



**ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ**

**ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΟΝ  
ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΝΕΟΥ  
ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ **ΚΑΪΣΜΑΡΙΔΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑ**

ΤΕΛΕΙΟΦΟΙΤΟΣ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
**ΤΣΟΚΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2004



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>                                                                         | <b>5</b>  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>                                                 | <b>7</b>  |
| 1.1. ΓΕΝΙΚΑ .....                                                                             | 7         |
| 1.2. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑ .....                                              | 8         |
| 1.3. ΠΡΟΣΦΑΤΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΩΝ<br>ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ<br>ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ..... | 9         |
| 1.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗΝ<br>ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....                      | 12        |
| 1.5. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗΝ<br>ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....                     | 13        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ<br/>ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ .....</b>            | <b>14</b> |
| 2.1. ΓΕΝΙΚΑ .....                                                                             | 14        |
| 2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ .....                                                    | 15        |
| 2.3. α) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ.....                                                       | 16        |
| 2.3. β) ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ.....                                                       | 17        |
| 2.4. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ .....                                                              | 18        |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΑΝΙΧΝΕΥΣΙΜΕΣ ΔΟΜΕΣ ΣΤΗ**

### **ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ..... 23**

3.1. ΓΕΝΙΚΑ ..... 23

3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ..... 25

3.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ..... 27

3.4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΑΦΗΣ ..... 28

3.5. ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ..... 29

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ..... 31**

4.1. ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ..... 31

4.2. ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ..... 31

4.3. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ..... 32

4.4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ..... 33

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

### **ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ..... 34**

5.1. ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ..... 34

5.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ..... 36

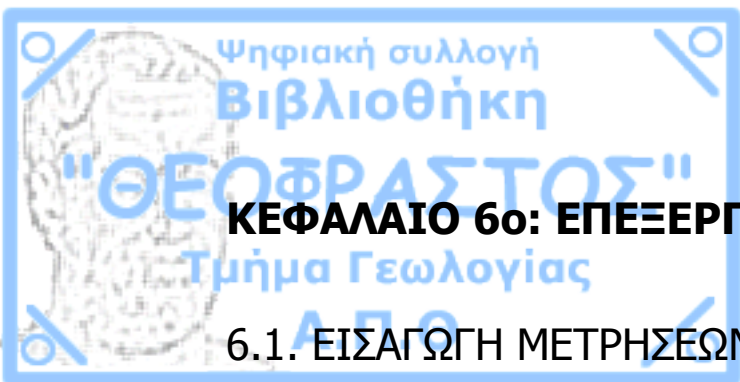
5.3. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ..... 37

5.4. ΤΡΟΠΟΣ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ..... 38

5.5. ΑΛΛΑΓΗ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ..... 40

5.6. ΑΝΑΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ..... 41

5.7. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΑΝΝΑΒΩΝ ..... 41



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ..... 42**

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΑ ΑΡΧΕΙΩΝ ..... 42

6.2. DUMMY ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ DUMMY GRIDS..... 46

6.3. ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ..... 47

6.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ..... 48

6.4.1. Ακίδες θορύβου (noise spikes)..... 48

6.4.2. Αντιστοιχία άκρων (Edge math) ..... 49

6.4.3. Εξομάλυνση (Smoothing) ..... 50

6.4.4. Παρεμβολή (Interpolation) ..... 51

6.4.5. Γραφική παράσταση στην επεξεργασία και χρήση  
της συμπίεσης (Proccession and Compression) ..... 52

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ..... 54**

7.1. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΧΑΡΤΗ ..... 54

7.2. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΘΑΜΜΕΝΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ. 56

**ΕΠΙΛΟΓΟΣ ..... 58**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ..... 59**



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει σα σκοπό την ανίχνευση αρχαιολογικών δομών σε συγκεκριμένο χώρο δίπλα σε μία παλαιότερη ανασκαφή, σε απόσταση 2Km περίπου από το χωριό Νέο Μοναστήρι, με την ηλεκτρική διασκόπηση. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν, θα αποτελέσουν βοήθημα για τους αρχαιολόγους που θα ασχοληθούν με την ανασκαφή της περιοχής.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι βασικές αρχές και έννοιες της Γεωφυσικής, ο τρόπος που ασχολείται η γεωφυσική διασκόπηση με την αρχαιομετρία.

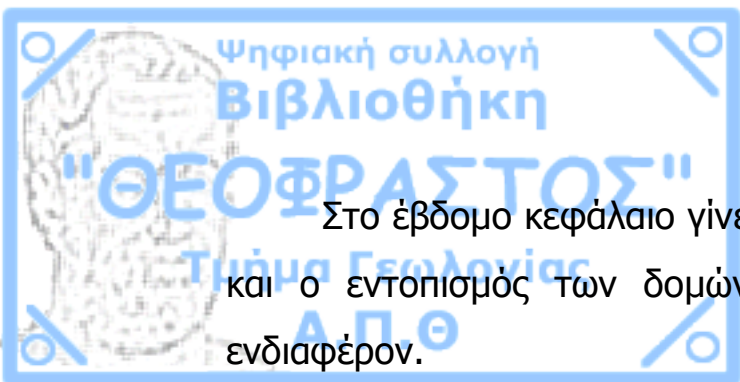
Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης, συγκεκριμένα στη μέθοδο ειδικής αντίστασης και σε διάφορες διατάξεις που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική διασκόπηση.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο εντοπίζονται οι θαμμένες αρχαιότητες, καθώς και ένας αριθμός από παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την ανίχνευση των θαμμένων αρχαιολογικών δομών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται χρήσιμα στοιχεία για την περιοχή, για την ιστορία και την γεωλογία της.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται το όργανο που χρησιμοποιήθηκε και με λεπτομέρεια η διαδικασία λήψης των μετρήσεων.

Στο έκτο κεφάλαιο εξηγείται ο τρόπος επεξεργασίας των μετρήσεων, καθώς και το περιβάλλον του προγράμματος Geoplot.



Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και ο εντοπισμός των δομών που παρουσιάζουν αρχαιολογικό ενδιαφέρον.

Με το πέρας της παρούσης διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Καθηγητή Γρ.Ν. Τσόκα του Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. για την συνεχή καθοδήγηση και την βοήθεια του στην επίλυση επιστημονικών προβλημάτων που προέκυψαν, καθώς επίσης και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με άλλους, πιο ενδιαφέροντες για μένα, τομείς της γεωφυσικής έρευνας.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Γιώργο Βαργιεμέζη (Ειδικό Επιστημονικό προσωπικό του τομέα Γεωφυσικής) για την μεγάλη συμμετοχή και βοήθεια στην λήψη και στην επεξεργασία των μετρήσεων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Αλεξάνδρα Κυριακίδου για την συνεχή παρακολούθηση και τη μεγάλη συμμετοχή της στην συγγραφή της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

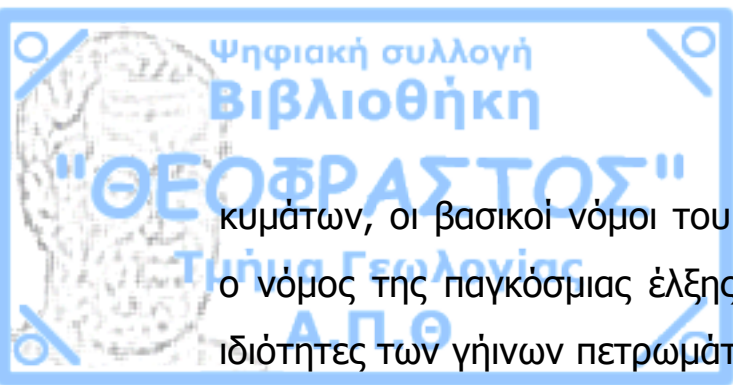
### 1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Γεωφυσική με την ευρύτερη έννοια του όρου είναι η επιστήμη που μελετά τη δομή της Γης με βάση θεμελιώδεις νόμους της Φυσικής. Αντικείμενο της εφαρμοσμένης Γεωφυσικής είναι η εφαρμογή γεωφυσικών μεθόδων διασκόπησης στα επιφανειακά στρώματα του γήινου φλοιού με σκοπό τη λύση προβλημάτων πρακτικού ενδιαφέροντος και τον εντοπισμό γεωλογικών συνθηκών οικονομικής σημασίας.

Γεωφυσική Διασκόπηση είναι η μελέτη της δομής επιφανειακών στρωμάτων του γήινου φλοιού, που είναι απρόσιτα στην άμεση παρατήρηση με βάση τις μετρήσεις γεωφυσικών μεγεθών.

Οι μετρήσεις των μεγεθών και τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης αυτών είναι: οι χρόνοι διαδρομής των τεχνητά παραγόμενων ελαστικών κυμάτων με τα σεισμόμετρα, η ένταση του πεδίου βαρύτητας με τα βαρυτόμετρα, η ένταση του μαγνητικού πεδίου με τα βολτόμετρα κ.ά.. Τις μετρήσεις τις περνούμε σε ορισμένη απόσταση από τη δομή προς καθορισμό.

Οι μετρήσεις των μεγεθών αυτών χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό άλλων μεγεθών, που περιγράφουν πιο άμεσα τις ιδιότητες των γήινων πετρωμάτων. Βασιζόμενοι σε θεμελιώδεις αρχές, όπως οι νόμοι της διάθλασης και της ανάκλασης των



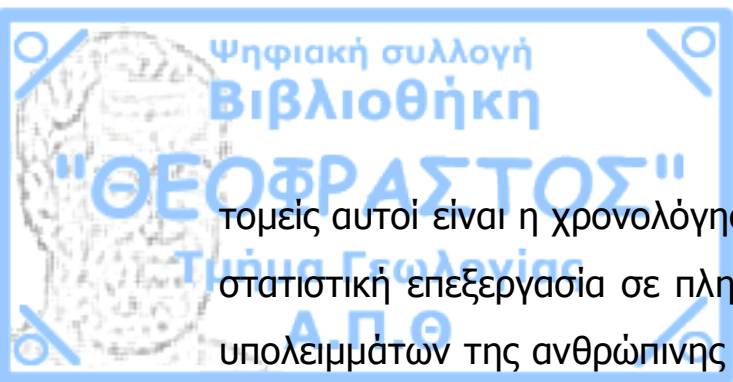
κυμάτων, οι βασικοί νόμοι του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού, ο νόμος της παγκόσμιας έλξης κ.λπ., προσδιορίζουμε τις φυσικές ιδιότητες των γήινων πετρωμάτων, όπως η ταχύτητα διάδοσης των ελαστικών κυμάτων, η πυκνότητα των πετρωμάτων, η μαγνητική επιδεκτικότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.ά.. Είναι χρήσιμο να διευκρινίσουμε εδώ ότι όταν πραγματοποιούμε μια Γεωφυσική Διασκόπηση ενδιαφερόμαστε για τις μεταβολές των τιμών των διαφόρων μεγεθών και όχι γι' αυτές καθ' αυτές τις τιμές. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται σε ανωμαλίες της δομής του γήινου φλοιού.

## **1.2. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑ**

Οι διασκοπήσεις με σκοπό τον εντοπισμό αρχαιοτήτων παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από τις περισσότερες γνωστές εφαρμογές της Γεωφυσικής στην έρευνα για τον εντοπισμό δομών οικονομικής σημασίας. Οι διαφορές αυτές απορρέουν κυρίως από την μεγάλη διακριτική ικανότητα που απαιτείται και το γεγονός ότι το βάθος ταφής σπάνια λαμβάνεται υπόψη. Στην Ελλάδα η εφαρμογή της Γεωφυσικής στο συγκεκριμένο πεδίο άρχισε με τη δεκαετία του 1980. Ο αριθμός των αρχαιολογικών χώρων που εξερευνήθηκε με γεωφυσικές μεθόδους είναι μικρός σε σχέση με τον αριθμό των ανασκαφών που διεξάγονται.

Τα τελευταία χρόνια Αρχαιολογική επιστήμη έχει δώσει έμφαση στη βοήθεια των θετικών επιστημών στην προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων σε διάφορους τομείς της έρευνας. Οι



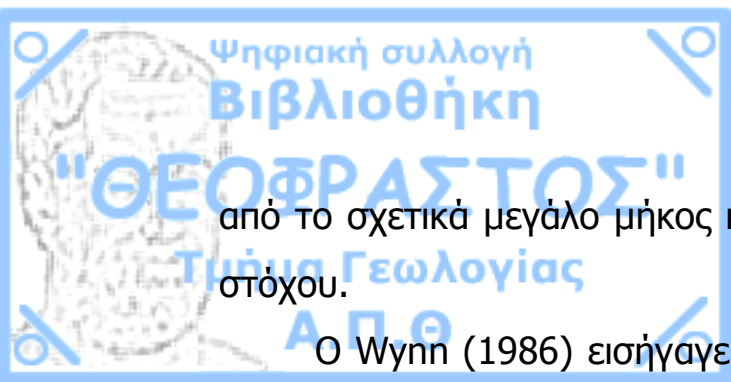


τομείς αυτοί είναι η χρονολόγηση και η προέλευση αντικειμένων, η στατιστική επεξεργασία σε πληθυσμούς οργανικών και ανόργανων υπολειμμάτων της ανθρώπινης δραστηριότητας κατά το παρελθόν, αλλά και ο εντοπισμός αρχαιοτήτων χωρίς ανασκαφή. Το σύνολο των μεθόδων και τεχνικών που βρίσκουν κάποια εφαρμογή στην αρχαιολογική έρευνα αποτελεί μια επιστημονική ενότητα που πήρε το όνομα "Αρχαιομετρία".

### **1.3. ΠΡΟΣΦΑΤΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΩΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ**

Το σύνολο των μεθόδων και τεχνικών των θετικών επιστημών οι οποίες βρίσκουν κάποια εφαρμογή στην Αρχαιολογία αποτέλεσε μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο μια αυτοτελή επιστημονική οντότητα. Αρχικά ονομάστηκε "Αρχαιοφυσική", αλλά σύντομα επικράτησε ο γενικότερος και σωστότερος όρος "Αρχαιομετρία". Η νέα αυτή οντότητα αποτελούσε ουσιαστικά ένα σύνολο τεχνικών και μεθόδων, οι οποίες ήταν περισσότερο ή λιγότερο γνωστές αλλά είχαν όμως χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη λύση άλλων προβλημάτων και προφανώς συνέβαλαν επιτυχώς στη λύση αρχαιολογικών προβλημάτων. Με τον καιρό όμως φάνηκε ότι δεν ήταν αρκετή η επιτυχής προσαρμογή τους στην Αρχαιολογία, ότι έπρεπε οι ίδιες αυτές μέθοδοι να εξελιχθούν και επίσης να αναπτυχθούν νέες. Έτσι, από το στάδιο του υβριδισμού περάσαμε στο στάδιο της αυτοτελούς ανάπτυξης, γεγονός που έδωσε μεγάλη





από το σχετικά μεγάλο μήκος κύματος ως προς τις διαστάσεις του στόχου.

Ο Wynn (1986) εισήγαγε τον όρο "γεωφυσικές διασκοπήσεις μεγάλης διακριτικής ικανότητας" ως γενική περιγραφή. Ο όρος αυτός είναι πράγματι δόκιμος, γιατί οι ανωμαλίες που καταγράφονται στην αρχαιολογική εξερεύνηση είναι κατά πολύ μικρότερου μήκους κύματος αυτών που συνήθως συναντώνται στις άλλες εξερευνήσεις (π. χ. μεταλλευτική έρευνα, τεχνική Γεωφυσική κ.α. ). Το γεγονός αυτό, δίνει, και την πραγματική διάσταση των γεωφυσικών διασκοπήσεων στην αρχαιολογία. Τα σήματα που λαμβάνονται στους φωρατές των οργάνων είναι μικρού μήκους κύματος και μικρού πλάτους. Δηλαδή, βρίσκονται λίγο ψηλότερα από τη στάθμη του θορύβου και απαιτούν πολύ μικρό βήμα δειγματοληψίας για να αποδοθούν χωρίς σφάλματα.

Σε αντιδιαστολή με οποιαδήποτε άλλη συμβατική επεξεργασία φυσικών δεδομένων, στις "αρχαιολογικές διασκοπήσεις" χρησιμοποιούνται περισσότερο οι τεχνικές οπτικής ενίσχυσης και επεξεργασίας εικόνων. Επομένως οι τεχνικές παρεμβολής, ενίσχυσης ,γραμμικών στοιχείων, τεχνικού φωτισμού και σύμπτυξης εικόνων εφαρμόζονται ευρέως με σκοπό την παρουσίαση των γεωφυσικών χαρτών μορφή τέτοια που να προσομοιάζουν το αποτέλεσμα της ανασκαφής (Scollar et al., 1986, 1990).





### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Με την εφαρμογή των ηλεκτρικών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης επιδιώκεται ο καθορισμός των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης, με μετρήσεις ηλεκτρικών ποσοτήτων στην επιφάνεια της Γης. Ηλεκτρικό ρεύμα εισάγεται στο έδαφος και η ποσότητα που μετράμε είναι η ηλεκτρική τάση. Η μετρούμενη διαφορά δυναμικού αντικατοπτρίζει την δυσκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα στο υπέδαφος, δίνοντας έτσι μια ένδειξη για την ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους. Η ηλεκτρική αντίσταση είναι η ποσότητα που παρουσιάζει περισσότερο ενδιαφέρον και της οποίας επιδιώκεται ο καθορισμός και η μελέτη της κατανομής των τιμών της μέσα στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της Γης.

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται κυρίως, στην αναζήτηση μεταλλευμάτων και γεωθερμικών πεδίων, στην Υδρογεωλογία και στην Τεχνική Γεωλογία. Μία από τις σπουδαιότερες ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης, είναι η μέθοδος της ειδικής αντίστασης, της οποίας η χρήση στην αρχαιομετρία θα αναπτυχθεί σε αυτή την εργασία.

## 2.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Ο ηλεκτρισμός άγεται στο έδαφος σύμφωνα με την διαδικασία της ηλεκτρόλυσης. Το πόσο εύκολα ή δύσκολα μπορεί να γίνει αυτό εξαρτάται από την ποσότητα του νερού, το οποίο συγκρατείται στους πόρους των πετρωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι η αγωγιμότητα του εδάφους εξαρτάται άμεσα και σε μεγάλο βαθμό τόσο από το πορώδες όσο και από την υγρασία των πετρωμάτων αυτού. Έτσι σκληρά και συμπαγή πετρώματα, όπως ο γρανίτης, είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, ενώ περισσότερο πορώδη πετρώματα είναι καλύτεροι αγωγοί. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι όσο μεγάλο και αν είναι το πορώδες ενός πετρώματος, η αγωγιμότητα αυτού δεν μπορεί να φθάσει την αγωγιμότητα σαθρών ιζημάτων, όπως η άμμος και η άργιλος.

Στον πίνακα 1, που ακολουθεί, παρατίθενται ορισμένες ενδεικτικές τιμές της αντίστασης των πετρωμάτων. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές γιατί, όπως έχουμε προαναφέρει, η αγωγιμότητα και η αντίσταση εξαρτάται από την υγρασία των πετρωμάτων.

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Πυριγενή-μεταμορφωμένα | $10^2$ - $10^6$ |
| Πυκνός ασβεστόλιθος    | $>10^4$         |
| Πορώδης ασβεστόλιθος   | 100-1000        |
| Αμμόπετρα              | 100-1000        |
| Άμμος                  | 50-500          |
| Άργιλος-χώμα           | 1-10            |

**Πινάκας 2.1** Κατά Griffith-King 1965 (τιμές αντίστασης σε  $\Omega\text{m}$ )



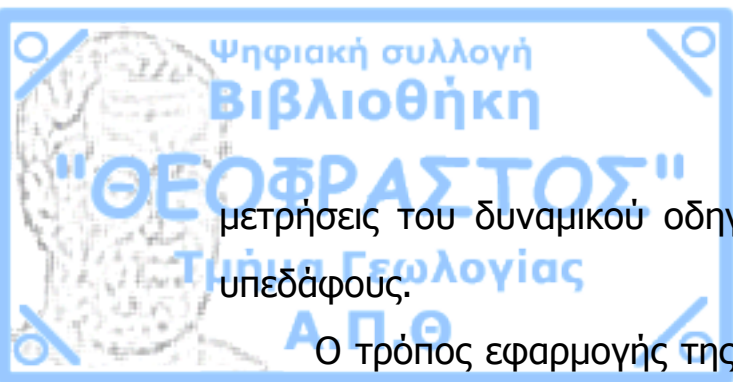
Για γεωφυσικές διασκοπήσεις οι διακυμάνσεις της αγωγιμότητας μεταξύ των διάφορων τύπων πετρωμάτων είναι πολύ σημαντικές. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει, σε μεγάλο βαθμό τουλάχιστον, για τις διασκοπήσεις που διεξάγονται με σκοπό τον εντοπισμό αρχαιολογικών στόχων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι αρκετό να υποθέσουμε ότι τα συμπαγή πετρώματα έχουν πολύ μεγαλύτερη αντίσταση συγκρινόμενα με τα σαθρά ιζήματα. Σ' αυτή την υπόθεση στηρίζεται και εφαρμογή των γεωφυσικών διασκοπήσεων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αρχαία κτίσματα που επιθυμούμε να ανιχνεύσουμε είναι φτιαγμένα από συμπαγή πετρώματα μεγάλης αντίστασης, σε αντίθεση με τα σαθρά υλικά μικρής αντίστασης, μέσα στα οποία και είναι ενταφιασμένα.

Η ανιχνευσιμότητα άλλων χαρακτηριστικών ποικίλει, αφού τοπικά χαρακτηριστικά, γεωλογικά χαρακτηριστικά και το κλίμα, μεταβάλλουν την περιεκτικότητα των πετρωμάτων σε νερό, πράγμα που μπορεί να επηρεάσει τα αρχαιολογικά χαρακτηριστικά.

## **2.3. α) ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ**

Η μέθοδος της ηλεκτρικής αντίστασης εφαρμόζεται κατά κόρον στη γεωφυσική διασκόπηση αρχαιολογικών στόχων. Ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων κατά την οποία παράγεται στο έδαφος, με τεχνητό τρόπο, ηλεκτρικό πεδίο. Οι ιδιότητες του πεδίου αυτού διαμορφώνονται από την δομή του υπεδάφους και για το λόγο αυτό ο καθορισμός των ιδιοτήτων αυτών με τις



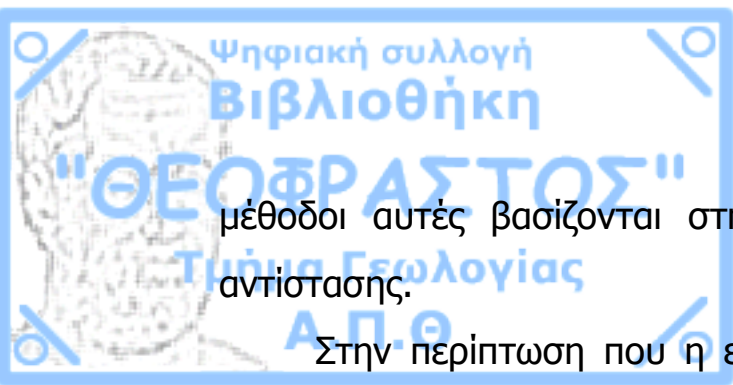


μετρήσεις του δυναμικού οδηγεί στον καθορισμό της δομής του υπεδάφους.

Ο τρόπος εφαρμογής της μεθόδου αυτής είναι ο ακόλουθος: Διαβιβάζεται στο έδαφος ηλεκτρικό ρεύμα με δύο ηλεκτρόδια ρεύματος A, B και μετριέται σε διάφορες θέσεις του εδάφους το δυναμικό που δημιουργεί το ρεύμα αυτό με δύο ηλεκτρόδια δυναμικού MN. Πραγματοποιούνται μετρήσεις, τόσο της έντασης του ρεύματος, όσο και του δυναμικού που παράγεται με στόχο τον καθορισμό της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος. Η κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος καλείται γεωηλεκτρική δομή. Συνεπώς, άμεσος στόχος της μεθόδου της ειδικής αντίστασης είναι ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους, ενώ η γεωλογική ερμηνεία της δομής αυτής αποτελεί τον τελικό στόχο.

## 2.3. β) ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η Γη δεν είναι ομογενής ώστε να μπορεί εύκολα να υπολογιστεί η πραγματική ειδική αντίσταση των πετρωμάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται η εφαρμογή σύνθετων μεθόδων για τον καθορισμό της κατανομής της ειδικής αντίστασης μέσα στην πραγματική Γη. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται από τη μια μεριά σε μετρήσεις ηλεκτρικών ποσοτήτων ( $\Delta V$ ,  $i$ ) στην επιφάνεια της Γης και από την άλλη σε πολύπλοκες θεωρητικές σχέσεις που εκφράζουν το μοντέλο της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους και των οποίων σχέσεων πρέπει να καθοριστούν οι παράμετροι. Οι



μέθοδοι αυτές βασίζονται στην έννοια της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

Στην περίπτωση που η ειδική αντίσταση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται στα επιφανειακά στρώματα της Γης, όπως στην πραγματικότητα συμβαίνει, η τιμή της ειδικής αντίστασης μπορεί να βρεθεί εάν εφαρμοστεί ο τύπος:

$$\rho = \frac{2\pi V}{i} \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \quad (2.1)$$

Όπου V: διαφορά δυναμικού,

i: ένταση ρεύματος,

$r_1, r_2, R_1, R_2$ : αποστάσεις ηλεκτροδίων.

Η τιμή αυτή δεν θα είναι σταθερή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση ομογενούς Γης, αλλά θα εξαρτάται από τις θέσεις των ηλεκτροδίων και θα μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται οι αποστάσεις των ηλεκτροδίων. Η τιμή αυτή δεν θα παριστάνει πια την πραγματική ειδική αντίσταση και για το λόγο αυτό θα λέγεται **φαινόμενη ειδική αντίσταση**.

## 2.4. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια του ρεύματος και του δυναμικού κατά την χρήση της μεθόδου της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. Σε αυτό το σημείο θα περιγραφούν οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διατάξεις.

**Διάταξη Πόλου-Πόλου.** Η απλούστερη διάταξη είναι αυτή όπου ένα από τα ηλεκτρόδια του ρεύματος, B, και ένα από τα ηλεκτρόδια του δυναμικού, N, είναι τοποθετημένα σε πολύ μεγάλη απόσταση από τα άλλα δύο (A, M), έτσι ώστε να μπορέσει να θεωρηθεί ότι βρίσκονται στο άπειρο (σχήμα 2.1). Επομένως από τη σχέση (2.1), η φαινόμενη ειδική αντίσταση θα είναι:

$$\rho_{\alpha} = 2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.2)$$



(Σχήμα 2.1)

Εάν τα δύο απομακρυσμένα ηλεκτρόδια τα τοποθετήσουμε κοντά μεταξύ τους, τότε προκύπτει η **διάταξη διδύμου ηλεκτροδίου (twinprobe)** (σχήμα 2.2), και η φαινόμενη ειδική αντίσταση είναι:

$$\rho_{\alpha} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{a \cdot b}{a + b} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.3)$$



(Σχήμα 2.2)

όπου,  $a$  και  $b$  είναι οι αποστάσεις μεταξύ των Α, Μ και Β, Ν ηλεκτροδίων αντίστοιχα. Στην περίπτωση όπου  $AM = BN = a$ , η σχέση (2.3) γίνεται:

$$\rho_{\alpha} = \pi \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.4)$$



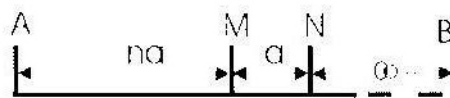
(Σχήμα 2.3)

**Διάταξη Πόλου-Διπόλου.** Τα ηλεκτρόδια του δυναμικού Μ και Ν, βρίσκονται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια του ρεύματος, Α, Β, ένα από τα οποία τοποθετείται στο άπειρο (σχήμα 2.4). Η φαινόμενη αντίσταση δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_{\alpha} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{a \cdot b}{b - a} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.5)$$

Όταν η απόσταση  $b$  είναι πολλαπλάσια της απόστασης  $a$  ( $b = na$ ), τότε η σχέση (2.5) γίνεται:

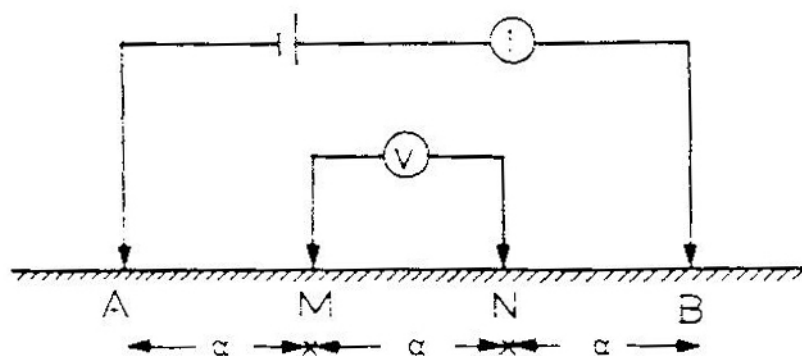
$$\rho_{\alpha} = 2 \cdot \pi \cdot (n+1) \cdot a \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.6)$$



(Σχήμα 2.4)

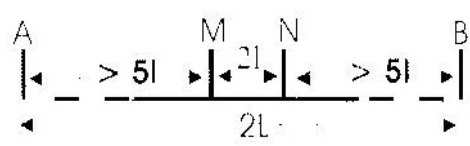
**Διάταξη Wenner.** Σε αυτή τη διάταξη τα ηλεκτρόδια του δυναμικού M και N, τοποθετούνται ανάμεσα από τα ηλεκτρόδια του ρεύματος A, B (σχήμα 2.5). Οι αποστάσεις των τεσσάρων ηλεκτροδίων είναι ίσες ( $a$ ), επομένως από τη σχέση (2.1) προκύπτει ότι:

$$\rho_a = 2\pi \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$



(Σχήμα 2.5)

**Διάταξη Schlumberger.** Τα M και N ηλεκτρόδια βρίσκονται πάλι ανάμεσα στα A, B με τη διαφορά ότι τοποθετούνται συμμετρικά ως προς ένα κέντρο 0. Η απόσταση μεταξύ των A, B είναι  $L$  και η απόσταση μεταξύ των M, N είναι  $l$ . Ισχύει ότι  $L \gg l$  (σχήμα 2.6). Σε αυτή την περίπτωση η φαινόμενη ειδική αντίσταση είναι:



(Σχήμα 2.6)

**Διάταξη Διπόλου-Διπόλου.** Στη διάταξη αυτή, το δίπολο του ρεύματος (ηλεκτρόδια A, B) βρίσκεται σε απόσταση na από το δίπολο του δυναμικού (ηλεκτρόδια M, N), ενώ η απόσταση των A, B και M, N είναι ίση με a, όπως φαίνεται στο σχήμα (σχήμα 2.7). Η φαινόμενη ειδική αντίσταση είναι:

$$\rho_a = -\pi \cdot n \cdot a \cdot (n+1) \cdot (n+2) \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2.9)$$



(Σχήμα 2.7)

#### 3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Κατά την ηλεκτρική διασκόπηση αρχαιολογικών χώρων εντοπίζονται συνήθως δομές που παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση από την περιοχή που τις περιβάλλει, δεν είναι όμως σπάνιες και οι περιπτώσεις που εντοπίζονται δομές που παρουσιάζουν μικρότερη αντίσταση από την γύρω περιοχή τους.

Στη πρώτη κατηγορία ανήκουν δομές τόσο με αρχαιολογικό ενδιαφέρον όπως τείχη πόλεων, τοίχοι από αρχαίες οικίες και δημόσια κτίρια, λιθόστρωτοι δρόμοι, τάφοι κ.ά., των οποίων η μεγαλύτερη αντίσταση σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο οφείλεται στη φύση του υλικού με το οποίο είναι κατασκευασμένες, όσο και με γεωλογικό ενδιαφέρον όπως αναχώματα και ράχες στρωμάτων που λόγω της ικανότητας τους να αποστραγγίζονται ευκολότερα από το περιβάλλον τους που εμφανίζονται να έχουν μεγαλύτερη αντίσταση από αυτό.

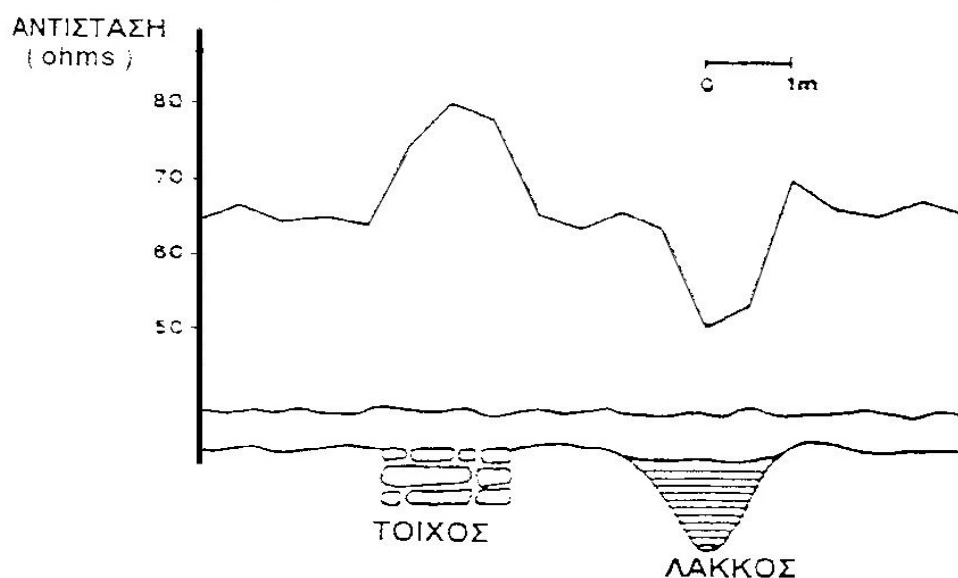
Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν χαντάκια, λάκκοι, αυλάκια και άλλες παρόμοιες δομές, οι οποίες, αν και είναι γεμάτες χώμα λόγω της μορφολογίας τους, συγκεντρώνουν περισσότερη υγρασία από ότι η περιοχή γύρω τους, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μικρότερη αντίσταση από αυτή.

Στο σχήμα 3.1 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίον επιδρούν, ένας λάκκος γεμάτος χώμα και ένας πέτρινος τοίχος, στις τιμές της



αντίστασης που μετριοούνται κατά μήκος μιας τομής που διέρχεται από πάνω τους.

Από όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, συμπεραίνεται ότι επιτυχία στον εντοπισμό μίας αρχαιολογικής δομής εξαρτάται από το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ της αντίστασης που μετρείται πάνω από τη δομή αυτή και των αντιστάσεων που μετριοούνται στη γύρω περιοχή. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά αυτή τόσο πιο εύκολος θα είναι ο εντοπισμός της δομής. Αν και δεχόμαστε ότι τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένες οι αρχαιολογικές δομές, ασβεστόλιθοι, γρανίτες και άλλα συμπαγή πετρώματα, έχουν μεγαλύτερη ειδική αντίσταση σε σχέση με τα εδάφη μέσα στα οποία είναι θαμμένες δομές αυτές παρόλα αυτά το μέγεθος της απόκρισης των αρχαιολογικών δομών εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, οι σημαντικότεροι από τους οποίους θα αναλυθούν στη συνέχεια.



Σχήμα 3.1 Μεταβολή της μετρούμενης αντίστασης κατά μήκος τομής.



Αν η ερευνούμενη περιοχή έχει πρόσφατα φυτευτεί και διανύουμε μια ξηρή περίοδο του έτους, τότε τα φυτά θα καταναλώσουν όλη την εδαφική υγρασία, με αποτέλεσμα να μειωθεί η αντίθεση που θα παρουσιάζει μια πέτρινη δομή ή ένα αυλάκι γεμάτο χώμα σε σχέση με τη γύρω περιοχή.

Υπάρχει ακόμη η πιθανότητα μια δομή η οποία παρουσιάζει αρνητική ανωμαλία αντίστασης σε μια ορισμένη περίοδο του έτους, να εμφανίζει θετική ανωμαλία αντίστασης σε μια άλλη περίοδο. Για παράδειγμα, ένα χαντάκι γεμάτο χώμα θα εμφανίζει το χειμώνα αρνητική ανωμαλία αντίστασης λόγω του μεγάλου ποσοστού υγρασίας που θα έχει, ενώ το καλοκαίρι θα παρουσιάζει θετική ανωμαλία αντίστασης λόγω της μικρής ποσότητας νερού που θα έχει. Θα υπάρχουν δύο περίοδοι στη διάρκεια του χρόνου κατά τις οποίες το χαντάκι δεν θα δίνει καμιά ανωμαλία, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ανιχνευτεί.

Κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων ή αμέσως μετά η υγρασία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους θα είναι πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό του ρεύματος που διοχετεύεται στο έδαφος να ρέει επιφανειακά. Οι συνέπειες από το φαινόμενο αυτό είναι να βραχυκυκλώνονται τα ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η λήψη μετρήσεων και να μην μπορούν να εντοπισθούν δομές, οι οποίες είναι θαμμένες σε σημαντικό βάθος, επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα δεν μπορεί να διεισδύσει μέχρι το βάθος αυτό. Στις περιπτώσεις αυτές είναι προτιμότερο να διακόπτεται η διασκόπηση.

Από όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, συμπεραίνεται ότι η ακανόνιστη μεταβολή της υγρασίας του εδάφους μπορεί να αναδείξει αρχαιολογικές δομές ή να τις αποκρύψει κάνοντας έτσι

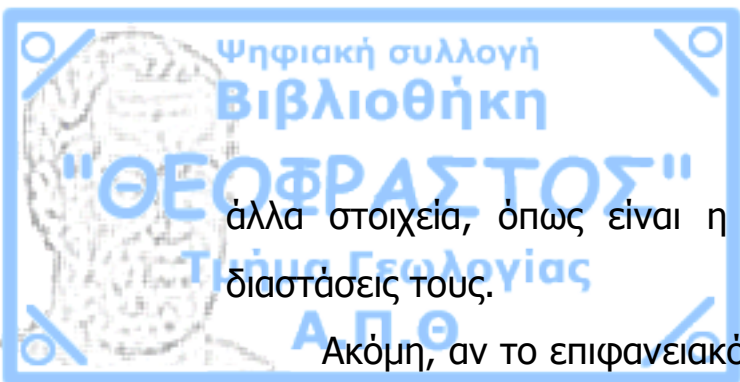
ευκολότερο ή δυσκολότερο αντίστοιχα το έργο της ερμηνείας των αποτελεσμάτων της αρχαιολογικής διασκόπησης.

### 3.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Πέτρινες αρχαιολογικές δομές ανιχνεύονται ευκολότερα όταν βρίσκονται θαμμένες μέσα σε εδάφη που μπορούν να συγκρατήσουν ικανή ποσότητα νερού. Τέτοια εδάφη είναι τα αργιλικά και τα αλλουβιακά, τα οποία παρουσιάζουν χαμηλές αντιστάσεις σε σύγκριση με τις θαμμένες αρχαιότητες που εμφανίζουν υψηλές αντιστάσεις.

Αντίθετα λάκκο, χαντάκια και άλλες παρόμοιες δομές, οι οποίες είναι γεμάτες χώμα παρουσιάζουν τη μέγιστη αντίθεση με το περιβάλλον τους όταν αυτό αποτελείται από διαπερατούς σχηματισμούς που αποστραγγίζονται εύκολα όπως είναι άμμοι, ασβεστόλιθοι, αμμοχάλικα και άλλα. Πιο συγκεκριμένα οι δομές αυτές θα συγκρατούν μεγάλη ποσότητα νερού, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν χαμηλές αντιστάσεις σε σύγκριση με το περιβάλλον τους, το οποίο λόγω της ικανότητας να αποστραγγίζεται γρήγορα, θα εμφανίζει υψηλές αντιστάσεις.

Η ύπαρξη διαφόρων θαμμένων γεωλογικών δομών όπως αναχώματα, ράχες στρωμάτων, θύλακες αργίλου ή εδάφους μέσα σε ρωγμές συμπαγών πετρωμάτων κ.ά., που δίνουν θετικές ανωμαλίες αντίστασης παρόμοιες με αυτές των περισσότερων αρχαιολογικών δομών, έχει σαν αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η μεταξύ τους διάκριση. Στην πράξη η διάκριση μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών δομών πετυχαίνεται αν λάβουμε υπόψη και



άλλα στοιχεία, όπως είναι η γραμμικότητα, το σχήμα και οι διαστάσεις τους.

Ακόμη, αν το επιφανειακό στρώμα περιέχει σημαντικό αριθμό από πέτρες όπως συμβαίνει συνήθως στα στρώματα που καλύπτουν ασβεστόλιθους, τότε η τυχαία κύμανση της μετρούμενης αντίστασης που αυτές θα προκαλέσουν, θα έχει σαν αποτέλεσμα την απόκρυψη αρχαιολογικών δομών.

Τέλος, αν στην περιοχή υπάρχουν υπόγεια ρεύματα, τα οποία εμφανίζονται σαν δομές χαμηλής αντίστασης, τότε δεν θα είναι εύκολη η διάκρισή τους από άλλες δομές χαμηλής αντίστασης, όπως χαντάκια και αυλάκια γεμάτα χώμα.

### **3.4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΑΦΗΣ**

Το μέγεθος της αντίθεσης, ως προς την αντίσταση που παρατηρείται μεταξύ μιας αρχαιολογικής δομής και του περιβάλλοντός της εξαρτάται από το βάθος στο οποίο βρίσκεται θαμμένη.

Αν η δομή είναι ογκώδης και βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τότε θα παρουσιάζει εξαιρετικά καλή αντίθεση με το περιβάλλον της και έτσι θα είναι εύκολος ο εντοπισμός της. Αντίθετα, αν η δομή έχει μικρό μέγεθος και βρίσκεται θαμμένη σε σημαντικό βάθος, τότε θα παρουσιάζει μικρή αντίθεση σε σχέση με το περιβάλλον της, με αποτέλεσμα η διάκρισή της να εξαρτάται από τον εδαφικό θόρυβο, ο οποίος στην περίπτωση της ηλεκτρικής διασκόπησης είναι η τυχαία μεταβολή της μετρούμενης αντίστασης. Έτσι, αν η περιοχή παρουσιάζει ομοιομορφία ως προς

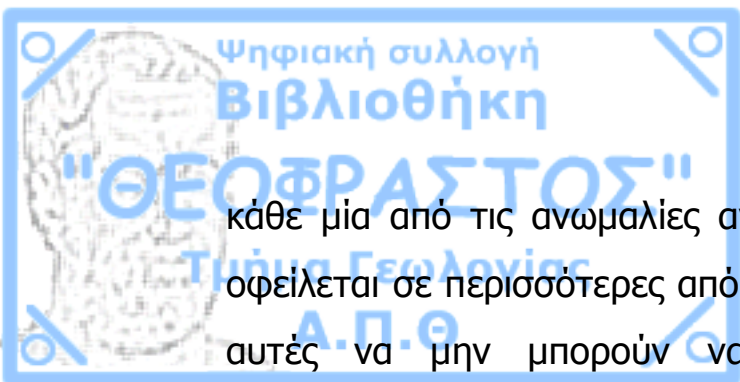
την μετρούμενη αντίσταση τότε θα είναι δυνατός ο εντοπισμός της μορφής αυτής, διαφορετικά θα καλύπτεται από εδαφικό θόρυβο.

### 3.5. ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Πολλές φορές κατά την αρχαιολογική διασκόπηση μιας περιοχής ανιχνεύονται εκτός από αρχαιολογικές και γεωλογικές δομές και άλλες δομές, οι οποίες οφείλονται στη σύγχρονη δραστηριότητα του ανθρώπου. Παράδειγμα τέτοιων δομών είναι οι υπόγειοι σωλήνες πόσιμου νερού, φυσικού αερίου και αποχέτευσης, τσιμεντένια θεμέλια κατοικιών, υπόγεια πολεμικά καταφύγια, κοιλώματα που προήλθαν από τη λειτουργία ορυχείων κ.ά.. Η παρουσία των δομών αυτών, οι οποίες δίνουν παρόμοιες ανωμαλίες με αυτές των αρχαιολογικών δομών έχει σαν αποτέλεσμα την εξαγωγή εσφαλμένων συμπερασμάτων όσον αφορά την ύπαρξη στην περιοχή έρευνας. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με σημαντική συλλογή πληροφοριών για τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν στην περιοχή.

Μικρότερης σημασίας μπορεί να θεωρηθεί η επίδραση που ασκούν στο μέγεθος της αντίθεσης, που παρουσιάζουν οι αρχαιολογικές δομές σε σχέση με το περιβάλλον τους, παράγοντες όπως η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, το ριζικό σύστημα των φυτών που συγκρατεί την εδαφική υγρασία, η άροση της περιοχής, η ύπαρξη επιφανειακών κτισμάτων και φρακτών στην περιοχή μελέτης, μικροανωμαλίες στην επιφάνεια του εδάφους κ.ά..

Τέλος, σε περιοχές που βρίσκονται αρχαίοι οικισμοί, επειδή οι αρχαιολογικές δομές βρίσκονται πολύ κοντά ή μια στην άλλη,



κάθε μία από τις ανωμαλίες αντίστασης που θα εμφανίζονται θα οφείλεται σε περισσότερες από μία δομές, με αποτέλεσμα οι δομές αυτές να μην μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους. Στις περιπτώσεις αυτές, η ηλεκτρική διασκόπηση μπορεί να καθορίσει μόνο τη γενική θέση και την ένταση που καταλαμβάνουν οι δομές αυτές και όχι τις διαστάσεις τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

### 4.1. ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ερευνούμενη περιοχή βρίσκεται 1km ΝΑ της κωμόπολης του Νέου Μοναστηρίου, η οποία ανήκει στο δήμο Θεσσαλιώτιδα του νομού Φθιώτιδος.

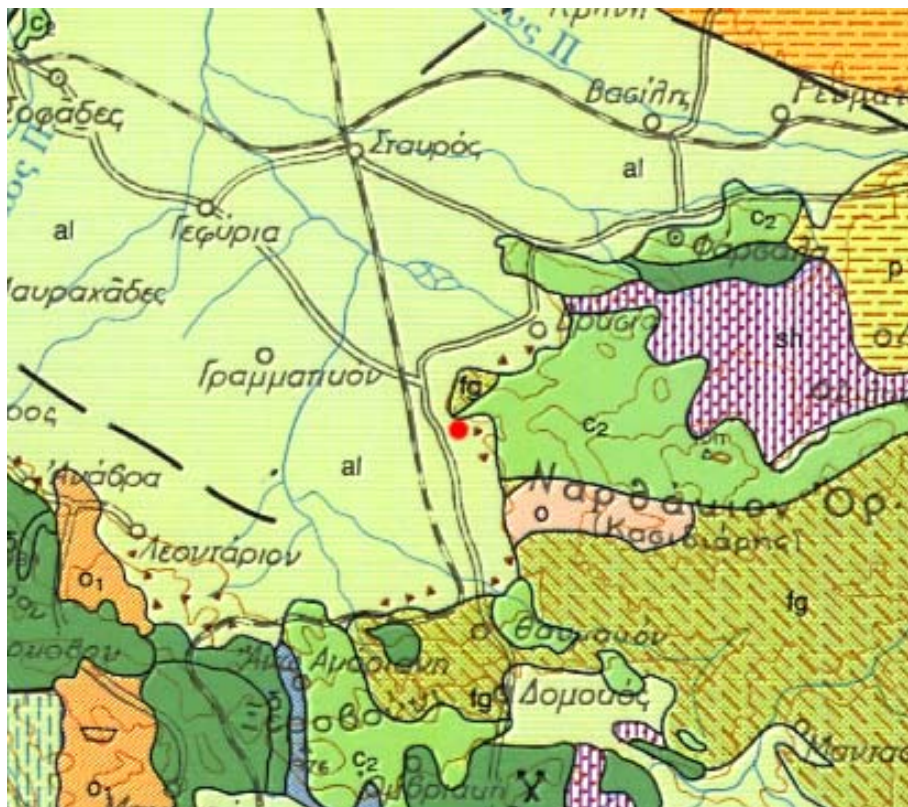
Τα γεωγραφικά στοιχεία του Νέου Μοναστηρίου είναι:

Υψόμετρο 120 μέτρα

Γ. Μήκος 22° 16' 24" Ε

Γ. Πλάτος 39° 14' 23" Ν

### 4.2. ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ





### 4.3. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η σύγχρονη πόλη του Νέου Μοναστηρίου είναι γνωστή για την ιστορία Προέρνα. Στην πεδιάδα ακριβώς δυτικά της σύγχρονης εθνικής οδού Δομοκού-Φαρσάλων είναι ένα μεγάλο, ωοειδές, επίπεδο-ολοκληρωμένο ανάχωμα, αποκαλούμενο Ταψί. Αυτό περιβάλλεται στην κορυφή από έναν τοίχο της πολυγωνικής τεκτονικής.

Το 1965-66 οι ανασκαφές στο ανάχωμα αποκάλυψαν θεμέλια του 4<sup>ου</sup> αιώνα π.χ., στην επίπεδη κορυφή του αναχώματος και στις πλευρές του Δυτικά και Βόρεια. Μερικά υπολείμματα των κλασσικών σπιτιών ανακαλύφθηκαν επίσης στην κορυφή του αναχώματος, τα οποία είχαν καλυφθεί από ,τουλάχιστον, την ηλικία του χαλκού. Η ανατολική πλευρά της εθνικής οδού, 400m από το ανάχωμα, μπορεί να φανεί ένα άλλο κύκλωμα τοίχων που συντηρείται σε άριστη κατάσταση. Αυτός ο τοίχος έχει μια περιφέρεια περίπου 2km και εσωκλείει έναν λόφο με δύο κορυφές και μια κοιλάδα έτσι ώστε να μοιάζει με ένα θέατρο που αντιμετωπίζει την πεδιάδα στο Βορά.

Στη περιοχή της μελέτης μας έχει ανασκαφθεί και έχει βρεθεί ένα τμήμα ενός αρχαίου κτίσματος με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ενώ πιθανολογείται ότι το κτίσμα ανήκει σε αρχαίο ναό.

#### 4.4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Υποπελαγονική ζώνη, στη θέση των μετρήσεων η επιφάνεια καλύπτεται από αλλούβια, ενώ ευρύτερα παρατηρείται μία μικρή εμφάνιση φλύσχη Ηωκαινικής ηλικίας της Υποπελαγονικής ζώνης. Αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα ψαμμιτών και μαργών.

Το τεκτονικό βύθισμα που συναντάμε κατευθυνόμενοι από το Νότο προς το Βορά, από τα υψώματα του Δομοκού προς την πεδιάδα της Θεσσαλίας, παρατηρείται η απότομη απόρριψη του αναγλύφου, οφειλόμενη στην δράση της μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης της Νότιας Θεσσαλίας. Η ζώνη αυτή θεωρείται ενεργός τεκτονική ζώνη και αποτελείται από πολλά επιμέρους ρηξιγενή ρήγματα τα οποία προκάλεσαν πολλούς ιστορικούς και πρόσφατους σεισμούς (σεισμοί: Νέας Αγχιάλου, Αλμυρού, Βελεστίνου, Εκάρας κ.λ.π.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ  
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

## 5.1. ΟΡΓΑΝΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Για την πραγματοποίηση της γεωφυσικής διασκόπησης στην περιοχή του Ν.Μοναστηρίου χρησιμοποιήθηκε το σύστημα μέτρησης RM15 (Σχήμα 5.1). Αυτό αποτελείται από: α) κινητό πλαίσιο, δύο ηλεκτρόδια που εφάπτονται στο κινητό πλαίσιο και απέχουν μεταξύ τους από 0,5m έως και 1m, γ) μπαλαντέζα που περιέχει 50m καλωδίου για εξωτερική χρήση, δ) δύο ελεύθερα ηλεκτρόδια, ε) υποδοχή για το όργανο μέτρησης, στ) όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης.



**Σχήμα 5.1** Απεικόνιση συστήματος RM15.

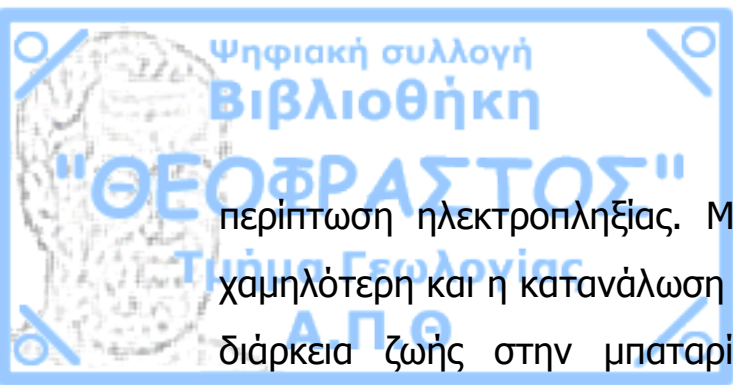
Όλα τα καλώδια του συστήματος αποτελούνται από ειδικό αδιάβροχο υλικό κατάλληλο για εξωτερική χρήση. Τα 50m καλωδίου χρειάζονται γιατί δίνουν 5 φορές περισσότερη κάλυψη

περιοχής χωρίς την μετακίνηση των απομακρυσμένων ελεύθερων ηλεκτροδίων. Το ελαφρύ σε βάρος πλαίσιο είναι μια σωληνωτή ατσάλινη κατασκευή, βαμμένη με εποξική μπογιά. Τα ηλεκτρόδια που εφάπτονται στο πλαίσιο, τοποθετούνται μονωμένα σε οριζόντιο μέλος της βάσης του πλαισίου. Η ειδική κατασκευή του πλαισίου είναι με τέτοιο τρόπο φτιαγμένη ώστε να παρέχει ιδιαίτερα υψηλή ηλεκτρική μόνωση και χαμηλή αγωγιμότητα μεταξύ των ηλεκτροδίων, ακόμα και σε συνθήκες μεγάλης υγρασίας. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή κατά τη χρήση πλαισίου με χαμηλή μόνωση, τα σφάλματα των μετρήσεων θα ήταν τεράστια, αφού οι επαφές θα μπορούσαν εύκολα να μαγνητιστούν εξαιτίας της διαρροής φορτίων μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων.

Το όργανο μέτρησης RM15 είναι ένα μηχανήμα αντίστασης που έχει σχεδιαστεί ειδικά για τις ανάγκες γεωφυσικών διασκοπήσεων σε αρχαιολογικούς χώρους.

Τα περισσότερα μηχανήματα αυτού του είδους προσπαθούν να επιτύχουν μια καλή αναλογία σήματος με το να στέλνουν ρεύμα υψηλής έντασης στο έδαφος, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι περισσότερο ευδιάκριτα. Κάτι τέτοιο όμως ελλοχεύει πολλούς κινδύνους αφού για να σταλθεί ρεύμα μεγάλης έντασης στο έδαφος απαιτείται μεγάλη διαφορά τάσης, ώστε να υπερνικηθούν οι αντιστάσεις επαφών. Αυτό, όπως είναι φυσικό, είναι επικίνδυνο αφ' ενός με για το φόβο ηλεκτροπληξίας, και αφ' ετέρου γιατί αυτά τα μηχανήματα καταναλώνουν πολύ ενέργεια και γι' αυτό τείνουν να γίνουν πολύ βαριά, ογκώδη και όχι ιδιαίτερα εύχρηστα.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του RM15 είναι ότι μόνο χαμηλές τάσεις και μικρής έντασης ρεύματα για την μέτρηση της αντίστασης των πετρωμάτων κάνοντας έτσι απίθανη την



περίπτωση ηλεκτροπληξίας. Μ' αυτόν τον τρόπο επίσης γίνεται χαμηλότερη και η κατανάλωση ενέργειας δίνοντας έτσι μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στην μπαταρία. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του συγκεκριμένου μηχανήματος είναι ότι είναι αρκετά συμπαγές, ελαφρύ και εύχρηστο. Επιπλέον διατηρεί πολύ καλό σήμα με εξαίρεση την αναλογία θορύβου με την υψηλή συμβατότητα της αντίστασης επαφής. Επίσης η μέτρηση είναι διαθέσιμη απευθείας στον μετρητή μέσω ψηφιακής οθόνης, χωρίς να χρειάζονται επιπλέον προσαρμογές. Τέλος, το RM15 έχει την δυνατότητα μνήμης για τις ληφθείσες μετρήσεις, δυνατότητα που συνδυάζεται και με εξελιγμένο software κατάλληλα προσαρμοσμένο για τις ανάγκες της αρχαιολογίας.

## 5.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η θέση της περιοχής μελέτης καθορίστηκε με ακρίβεια, με την βοήθεια τοπογράφου μηχανικού. Η εργασία αυτή είναι υποχρεωτική σε περιπτώσεις σαν και αυτή όπου ζητείται η ακριβής θέση των ανιχνευθέντων αρχαιολογικών δομών.

Στη συνέχεια, η ερευνούμενη περιοχή διαιρέθηκε σε δίκτυο καννάβων κάθε ένας από του οποίους έχει διαστάσεις 20m x 20m. Το μέγεθος αυτό επιλέχτηκε με σκοπό την κάλυψη, όσο ήταν δυνατό, μεγαλύτερης περιοχής, λόγω της ύπαρξης μιας παλαιότερης ανασκαφής και ενός χωματόδρομου κατά μήκος της δυτικής πλευράς. Προέκυψαν 43 κάνναβοι που καλύπτουν συνολική έκταση 8000m<sup>2</sup>.

### 5.3. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Μετά την κατασκευή των τετραγώνων προετοιμάζουμε το όργανο. Συνδέουμε τις επαφές στις κατάλληλες υποδοχές και απλώνουμε το καλώδιο με τα σταθερά ηλεκτρόδια. Τα σταθερά ηλεκτρόδια πρέπει να βρίσκονται θεωρητικά στο άπειρο, πρακτικά όμως τουλάχιστον 30 φορές το άνοιγμα των κινητών, από την περιοχή της έρευνας, δηλαδή τουλάχιστον 15m για 0,5m διάστημα κινητών και 30m για 1m. Αυτή η ελάχιστη απόσταση μας σιγουρεύει ότι οι μετρήσεις της αντίστασης του υποβάθρου θα είναι ουσιαστικά ανεξάρτητες από την τοποθέτηση των κινητών ηλεκτροδίων. Αν η απόσταση είναι μικρότερη από 30m για 1m άνοιγμα των κινητών, τότε η αντίσταση του υποβάθρου θα βρεθεί να μεταβάλλεται σημαντικά με την τοποθέτηση των κινητών ηλεκτροδίων.

Μια εύκολη διαδικασία τοποθέτησης των σταθερών ηλεκτροδίων είναι, από τις ακμές ενός τετραγώνου να πάρουμε δύο ταινίες 40m και να σχηματίσουμε τρίγωνο, τοποθετώντας τα σταθερά ηλεκτρόδια στην κορυφή του τριγώνου. Αυτή η θέση μας θα μας επιτρέψει να μετρήσουμε τρία τετράγωνα χωρίς την αλλαγή των σταθερών ηλεκτροδίων. Αν είναι δυνατό, είναι καλύτερα να τοποθετήσουμε τα ηλεκτρόδια σε θέση που δεν περιμένουμε αρχαιολογικούς στόχους. Αν σε μια θέση τοποθέτησης των σταθερών ηλεκτροδίων οι μετρήσεις έχουν κάποιο πρόβλημα τότε αλλάζουμε την θέση αυτών και επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις.

Η αντίσταση του εδάφους βρίσκεται να μεταβάλλεται σημαντικά με την απόσταση των σταθερών ηλεκτροδίων μεταξύ

τους, αλλά αυτό δε επηρεάζει την έρευνα αν αυτά βρίσκονται σε απόσταση 30m από την πιο κοντινή μέτρηση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γιατί μας ενδιαφέρουν οι μεταβολές στις τιμές της αντίστασης και όχι αυτές καθ' αυτές οι τιμές. Η απόσταση μεταξύ των σταθερών δεν είναι αυστηρά καθορισμένη και μπορεί να κυμαίνεται από 0,5-2m για παράδειγμα. Μια απόσταση 1 μέτρου είναι καλή για αρχή και είναι αρκετή για να γίνουν δεσίματα των καννάβων όταν θα χρειαστεί να μετακινήσουμε τα σταθερά ηλεκτρόδια. Το βάθος τοποθέτησης των σταθερών ηλεκτροδίων δεν είναι κρίσιμο για τις μετρήσεις, αλλά καλό θα ήταν να τα τοποθετούμε όσο πιο βαθιά μπορούμε με λίγο νερό για να γίνεται καλύτερη επαφή τους με το έδαφος.

#### 5.4. ΤΡΟΠΟΣ ΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Αφού τελειώσουμε με την προετοιμασία του οργάνου στήνουμε τις μετροταινίες για να αρχίσουμε τις μετρήσεις. Χρειαζόμαστε, τουλάχιστον, τρεις μετροταινίες για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις, δύο σταθερές και μια κινητή. Οι σταθερές τοποθετούνται στην διεύθυνση B-N, ενώ η κινητή στη διεύθυνση A-Δ. Η κινητή ταινία μετακινείται ανά 2m στους καννάβους, κινούμαστε στη δεξιά πλευρά της όταν μετράμε από A προς Δ και από την αριστερή πλευρά της όταν μετράμε από Δ προς A, για εξοικονόμηση χρόνου. Η ανωμαλία που θα μας δώσει μία δομή κύματος σχεδόν ίδιο με το μήκος της δομής (Γιαννόπουλος Α. και Τσούρλος Π., 1991). Γνωρίζουμε ότι δεν μπορούμε να ανιχνεύσουμε δομές που οι ανωμαλία τους έχει κυματάρυθμο ( $\kappa$ )



[ $\kappa$  = μονάδα μήκους / μήκος κύματος ανωμαλίας] μικρότερο από τον κυματάρημο του Nyquist ( $K_n$ ) ο οποίος συνδέεται με το βήμα δειγματοληψίας με τη σχέση:

$$K_n = \frac{1}{2\Delta x}$$

Όπου  $\Delta x$  το βήμα δειγματοληψίας. Αυτό δίνει ένα ελάχιστο μήκος κύματος ανωμαλιών που μπορούν να εντοπιστούν 2 μέτρα. Δηλαδή ανωμαλίες μικρότερες των 2 μέτρων δεν είναι δυνατό να φανούν καθαρά στα δεδομένα. Μετά το τέλος της πρώτης γραμμής μετρήσεων και αφού μετακινήσουμε την ταινία στην επόμενη θέση, έχουμε να διαλέξουμε ανάμεσα σε δύο τρόπους πραγματοποίησης των μετρήσεων, οπότε πρέπει να μεταφέρουμε το όργανο ξανά στη βορειοδυτική γωνία του τετραγώνου και στην δεύτερη τώρα γραμμή, και στο ζικ-ζακ όπου οι μετρήσεις συνεχίζονται από την θέση που βρίσκεται το όργανο με διεύθυνση τώρα νότο-βορρά. Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ζικ-ζακ. Τα κινητά ηλεκτρόδια βρίσκονται πάνω στο πλαίσιο είναι 0,5m. κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων προσέχουμε έτσι ώστε το κέντρο του πλαισίου να βρίσκεται, σε κάθε μέτρηση, πάνω από το μέτρο στο οποίο πραγματοποιούμε την μέτρηση. Δεν είναι ανάγκη, βέβαια, το πλαίσιο να τοποθετηθεί ακριβώς πάνω από το συγκεκριμένο σημείο, και μια μετάθεση κατά 10-15cm δεν θα έχει σημαντικό αποτέλεσμα στις μετρήσεις. Αυτό κάνει το χρόνο που απαιτείται για το πέρας της έρευνας σημαντικά μικρότερο. Αν υπάρχει κάποιος βράχος στο σημείο της μέτρησης, είναι

προτιμότερο να παρθεί μια μέτρηση δίπλα στο βράχο, αν η απόσταση της νέας θέσης από την κανονική δεν είναι αρκετά μεγάλη.

## 5.5. ΑΛΛΑΓΗ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Μετά το τέλος ενός τετραγώνου και αν το καλώδιο που συνδέει τα σταθερά ηλεκτρόδια με το όργανο δεν φθάνει για την μέτρηση του επόμενου, τότε πρέπει να μετακινήσουμε τα σταθερά ηλεκτρόδια. Η νέα θέση των σταθερών πρέπει να προϋποθέτει μια ίδια τιμή της σχετικής στάθμης του υποβάθρου με αυτή των προηγούμενων μετρήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με το δέσιμο των καννάβων. Τοποθετούμε το πλαίσιο με τα κινητά ηλεκτρόδια σε μια κοντινή θέση προς τον κάνναβο που θέλουμε να μετρήσουμε, κρατώντας τα σταθερά στην θέση μέτρησης του προηγούμενου καννάβου, και διαβάζουμε την μέτρηση του οργάνου. Στη συνέχεια μεταφέρουμε τα σταθερά στη νέα τους θέση, που διαλέγεται, αφήνοντας στο πλαίσιο στην προηγούμενη θέση και διαβάζουμε την αναγραφή του οργάνου. Μετακινούμε τα ηλεκτρόδια κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αναγραφή του οργάνου να είναι ίδια με την προηγούμενη. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε το δέσιμο των καννάβων στη διάρκεια της ίδιας μέρας των μετρήσεων. Όταν τώρα πρέπει να κάνουμε μετρήσεις μια άλλη μέρα, τότε για να δέσουμε τους καννάβους χρησιμοποιούμε την τελευταία μέτρηση τις προηγούμενης μέρας και με την παραπάνω διαδικασία κάνουμε το δέσιμο.

## 5.6. ΑΝΑΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η πρώτη δουλειά που κάνουμε γυρνώντας από μια εργασία υπαίθρου είναι το ξεφόρτωμα των δεδομένων και η καταχώρησή τους σε ξεχωριστά αρχεία ανά τετράγωνο μετρήσεων. Αυτό γίνεται ηλεκτρονικά με την σειριακή σύνδεση του RM15 με Η/Υ και μέσω που υπάρχει μεταφέρονται τα δεδομένα από την μνήμη του οργάνου στον υπολογιστή. Αυτά τώρα βρίσκονται σε αρχείο κώδικα ASCII. Με τη χρήση προγραμμάτων διορθώσεων (editors) φέρνουμε τα δεδομένα στη μορφή που θέλουμε, για να αρχίσει η επεξεργασία τους.

## 5.7. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΑΝΝΑΒΩΝ

Οι μετρήσεις στη περιοχή Ν.Μοναστηρίου έγιναν την περίοδο του Οκτωβρίου του 2003.

## 6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

Οι μετρήσεις που διαμορφώνουν μια **περιοχή (site)** μπορούν να μεταφερθούν στο Geoplot χρησιμοποιώντας ποικίλες μεθόδους, τα στοιχεία του σχήματος 6.1. μπορούν να εισαχθούν από τα όργανα τις Geoscan Research με τη βοήθεια καλωδίου RS232, να εισαχθούν με το χέρι μέσω του πληκτρολογίου ή να διαβαστούν από ένα αρχείο ASCII σε δίσκο. Το Geoplot χρησιμοποιεί ένα **πρότυπο εισαγωγής (input template)** για να βοηθήσει αυτήν την μεταφορά των στοιχείων και να αποθηκεύσει και να οργανώσει τα στοιχεία χρησιμοποιώντας εσωτερικά τα αρχεία του που καλούνται **grid, mesh, και composite**. Τα αρχικά και επεξεργασμένα δεδομένα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν από άλλα προγράμματα μέσω αρχείων ASCII ή XYZ, σχήμα 6.1.

Το σχήμα 6.1 εισάγει **site, grid, mesh, composite** και **input template** πέντε βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται στα οργανωμένα αρχεία του περιβάλλοντος του Geoplot. Αυτοί οι όροι θα περιγραφούν έπειτα λεπτομερέστερα στις παρακάτω παραγράφους.

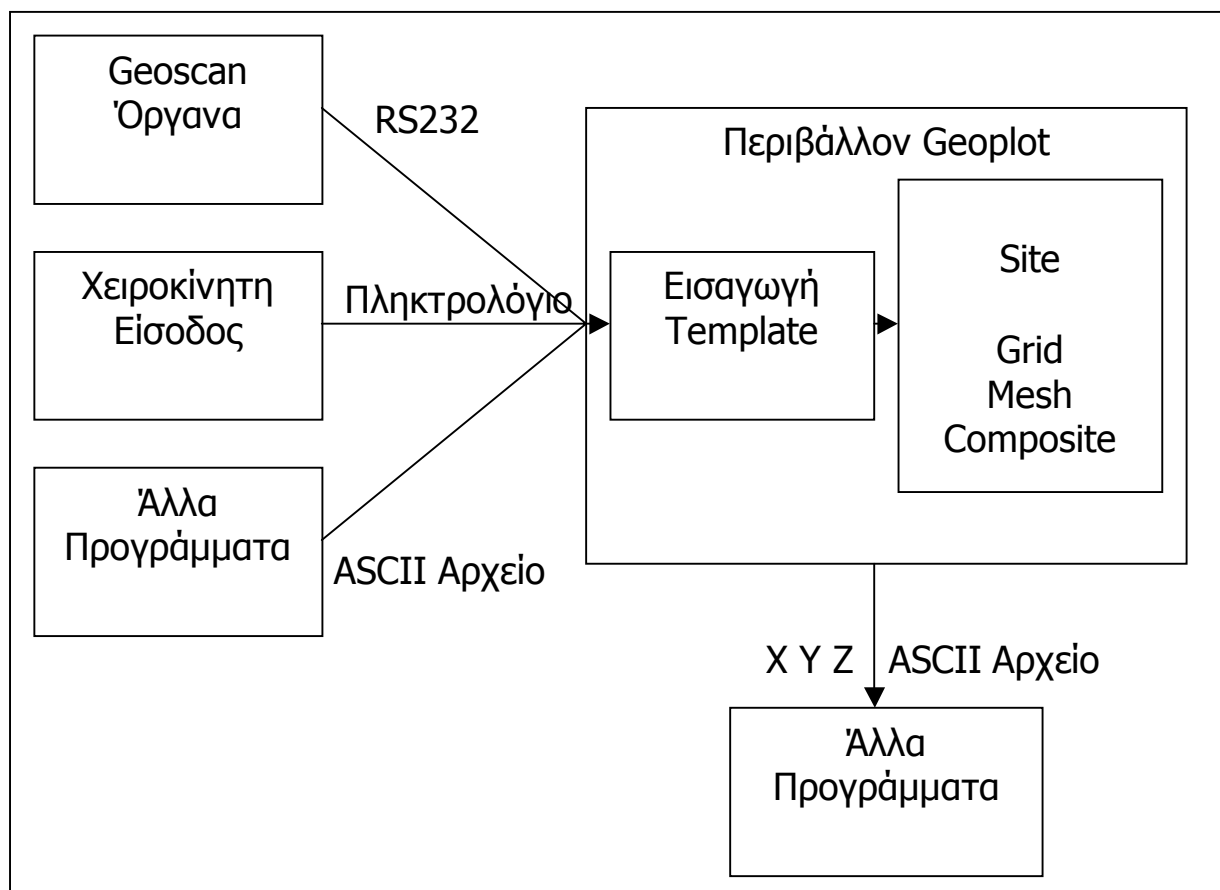
**Site** είναι το όνομα που δίνεται στην γενική επισκόπηση και χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ένα κατάλογο κάτω από τον οποίο τα grids, τα meshes και το composite αποθηκεύονται. Μια

περιοχή αποτελείται από πολλά grids, ένα ή περισσότερα meshes και ένα ή περισσότερα composite.

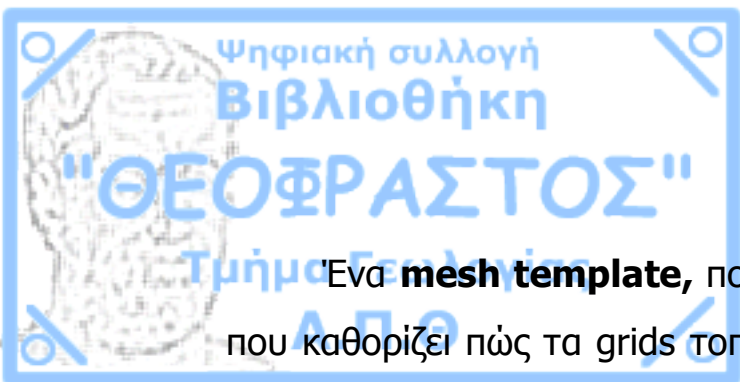
Τα ονόματα των site που δόθηκαν στην επεξεργασία των στοιχείων μας είναι: mon1, mon2, mon3.

Ένα **grid** είναι ένα αρχείο με σκοπό να περιέχει τις μετρήσεις. Ένα site χωρίζεται συνήθως σε διάφορες μικρότερες μονάδες αποτελούμενες από grids. Ένα χαρακτηριστικό grid αποτελείται από ένα τετράγωνο 20x20 των μετρήσεων που λήφθηκαν με διαστήματα 1m, δεδομένου ότι θα δούμε πολλές άλλες μορφές, μεγέθη και σχέδια δειγματοληψίας που είναι επιτρεπτά.

Στην επεξεργασία των στοιχείων τα grids, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2, έχουν την ονοματολογία: Mon101, Mon102, Mon103 κ.τ.λ..

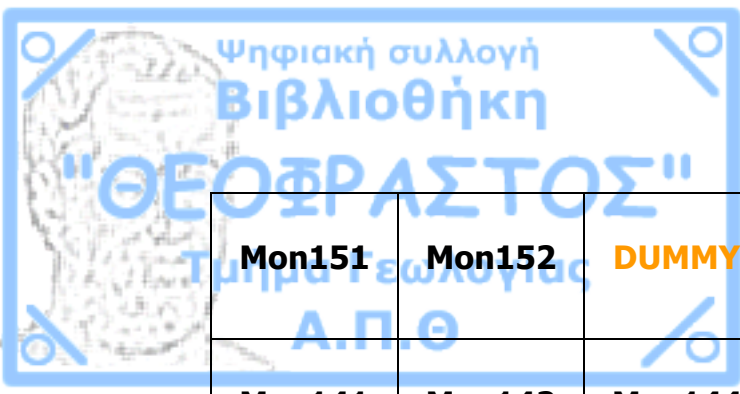


**Σχήμα 6.1** Μεταφορά στοιχείων από και προς το Geoplot.



Ένα **mesh template**, που συνθέτει το site, είναι ένα αρχείο που καθορίζει πώς τα grids τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο. Είναι σημαντικό ότι τα grids τα ίδια αποθηκεύονται ως ανεξάρτητα αρχεία και το mesh το ίδιο δεν περιέχει τις μετρήσεις. Το σχήμα 6.2 δείχνει πώς ένα site μπορεί να διαιρεθεί σε τρία mesh template. Εκτιμώντας ότι τα αρχεία του grid περιέχουν τις πραγματικές μετρήσεις που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της έρευνας για κάθε grid (παραδείγματος χάριν 400 μετρήσεις ανά grid), ένα αρχείο mesh είναι ένα αρχείο που περιέχει τα ονόματα των grids, έτσι όπως αυτά οργανώθηκαν ανάλογα με την διάταξη που εφαρμόστηκε και που απεικονίζει πώς τα grids των μετρήσεων τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο.

Τα mesh template Mon101, Mon102, Mon103 στην περιοχή ερευνάς απεικονίζονται στο σχήμα 6.2.

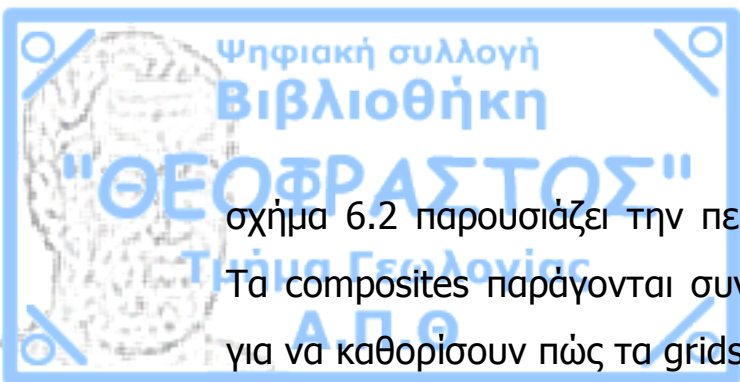


|        |        |         |         |        |        |      |
|--------|--------|---------|---------|--------|--------|------|
| Mon151 | Mon152 | DUMMY   | DUMMY   | DUMMY  | DUMMY  | mon1 |
| Mon141 | Mon142 | Mon144  | DUMMY   | DUMMY  | DUMMY  |      |
| Mon137 | Mon143 | Mon135  | Mon136  | DUMMY  | DUMMY  |      |
| Mon138 | DUMMY  | Mon121  | Mon124  | Mon126 | Mon137 | mon2 |
| Mon139 | DUMMY  | Mon122  | Mon125  | Mon117 | Mon115 |      |
| Mon145 | DUMMY  | Mon123  | Mon119  | Mon118 | Mon116 |      |
| Mon146 | DUMMY  | Mon101  | Mon103  | Mon111 | Mon113 | mon3 |
| Mon147 | Mon148 | Mon102  | Mon104  | Mon112 | Mon114 |      |
| Mon153 | Mon149 | Mon1410 | Mon1411 | Mon131 | Mon132 |      |
| DUMMY  | DUMMY  | DUMMY   | DUMMY   | Mon134 | Mon133 |      |

**Σχήμα 6.2** Mesh template της περιοχής του Ν.Μοναστηρίου

Ένα **composite** μπορεί να αποτελείται από πολλά mesh που συνδυάζονται σε ένα μεγάλο αρχείο μετρήσεων και είναι το κύριο αρχείο που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων. Αντίθετα από ένα mesh, ένα composite περιέχει μετρήσεις. Το





σχήμα 6.2 παρουσιάζει την περιοχή που διαιρείται σε τρία mesh. Τα composites παράγονται συνήθως χρησιμοποιώντας τα meshes για να καθορίσουν πώς τα grids πρέπει να συνδυαστούν.

Ένα **input template** είναι ένα αρχείο που καταγραφεί τις λεπτομέρειες των μετρήσεων και σχεδιάζεται για την εισαγωγή ή τη μεταφορά των στοιχείων στα grids ή τα composites. Είναι συνηθισμένο να προκαθοριστεί ένα input template για μια περιοχή, έτσι ώστε κάθε φορά που εισάγουμε δεδομένα το input template να μπορεί να τα χρησιμοποιήσει για να εξασφαλίσει τις ίδιες παραμέτρους των μετρήσεων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά.

## 6.2. DUMMY ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ DUMMY GRIDS

Θα δείτε από το σχήμα 6.2 ότι τα grids, τα meshes και το composite αρχεία του Geoplot είναι όλα τετραγωνισμένα. Συχνά δεν είναι δυνατό να είναι πλήρες από μετρήσεις, δεδομένου ότι η περιοχή μπορεί να μην είναι ορθογώνια ή μπορεί να υπάρχουν εμπόδια στην πορεία των μετρήσεων. Το Geoplot μας επιτρέπει για να καθορίσουμε μια **dummy ανάγνωση** σε τέτοιες περιπτώσεις, την οποία θα αγνοεί κατά την εκτέλεση της γραφικής παράστασης ή την επεξεργασία των μετρήσεων. Μπορεί να οριστεί έναν αριθμό για να αντιπροσωπεύει τις πλαστές αναγνώσεις και αυτό αποθηκεύεται στις επιλογές - η προεπιλογή που τίθεται από το Geoplot είναι 2047.5, στην δική μας έρευνα θέσαμε τον αριθμό 9999.99. Σημειώνεται ότι το μηδέν θεωρείται έγκυρος αριθμός εκτός αν τεθεί συγκεκριμένα ως dummy ανάγνωση στις επιλογές.



μείωση της γεωλογικής απόκρισης συνεπάγεται με τη χρησιμοποίηση high pass filter. Η βελτίωση και η παρουσίαση περιλαμβάνει: α) λείανση (smoothing), β) παρεμβολή (interpolation), γ) χωρισμός σε υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων δομών, ε) χρησιμοποίηση της συμπίεσης (compression) για να βελτιωθούν τα γραφικά σχέδια.

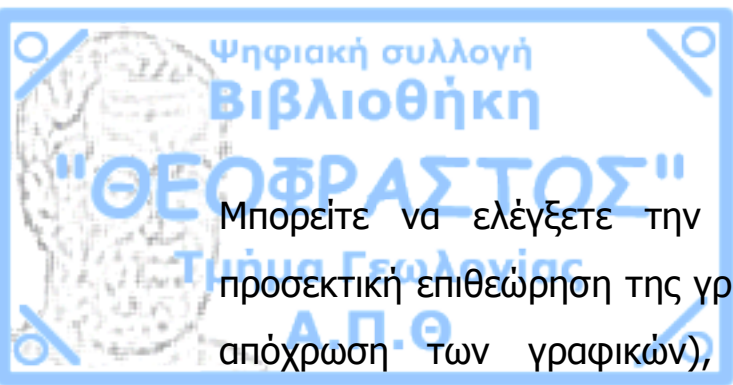
Η σειρά επεξεργασίας μπορεί να είναι πολύ σημαντική για κάποιες λειτουργίες –για παράδειγμα, πρέπει να κάνεις despike πριν χρησιμοποιήσεις ένα low pass filter, για να αποφύγεις την spike ενέργεια που διαφεύγει. Ένα άλλο παράδειγμα, πρέπει να κάνεις edge match grids πριν χρησιμοποιήσεις ένα high pass filter αλλιώς η λανθασμένη edge match θα φανεί έντονα σε επόμενα κομμάτια.

## 6.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

### 6.4.1. Ακίδες θορύβου (noise spikes)

Είναι καλύτερο να αφαιρέσεις τις ακίδες θορύβου πριν από την περαιτέρω επεξεργασία. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τη λειτουργία Despike, αλλά η χρησιμοποίηση της λειτουργίας Clip συστήνεται πρώτα, για να περιορίσει τα στοιχεία. Αυτό θα καταστήσει τους στατικούς υπολογισμούς που χρησιμοποιούνται στη λειτουργία Despike περισσότερο ρεαλιστικούς.

Εντούτοις, είναι πολύ σημαντικό στη συνέχεια να ελέγχετε ότι επιλεγμένο επίπεδο clipping δεν έχει κάνει clip τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενδιαφέροντος- αυτό είναι αρκετά πιθανό εάν η βαθύτερη γεωλογία έχει μια περιφερειακή κλίση.



Μπορείτε να ελέγξετε την επίδραση του clip, είτε με την προσεκτική επιθεώρηση της γραφικής παράστασης (ειδικότερα την απόχρωση των γραφικών), ή με την χρησιμοποίηση των λειτουργιών Cut και Combine για να εξετάσετε τα clipped στοιχεία. Τα επίπεδα clip κάτω από  $\pm 3SD$  για το μέσο όρο είναι πολύ πιθανό να αρχίσουν να αφαιρούν μετρήσεις στις δομές της αντίστασης.

Μετά τη χρησιμοποίηση της λειτουργίας Clip, οι ακίδες θορύβου θα παραμείνουν ακόμα στα στοιχεία και πρέπει να αφαιρεθούν χρησιμοποιώντας την λειτουργία Despike.

### 6.4.2. Αντιστοιχία άκρων (Edge math)

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την αφαίρεση των ασυνεχών άκρων των grids, ανάλογα με την προέλευση και την έκταση του προβλήματος και αυτές είναι: α) χρήση της λειτουργίας Add, β) χρήση της λειτουργίας edge matching, γ) χρήση των λειτουργιών Multiply και edge matching σε συνδυασμό.

Η πρώτη προσέγγιση χρησιμοποιείται συχνότερα εάν έχετε εισάγει σκόπιμα μία μετατόπιση σε κάποιο σημείο στην έρευνα. Για παράδειγμα, εάν υπήρξε ανεπαρκές καλώδιο στα απομακρυσμένα ηλεκτρόδια, για να επιτύχει μια κατάλληλη αντιστοιχία με τα προηγούμενα grids, τότε μπορεί να πρέπει να θέσετε ένα νέο επίπεδο αντίστασης.

Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί τη λειτουργία edge matching, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις στερεότυπες καταστάσεις, συνήθως όπου η διαφορά μεταξύ των άκρων είναι



να αφαιρέσει την τοπική μεταβλητότητα από τις μετρήσεις εις βάρος της χωρικής λεπτομέρειας. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την διαφάνεια των μεγαλύτερων, αδύναμων αρχαιολογικών δομών, όπως τα βαθιά θαμμένα θεμέλια, οι μεγάλοι τάφροι κ.α. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την εμφάνιση της εικόνας ειδικά εάν οι μετρήσεις έχουν γίνει με άνοιγμα 0,5m ή μικρότερο. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη.

Η Gaussian συνάρτηση συστήνεται συνήθως για την γενικευμένη επεξεργασία. Αδιαφορώντας για την συνάρτηση, εσείς θα πρέπει πάντα να αφαιρείτε ή να μειώνετε τις ακίδες θορύβου πρώτα, χρησιμοποιώντας τη λειτουργία Despike ή Clip για να αποτρέψει την ενέργεια ακίδων θορύβου να αλλοιώσει τις μετρήσεις μας.

#### **6.4.4. Παρεμβολή (Interpolation)**

Το φίλτρο interpolation μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να δώσει μια ομαλότερη εμφάνιση στις μετρήσεις και μπορεί να βελτιώσει την ευκρίνεια των μεγαλύτερων, αδύναμων αρχαιολογικών δομών. Εντούτοις, κάνει αυτό εις βάρος της αύξησης του αριθμού των μετρήσεων, έτσι στα μεγάλα composite μπορεί να μην υπάρξει αρκετή μνήμη για να χρησιμοποιηθεί αυτή η λειτουργία. Σε αυτήν την περίπτωση η χρήση του Low Pass Filter είναι η μόνη επιλογή, εκτός αν ένα ενιαίο composite είναι χωρισμένο σε αρκετά μικρότερα composite, όπως την περίπτωση μας στην οποία έχουμε τρία μικρότερα composite.

Θυμηθείτε ότι εάν χρησιμοποιηθεί το interpolation για να βελτιώσετε την οπτική εμφάνιση. Δημιουργούνται με αυτόν τον





Συχνά η χρήση των παραμέτρων Clip είναι επαρκής για να αντιμετωπίσει τέτοιες περιστάσεις. Εάν επιθυμείτε να δείτε και τα μεγάλα και τα μικρά χαρακτηριστικά γνωρίσματα μεγέθους συγχρόνως μπορεί να επιτευχθεί με την συμπίεση των μετρήσεων. Εντούτοις, για τη μέγιστη ευελιξία, μπορεί να είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί η λειτουργία Compression στις επιλογές διαδικασίας, κατόπιν είστε ελεύθεροι να επιλέξετε τις επόμενες παραμέτρους χάραξης, οι οποίες μπορούν έπειτα να περιλάβουν το Clip και το Relief. Μπορεί, επίσης, να εξεταστούν οι συμπιεσμένες μετρήσεις χρησιμοποιώντας τα ίχνη των περιοχών. Η είσοδος κάτω από το Compression στην αναφορά διαδικασίας παρέχει οδηγίες σχετικά με τον τρόπο συμπίεσης τη επιθυμητής σειράς των μετρήσεων, χρησιμοποιώντας είτε Logarithmic είτε Arctangent compression.

Τέλος, συνιστάται οι μετρήσεις να αντιμετωπίζονται χρησιμοποιώντας όλους τους τρόπους παραμέτρων πλοκών Shade ή Pattern: Clip, Compress ή Relief. Ένας συνδυασμός αυτών θα βοηθήσει να επιλύσει τα λεπτά αρχαιολογικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Παραδείγματος χάριν, η περιστροφή της κατεύθυνσης του ήλιου και η αλλαγή της ανύψωσης στις παραμέτρους χάραξης Relief αποκαλύπτουν συχνά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που θα χάνονταν, συνήθως αυτό είναι το καλύτερο που εφαρμόζεται στα non-high pass filter. Ομοίως, η ρύθμιση της αντίθεσης μεταξύ 0,1 και 10 στο Clip και το Compress θα καταστήσει τα λεπτά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ορατά.

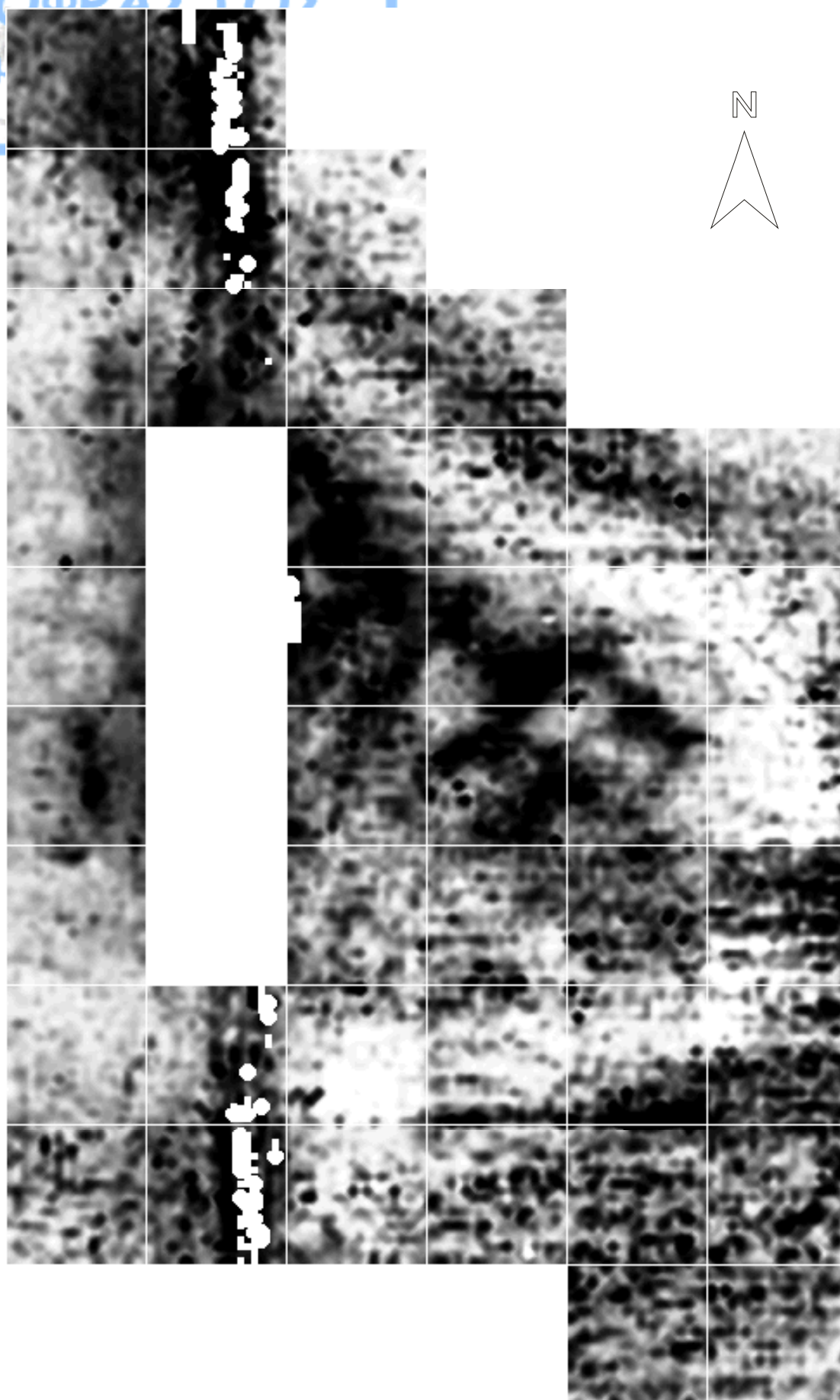


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

### 7.1. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΧΑΡΤΗ

Στις επεξεργασμένες μετρήσεις μας από το υπολογιστικό πρόγραμμα Geoplot, με σκοπό την καλύτερη εμφάνιση των αρχαιολογικών δομών.

Στο σχήμα 7.1 παρουσιάζεται ο χάρτης όπως προέκυψε μετά την επεξεργασία των μετρήσεων με την διαδικασία που προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.



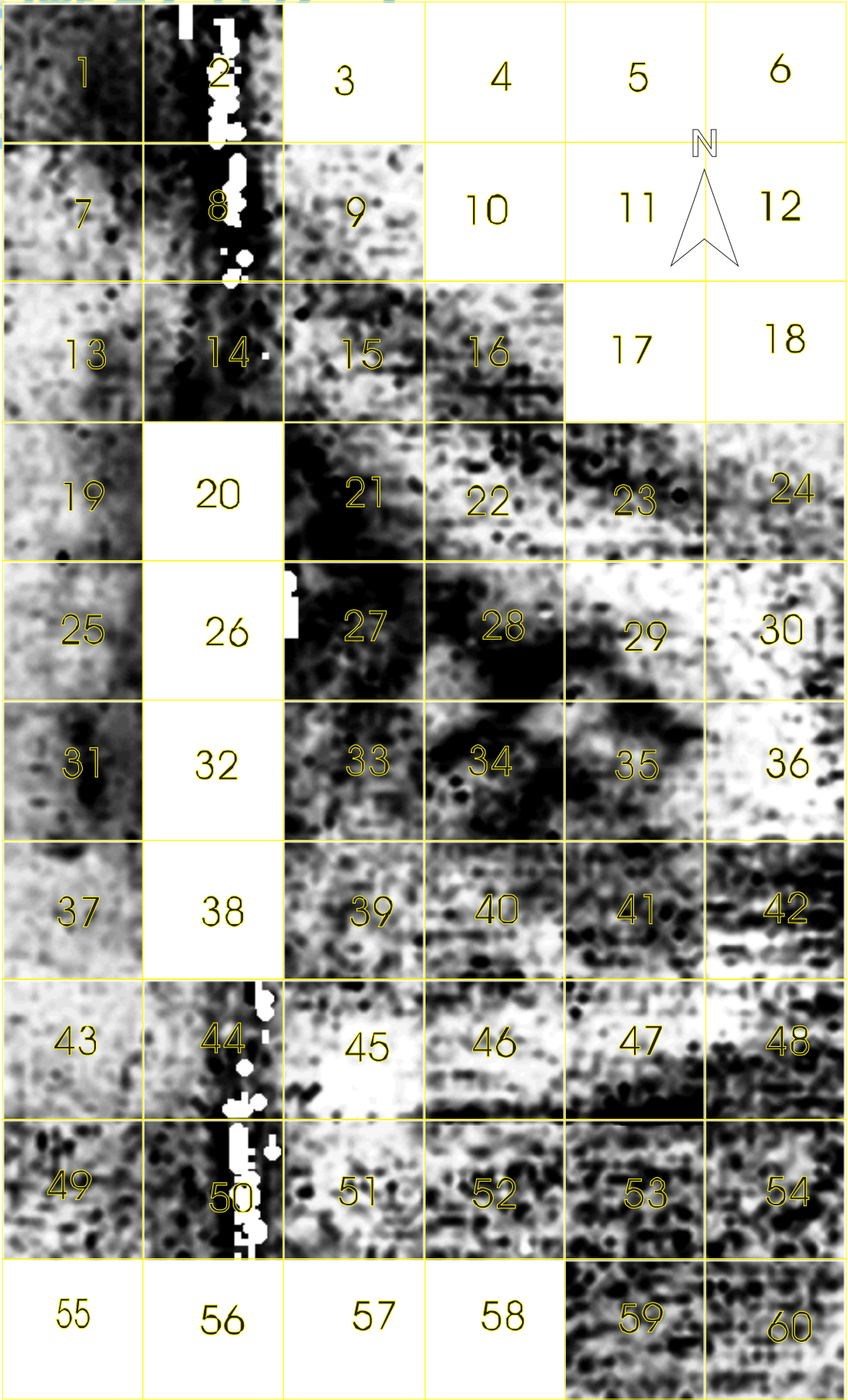
**Σχήμα 7.1.** Απεικόνιση χάρτη μετά την επεξεργασία

## 7.2. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΘΑΜΜΕΝΩΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ

Ο εντοπισμός των θαμμένων δομών, αρχαιολογικών και μη, που βρίσκονται στην ερευνούμενη περιοχή έγινε μετά από προσεκτική μελέτη του χάρτη του σχήματος 7.1.

Για την καλύτερη περιγραφή των θαμμένων δομών τροποποιήσαμε το σχήμα 7.1 και τοποθετήσαμε αριθμημένο πλέγμα πάνω από αυτό. Έτσι δημιουργήθηκε το σχήμα 7.2, όπου με βάση αυτό θα περιγράψουμε την θέση των θαμμένων αρχαιολογικών δομών.

Στο χάρτη εμφανίζεται μια δομή από ΒΔ προς ΝΑ καλύπτοντας τα τετράγωνα 14,21,27,28,29,33,34 και 35. Ειδικότερα, μπορούμε να παρατηρήσουμε το σχηματισμό δωματίου στην ένωση των ακμών των τετραγώνων 27,28,33,34, άλλη μία παρόμοια περίπτωση υπάρχει και στην ένωση των ακμών των τετραγώνων 28,29,34,35. Ακόμη άλλο ένα δωμάτιο μπορούμε να διακρίνουμε στο κέντρο του τετραγώνου 35.



**Σχήμα 7.2.** Τοποθέτηση αριθμημένου πλέγματος πάνω στο χάρτη



## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η εικόνα για της αρχαιολογικές και μη δομές που υπάρχουν θαμμένες στην περιοχή μελέτης είναι αρκετά ξεκάθαρη. Οι δομές που περιγράφηκαν προηγουμένως είναι πιθανές να υπάρχουν. Η ύπαρξη άλλων δομών, εκτός από αυτές, δεν μπορεί να αποκλειστεί.

Σε κάθε περίπτωση, πάντως, ο υπεύθυνος για την ανασκαφή αρχαιολόγος θα πρέπει να μελετήσει με προσοχή τον χάρτη που παρατέθηκε στο τελευταίο κεφάλαιο προκειμένου να βγάλει τα δικά του συμπεράσματα και να κατευθύνει με επιτυχία την ανασκαφή.





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

**ΑΙΤΚΕΝ Μ.Ι.** "Physics and arcaelogy". Clavedon press-Oxford 1974.

**Geoscan Research.** Εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου RM15.

**ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ.** "Γεωλογία της Ελλάδας" ,University Studio Press, Θεσσαλονίκη 1985.

**ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ Β.** "Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική", Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1993.

**ΤΣΟΚΑΣ Γ.** "Ανάπτυξη των γεωφυσικών εφαρμογών σε αρχαιολογικούς χώρους στην Ελλάδα". Τομέας Γεωφυσικής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

**ULRICH LEUTE.** "Archaeometry". An Introduction to Physical Methods in Archaeolgy and the History of Art.VCH

**WALKER R. AND SOMERS L.** "GEOPLOT 2.01, Instruction Manual 1.01", Geoscan Research, Bradford UK, 1994.