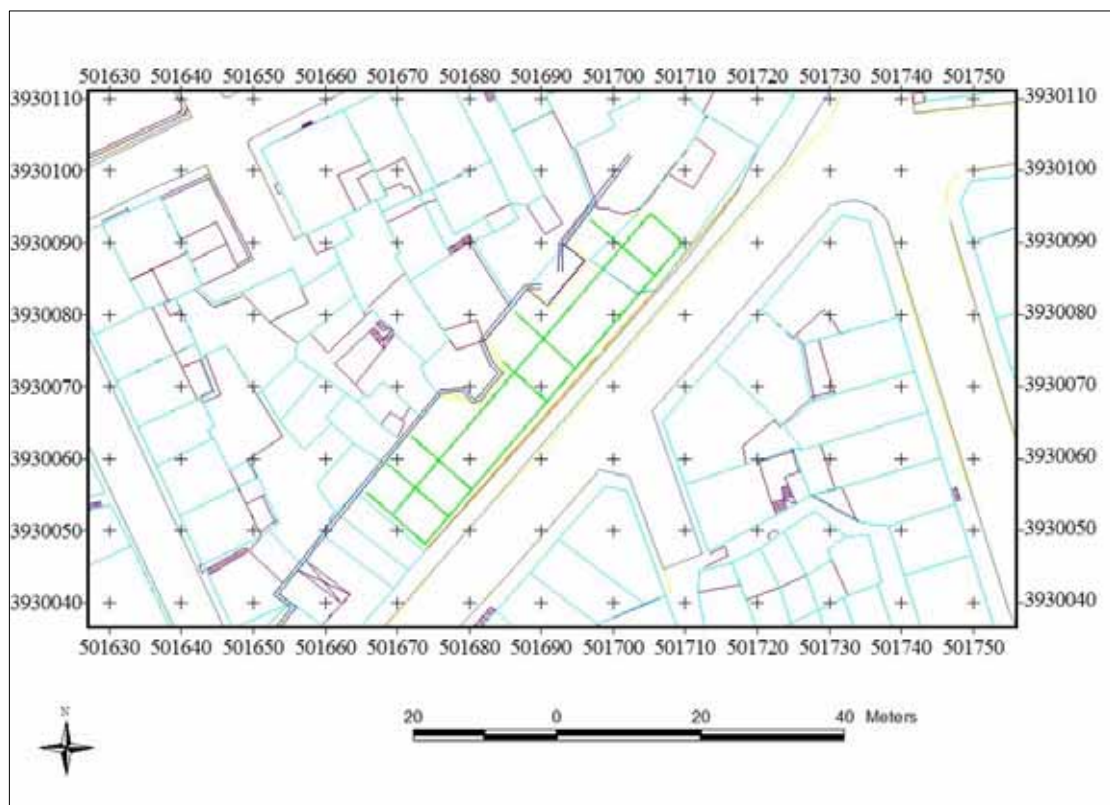
Σκοπός, ήταν να διαπιστωθεί η ύπαρξη προτειχίσματος, το οποίο σύμφωνα με αρχαιολογικά στοιχεία αναμένεται να υπάρχει στα 6-8 μέτρα από το Βυζαντινό τείχος. Στην οδό Σήφακα πραγματοποιήθηκε διασκόπηση με τη μέθοδο του γεωραντάρ αλλά και ηλεκτρικής τομογραφίας. Οι κάνναβοι ήταν τρεις. Ο ένας με κύρια διεύθυνση B-N, (σχήμα 4.1) όπου οι γραμμές φαίνονται με μπλε χρώμα. Ο δεύτερος κάνναβος σχεδιάστηκε με κύρια διεύθυνση A-Δ, (σχήμα 4.2) όπου οι γραμμές μελέτης φαίνονται με κόκκινο χρώμα. Οι δύο αυτοί κάνναβοι σχεδιάστηκαν για να πραγματοποιηθούν μετρήσεις με τη μέθοδο του γεωραντάρ. Ο τρίτος κάνναβος έγινε για την ηλεκτρική τομογραφία, οι γραμμές μελέτης πραγματοποιήθηκαν και κατά B-N και κατά A-Δ και είναι σχεδιασμένος με το πράσινο χρώμα. Ως σημεία αναφοράς πάρθηκαν γωνίες από διπλανά οικήματα. Στα σχήματα 4.1, 4.2 και 4.3 το ορατό τμήμα του τείχους απεικονίζεται με την διπλή μπλε γραμμή.



Σχήμα 4.1 : Περιοχή μελέτης Σήφακα. Κάνναβος Β-Ν.



Σχήμα 4.2 : Περιοχή μελέτης Σήφακα. Κάνναβος Α-Δ.

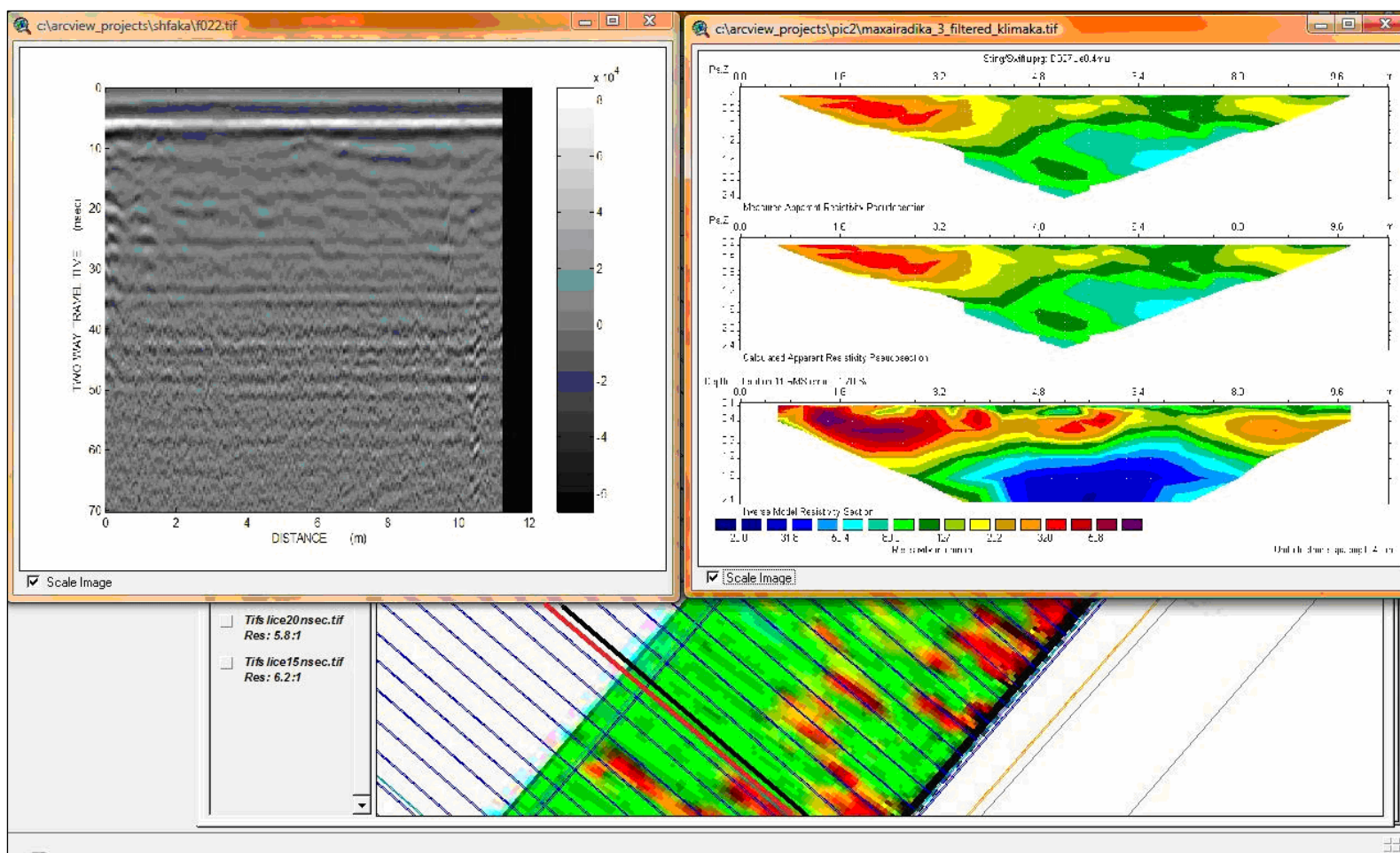


Σχήμα : 4.3 Περιοχή μελέτης Σήφακας Κάνναβος Ηλεκτρικής τομογραφίας.



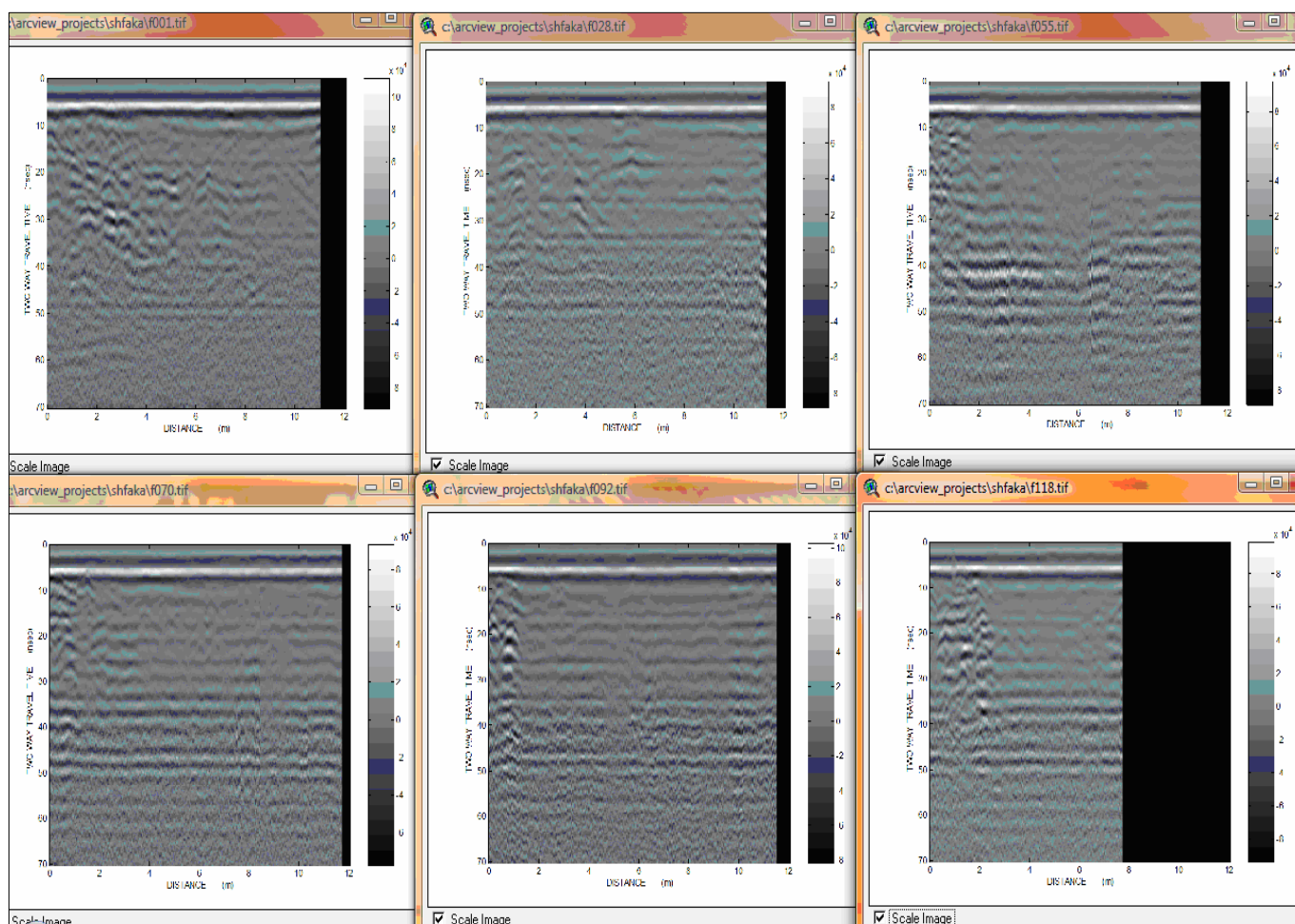
Σχήμα 4.4 : Αεροφωτογραφία περιοχή μελέτης από Google earth. Με κόκκινο χρώμα έχει κυκλωθεί η περιοχή μελέτης.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του λογισμικού ArcView στη γεωφυσική έρευνα της περιοχής είναι πολλά. Είναι δυνατόν να απομονωθεί γραφικά όποιος κάρναβος χρειάζεται και να μελετηθεί ξεχωριστά έχοντας εισάγει την ακριβή τοποθεσία κάθε γραμμής μελέτης πάνω στο χάρτη. Επιλέγοντας την κάθε γραμμή μελέτης εμφανίζεται η τομή γεωραντάρ ή γεωηλεκτρική τομή. Στο Σχήμα 4.5 που ακολουθεί αντιστοιχεί η γεωηλεκτρική τομή γεωροντάρ. Παράλληλα είναι ενεργοποιημένη η οριζόντια τομή στα 45 ns, που αντιστοιχεί σε βάθος περίπου 2,25 μέτρα. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται σύγκριση γεωφυσικών δεδομένων από διαφορετικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν στη ίδια περιοχή.



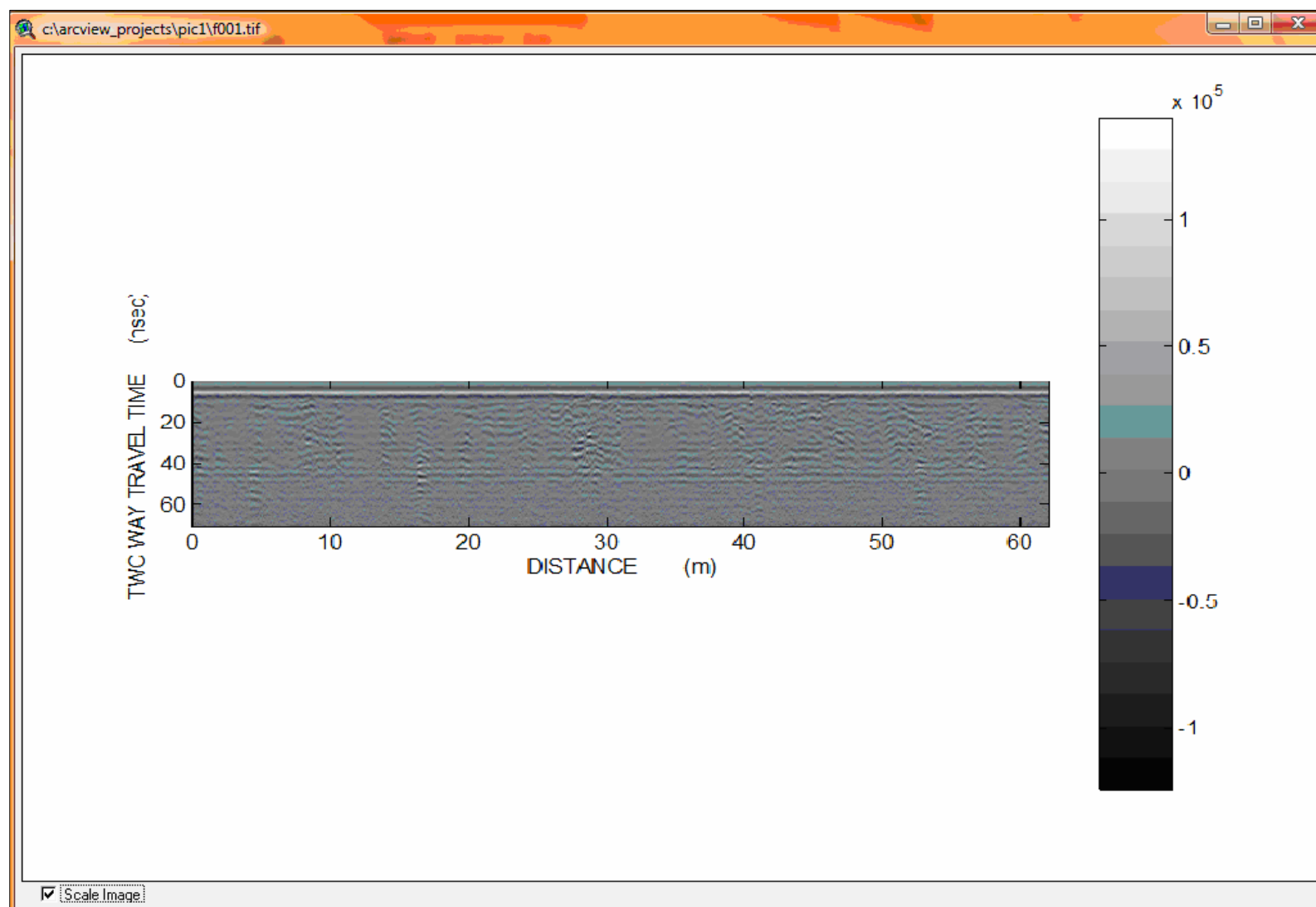
Σχήμα 4.5 : Πάνω αριστερά απεικονίζεται τομή δεδομένων γεωραντάρ. Δεξιά απεικονίζεται από πάνω προς τα κάτω η μετρούμενη ψευδοτομή, η υπολογισμένη ψευδοτομή και τέλος η γεωηλεκτρική ψευδοτομή. Κάτω απεικονίζεται οριζόντια τομή δεδομένων γεωραντάρ.

Παρατηρώντας προσεκτικά, διαπιστώνεται ότι στις μετρήσεις του γεωραντάρ, αριστερά στην εικόνα του σχήματος 4.5, στην αρχή της τομής καταγράφονται έντονες ανακλάσεις σε χρόνους μέχρι 30 ns. Αυτές αποδίδονται στην ύπαρξη τμήματος του προτειχίσματος. Παράλληλα η γεωηλεκτρική τομή επαληθεύει τη παρατήρηση αυτή, διότι στην αρχή της γραμμής παρατηρείται αυξημένη τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος. Παρατηρώντας την οριζόντια τομή του σχήματος 4.5, στην ίδια γραμμή μελέτης στην αρχή υπάρχει έντονο κόκκινο χρώμα που υποδηλώνει ισχυρή ανάκλαση. Αναδεικνύεται σε αυτό το παράδειγμα και πάλι η χρησιμότητα ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών καθώς επιτρέπει τη σύγκριση γεωφυσικών δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές μεθόδους.

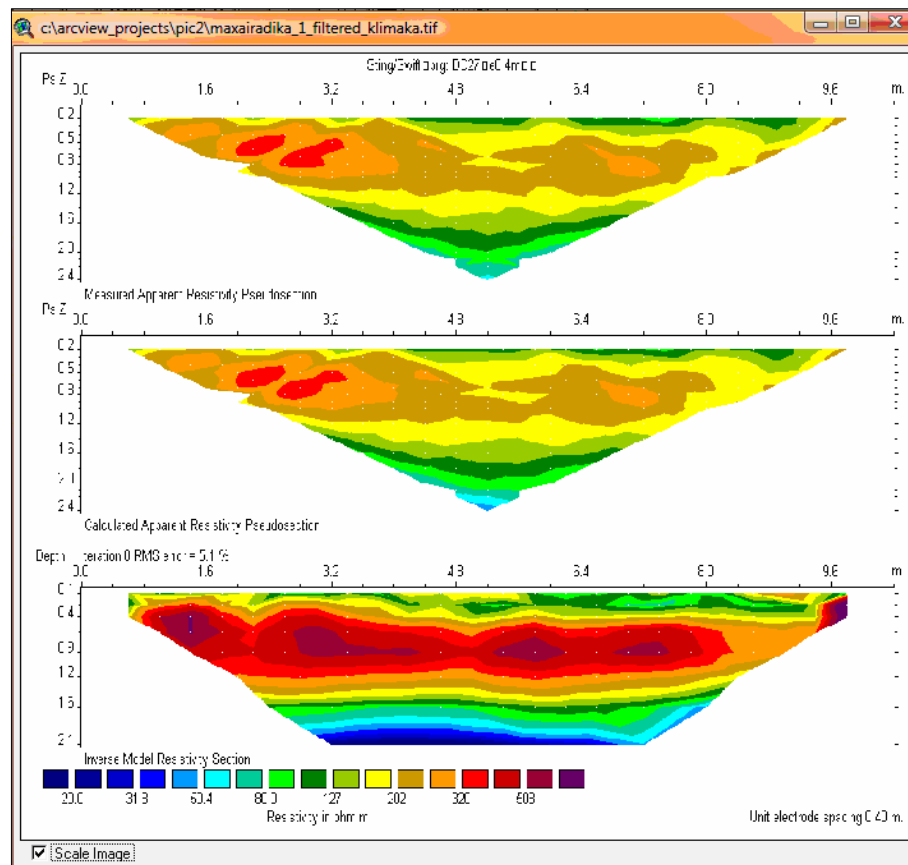


Σχήμα 4.6 : Τομές γεωραντάρ για διάφορες γραμμές μελέτης διεύθυνσης B-N. Από πάνω αριστερά οι τομές αντιστοιχούν στα 0m, 14m, 27.5m, 35m, 46m, 59m από την αρχή του καννάβου.

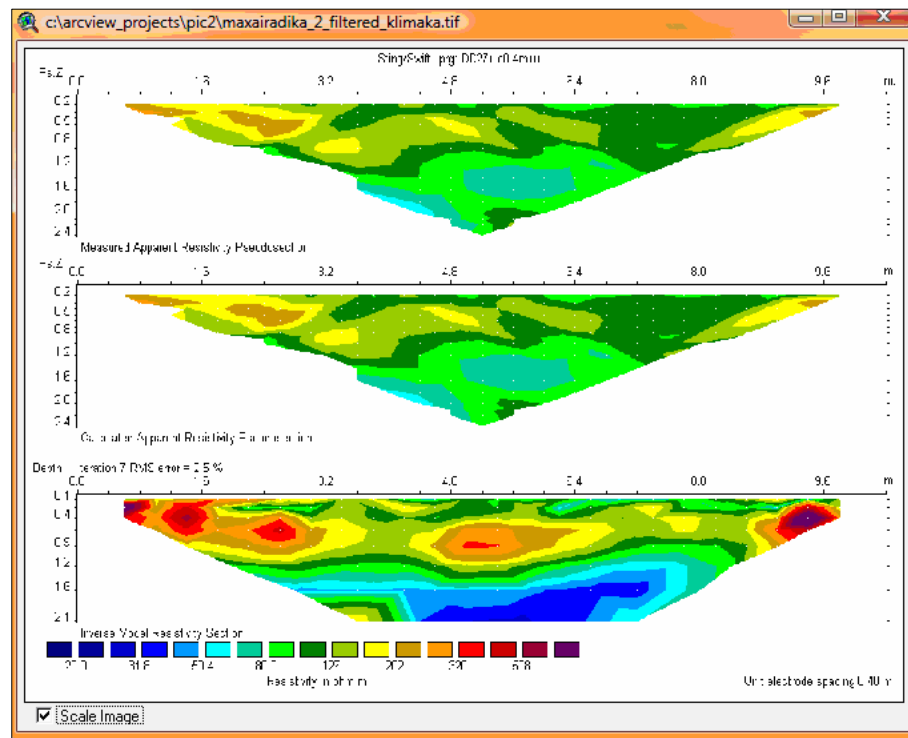
Στην εικόνα του σχήματος 4.6 εικονίζονται οι τομές του γεωραντάρ για την εν λόγω περιοχή. Οι τομές αντιστοιχούν σε γραμμές μελέτης διεύθυνσης B-N στα 0m, 14m, 27.5m, 35m, 46m, και 59m κατά μήκος του καννάβου. Στα πρώτα 2m κάθε τομής διακρίνονται έντονες ανακλάσεις που φανερώνουν ύπαρξη του προτειχίσματος. Παρατηρώντας τη τομή του γεωραντάρ, σχήμα 4.7, για τη πρώτη γραμμή μελέτης διεύθυνσης A-Δ επαληθεύεται η ύπαρξη του προτειχίσματος καθώς εμφανίζονται ισχυρές ανακλάσεις κατά μήκος όλης της γραμμής μελέτης. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στη περιοχή εφαρμόστηκε και η μέθοδος της ηλεκτρικής τομογραφίας. Παρατηρώντας τις γεωηλεκτρικές τομές εμφανίζεται αυξημένη η τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης.



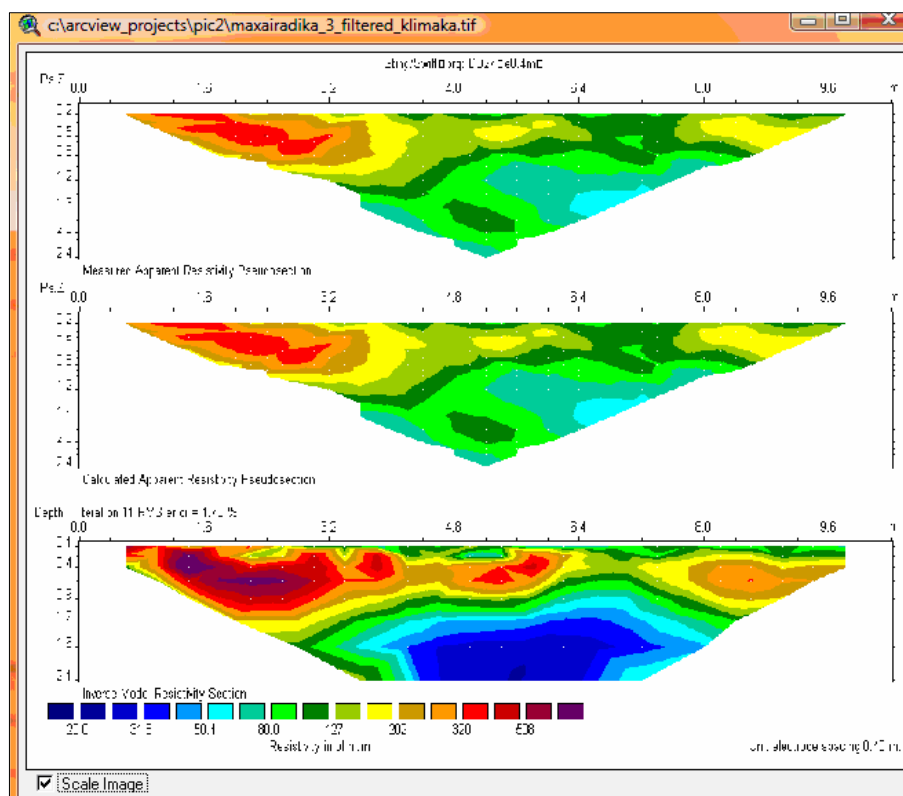
Σχήμα 4.7 : Τομή για την πρώτη γραμμή μελέτης καννάβου Α-Δ.



Σχήμα 4.8 : Από πάνω προς τα κάτω μετρούμενη ψευδοτομή, υπολογισμένη ψευδοτομή και η γεωηλεκτρική τομή στα 0 m.

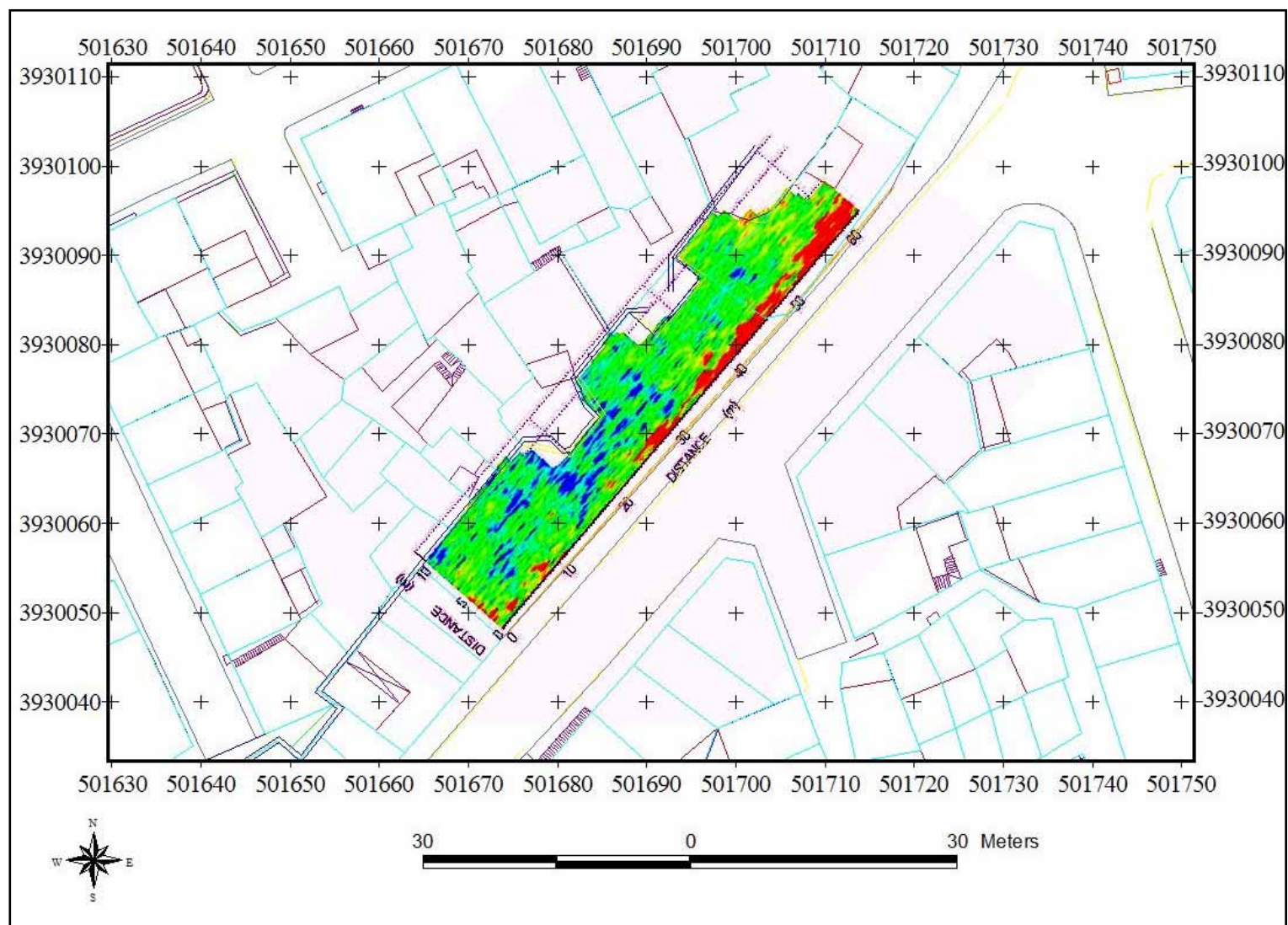


Σχήμα 4.9 : Από πάνω προς τα κάτω μετρούμενη ψευδοτομή, υπολογισμένη ψευδοτομή και η γεωηλεκτρική τομή στα 5 m.

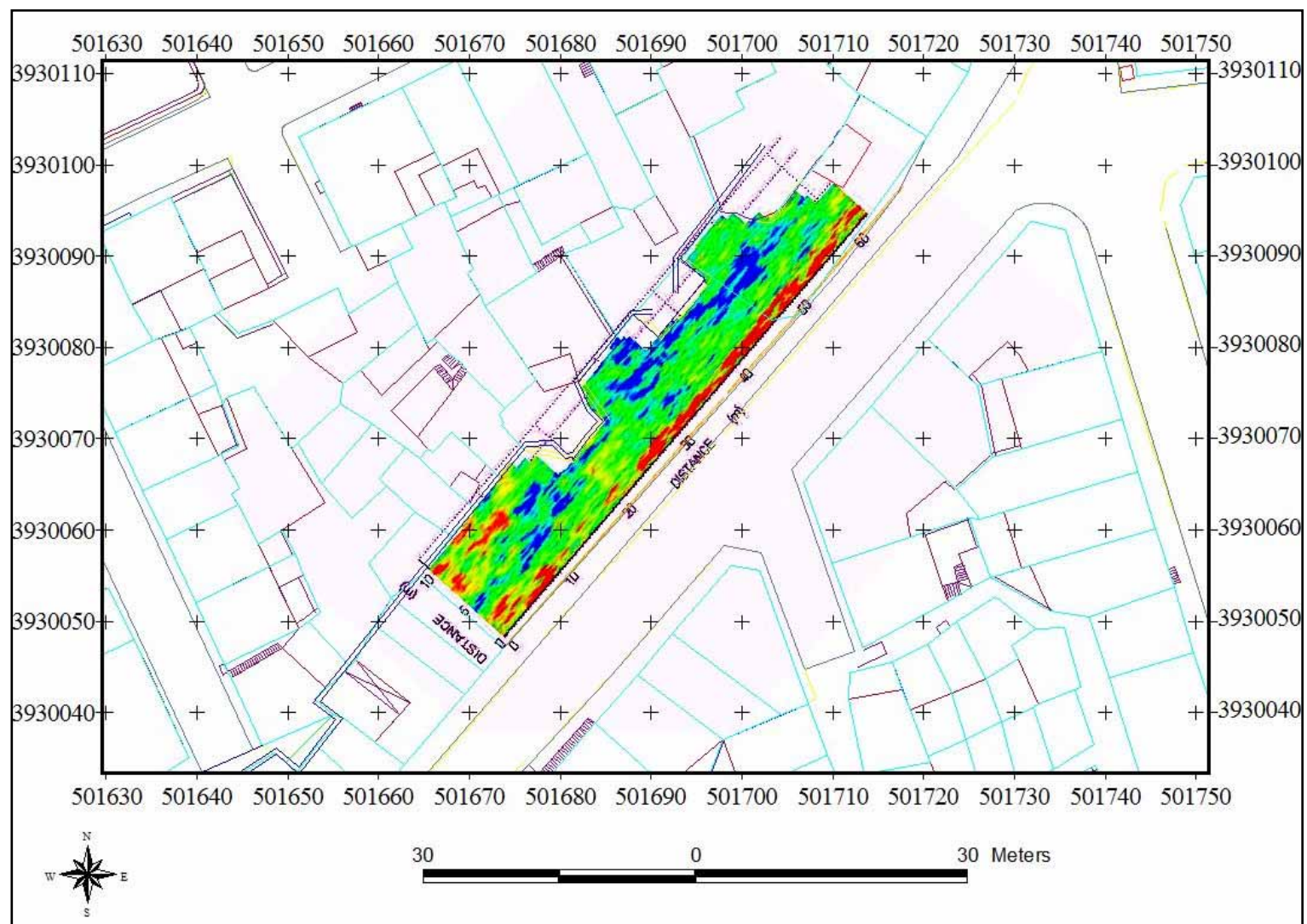


Σχήμα 4.10 : Από πάνω προς τα κάτω μετρούμενη ψευδοτομή, υπολογισμένη ψευδοτομή, και η γεωηλεκτρική τομή στα 10 m.

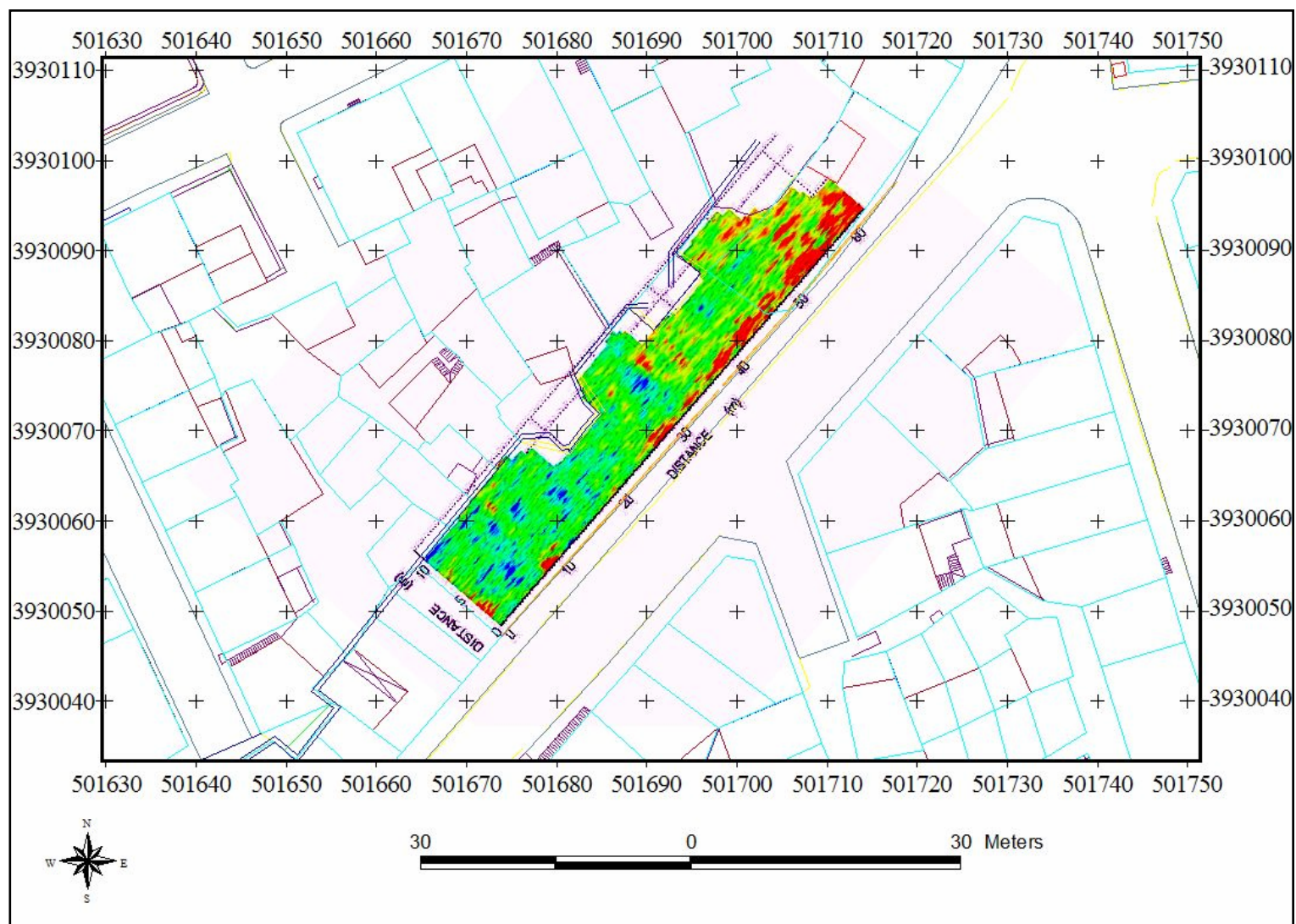
Στις οριζόντιες τομές γεωραντάρ που αντιστοιχούν σε βάθος 0.75m- 2m (Σχήμα 4.11-4.13) με διεύθυνση B-N, παρατηρείται, και πάλι, η ύπαρξη ισχυρής ανάκλασης κατά μήκος του καννάβου κοντά στο πεζοδρόμιο. Παρόμοιες είναι και οι οριζόντιες τομές για τις γραμμές μελέτης με διεύθυνση A-Δ (Σχήμα 4.14- 4.16). Οι ανακλάσεις αυτές αποδίδονται στο προτείχισμα του Βυζαντινού τείχους του οποίου το αναφερόμενο βάθος συμπίπτει με την ερμηνεία. Προτείνονται διασκοπήσεις με γεωραντάρ επί της οδού Σήφακα ώστε να εντοπισθεί το δυτικό όριο του προτειχίσματος.



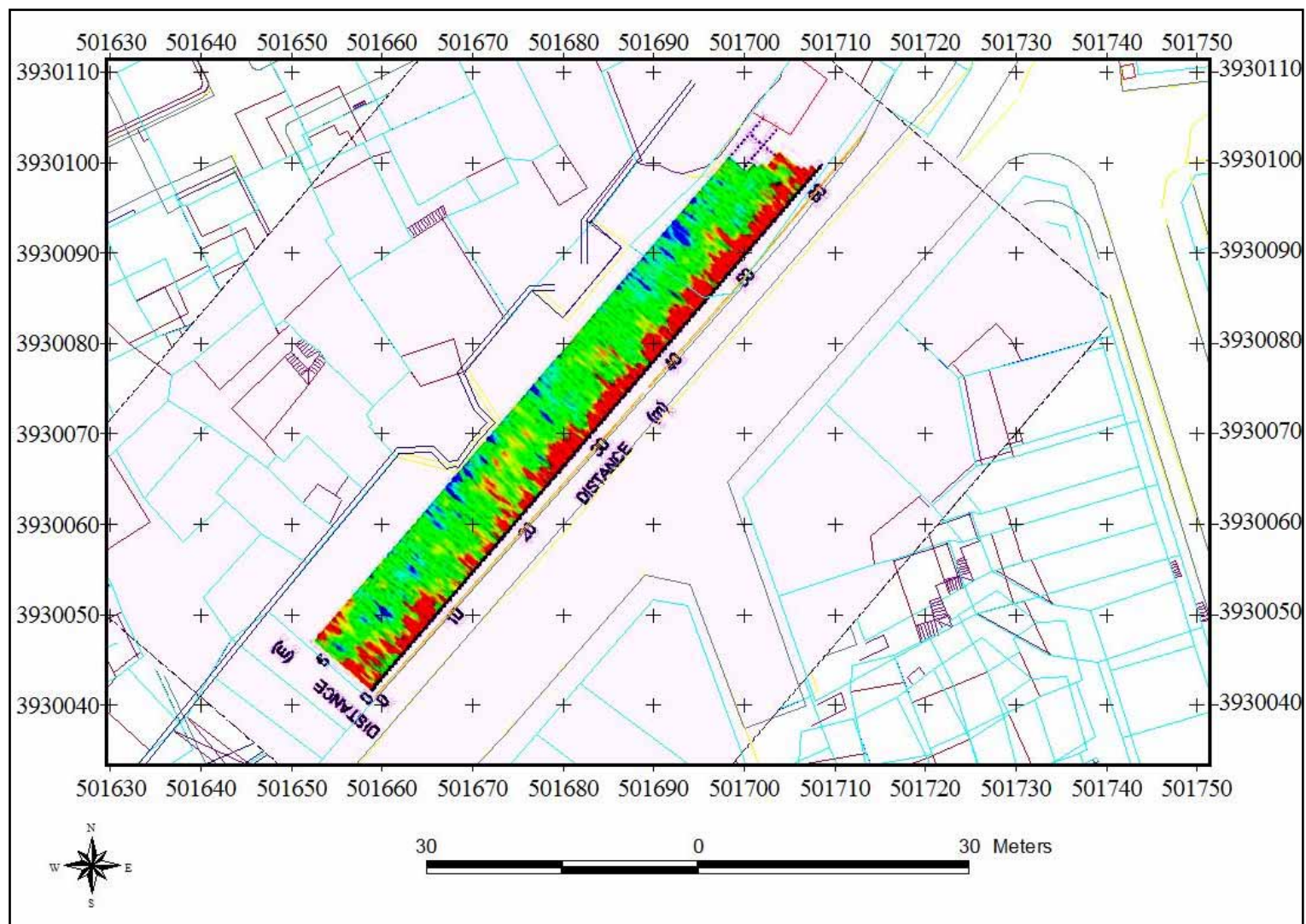
Σχήμα 4.11 :Οριζόντια τομή γεωραντάρ στα 15ns (0.75 μέτρα) κατά N-B.



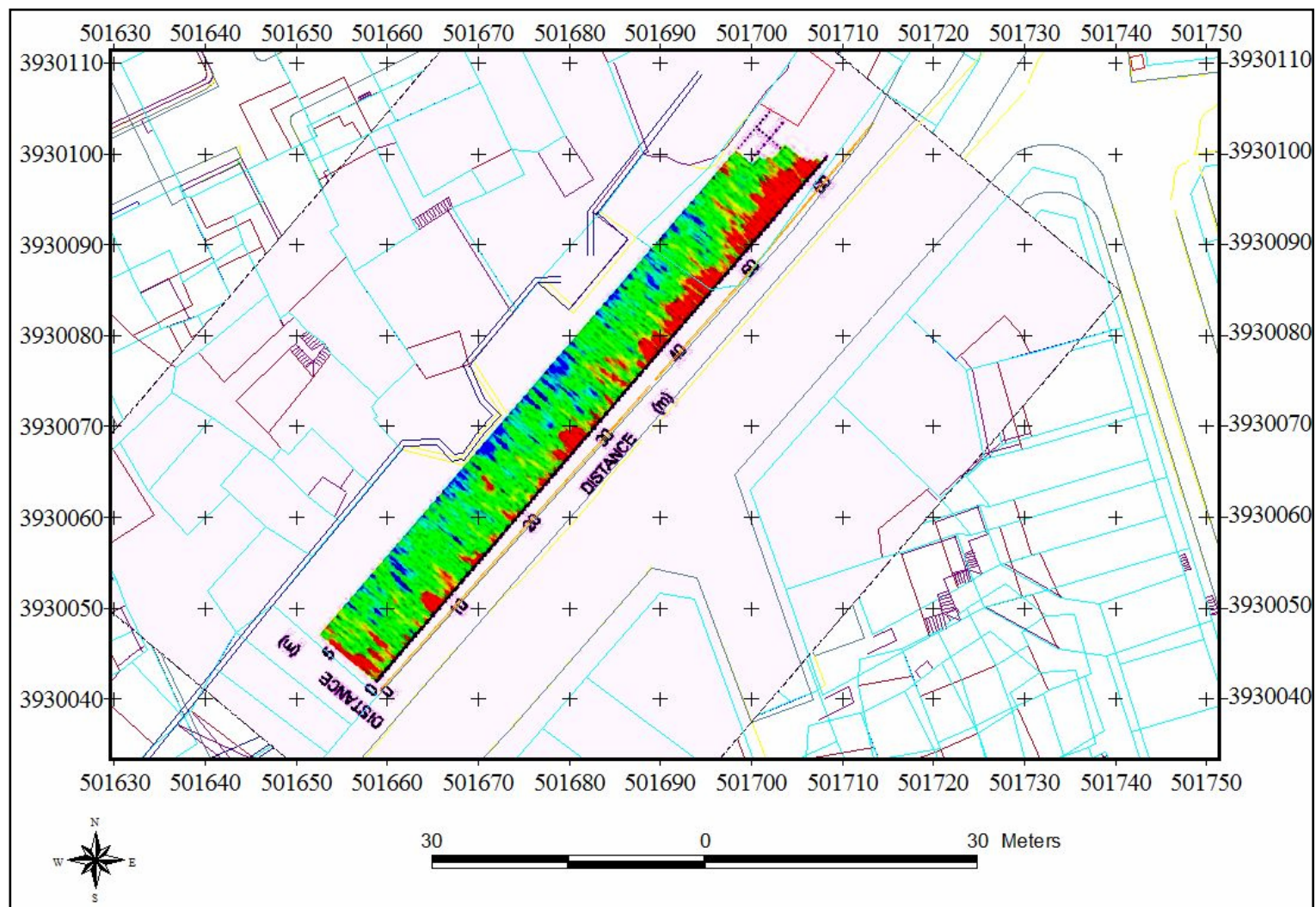
Σχήμα 4.12 : Οριζόντια Τομή γεωραντάρ στα 25 ns (1.25 μέτρα).



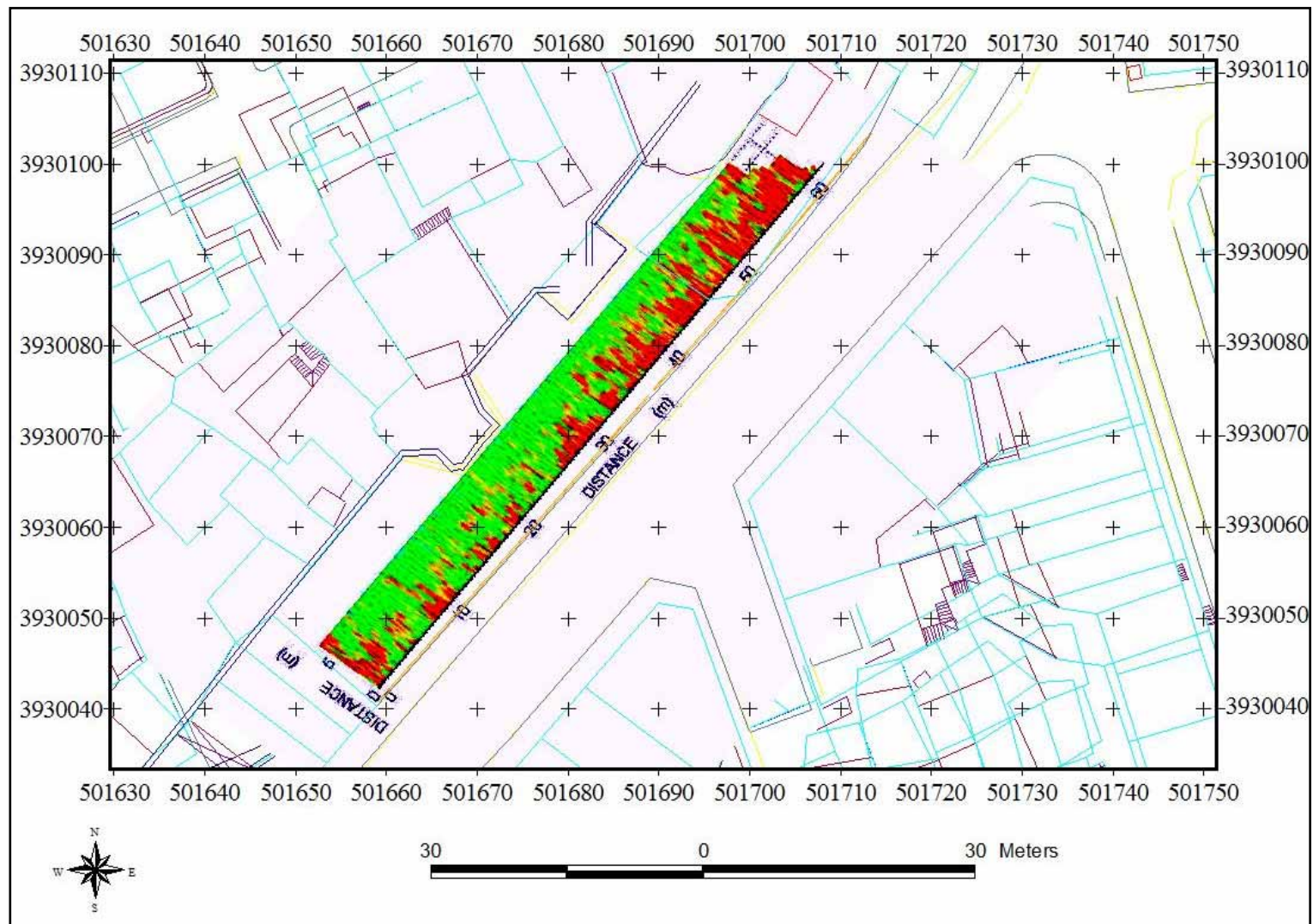
Σχήμα 4.13 : Οριζόντια Τομή γεωραντάρ στα 40 ns (2 μέτρα).



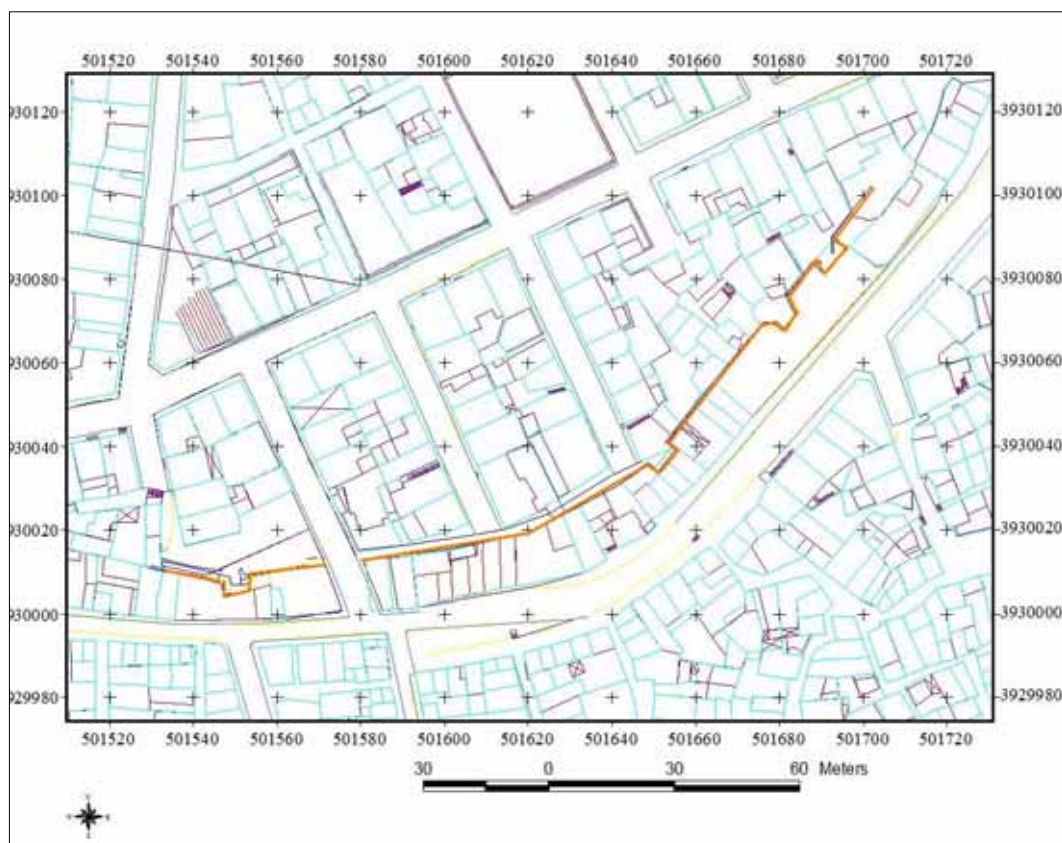
Σχήμα 4.14: Οριζόντια τομή γεωραντάρ στα 15 ns (0.75 μέτρα) κατά Α-Δ.



Σχήμα 4.15 : Οριζόντια τομή γεωραντάρ στα 30 ns (1.5 μέτρα)



Σχήμα 4.16 : Οριζόντια τομή στα 45 ns (2.25 μέτρα).



Σχήμα 4.17: Με πορτοκαλί γραμμή έχει τονιστεί το Βυζαντινό τείχος στην ευρύτερη περιοχή.

Στο σχήμα 4.17 παρουσιάζεται το ορατό τμήμα του Βυζαντινού τείχους των Χανίων. Αξίζει να αναφερθεί ότι το μεγαλύτερο τμήμα του τείχους είναι καλυμμένο από κτίσματα.

4.5 Ενετικό τείχος.

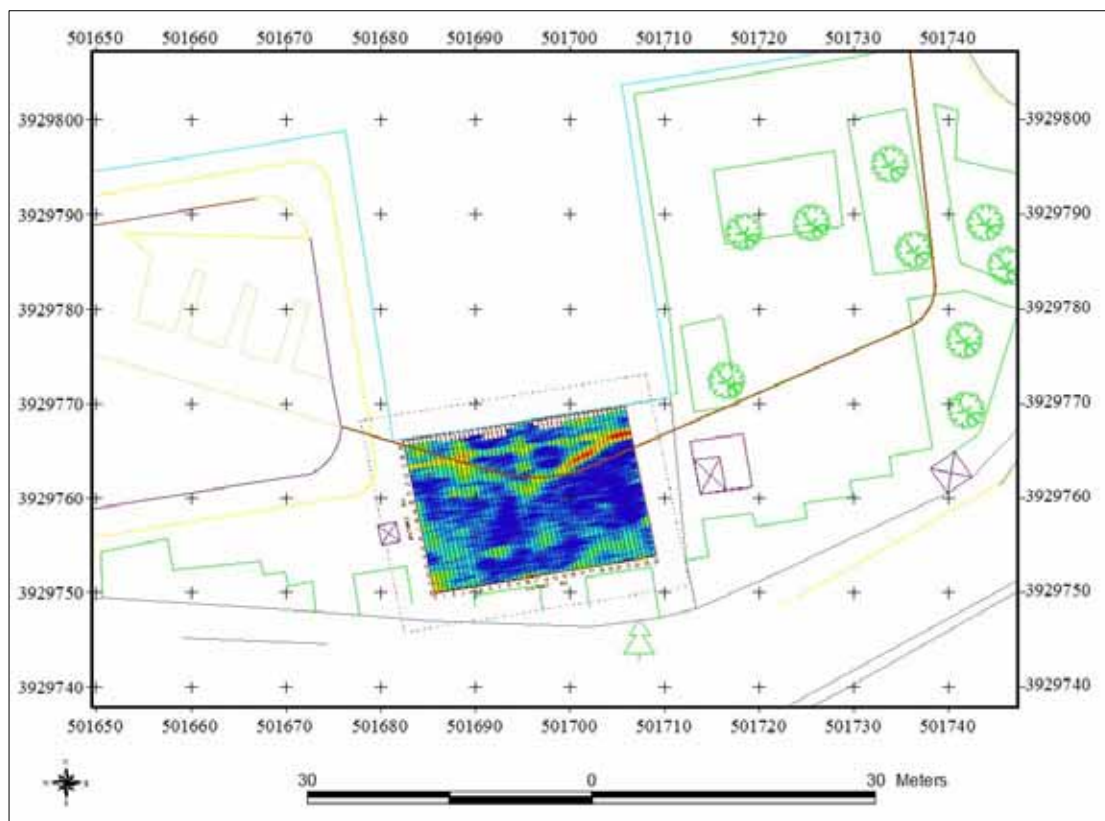
Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τη πλατεία αγοράς των Χανίων και το προαύλιο του αθλητικού γυμνασίου των Χανίων. Στην αγορά διασκοπήθηκαν με το γεωραντάρ 49 γραμμές μελέτης με διεύθυνση B-N και στο αθλητικό γυμνάσιο 180 γραμμές μελέτης με ίδια διεύθυνση.

“Πλατεία αγοράς”

Στο σχήμα 4.18 απεικονίζεται δορυφορική εικόνα με τους δύο παραπάνω καννάβους. Στο σχήμα 4.19, σύμφωνα με στοιχεία της αρχαιολογίας η καφέ γραμμή μπροστά από την αγορά υποδεικνύει τη πιθανή θέση του θαμμένου τμήματος του Ενετικού τείχους. Αξίζει να αναφερθεί ότι τμήμα του τείχους είναι εμφανές στο αριστερό τμήμα της πλατείας.



Σχήμα 4.18 :Δορυφορική εικόνα περιοχών μελέτης, Κεντρική Αγορά Χανίων και στα Β-Α το αθλητικό γυμνάσιο.



Σχήμα 4.19 : Περιοχή Πλατεία αγοράς.

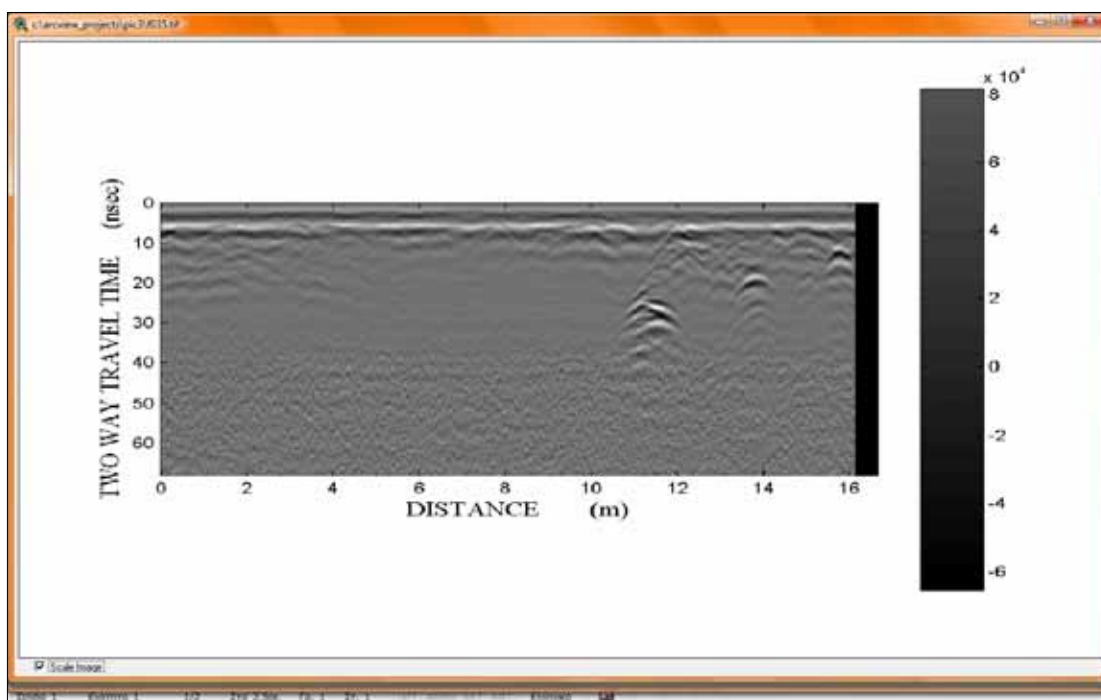
Συγκρίνοντας τις εκτιμήσεις των αρχαιολόγων με κάθε μία από τις γραμμές μελέτης βγαίνουν ασφαλή συμπεράσματα για την ακριβή θέση του τείχους. Για παράδειγμα, στα 17 μέτρα από την αρχή του καννάβου αναμένεται το τείχος στα 11 μέτρα κατά μήκος της γραμμής μελέτης. Τα αποτελέσματα του γεωραντάρ όπως φαίνεται στο σχήμα 4.20 επαληθεύουν αυτή την εκτίμηση.

Στη τομή του σχήματος 4.20 στα 11 μέτρα και στα 20 ns υπάρχει μια ισχυρή ανάκλαση, που υποδηλώνει την ύπαρξη διαφορετικής δομής στο υπέδαφος η οποία αντιστοιχεί στο Ενετικό τείχος.

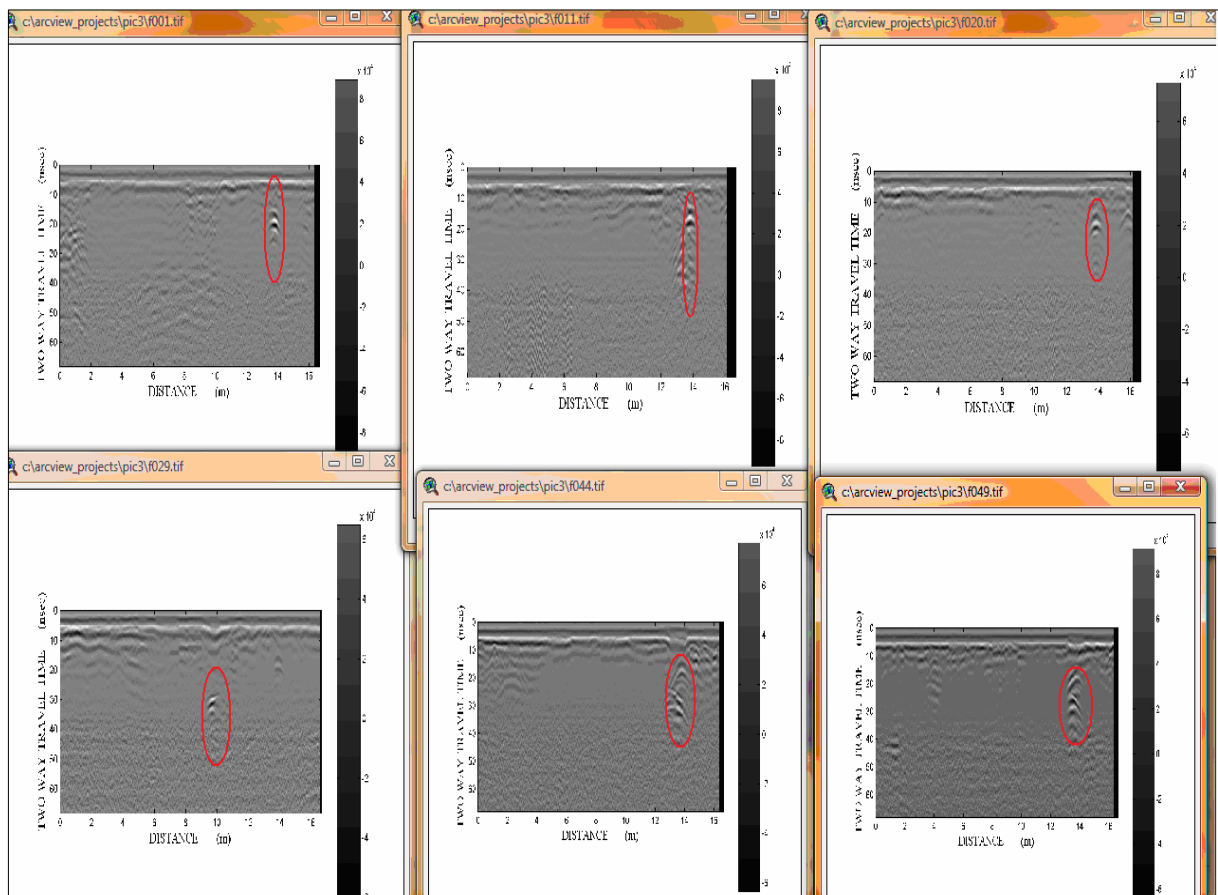
Στο σχήμα 4.21, φαίνονται οι τομές γραμμών μελέτης για τα 0m, 5.5m, 10m, 14.5m, 22m και 24.5m. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι ανακλάσεις που οφείλονται από το Ενετικό τείχος.

Στο σχήμα 4.22, στον ψηφιοποιημένο χάρτη της αγοράς των Χανίων υπερτέθηκε οριζόντια τομή γεωραντάρ που αντιστοιχεί στα 25 ns περίπου. Σε αυτή την οριζόντια τομή η γραμμική ανωμαλία που αποτελείται από δυο ευθύγραμμα τμήματα (κόκκινο-πράσινο χρώμα) αντιστοιχεί σε ισχυρές ανακλάσεις και αποδίδεται στο θαμμένο τμήμα του τείχους.

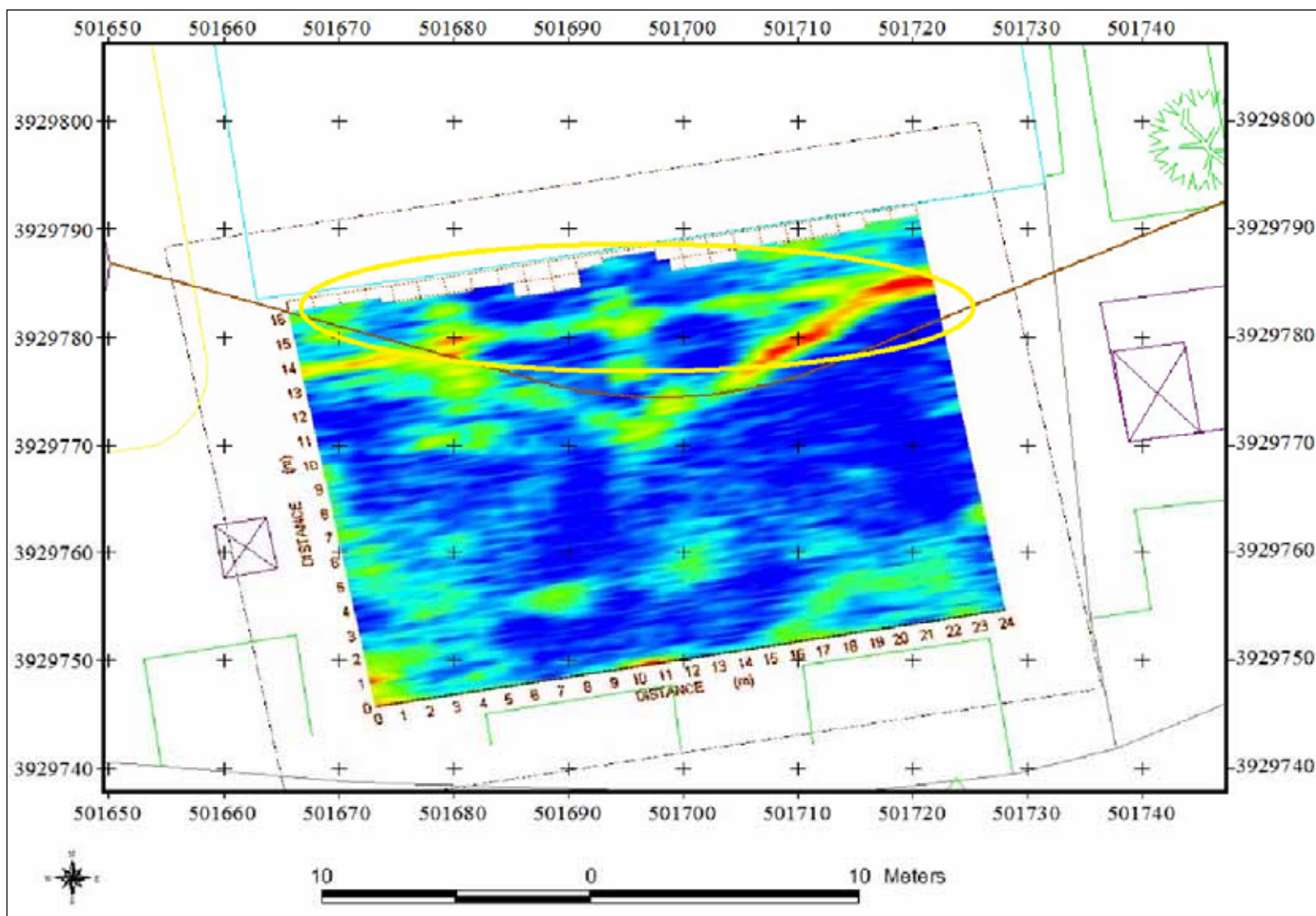
Στο σχήμα 4.22 παρουσιάζεται οριζόντια τομή στα 20 ns. Επίσης παρατηρούνται ανακλάσεις από θαμμένο αγωγό αποχέτευσης ο οποίος είναι παράλληλος στη πρόσοψη της Αγοράς (κίτρινος κύκλος) και απέχει 14 μέτρα από την αρχή του καννάβου (σχήμα 4.19). Αυτό διαπιστώθηκε από τα φρεάτια που υπάρχουν ακριβώς σε αυτό το ύψος των γραμμών μελέτης τα οποία επίσης καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



Απεικόνιση 4.20 : Τομή γεωραντάρ όπως εμφανίζεται από επιλογή hot link στο ArcView.



Απεικόνιση 4.21 : Τομές γραμμών μελέτης γεωραντάρ.



Σχήμα 4.22: Οριζόντια Τομή στη πλατεία αγοράς στα 20 ns.



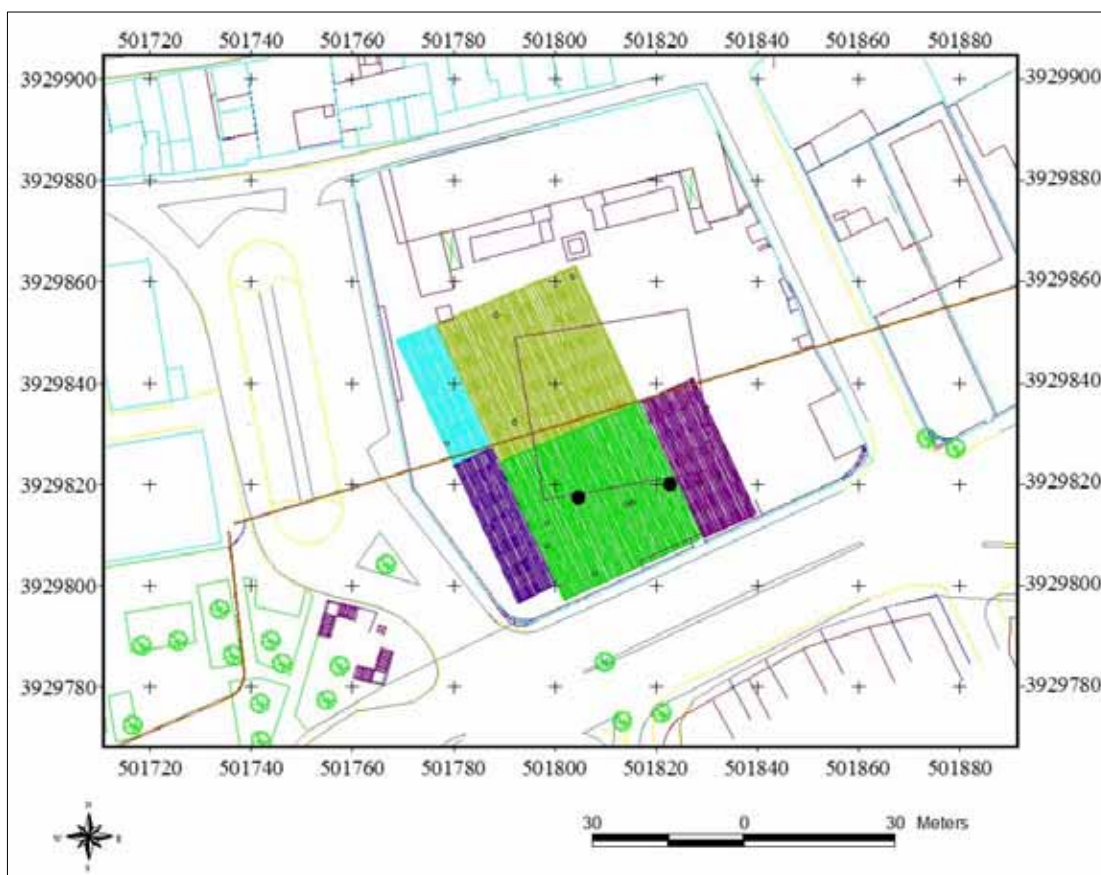
Σχήμα 4.23 : Δορυφορική εικόνα Χανίων.

Στην εικόνα του σχήματος 4.23 φαίνεται μια δορυφορική εικόνα των Χανίων όπου έχει τονιστεί το ορατό τμήμα του Ενετικού τείχους με κόκκινο χρώμα και η πιθανή προέκταση του θαμμένου τείχους με πράσινο χρώμα. Με γαλάζιο χρώμα φαίνονται οι περιοχές μελέτης. Παρατηρώντας την αεροφωτογραφία, συμπεραίνεται, ότι ανάμεσα στις δύο περιοχές μελέτης θα ήταν χρήσιμο να γίνουν συμπληρωματικές μετρήσεις για να επαληθευτεί η θέση του θαμμένου τείχους καθώς σε αυτό το σημείο μεταβάλλεται η διεύθυνσή του.

“ Αθλητικό Γυμνάσιο ”

Στη περιοχή του αθλητικού γυμνασίου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στον προαύλιο χώρο του. Για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων με το γεωραντάρ κατασκευάστηκαν πέντε κάνναβοι. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.24 έχουν σχεδιαστεί με διαφορετικό χρώμα ο καθένας. Η ισαπόσταση των γραμμών μελέτης ήταν 0,5 μέτρα. Η καφέ γραμμή δείχνει τη πιθανή διεύθυνση του θαμμένου τείχους. Γνωστά σημεία για την κατασκευή των καννάβων επιλέχθηκαν οι γωνιές του σχολικού

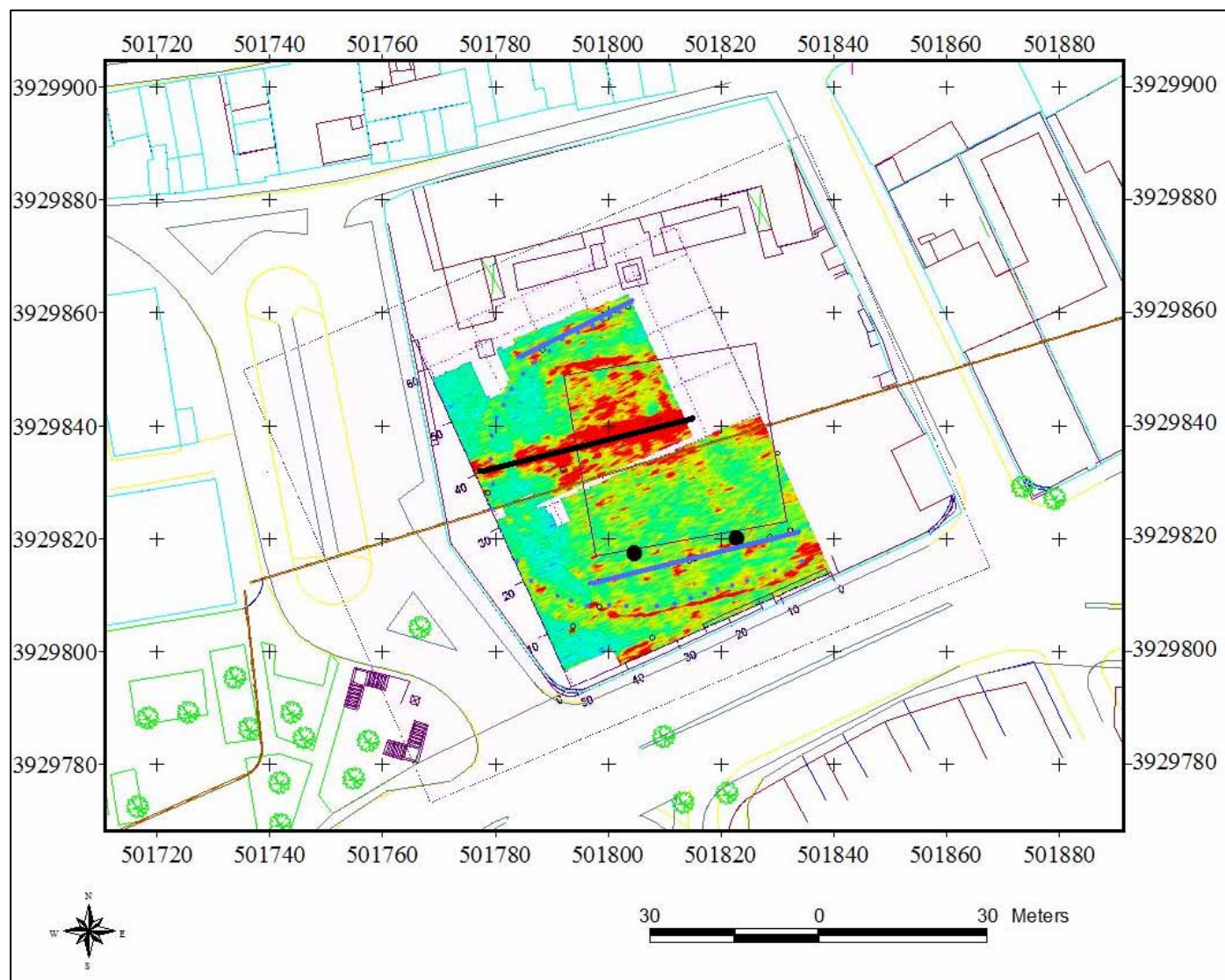
κτηρίου. Ο πρώτος κάνναβος περιλάμβανε 17 γραμμές μελέτης και είχε διαστάσεις 8x27 μέτρα (μωβ χρώμα). Ο δεύτερος κάνναβος σαρώθηκε από 17 γραμμές μελέτης με ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις (γαλάζιο χρώμα). Οι άλλοι κάνναβοι είχαν διαστάσεις 30 x 30 μέτρα (πράσινο και κίτρινο χρώμα) και 30 x 11.5 μέτρα (κόκκινο χρώμα). Συνολικά στη περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν 180 γραμμές μελέτης.



Σχήμα 4.24 : Αθλητικό γυμνάσιο Χανίων

Στην περιοχή αυτή εκτός από το Ενετικό τείχος υπήρχαν πολλοί αγωγοί και άλλα μεταλλικά αντικείμενα όπως μπασκέτες, κολόνες πετοσφαίρισης κλπ, τα οποία επηρεάζουν καταγραφές του γεωραντάρ όπως φαίνεται σε οριζόντια τομή στα 35 ns δηλαδή περίπου στα 1,75m βάθος (Σχήμα 4.25). Επίσης καταγράφηκαν ανακλάσεις που οριοθετούν το ταρτάν του αθλητικού χώρου (μπλε κουκίδες) καθώς και σε αγωγούς ύδρευσης (μπλε γραμμές,).

Το Ενετικό τείχος καταγράφεται στη τομή πιο βόρεια από την εκτιμώμενη θέση του τείχους από την αρχαιολογία (μαύρη γραμμή).

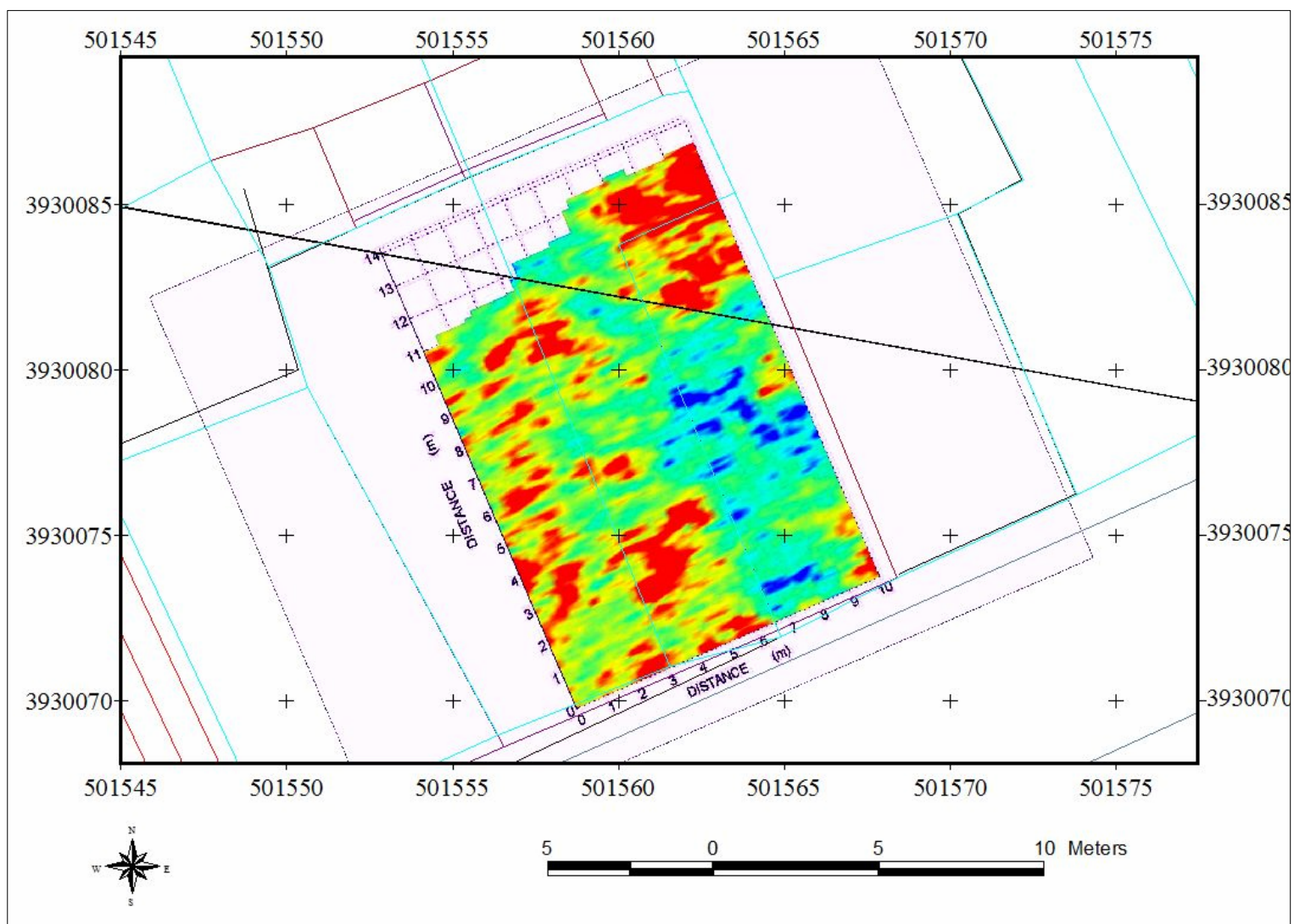


Σχήμα 4.25 : Οριζόντια τομή στα 1.75 μέτρα βάθος, (35 ns) στο Αθλητικό Γυμνάσιο.

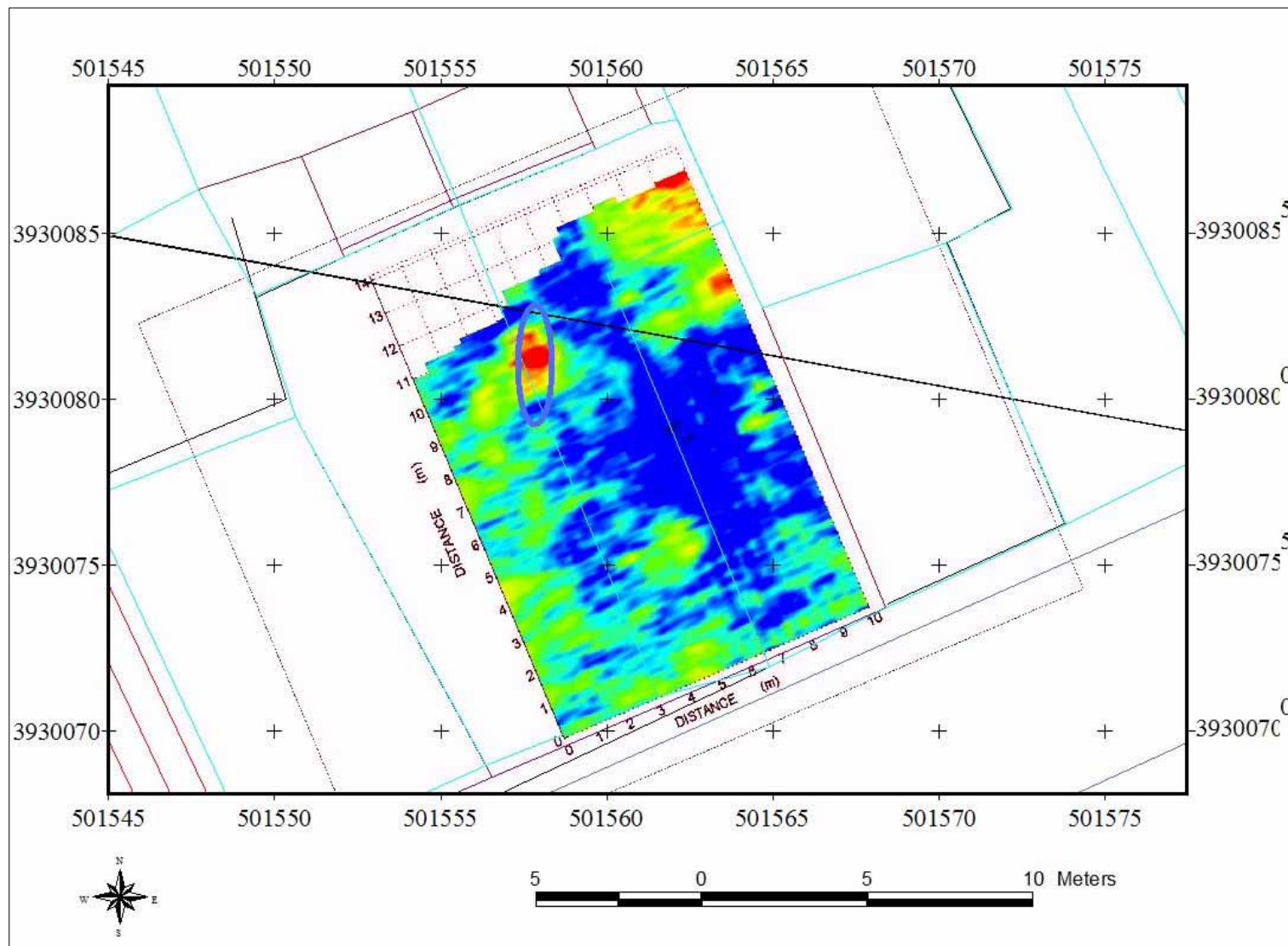
4.6 Περιοχή οδός Κανεβάρο

Στην οδό Κανεβάρου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τη μέθοδο του γεωραντάρ. Χρησιμοποιήθηκαν κεραίες με κεντρική συχνότητα 400 MHz, ισοαπόσταση γραμμών ίση με 0.25 m και βήμα 0.05 m, με στόχο τον εντοπισμό δομών με αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Στην εικόνα του σχήματος 4.26 φαίνεται η οριζόντια τομή 15 ns (περίπου 0.75 μέτρα βάθος). Λόγω του μικρού βάθους, δε μπορούν να βγουν έγκυρα συμπεράσματα καθώς σε όλη την επιφάνεια της περιοχής μελέτης παρατηρούνται ανακλάσεις.

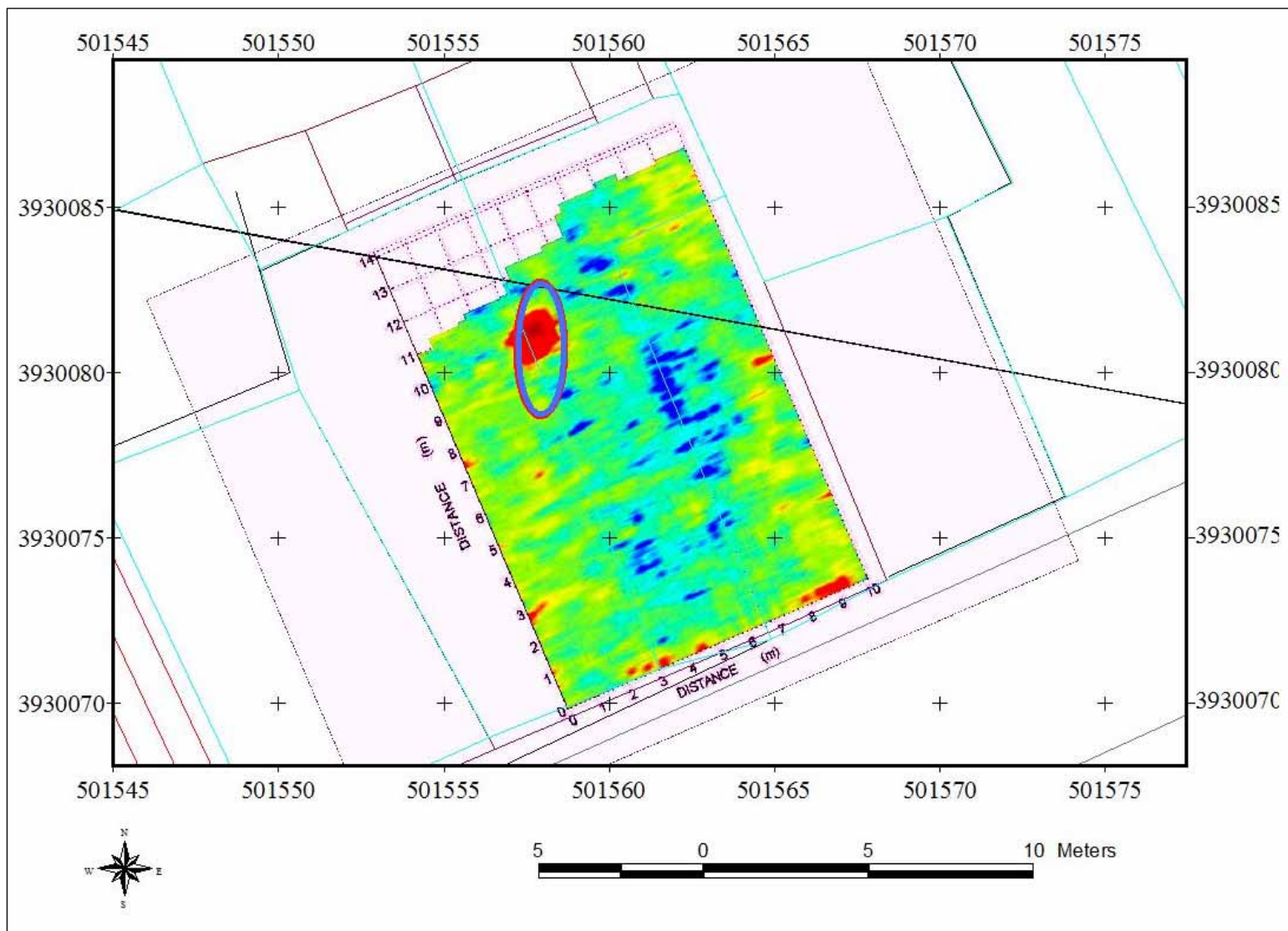
Στο σχήμα 4.27, παρουσιάζεται οριζόντια τομή στα 30 ns (1.5 m βάθος). Σε αυτή τη τομή καταγράφονται έντονες ανακλάσεις με κόκκινο χρώμα (μπλε κύκλος). Ακολουθεί οριζόντια τομή στα 45 ns (2.45 m βάθος), που απεικονίζεται στο σχήμα 4.28. Σε αυτή τη τομή με το μπλε κύκλο έχει τονιστεί η περιοχή ενδιαφέροντος. Από την ανασκαφή αποκαλύφθηκε σε αυτό το σημείο ένας αρχαίος φούρνος.



Σχήμα 4.26 :Οριζόντια Τομή στα 0,75 m βάθος.(15 ns)



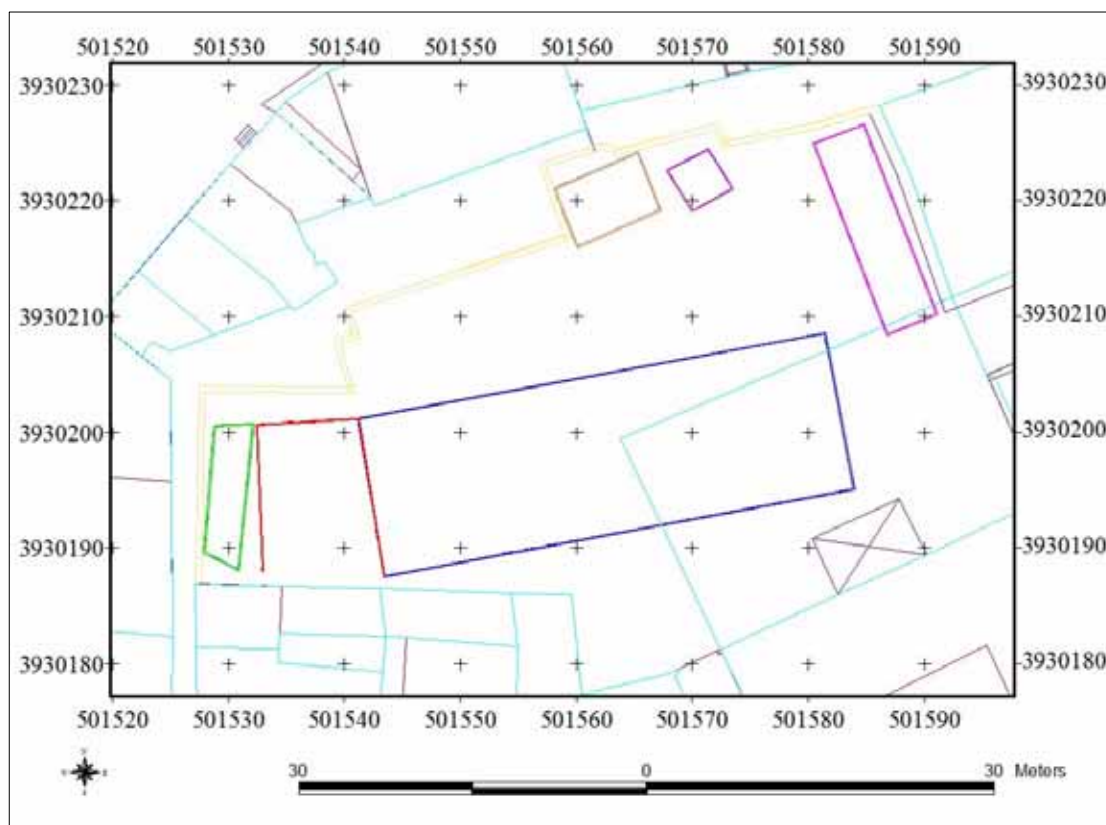
Σχήμα 4.27 : Οριζόντια Τομή στα 1.5 μέτρα βάθος (30 ns).



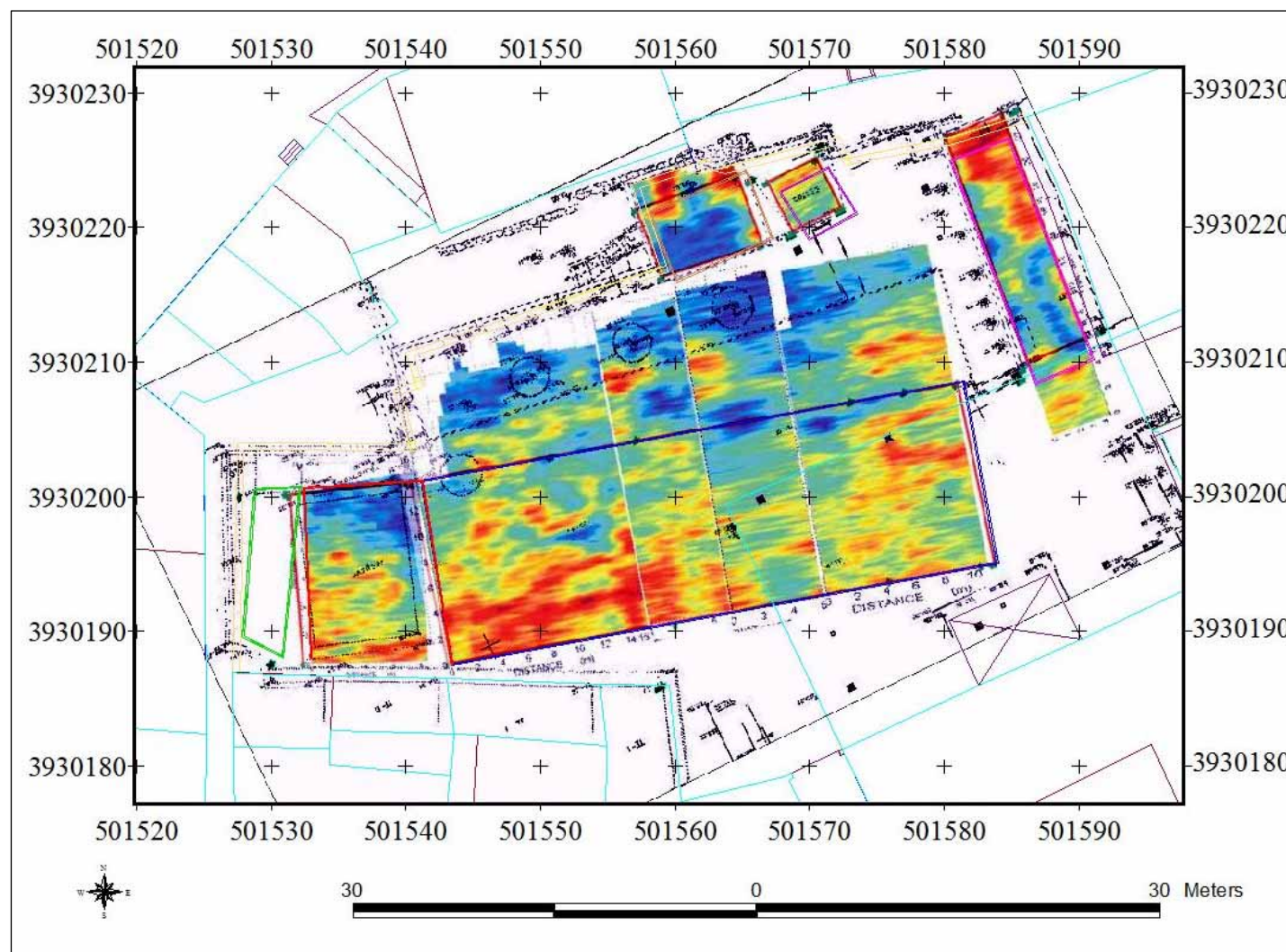
Σχήμα 4.28 : Οριζόντια τομή Από τη περιοχή μελέτης στα 2.25 m βάθος (45 ns).

4.7 Περιοχή- Λόφος Καστέλι

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο λόφο Καστελίου στη παλιά πόλη των Χανίων. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη περιοχή ήταν αυτή του γεωραντάρ. Διασκοπήθηκαν 138 γραμμές μελέτης σε έξι καννάβους με προσανατολισμό Νότο Βορά και ισαπόσταση γραμμών 0.5 m και βήμα διασκόπησης ίσο με 0.05m. Στο σχήμα 4.29 φαίνονται οι κάνναβοι με διαφορετικό χρώμα, καθώς και η ευρύτερη περιοχή μελέτης όπως σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα ArcView. Οι κάνναβοι σχεδιαστήκαν πάνω στο χάρτη παίρνοντας σαν σημεία αναφοράς τα κτήρια της περιοχής καθώς και από το υπάρχον τείχος. Στο σχήμα 4.30, φαίνεται μια οριζόντια τομή από όλους τους καννάβους της περιοχής. Μπορούμε να διακρίνουμε το κίτρινο και κόκκινο χρώμα που δείχνουν τις έντονες ανακλάσεις και αντιστοιχούν σε γραμμικές δομές στο υπέδαφος με αρχαιολογικό ενδιαφέρον, οι οποίες προέρχονται από ανθρωπογενείς παράγοντες. Η οριζόντια τομή αντιστοιχεί στα 20 nsec δηλαδή σε βάθος περίπου 70 εκατοστά. Σαν γενικό συμπέρασμα, μπορούμε να πούμε ότι το Νότιο μέρος της περιοχής μελέτης περικλείει πιθανές δομές αρχαιολογικού ενδιαφέροντος ενώ το Βόρειο τμήμα όχι .



Σχήμα 4.29: Καννάβοι περιοχή Πρυτανείας.



Σχήμα 4.30 : Οριζόντια τομή όλων των καννάβων (20 ns).

Ο σκοπός όμως της έρευνας ήταν να εντοπιστεί, αν υπάρχει, προέκταση μιας σφήνας πάνω στο τείχος που φαίνεται από τη βόρεια πλευρά της περιοχής μελέτης. Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει καμία προέκταση από το τείχος στη περιοχή μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εισαγωγή γεωφυσικών δεδομένων σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, η επεξεργασία τους και η ερμηνεία τους οδήγησαν σε κάποια συμπεράσματα όσον αφορά τη απεικόνιση γεωφυσικών δεδομένων με Γ.Σ.Π.

Σε ένα Γ.Σ.Π. καθίσταται πιο εύκολη και πιο αποτελεσματική η διαχείριση γεωφυσικών δεδομένων. Επίσης παρέχεται μεγάλη ευκολία στη σύγκριση διαφορετικών γεωφυσικών δεδομένων καθώς με τη χρήση Γ.Σ.Π. τα γεωφυσικά δεδομένα συγκεντρώνονται σε ένα σύνολο γραφικών και μια βάση δεδομένων. Παράλληλα, σημαντικό προτέρημα των Γ.Σ.Π. είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση των δεδομένων, κάτι που βοηθάει στη καλύτερη κατανόηση του χώρου μελέτης και στη πιο έγκυρη ερμηνεία των γεωφυσικών μεθόδων.

Με τη χρήση του Γ.Σ.Π για την ανάλυση και ερμηνεία των γεωφυσικών δεδομένων, είναι δυνατός ο εντοπισμός της ακριβούς θέσης του προτειχίσματος στην οδό Σήφακα. Έγινε σύγκριση διαφορετικών γεωφυσικών μεθόδων για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων και συνδυάζοντας τα αποτελέσματα με το τοπογραφικό χάρτη της περιοχής διαπιστώθηκε ότι το προτείχισμα είναι σχεδόν παράλληλο με το πεζοδρόμιο της οδού.

Στην περιοχή της αγοράς εκτιμήθηκε η διεύθυνση για τη πορεία του Ενετικού τείχους, και τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούσαν σε μεγάλο βαθμό με το υπάρχον τμήμα του τείχους στο δυτικό μέρος άλλα και με τις εκτιμήσεις της αρχαιολογίας. Επίσης, έγινε εντοπισμός του τείχους και ανατολικότερα, στο προαύλιο χώρο του αθλητικού γυμνασίου. Λόγω της αλλαγής τη διεύθυνσης τους τείχους θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθεί έρευνα ανάμεσα στις δύο περιοχές μελέτης. Ενδιαφέρον θα είχε η έρευνα και 6-8 μέτρα μπροστά από την είσοδο της αγοράς για τον εντοπισμό του προτειχίσματος.

Στη περιοχή μελέτης στην οδό Κανεβάρο εντοπίστηκαν δομές που οφείλονται σε ανθρωπογενείς παράγοντες. Μετέπειτα ανασκαφές φανέρωσαν ένα αρχαίο φούρνο στην περιοχή όπου τα δεδομένα γεωραντάρ εμφάνιζαν ισχυρές ανακλάσεις.

Τέλος στο λόφο Καστελίου ερευνήθηκε η συνέχιση ή μη μιας δομής του τείχους που ήταν φανερή από τη βόρεια μεριά, αλλά τελικά αποδείχτηκε ότι μόνο η νότια περιοχή μελέτης είχε αρχαιολογικό ενδιαφέρον.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ν. Οικονόμου « Παρουσίαση και ερμηνεία γεωφυσικών δεδομένων με τη χρήση γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών» ,Μεταπτυχιακή εργασία 2002
- [2] <http://www.explorecrete.com/chania/GR-Chania-history.html>
- [3] Ε. Σάκουλα «Γεωφυσική διασκόπηση στο χώρο στάθμευσης του κτιρίου της διοίκησης του πολυτεχνείου με τη μέθοδο του γεωραντάρ», Διπλωματική Εργασία 2008.
- [4] Βαφείδης Αντώνιος Σημειώσεις μαθήματος «Γεωφυσική Ι»
- [5] Σπανουδάκης Νικόλαος «Ανάπτυξη μεθόδων επεξεργασίας δεδομένων Γεωραντάρ και εφαρμογή σε περιβαλλοντικά προβλήματα» Μεταπτυχιακή εργασία 2002
- [6] Καπαγερίδης Ιωάννης Κ. «Εισαγωγή στα γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών » Σημειώσεις μαθήματος
- [7] http://el.wikipedia.org/wiki/ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ_ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ_ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
- [8] <http://marathondata.gr/arcview.html> MDS marathon data systems
- [9] ArcView GIS, 1996 ESRI PRESS, USA
- [10] Benson A (1995). Application of ground penetrating radar in assessing some geological hazards. Examples of groundwater of contamination, faults and Cavities.
- [11] Brewster M Annan P (1994) Ground penetrating radar monitoring of a DNAPL release : 200MHz. Geophysics vol 59, pp 1211-1221

- [12] Reynolds J. (1995) An Introduction to applied and environmental geophysics. John Wiley and Sons.
- [13] Μανιάτης Γ. 1993, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.