

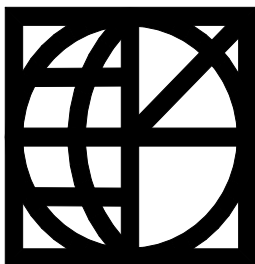
**ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ
ΕΜΠ - ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**DIONYSOS SATELLITE OBSERVATORY
NTUA - SCHOOL RURAL AND SURVEYING
ENGINEERING**

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΥΠΡΟΥ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΟΔΩΡΑ ΜΑΤΣΙΚΑΡΗ



ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφάζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η έγκριση δε της διδακτορικής διατριβής από την Ανώτατη Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν.5343/1932, Άρθρο 202).

Πρόλογος

Ήταν ιδιαίτερη χαρά και τιμή για μένα η επεξεργασία, στα πλαίσια της διαδακτορικής μου διατριβής, των γεωδαιτικών ιστορικών μετρήσεων της Κυπρου, καθώς αποτελεί την ιδιαίτερη πατρίδα μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Δ. Παραδείση για τις συμβουλές, την καθοδήγηση και επίβλεψη του σε όλη την διάρκεια της εργασίας αυτής, καθώς και για την ειλικρινή του συμπαράσταση και βοήθεια σε όλα τα θεωρητικά κα πρακτικά προβλήματα που προέκυψαν.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την δρ. Μηχανικό Ε.Μ.Π. κα. Αλεξία Καραμάνου για την ανεκτίμητη βοήθεια της σε όλα τα στάδια της εργασίας αυτής.

Ακόμα, ευχαριστίες οφείλω στον δρ. Μηχανικό Ε.Μ.Π. Θανάση Γκέγκα, καθώς και στους υποψήφιους διδάκτορες Βαγγέλη Ζαχαρή και Θανάση Μπίμη για την βοήθεια που μου παρείχαν.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την κ. Φωτεινή Ρικανιάδη - Πούλου, για την φιλική βοήθεια και ηθική συμπαράσταση σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Πίνακας Περιεχομένων

	σελ.
Πρόλογος	v
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Πινάκων	ix
Πίνακας Σχημάτων	xi
Περίληψη	xiii
Κεφάλαιο 1. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ	1
1.1. Εισαγωγή	1
1.2. Η Γεωτεκτονική Ζώνη του Τροόδους (Οροσειρά του Τροόδους)	3
1.3. Το Σύναγμα	5
1.4. Η τεκτονική εξέλιξη της Κύπρου	6
1.5. Το πεδίο βαρύτητας της Κύπρου	9
Κεφάλαιο 2. Η ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	11
2.1. Γενικά	11
2.2. Οι σεισμοί στον κυπριακό χώρο	12
2.2.1. Ιστορικοί σεισμοί	12
2.2.2. Ενόργανες καταγραφές των τελευταίων 100 χρόνων	13
2.2.3. Κατανομή της σεισμικής δραστηριότητας στον κυπριακό χώρο	15
Κεφάλαιο 3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΤΤΡΗΣΕΩΝ (ΤΑΝΥΣΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ)	17
3.1. Γενικά	17
3.2. Το μαθηματικό μοντέλο του υπολογισμού των τεκτονικών παραμορφώσεων	17
3.3. Χρήση γεωδαιτικών μετρήσεων στον προσδιορισμό των παραμέτρων παραμόρφωσης	26
3.4. Το λογισμικό υπολογισμού των τανυστών παραμόρφωσης	30
Κεφάλαιο 4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	33
4.1. Γενικά	33
4.2. Μετρήσεις 1914	34
4.3. Μετρήσεις 1962	39

Κεφάλαιο 5. Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	49
5.1. Προσδιορισμός των παραμέτρων παραμόρφωσης	49
5.2. Αναγωγές Μετρήσεων	50
5.3. Επίλυση - Αποτελέσματα	50
Κεφάλαιο 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
6.1. Βασικά Συμπεράσματα	59
6.2. Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας	61
Βιβλιογραφία	63

Πίνακας Πινάκων

	σελ.
Πίνακας 2.1 Οι σημαντικότεροι σεισμοί στην Κύπρο για την περίοδο από 1896 έως 1999.	14
Πίνακας 4.1 Οι γωνιομετρήσεις της περιόδου 1914.	34 - 39
Πίνακας 4.2 Οι μετρήσεις αποστάσεων της περιόδου 1962.	40 - 46
Πίνακας 4.3 Οι επίπεδες συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου σε UTM.	47 - 48
Πίνακας 5.1 Συντεταγμένες κέντρου βάρους και στοιχεία έλλειψης παραμόρφωσης για κάθε τρίγωνο.	51
Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα υπολογισμού διατμητικών τάσεων.	52 - 54
Πίνακας 6.1 Ρυθμός ετήσιας ολικής διάτμησης.	59

Πίνακας Σχημάτων

	σελ.
Σχήμα 1.1 Οι έξι κυριότερες λιθοσφαιρικές πλάκες του φλοιού της γης	2
Σχήμα 1.2 Οι γεωτεκτονικές Ζώνες της Κύπρου.	3
Σχήμα 1.3 Σχηματική απεικόνιση της σύγκρουσης λιθοσφαιρικών πλακών και της έναρξης του σχηματισμού του Τροόδους πριν 90 εκατομμύρια χρόνια.	3
Σχήμα 1.4 Στρωματογραφική στήλη του Οφιόλιθου του Τροόδους και των υπερκείμενων ιζηματογενών πετρωμάτων.	5
Σχήμα 1.5 Ο Γεωλογικός Χάρτης της Κύπρου (α).	8
Σχήμα 1.6 Χάρτης ανωμαλιών Bouguer της Κύπρου.	9
Σχήμα 2.1 Σεισμικές εντάσεις και κατανομή τους στον Κυπριακό χώρο για την χρονική περίοδο από 100 π.Χ. μέχρι 1997 μ.Χ..	13
Σχήμα 2.2 Επίκεντρα 674 σεισμών που καταγράφηκαν από σεισμολογικούς σταθμούς στον ευρύτερο Κυπριακό χώρο στην περίοδο μεταξύ 1905 - 1996.	15
Σχήμα 2.3 Διάταξη των Λιθοσφαιρικών πλακών στην Ανατολική Μεσόγειο.	16
Σχήμα 3.1 Συντεταγμένες σημείου τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2	19
Σχήμα 3.2 Έλλειψη παραμόρφωσης	29
Σχήμα 4.1 Το τριγωνομετρικό Δίκτυο της Κύπρου	33
Σχήμα 5.1 Τα κοινά τρίγωνα μεταξύ των εποχών μετρήσεων 1914-1962.	49
Σχήμα 5.2 Διατμητικές τάσεις στον Κυπριακό χώρο.	54
Σχήμα 5.3 Τεκτονικές ταχύτητες της Αν.Μεσογείου ως προς την Αραβική τεκτονική πλάκα.	55
Σχήμα 5.4 Τεκτονικές ταχύτητες της Αν.Μεσογείου ως προς την Ευρασιατική τεκτονική πλάκα.	56
Σχήμα 5.5 Τεκτονικές ταχύτητες της Αν.Μεσογείου ως προς το ITRF08.	56
Σχήμα 5.6 Τεκτονικές ταχύτητες της Αν.Μεσογείου ως προς την Αφρικανική τεκτονική πλάκα.	57
Σχήμα 5.7 Ο Γεωλογικός Χάρτης της Κύπρου (β).	58

Περίληψη

Βασικός σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο προσδιορισμός των τεκτονικών διατμητικών τάσεων στην περιοχή της Νήσου Κύπρου. Για τον λόγο αυτό διεξάχθηκε πρωτογενής έρευνα και επεξεργασία όλων των ιστορικών δεδομένων γεωδαιτικών μετρήσεων που διατέθηκαν από την Υπηρεσία Κτηματολογίου της Κύπρου.

Οι ιστορικές μετρήσεις αφορούν τόσο σε γωνιομετρήσεις που αναφέρονται στην περίοδο 1914, όσο και σε μετρήσεις αποστάσεων που αναφέρονται στην περίοδο 1962. Το μετρημένο τριγωνομετρικό δίκτυο αποτελείται συνολικά από 32 κορυφές, ενώ μεταξύ των δύο εποχών μετρήσεων παραμένουν κοινά 26 τρίγωνα.

Για την ανάλυση των μετρήσεων αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0, το οποίο βασίζεται στην παγκοσμίως εγκεκριμένη, προτεινόμενη από τον κ.Γ.Βέη μεθοδολογία (Πρ. Ακαδημίας Αθηνών, 1992), σύμφωνα με την οποία οι διατμητικές παραμορφώσεις σε κάθε σχηματιζόμενο τρίγωνο του δικτύου προκύπτουν από την διαφορά στις μετρημένες οριζόντιες γωνίες μεταξύ των εποχών παρατήρησης.

Προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των δύο εποχών μετρήσεων, οι μετρήσεις αποστάσεων της εποχής 1962 αφού υπόστηκαν τις κατάλληλες διορθώσεις για την αναγωγή τους στο επίπεδο, στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση των τριγώνων και τον υπολογισμό των αντίστοιχων οριζόντιων γωνιών.

Η ανάλυση των μετρήσεων δείχνει ότι οι σημαντικότερες τάσεις παρατηρούνται στο νοτιοδυτικό του τμήμα νησιού και κυρίως γύρω από την περιοχή της Πάφου, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το επίσημο Δελτίο του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης του Υπουργείου Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Κύπρου, που περιλαμβάνει πίνακα με τους σημαντικότερους σεισμούς των τελευταίων 100 χρόνων.

Επιπλέον, η διεύθυνση των περισσότερων τανυστών παραμόρφωσης από Α-Δ, ταυτίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό με την διεύθυνση των διανυσμάτων μετακίνησης του ευρύτερου Ελλαδικού και Τουρκικού χώρου, που είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι ο χώρος αυτός αποτελεί φυσική συνέχεια των περιοχών Ελλάδας και Τουρκίας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποδεικνύουν ότι η έρευνα αυτή αποτελεί το υπόβαθρο για οποιαδήποτε σχετική μελλοντική μελέτη πραγματοποιηθεί στην περιοχή.

1. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

1.1. Εισαγωγή

Για να περιγράψουν τη γεωλογία διαφόρων περιοχών της γης οι γεωλόγοι ομαδοποιούν περιοχές της ίδιας γεωλογικής δομής, εξέλιξης και ηλικίας σε αυτό που ονομάζουν γεωτεκτονικές ζώνες. Σε μικρότερη κλίμακα πετρώματα της ίδιας ηλικίας, σύνθεσης και τρόπου σχηματισμού ονομάζονται σχηματισμοί. Στους σχηματισμούς δίνονται ονόματα τα οποία συνήθως προέρχονται από τα τοπωνύμια των περιοχών στις οποίες παρουσιάζουν την μεγαλύτερή τους ανάπτυξη. Οι αρχές αυτές ακολουθούνται και στην προκειμένη περίπτωση, για να διευκολύνονται οι γεωολογικοί συσχετισμοί για ολόκληρη την Κύπρο.

Η γεωλογία της Κύπρου έχει ως πυρήνα το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους, ηλικίας 92 εκατομμυρίων χρόνων. Τα πετρώματα του Τροόδους αποτελούν ένα κομμάτι αρχαίου ωκεάνιου φλοιού, που άρχισε να αναδύεται από τη θάλασσα πριν 10 περίπου εκατομμύρια χρόνια. Η γεωλογική εξέλιξη της Κύπρου σε παλαιότερο χρόνο ήταν υποθαλάσσια και σ' αυτήν προέχουν τρία κύρια τεκτονικά επεισόδια: (α) η γένεση του συμπλέγματος του Τροόδους πάνω από μια ωκεάνια ζώνη καταβύθισης και η κατά τον ίδιο χρόνο προσκόλληση σ' αυτό παλαιότερων πετρωμάτων ηλικίας 200 μέχρι 75 εκατομμυρίων χρόνων στα νότια και δυτικά περιθώριά του, (β) η τεκτονική ηρεμία που επικράτησε στην περίοδο από 75 μέχρι 10 εκατομμύρια χρόνια και χαρακτηρίζεται από την υποθαλάσσια εναπόθεση πελαγικών ασβεστολιθικών ιζημάτων και τη βαθμιαία μείωση του βάθους των θαλασσών και (γ) η προσκόλληση της οροσειράς της Κερύνειας στη βόρεια πλευρά του Συμπλέγματος του Τροόδους και η ανύψωση της νήσου στη σημερινή της μορφή.

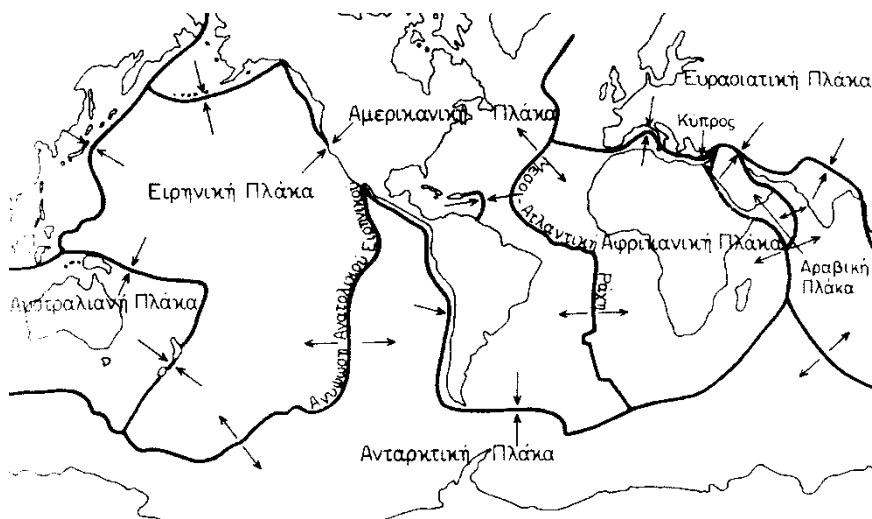
Για να κατανοήσει κάποιος τον τρόπο σχηματισμού της Κύπρου, θα πρέπει να γνωρίζει τις βασικές διεργασίες και ανακατατάξεις που συμβαίνουν στο φλοιό της Γης.

Σύμφωνα με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών η επιφάνεια της γης χωρίζεται σε μικρό αριθμό άκαμπτων λιθοσφαιρικών πλακών οι οποίες ευρίσκονται σε συνεχή σχετική κίνηση (Σχήμα 1.1). Τα όρια μεταξύ των πλακών είναι τριών τύπων:

α) Αποκλίνοντα όρια. Κατά μήκος των ορίων αυτών οι πλάκες απομακρύνονται η μια από την άλλη και στο κενό που δημιουργείται σχηματίζεται νέος φλοιός, γι' αυτό τα όρια αυτά ονομάζονται και δημιουργικά όρια. Στα όρια αυτά παρατηρείται έκχυση λαβών κατά μήκος ενός άξονα διεύρυνσης και μια σχετική σεισμική δραστηριότητα με μικρού μεγέθους σεισμούς.

β) Συγκλίνοντα όρια. Στα όρια αυτά οι δύο πλάκες συγκρούονται και η μια καταδύεται υπό γωνία κάτω από την άλλη. Κατά μήκος αυτών των ορίων σύγκλισης που είναι γνωστά και ως όρια καταβύθισης, το βυθιζόμενο τμήμα της πλάκας καταστρέφεται μέσα στο μανδύα της γης, γι' αυτό και τα όρια αυτά ονομάζονται καταστροφικά. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των ορίων αυτών είναι η έντονη σεισμικότητα και η έντονη ηφαιστειακή δράση

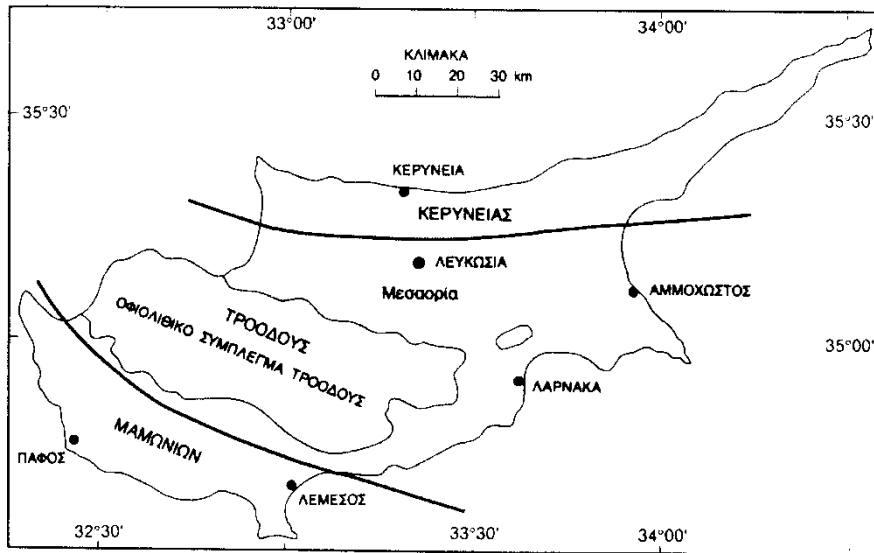
γ) Εφαπτομενικά όρια. Στα όρια αυτά οι δύο πλάκες κινούνται παράλληλα αλλά σε αντίθετη κατεύθυνση. Κατά την κίνηση των πλακών στα όρια αυτά, που ονομάζονται ρήγματα μετασχηματισμού, δεν δημιουργείται αλλά ούτε καταστρέφεται μέρος της λιθόσφαιρας. Σ' αυτά δεν παρατηρείται ηφαιστειακή δράση, παρατηρούνται όμως καταστρεπτικοί σεισμοί. Το ρήγμα του Αγίου Ανδρέα στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών είναι ρήγμα μετασχηματισμού.



Σχήμα 1.1 Οι έξι κυριότερες λιθосφαιρικές πλάκες του φλοιού της γης.

Νέος φλοιός δημιουργείται κατά μήκος των αποκλινόντων ορίων όπου και σχηματίζονται υποθαλάσσιες οροσειρές, που είναι γνωστές ως μεσοωκεάνιες οροσειρές. Νέος φλοιός μπορεί επίσης να σχηματιστεί πάνω από τις ζώνες καταβύθισης. Ο φλοιός αυτός έχει ένα πάχος της τάξης των 6 χιλιομέτρων και βρίσκεται κάτω από όλους τους ωκεανούς γι' αυτό και ονομάζεται ωκεάνιος φλοιός. Οι γνώσεις μας για τον ωκεάνιο φλοιό προέρχονται από γεωφυσικές μελέτες, γεωτρήσεις και παρατηρήσεις με βαθυσκάφη στους ωκεανούς, αλλά κυρίως από τη μελέτη τμημάτων παλαιού ωκεάνιου φλοιού που έχουν αναδυθεί και ανυψωθεί πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και αποτελούν τώρα χερσαία τμήματα. Τέτοια χερσαία τμήματα παλιού ωκεάνιου φλοιού ονομάζονται οφιόλιθοι και βρίσκονται συνήθως σε συγκλίνοντα όρια λιθосφαιρικών πλακών. Η Κύπρος χωρίζεται σε τρεις γεωτεκτονικές ζώνες: την οροσειρά του Τροόδους και την

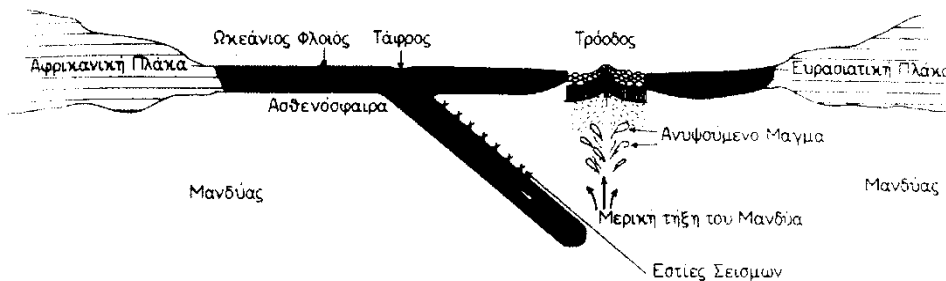
προέκταση της κάτω από τη Μεσαορία, τη Ζώνη των Μαμωνιών και την Οροσειρά της Κερύνειας, οι οποίες αποτελούνται βασικά από αλλόχθονους σχηματισμούς (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 Οι γεωτεκτονικές Ζώνες της Κύπρου.

1.2. Η Γεωτεκτονική Ζώνη του Τροόδους (Οροσειρά του Τροόδους)

Η οροσειρά του Τροόδους είναι ένας οφιόλιθος και αποτελεί μέρος ενός αρχαίου ωκεάνιου φλοιού, η ανύψωση του οποίου στη σημερινή του θέση οφείλεται μεταξύ άλλων στη σύγκρουση της αφρικανικής λιθосφαιρικής πλάκας με την ευρασιατική και την καταβύθιση της πρώτης κάτω από τη δεύτερη. (Σχήμα 1.3).



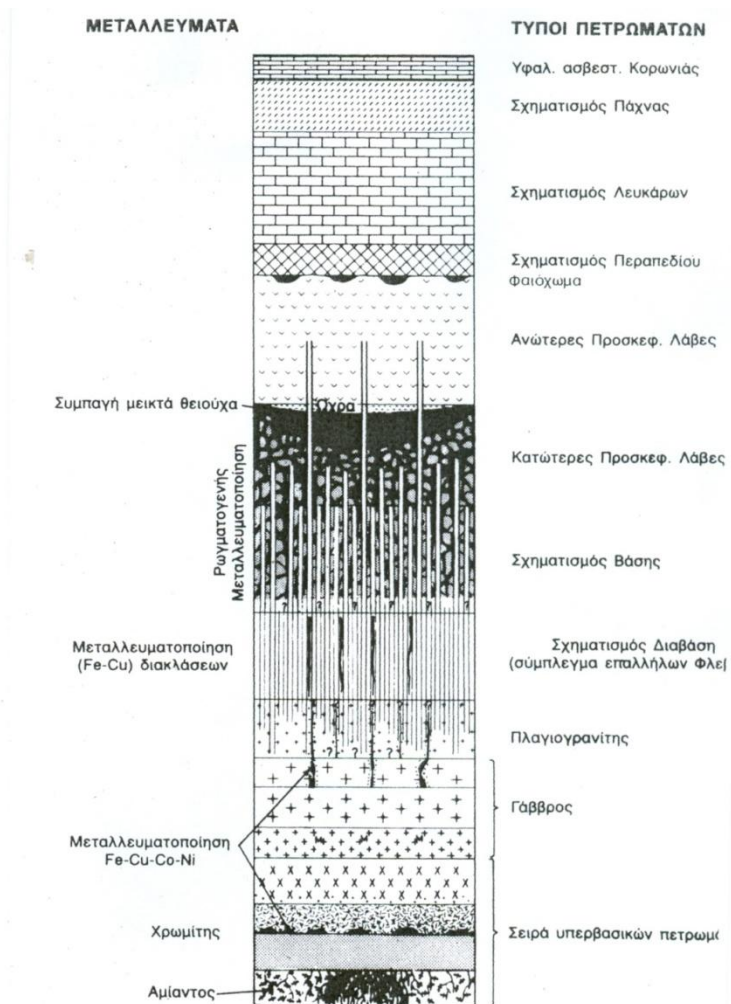
Σχήμα 1.3 Σχηματική απεικόνιση της σύγκρουσης λιθосφαιρικών πλακών και της έναρξης του σχηματισμού του Τροόδους πριν 90 εκατομμύρια χρόνια.

Ο όρος οφιόλιθος προέρχεται από τις λέξεις όφης και λίθος και δόθηκε, αρχές του 19ου αιώνα, στο πέτρωμα σερπεντινίτης λόγω της προσομοίωσής της όψης του με εκείνη ενός πράσινου

φιδιού. Αργότερα,ειδικότερα στη δεκαετία του 1960 με την αποδοχή της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών, ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει μια ομάδα βασικών και υπερβασικών πυριγενών και ιζηματογενών πετρωμάτων. Αυτά περιγράφονται πιο κάτω ξεκινώντας από τα στρωματογραφικά ανώτερα προς τα στρωματογραφικά κατώτερα. (Σχήμα 1.4)

- α) Ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι και πηλίτες με ενδιάμεσες, ασυνεχείς εμφανίσεις φαιοχρωμάτων.
- β) Ηφαιστειακά πετρώματα και κυρίως ροές προσκεφαλοειδών λαβών.
- γ) Φλεβικά πετρώματα βασαλτικής κυρίως σύστασης.
- δ) Πλουτώνια πετρώματα.
- ε) Πετρώματα της Ακολουθίας του Μανδύα.

Σήμερα πιστεύεται ότι το Τρόδος σχηματίστηκε πριν 90 περίπου εκατομμύρια χρόνια (Ανώτερο Κρητιδικό), κατά μήκος ενός άξονα διεύρυνσης στα όρια καταβύθισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας. Στον οφιόλιθο του Τροόδους βρίσκονται όλα τα πετρώματα ενός οφιολιθικού συμπλέγματος. Τα πετρώματα αυτά δεν έχουν διαταραχθεί από την αρχική σχετική τους θέση ούτε έχουν υποστεί οποιαδήποτε αλλαγή εκτός από την θαλάσσια εξαλλοίωση. Ο οφιόλιθος του Τροόδους μαζί με αυτό του Ομάν είναι στρωματογραφικά πλήρεις και από τους καλύτερα διατηρημένους στη γη. Το γεγονός αυτό προκάλεσε την προσοχή και το ενδιαφέρον των γεωεπιστημόνων τα τελευταία τριάντα χρόνια. Οι δύο αυτοί οφιόλιθοι είναι τμήματα μιας σειράς οφιολίθων που βρίσκονται κατά μήκος των βορείων ορίων της Αραβικής πλάκας σηματοδοτώντας έτσι την εξαφάνιση ενός αρχαίου ωκεανού, της Τηθύος, που προϋπήρχε στην περιοχή αυτή. Η Μεσόγειος είναι ένα τμήμα που έχει απομείνει από τον αρχαίο αυτό ωκεανό.



Σχήμα 1.4 Στρωματογραφική στήλη του Οφιόλιθου του Τροόδους και των υπερκείμενων ιζηματογενών πετρωμάτων.

1.3 Το Σύναγμα

Είναι ο νεότερος ιζηματογενής σχηματισμός της Κύπρου, πλειστοκαινικής ηλικίας, που επικάθεται με ασυμφωνία σ' όλους τους παλαιότερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Αποτελείται από αποθέσεις αμμοχάλικων που προήλθαν από τη διάβρωση κυρίως των οφιολιθικών πετρωμάτων του Τροόδους. Τα συστατικά στοιχεία του συνάγματος είναι γωνιώδη μέχρι αποστρογγυλεμένα τεμάχια, οφιολιθικών πετρωμάτων καθώς επίσης άμμοι, πηλοί και ιλύες. Τα συστατικά αυτά δεν έχουν οποιαδήποτε διαβάθμιση και κυρίως είναι χωρίς ή μόνο με ελαφρή συγκόλληση μεταξύ τους. Σε σπάνιες περιπτώσεις, κυρίως στην κορυφή του συνάγματος, η συγκόλληση είναι ισχυρή και; έτσι σχηματίζονται σκληρά λατυποπαγή ανθεκτικά στη διάβρωση. Το υλικό της συγκόλλησης είναι ανθρακικό ασβέστιο.

Οι συγκεντρώσεις των αμμοχάλικων του συνάγματος, που στη γεωλογική ορολογία ονομάζονται επίσης αλλουβιακά ριπίδια, αποτέθηκαν από χειμάρρους. Η εναπόθεση τόσων μεγάλων ποσοτήτων αμμοχάλικων είναι το αποτέλεσμα υψηλής βροχόπτωσης και απότομης ανύψωσης του Τροόδους, τα πετρώματα του οποίου ως εκ τούτου διαβρώθηκαν έντονα και τα προϊόντα της διάβρωσης μεταφέρθηκαν από τα νερά. Προσεκτική μελέτη των αποθέσεων αυτών οδηγεί στη διάκριση τριών κύκλων απόθεσης, οι οποίοι χωρίζονται μεταξύ τους με την παρουσία κοκκινοχωμάτων (παλαιοεδάφων). Πιθανόν οι κύκλοι εναπόθεσης του συνάγματος να αντιστοιχούν με τις τρεις πρώτες παγετώδεις περιόδους της Ευρώπης και τα παλαιοεδάφη με τις μεσοπαγετώδεις περιόδους. Κατά τις παγετώδεις περιόδους η βροχόπτωση ήταν πολύ υψηλή ενώ κατά τις μεσοπαγετώδεις επικρατούσαν ξηρικές συνθήκες.

1.4. Η τεκτονική εξέλιξη της Κύπρου

Στα προηγούμενα κεφάλαια γίνεται αναφορά στα σημαντικότερα τεκτονικά γεγονότα που οδήγησαν στην ανάδυση της Κύπρου από τη θάλασσα. Η σύγκρουση των παρυφών της Αραβίας με την τάφρο καταβύθισης της Αφρικανικής Πλάκας πάνω από την οποία σχηματίστηκε το Τρόδος είχε ως αποτέλεσμα:

- α) την παύση της καταβύθισης και τη γένεση οφιολίθων,
- β) την αποκόλληση του οφιολίθου του Τροόδους και την περιστροφή του κατά 90° αντίστροφα προς την φορά των ωρολογιακών δεικτών
- γ) την τοποθέτηση του συμπλέγματος των Μαμωνιών στα κράσπεδα της γεωτεκτονικής ζώνης του Τροόδους και τη συγχώνευσή τους σε μια ενότητα.

Με την καταβύθιση και τις ανάλογες αναπροσαρμογές οι πλάκες κινήθηκαν βορειότερα έτσι που τα νοτιότερα κράσπεδά τους βρέθηκαν στην περιοχή όπου τελικά θα προσκολλόταν η οροσειρά της Κερύνειας. Νότια της περιοχής αυτής επικρατούσε τεκτονική ηρεμία με θαλάσσια ιζηματογένεση σε θάλασσες που προοδευτικά ξεβάθηναν και με το Τρόδος να αναδύεται στο Μέσο Μειόκαινο.

Ακόμη ένα σημαντικό τεκτονικό επεισόδιο σημειώθηκε στο τέλος του Μειόκαινου και επηρέασε κυρίως το βορειότερο τμήμα της περιοχής που θα αποτελούσε την Κύπρο. Μια σειρά από αλλόχθονους ασβεστόλιθους επωθήθηκαν νότια πάνω στις παρυφές της ζώνης του Τροόδους πτυχώνοντας και επωθώντας όλα τα νεότερα ιζήματα που συνάντησαν στην πορεία τους. Ανατολικά της Κύπρου η Τηθύς θάλασσα έκλεισε και η Μεσόγειος θάλασσα απέκτησε σχεδόν

το σημερινό της σχήμα. Ωστόσο η Αφρικανική Πλάκα δεν σταμάτησε να κινείται βόρεια. Τα όρια των πλακών έπρεπε να αναπροσαρμοστούν και η σχετική κίνηση των πλακών να αλλάξει, ώστε να εξισορροπηθούν οι δυνάμεις.

Μια νέα ζώνη καταβύθισης αναπτύχθηκε νότια και δυτικά της Κύπρου και οι δύο πλάκες ολισθαίνουν παράλληλα μεταξύ τους στα ανατολικά. Σ' αυτό το γεωμετρικό σχήμα, καθώς η Αφρικανική και ειδικότερα η Αραβική Πλάκα κινείται κάτω από την Τουρκία, τη σπρώχνει και την αναγκάζει να κινηθεί δυτικά κατά μήκος δύο κυρίων ρηγμάτων ολίσθησης. Με αυτό τον τρόπο καταβυθίζεται η Αφρικανική Πλάκα στα νότια της Κύπρου, πράγμα που είχε καθοριστική επίδραση στη γένεση και τη γεωλογική εξέλιξη του νησιού.

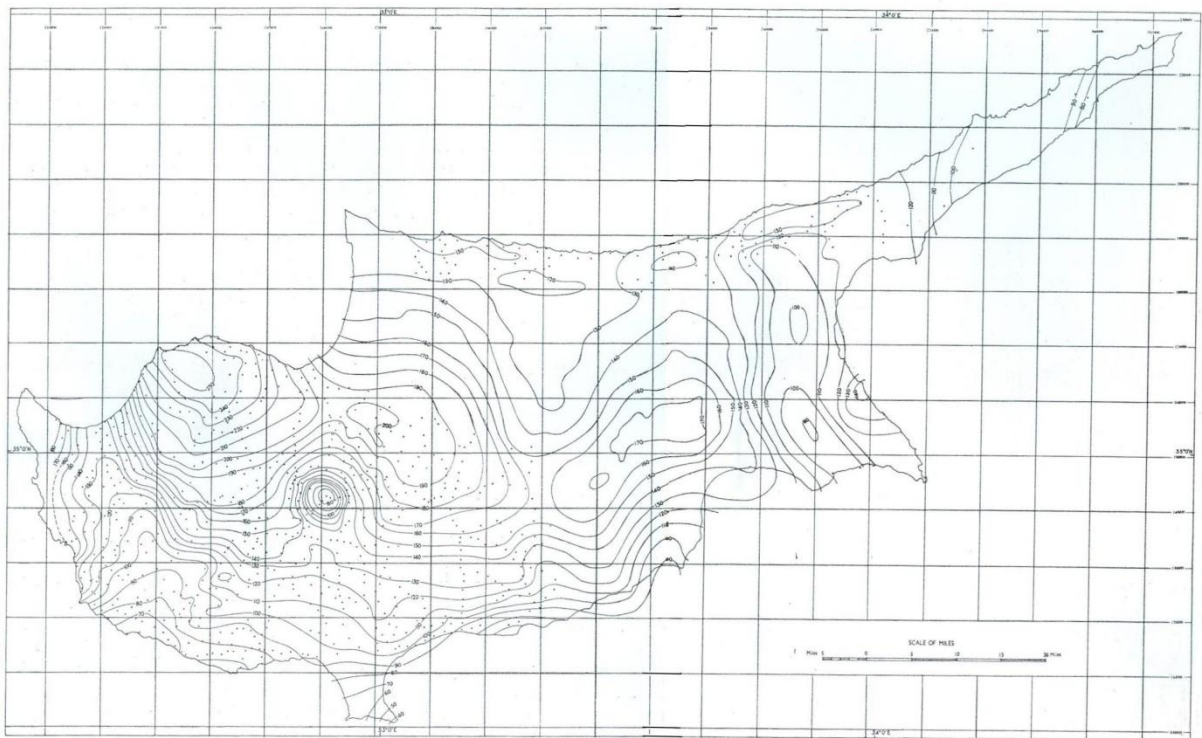
Ένα μικρό κομμάτι του ηπειρωτικού φλοιού που απεκόπη από την Αφρικανική Πλάκα πριν 200 εκατομμύρια χρόνια, προσέγγισε τη ζώνη καταβύθισης στο τέλος του Μειόκαινου. Το κομμάτι αυτό αποτελεί το υποθαλάσσιο βουνό γνωστό ως Ερατοσθένης. Ο φλοιός αυτός είναι ελαφρότερος και περιέχει πολύ περισσότερο νερό απ' ό τι ο ωκεάνιος φλοιός του Τρόοδος. Καθώς το κομμάτι αυτό πήγαινε βαθύτερα κάτω από το Τρόοδος, έχασε το περισσότερο από το νερό του, το οποίο μετανάστευσε προς τα πάνω και βοήθησε στη σερπεντινίωση των υπερβασικών οφιολιθικών πετρωμάτων και ειδικότερα των πετρωμάτων της ακολουθίας του Μανδύα. Ο σερπεντινίτης κινήθηκε προς τα πάνω λόγω του μικρότερου ειδικού βάρους του και βοήθησε το Τρόοδος να ανυψωθεί πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Αυτό δεν ήταν βέβαια και ο μοναδικός παράγοντας ανύψωσης. Ο καταβυθιζόμενος ηπειρωτικός φλοιός, ως πολύ ελαφρύτερος εξασκούσε μια σημαντική άνωση στο κομμάτι του ωκεάνιου φλοιού που θα αποτελούσε την Κύπρο με αποτέλεσμα και τη βαθμιαία ανύψωσή του. Ο ρυθμός της ανύψωσης δεν ήταν σταθερός. Σε περιόδους δραστηκής ανύψωσης η διάβρωση ήταν έντονη και οι ποταμοί σχημάτισαν βαθιές κοιλάδες που άφησαν πίσω τους κατάλοιπα των προηγούμενων ποτάμιων αποθέσεων σε διάφορα επίπεδα, πράγμα που χαρακτηρίζει όλους τους ποταμούς της Κύπρου.

Τεράστιες ποσότητες προϊόντων διάβρωσης έχουν δημιουργηθεί κατά τις περιόδους αυτές και έχουν απότομα μεταφερθεί και εναποτεθεί σχηματίζοντας τα πλειοκαινικά ιζήματα (Σύναγμα) που έχουν ήδη περιγραφεί. Η κίνηση των πλακών και η καταβύθιση της Αφρικανικής Πλάκας νότια της Κύπρου αποτελούν την αιτία των σεισμών που συμβαίνουν στον κυπριακό χώρο. Ο παρακάτω Χάρτης (Σχ.1.5) απεικονίζει τον γεωλογικό σχηματισμό καθώς και τα κυριότερα ρήγματα της Κύπρου.

1.5 Το πεδίο βαρύτητας της Κύπρου

Η Κύπρος καλύπτεται από ένα ισχυρό πεδίο βαρύτητας με τις τιμές ανωμαλίας να κυμαίνονται μεταξύ 100 και 250 mgal (Gass & Smith, 1963). Οι μεγαλύτερες ανωμαλίες καταγράφονται πάνω από τον ορεινό όγκο του Τροόδος και εκτείνονται σε έναν άξονα με διεύθυνση Ανατολή-Δύση. Είναι χαρακτηριστικό ότι καμία ανωμαλία βαρύτητας αυτού του μεγέθους, μέχρι στιγμής, δεν έχει βρεθεί στην ανατολική Μεσόγειο. Οι υψηλές τιμές των ανωμαλιών σχετίζονται άμεσα με την γεωλογική ιδιαιτερότητα του νησιού, τα σύνθετα και υψηλής πυκνότητας οφιολιθικά πετρώματα της οροσειράς του Τροόδος, ενώ στον παρακάτω Χάρτη 1.2 φαίνονται οι θετικές ανωμαλίες Bouguer κατά τον άξονα Άνατολή-Δύση που καλύπτουν όλο το νησί.



Σχήμα 1.6 Χάρτης ανωμαλιών Bouguer της Κύπρου.

2. Η ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

2.1. Γενικά

Οι σεισμοί είναι εδαφικές δονήσεις, που προκαλούνται κατά κύριο λόγο από τη διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων της γης. Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις της γεωλογίας, ο φλοιός της γης αποτελείται από λιθοσφαιρικές πλάκες, οι οποίες κινούνται συνεχώς. Κατά την κίνηση αυτή των πλακών αναπτύσσονται δυνάμεις, που σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνούν το ανώτατο όριο της ελαστικής παραμόρφωσης των πετρωμάτων με αποτέλεσμα τη διάρρηξή τους και τη ξαφνική και ορμητική απελευθέρωση ενέργειας. Από το σημείο ή την περιοχή όπου προκαλείται η διάρρηξη και ονομάζεται εστία του σεισμού, μεταδίδεται μέσω των πετρωμάτων μια κυματοειδής κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις.

Ορισμένα από τα κύματα φτάνουν στην επιφάνεια της γης, κατά μήκος της οποίας διαδίδονται και τούτο είναι η βασική αιτία καταστροφών. Τα κύματα μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές σε κτίρια και άλλες κατασκευές, κατολισθήσεις, καθιζήσεις και διαρρήξεις του εδάφους, υψομετρικές και υδρογραφικές μεταβολές καθώς και παλιρροϊκά κύματα, όταν οι εστίες των σεισμών είναι κάτω από τη θάλασσα. Οι σεισμικές εστίες βρίσκονται σε κάποιο βάθος μέσα στο φλοιό της γης ή ακόμη βαθύτερα, η εκδήλωση όμως του σεισμού φαίνεται να προέρχεται από σημεία της επιφάνειας της γης ακριβώς πάνω από τις σεισμικές εστίες, που ονομάζονται επίκεντρα.

Ο κλάδος της επιστήμης που μελετά τους σεισμούς ονομάζεται Σεισμολογία και έχει αναπτυχθεί τα τελευταία 100 χρόνια περίπου. Ειδικά όργανα, οι σειсмоγράφοι, καταγράφουν τις εδαφικές κινήσεις που προκαλούνται από τους σεισμούς και δίνουν τη δυνατότητα στους σεισμολόγους να μελετήσουν τα σχετικά αίτια, τους μηχανισμούς γένεσης, τον τρόπο διάδοσης των σεισμικών κυμάτων καθώς και την επίδρασή τους πάνω στις κατασκευές και γενικά τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Δύο από τις γνωστότερες παραμέτρους, με βάση τις οποίες διαβαθμίζονται οι σεισμοί, είναι η ένταση και το μέγεθος. Η ένταση είναι η σφοδρότητα με την οποία γίνεται αντιληπτός ένας σεισμός σε ένα τόπο και κρίνεται από τα αποτελέσματά του πάνω στους ανθρώπους, τις τεχνικές κατασκευές και το φυσικό περιβάλλον. Η ένταση αυτή μετράται από 1 μέχρι 12 βαθμούς στην κλίμακα Μερκάλλι. Το μέγεθος είναι η ποσότητα της ενέργειας που εκλύεται στην εστία του σεισμού και είναι το κριτήριο της πραγματικής ισχύος του σεισμού. Τούτο μετράται από 1 μέχρι 10 βαθμούς στην λογαριθμική κλίμακα Ρίχτερ.

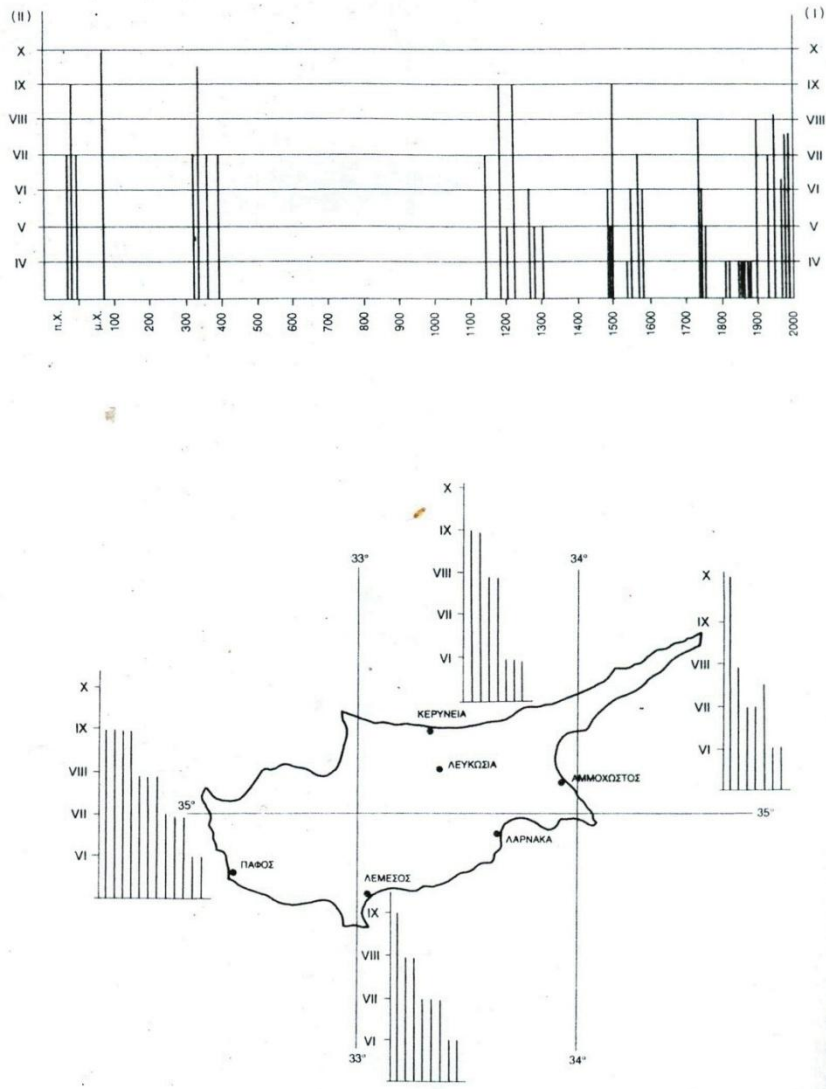
2.2. Οι σεισμοί στον κυπριακό χώρο

Η Κύπρος βρίσκεται μέσα στη δεύτερη σεισμογενή ζώνη της γης, που εκτείνεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό κατά μήκος της λεκάνης της Μεσογείου διαμέσου της Ιταλίας, Ελλάδας, Τουρκίας, Περσίας και των Ινδιών και φτάνει μέχρι τον Ειρηνικό Ωκεανό. Στη ζώνη αυτή εκδηλώνονται σεισμοί, που αντιπροσωπεύουν το 15% της παγκόσμιας σεισμικής δραστηριότητας. Η σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή της Κύπρου είναι πολύ μικρότερη από αυτή της Ελλάδας και της Τουρκίας, αλλά μεγαλύτερη από εκείνη της Συρίας και του Λιβάνου. Φαίνεται να είναι ισοδύναμη με εκείνη του Ισραήλ και της Αιγύπτου.

2.2.1 Ιστορικοί σεισμοί

Ιστορικές αναφορές, αλλά και σύγχρονα αρχαιολογικά ευρήματα μαρτυρούν ότι την Κύπρο έπληξαν στο παρελθόν ισχυροί σεισμοί, που σε αρκετές περιπτώσεις κατέστρεψαν τις πόλεις και τους οικισμούς της. Η Σαλαμίνα, το Κίτιο, η Αμαθούντα, το Κούριο, η Πάφος και η Λευκωσία καθώς και πολλά χωριά υπέστησαν καταστροφές σε διάφορες χρονικές περιόδους.

Από ιστορικά δεδομένα προκύπτει ότι από το 26 π.Χ. μέχρι το 1900 μ.Χ. έγιναν 16 καταστρεπτικοί σεισμοί, με ένταση τουλάχιστο 8 στην κλίμακα Μερκάλλι. Το 15 π.Χ. ισοπεδώθηκε η Πάφος, ενώ το 76 μ.Χ καταστράφηκαν η Σαλαμίνα, το Κίτιο και πάλι η Πάφος. Ο σεισμός αυτός θεωρείται ως ο ισχυρότερος που έπληξε ποτέ την Κύπρο. Η Σαλαμίνα και η Πάφος καταστράφηκαν εκ νέου το 332 και 342 μ.Χ. αντίστοιχα. Στο Σχήμα 2.1 δίδονται οι σεισμικές εντάσεις (M.M.) και η κατανομή τους για την περίοδο 100 π.Χ. μέχρι 2000 μ.Χ. Τα ιστορικά δεδομένα παρουσιάζουν πολλές ανακρίβειες και κενά. Για κάποιες χρονικές περιόδους υπάρχει πλήρης έλλειψη στοιχείων, που φαίνεται να οφείλεται σε ασταθείς πολιτικές συνθήκες. Επιπρόσθετα, πολλά γεγονότα έχουν μεγαλοποιηθεί κατά καιρούς από τους ιστορικούς και τους χρονογράφους που τα περιέγραψαν.



Σχήμα 2.1 Σεισμικές εντάσεις και κατανομή τους στον Κυπριακό χώρο για την χρονική περίοδο από 100 π.Χ. μέχρι 1997 μ.Χ..

2.2.2 Ενόργανες καταγραφές των τελευταίων 100 χρόνων

Από το 1896, όταν άρχισαν να ιδρύονται σεισμολογικοί σταθμοί σε γειτονικές χώρες, άρχισαν να συλλέγονται ακριβέστερα στοιχεία για τους σεισμούς που συμβαίνουν στην Κύπρο και το γύρω θαλάσσιο χώρο. Άρχισε, έτσι, να σχηματίζεται μια εικόνα της σεισμικότητας του κυπριακού χώρου και να αναγνωρίζονται οι περιοχές που παρουσιάζουν μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα. Κατά την περίοδο 1896 - 1996, 346 σεισμοί με επίκεντρα στην Κύπρο και το γύρω θαλάσσιο χώρο έγιναν αισθητοί σε διάφορες περιοχές της Κύπρου. Από αυτούς 13 προκάλεσαν ζημιές και αυτοί δίδονται με κάποιες λεπτομέρειες στον Πίνακα 2.1 πιο κάτω. Οι πλέον καταστρεπτικοί σεισμοί στον εικοστό αιώνα ήταν εκείνοι του 1941, 1953 και 1995.

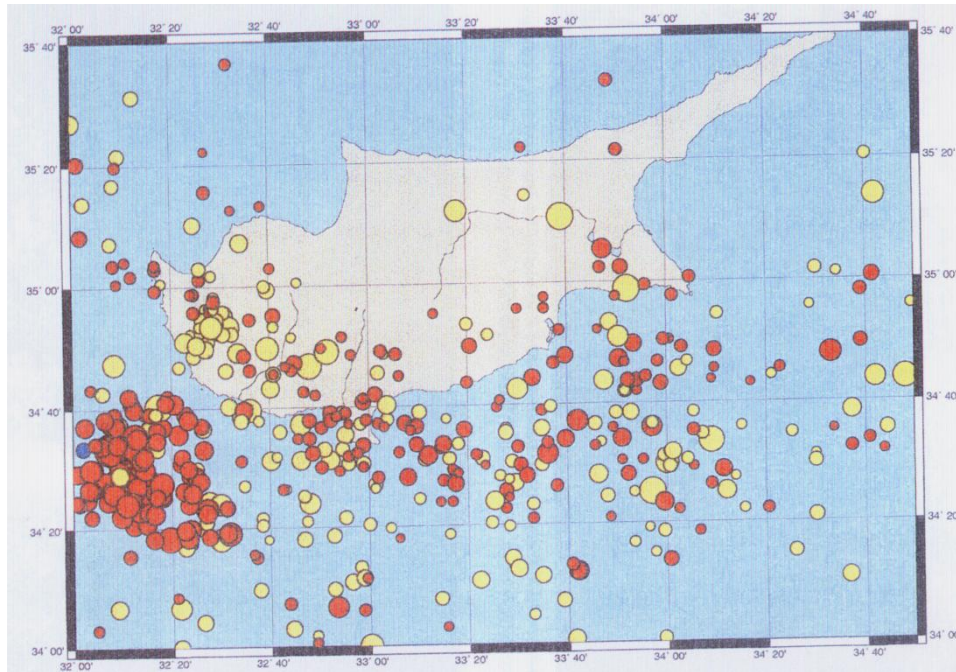
Ημερομηνία	Μέγεθος (Ms)	Περιγραφή Ζημιών
29/6/1896	6,5	Ζημιές στην επαρχία Λεμεσού και κυρίως στο Ακρωτήριο και την Επισκοπή. Ακολούθησαν πολλοί μετασεισμοί.
5/1/1900	5,7	Μικρές ζημιές στη Μεσαορία
23/2/1906	5,3	Μικρές ζημιές στη Λεμεσό και το Κολότσι. Αισθητός σε όλη την Κύπρο.
18/2/1924	6,0	Μικρές ζημιές στην Αμμόχωστο.
13/12/1927	5,0	Μικρές ζημιές στη Λεμεσό και σε χωριά βόρεια της Λεμεσού (Κοιλάνι, Πέρα-Πεδί, Μονάγρι).
9/5/1930	5,4	Ζημιές στην πόλη της Πάφου και τη γύρω περιοχή.
26/6/1937	4,7	Ζημιές στη νοτιοδυτική Κύπρο (Πάχνα, Όμοδος, Άρσος, Πλάτρες, Σαλαμιού, Άγιος Νικόλαος, Κοιλίνα, Άγιος Ιωάννης).
20/1/1941	5,9	Σοβαρές ζημιές στην επαρχία Αμμοχώστου και κυρίως στο Παραλίμι, όπου τραυματίστηκαν 24 άτομα και κατέρρευσαν πολλές οικοδομές. Επίσης, προκλήθηκαν περιορισμένες ζημιές στις επαρχίες Λευκωσίας, Λάρνακας και Κερύνειας.
10/9/1953	6,1	Καταστρεπτικός σεισμός με θύματα και πολύ μεγάλες ζημιές στην πόλη και επαρχία Πάφου (63 νεκροί, 200 τραυματισμένοι, 4.000 άστεγοι) προκλήθηκαν κατολισθήσεις σε διάφορες περιοχές και καταστράφηκαν σπίτια σε 158 χωριά. Μετά ακολούθησαν πολλοί μετασεισμοί, ορισμένοι από τους οποίους προκάλεσαν επιπρόσθετες ζημιές.
15/1/1961	5,7	Μικρές ζημιές στη Λάρνακα και τη γύρω περιοχή.
28/3/1984	4,5	Ιδιαίτερα αισθητός στην πόλη και επαρχία Λάρνακας, όπου προκάλεσε μικρές ζημιές.
23/2/1995	5,7	Καταστρεπτικός σεισμός στην Πάφο με 2 νεκρούς. Αρκετές κατοικίες κατέρρευσαν στα χωριά Πάνω Αρόδες και Μηλιού. Ζημιές προκλήθηκαν επίσης στα χωριά Περιστέρωνα, Στενή, Γαλιά, Αργάκα, Πωμός, Πύργος, Λεύκα, Νέο Χωριό, Λατσί και Πόλη Χρυσοχούς.
9/10/1996	6,5	Πολύ ισχυρός σεισμός στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κύπρου προκάλεσε πανικό στους κατοίκους της Πάφου και Λεμεσού καθώς και σε ενοίκους πολυώροφων κτιρίων στη Λευκωσία, στην Λάρνακα και στο Παραλίμι. Δύο άτομα έχασαν τη ζωή τους από δευτερογενή αιτία και είκοσι τραυματίστηκαν ελαφρά. Προκλήθηκαν επίσης περιορισμένες ζημιές κυρίως στην Πάφο και τη Λεμεσό. Ακολούθησε μεγάλος αριθμός μετασεισμών, ορισμένοι από τους οποίους έγιναν αισθητοί και προκάλεσαν ανησυχία μέχρι τη Λευκωσία.
11/8/1999	5,6	Ισχυρός σεισμός στη περιοχή Γεράσας προκάλεσε ζημιές σε κτίρια στη Λεμεσό και τα χωριά βόρεια της Λεμεσού. Προκλήθηκαν μικρές κατολισθήσεις στην περιοχή Γερμασόγειας. Έγινε αισθητός σε όλη την Κύπρο. Δεν υπήρξαν θύματα, στη Λεμεσό τραυματίστηκαν ελαφρά 40 άτομα κυρίως από τον πανικό. Ακολούθησε μεγάλος αριθμός μετασεισμών οι οποίοι συνεχίστηκαν μέχρι το τέλος του 1999.

Πίνακας 2.1 Οι σημαντικότεροι σεισμοί στην Κύπρο για την περίοδο από 1896 έως 1999.

Η μελέτη, τόσο των ιστορικών όσο και των νεότερων καταγραφών, δείχνει ότι η χρονική κατανομή της σεισμικής δραστηριότητας δεν είναι κανονική, αλλά υπάρχουν περίοδοι έντονης σεισμικής δραστηριότητας, ακολουθούμενες από περιόδους σεισμικής ύφεσης. Έτσι, ενώ κατά την περίοδο 1918 - 1937 καταγράφηκαν στον κυπριακό χώρο (33,5°B - 37.0°B, 31.0°A - 35,5°A) 28 σεισμοί με μέγεθος Ms > 4,5, κατά την περίοδο 1960 - 1990 καταγράφηκαν μόνο 11. Κατά τα έτη 1995 και 1996 παρατηρήθηκε αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας με δύο ισχυρούς σεισμούς μεγέθους Ms 5.7 και 6.5 αντίστοιχα.

2.2.3 Κατανομή της σεισμικής δραστηριότητας στον κυπριακό χώρο

Μια παραστατική εικόνα της σεισμικής δραστηριότητας στον κυπριακό χώρο παρουσιάζει ο χάρτης στο Σχήμα 2. 2, όπου σημειώνονται τα επίκεντρα 674 σειμών (ανεξάρτητα από το μέγεθος τους), που καταγράφηκαν από σεισμολογικούς σταθμούς στην περίοδο μεταξύ 1894 και 1996.

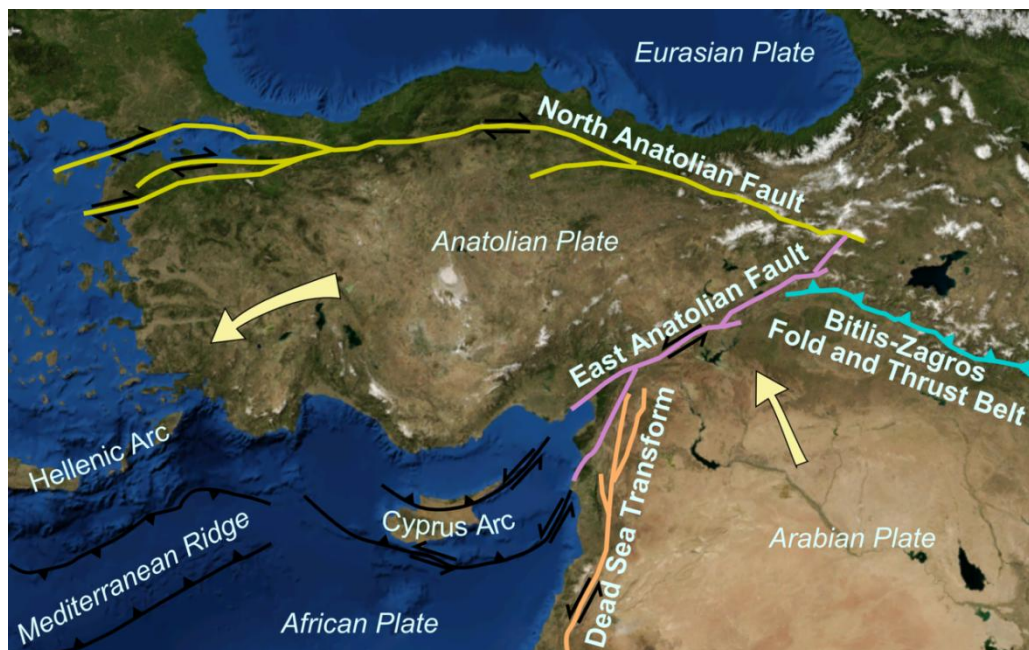
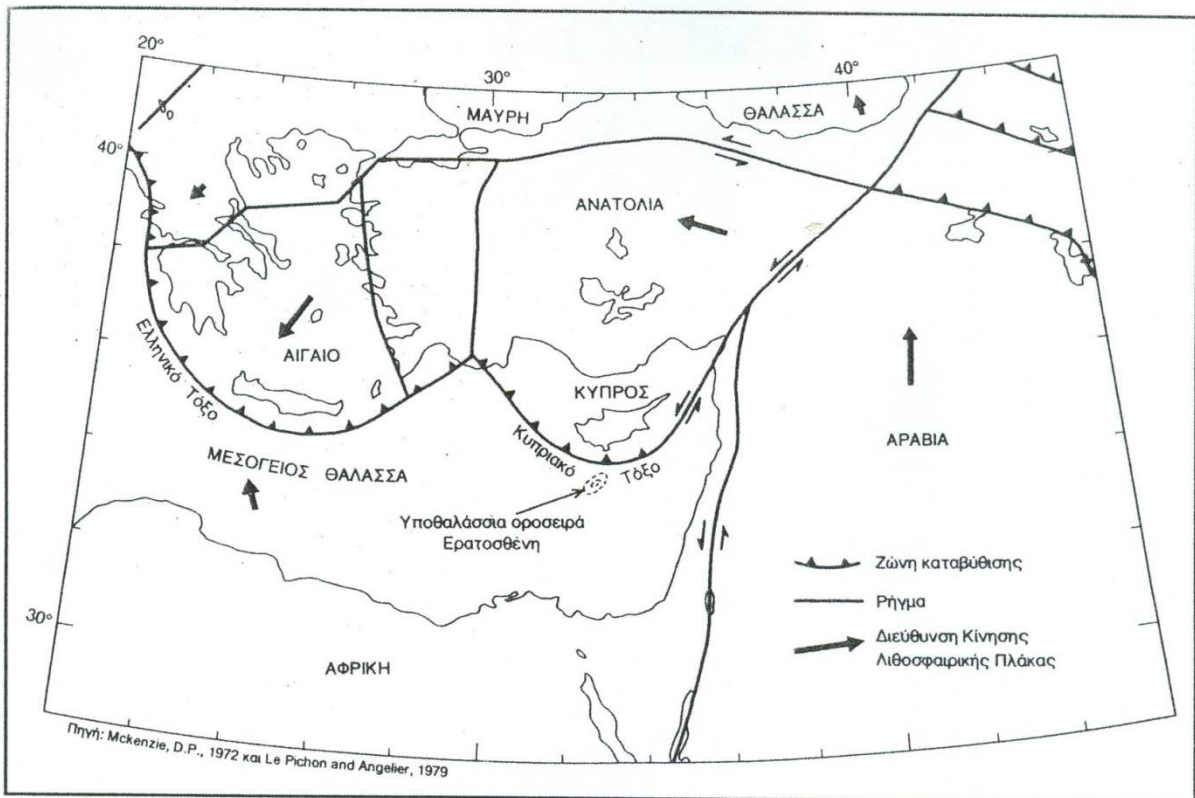


Σχήμα 2.2 Επίκεντρα 674 σειμών που καταγράφηκαν από σεισμολογικούς σταθμούς στον ευρύτερο Κυπριακό χώρο στην περίοδο μεταξύ 1905 - 1996.

Από το χάρτη αυτό είναι φανερό ότι η κύρια σεισμική δραστηριότητα συγκεντρώνεται στα δυτικά και στα νότια του νησιού καθώς και σε μια κατά προσέγγιση τοξοειδή διάταξη στο θαλάσσιο χώρο επίσης δυτικά και νότια. Το μεγαλύτερο ποσοστό της σεισμικής δραστηριότητας κατά την περίοδο 1894 - 1996 παρατηρείται νότια του 35ου παραλλήλου. Στα νοτιοδυτικά του νησιού υπάρχει σεισμική ύφεση κατά τα τελευταία 100 χρόνια σε αντίθεση προς τον κόλπο της Αττάλειας βορειότερα, όπου η σεισμική αυτή δραστηριότητα είναι πολύ εντονότερη. Μια ανάλογη, αλλά λιγότερο έντονη σεισμική ύφεση παρατηρείται επίσης βορειοανατολικά της Κύπρου προς τον κόλπο της Αλεξανδρέττας.

Η σεισμικότητα της Κύπρου αποδίδεται κατά κύριο λόγο στην παρουσία στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου του "Κυπριακού Τόξου", που αποτελεί το τεκτονικό όριο μεταξύ της αφρικανικής και ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας στην περιοχή. Όπως φαίνεται και στο χάρτη του Σχήματος 2.3 , το "Κυπριακό Τόξο" εκτείνεται από τον κόλπο της Αττάλειας, όπου

ενώνεται με το "Ελληνικό Τόξο", νότια της Κύπρου με κατεύθυνση προς τον "κόλπο της Αλεξανδρέττας, όπου συναντά το "Ανατολικό Ρήγμα" της Ανατολίας. Το "Κυπριακό Τόξο" αποτελεί τη ζώνη καταβύθισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την ευρασιατική, όπου (λόγω της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των πετρωμάτων), συσσωρεύονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας, που εκλύεται σε αρκετές περιπτώσεις υπό μορφή σεισμών.



Σχήμα 2.3 Διάταξη των Λιθοσφαιρικών πλακών στην Ανατολική Μεσόγειο.

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (ΤΑΝΥΣΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ)

3.1 Γενικά

Ο προσδιορισμός της παραμόρφωσης μιας περιοχής είναι πολύ σημαντικός για την μελέτη της τεκτονικής συμπεριφοράς του φλοιού της γης παράλληλα με την μελέτη της σεισμικής δραστηριότητας εξ αιτίας της μεγάλης συσχέτισης που έχουν μεταξύ τους.

Το μεγαλύτερο της πληροφορίας μέχρι σήμερα για την παραμόρφωση του φλοιού της γης προέρχεται από γεωλογικά, παλαιομαγνητικά καθώς και από σεισμολογικά δεδομένα. Όμως είναι σημαντικό να προσδιορισθούν οι τεκτονικές παραμορφώσεις ανεξάρτητα από την σεισμικότητα ώστε να συνδεθούν εκ των υστέρων με την σεισμική δραστηριότητα.

Αυτή την δυνατότητα προσφέρουν οι γεωδαιτικές μετρήσεις, μια ανεξάρτητη εκτίμηση των τιμών της παραμόρφωσης. Αν η θέση μιας σειράς σημείων έχει προσδιορισθεί με ακρίβεια σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, οι αλλαγές στις σχετικές τους θέσεις μπορούν να βρεθούν και άρα οι παραμορφώσεις να υπολογιστούν.

3.2 Το μαθηματικό μοντέλο του υπολογισμού των τεκτονικών παραμορφώσεων

Ας θεωρηθεί μια παραμόρφωση (Βέης, 1992) σε δυο διαστάσεις του φλοιού της γης σε συνάρτηση με τον χρόνο, υποθέτωντας ότι ο φλοιός είναι ένα λεπτό κέλυφος πάνω σε μια σφαιρική γη. Η ανάλυση θα μπορούσε να απλοποιηθεί αν χρησιμοποιηθεί μια τυπική προβολή της σφαίρας σε επίπεδο και ληφθούν υπόψη οι χαρτογραφικές παραμορφώσεις που προκύπτουν από την προβολή. Για μια μικρή περιοχή (ακτίνας μικρότερης των 5°) οι χαρτογραφικές παραμορφώσεις (εκτός από αυτές που αναφέρονται στον προσανατολισμό) δεν θα είναι μεγαλύτερες από 10^{-3} σε κλίμακα και άρα μπορούν να αγνοηθούν χωρίς πρακτικά καμία απώλεια σε ακρίβεια.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, αν θεωρηθεί ότι x_1, y_1 είναι οι επίπεδες συντεταγμένες ενός σημείου της γήινης επιφάνειας οι οποίες προέρχονται από την μετατροπή των γεωδαιτικών συντεταγμένων ϕ, λ , εκφρασμένες σε ένα καλά ορισμένο σύστημα αναφοράς στην εποχή t_1

και x_2, y_2 είναι οι συντεταγμένες του ίδιου σημείου στο ίδιο σύστημα αναφοράς στην εποχή t_2 τα $\delta x = x_2 - x_1$, $\delta y = y_2 - y_1$ εκφράζουν τα διανύσματα μετακίνησης στο ίδιο σύστημα αναφοράς και $\frac{\delta x}{\delta t}$, $\frac{\delta y}{\delta t}$ είναι οι ταχύτητες της μετακίνησης.

Για να προσδιοριστούν θέσεις και μετακινήσεις σε ένα επίπεδο χρειάζεται τουλάχιστον ένα σταθερό γνωστό σημείο και μία διεύθυνση. Αν αυτά δεν υπάρχουν μπορεί να οριστούν αυθαίρετα χωρίς απώλεια της γενικότητας και σε αυτή την περίπτωση είναι προφανές ότι όλες οι συντεταγμένες και οι μετακινήσεις είναι σχετικές.

Ομως είναι πιο ακριβές αντί για τον αυθαίρετο ορισμό σταθερού σημείου και διεύθυνσης να προσαρμοστεί η σειρά των συντεταγμένων της εποχής t_2 στις συντεταγμένες της εποχής t προσπαθώντας να εντοπιστεί μια μετάθεση και μία στροφή η οποία θα ελαχιστοποιήσει τις διαφορές. Μαθηματικά και οι δύο μέθοδοι είναι όμοιες.

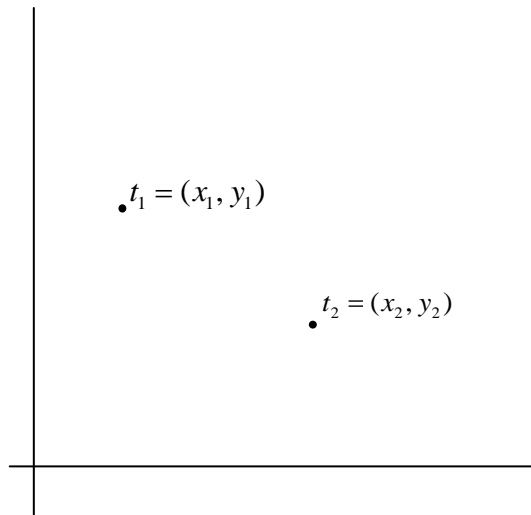
Οι παραμορφώσεις του φλοιού της γης έχουν ασυνέχειες και στην εξέλιξή τους στον χώρο (ρήγματα) και στον χρόνο (σεισμοί). Συνηθίζεται όμως η μελέτη των παραμορφώσεων σαν να είναι ένα συνεχές φαινόμενο και οι ασυνέχειές τους να μελετούνται ξεχωριστά.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι μετακινήσεις του φλοιού σε μια περιοχή θα είναι γνωστές αν οι συντεταγμένες όλων των σημείων σε μια εποχή t_2 μπορούν να εκφραστούν σαν συνάρτηση των συντεταγμένων των σημείων στην εποχή t . Άρα με βάση τα παραπάνω:

$$x_2 = f(x_1, y_1)$$

$$y_2 = g(x_1, y_1)$$

Έστω ότι ένα σημείο στην εποχή t έχει συντεταγμένες x, y και στην εποχή t_2 έχει συντεταγμένες X_2, Y_2 (Σχ.3.1).



Σχήμα 3.1 Συντεταγμένες σημείου τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2

Από την στιγμή που θεωρήθηκε ότι το φαινόμενο χωρικά και χρονικά δεν παρουσιάζει ασυνέχειες μπορούν να αναπτυχθούν οι άγνωστες συναρτήσεις f, g σε σειρές Taylor ούτως ώστε οι σχέσεις να είναι πάντοτε γραμμικές, υπόθεση η οποία εξασφαλίζει την απαιτούμενη ακρίβεια για μία μικρή περιοχή.

Άρα οι σχέσεις

$$\begin{aligned} x_2 &= f(x_1, y_1) \\ y_2 &= g(x_1, y_1) \end{aligned} \quad (3.1)$$

με την ανάπτυξη κατά Taylor γίνονται:

$$\begin{aligned} x_2 &= a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 \\ y_2 &= b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 \end{aligned} \quad (3.2)$$

και οι μετακινήσεις θα δίνονται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} \delta x &= f(x_1, y_1) - x_1 \\ \delta y &= g(x_1, y_1) - y_1 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Χρησιμοποιώντας τα διανύσματα των μετακινήσεων και την θεωρία των παραμορφώσεων των χαρτογραφικών προβολών μπορούν να υπολογισθούν οι παραμορφώσεις του στερεού φλοιού. (Ας σημειωθεί εδώ ότι οι παρακάτω γωνίες μετρούνται δεξιόστροφα από τον Βορρά (Y-άξονα) όπως στις γεωδαιτικές εφαρμογές.)

Θεωρώντας λοιπόν ότι οι σχέσεις μεταξύ των δύο σειρών συντεταγμένων τις εποχές t_1, t_2 δίνονται από την σχέση (2) μπορούν να εντοπιστούν οι παράλληλοι άξονες στους X και Y ενός σημείου στην εποχή t_1 όπως αυτοί θα είναι την εποχή t_2 . Για κάθε άξονα υπολογίζεται μια μετάθεση d μία στροφή ε και μία επιμήκυνση που εκφράζεται από μια νέα κλίμακα κατά μήκος των αξόνων,

$$K = 1 + e$$

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι η μετάθεση του X άξονα είναι $dx = a_0$ και η μετάθεση του Y άξονα είναι $dy = b_0$ όπως επίσης ότι :

$$\varepsilon_x = \arctan \frac{-b_1}{a_1} \quad \text{που είναι η στροφή του X άξονα}$$

$$\varepsilon_y = \arctan \frac{a_2}{b_2} \quad \text{που είναι η στροφή του Y άξονα}$$

και

$$K_x = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = 1 + e_x \Rightarrow e_x = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} - 1$$

$$K_y = \sqrt{a_2^2 + b_2^2} = 1 + e_y \Rightarrow e_y = \sqrt{a_2^2 + b_2^2} - 1$$

Στις παραμορφώσεις του φλοιού της γης λαμβάνουν χώρα μετακινήσεις της τάξης των μερικών cm στα μήκη και σχετικές αλλαγές έως και 10^{-7} . Άρα είναι προφανές ότι για χρονικά διαστήματα αιώνων η μετάθεση θα είναι μερικά μέτρα, και τα e και e έως 10^{-4} .

Άρα αγνοώντας τα τετράγωνα των τόσο μικρών ποσοτήτων θεωρώντας δηλαδή ότι $\tan \varepsilon_x \approx \varepsilon_x$ η σχέση 2 γράφεται:

$$\begin{aligned} \delta x &= x_2 - x_1 = dx + e_x \cdot x + e_y \cdot y \\ \delta y &= y_2 - y_1 = dy - e_x \cdot x + e_y \cdot y \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{pmatrix} \delta x \\ \delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_x & \varepsilon_y \\ -\varepsilon_x & e_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

$$\delta i = di + E \cdot X \quad (3.6)$$

όπου $dx = a_0$, $dy = b_0$, και $e_x = a_1 - 1$, $e_y = b_2 - 1$, $\varepsilon_x = -b_1$, $e_y = a_2$ είναι πολύ μικρές ποσότητες.

Το ε_x και το ε_y εκφράζουν την πολύ μικρή παραμόρφωση σε προσανατολισμό σε σχέση με τους πραγματικούς άξονες X και Y ενώ τα e_x και e_y αναφέρονται στην γραμμική παραμόρφωση, εκφρασμένα επί τοις εκατό ως επιμήκυνση του αρχικού μήκους κατά μήκος των

αξόνων. Η επί τοις εκατό επιμήκυνση $e = \frac{\Delta l}{l}$ ονομάζεται παραμόρφωση (strain) και η παραμόρφωση στον προσανατολισμό ονομάζεται γωνιακή παραμόρφωση (orientation strain).

Ο ασύμμετρος διδιάστατος πίνακας E ονομάζεται τανυστής παραμόρφωσης και όπως θα αποδειχθεί στην συνέχεια χαρακτηρίζει την τοπική επιφανειακή παραμόρφωση μιας περιοχής σε ένα σημείο x, y . Τα στοιχεία e_x , e_y και ε_x και ε_y ονομάζονται παράμετροι παραμόρφωσης (strain parameters).

Ο ασύμμετρος τανυστής E μπορεί να αναλυθεί ως άθροισμα ενός συμμετρικού πίνακα και ενός ασύμμετρου δηλαδή $E = E_0 + \Omega$ όπου το Ω αντιπροσωπεύει την στροφή ενός ιδεατού στερεού (το οποίο δεν παραμορφώνεται κατά κανένα άλλο τρόπο).

Αν τεθεί $\omega = \frac{\varepsilon_y + \varepsilon_x}{2} = \bar{\varepsilon}$ και

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_y - \varepsilon_x}{2} \quad (3.7)$$

τότε προκύπτει: $e_y = \omega + \varepsilon_0$ και $e_x = \omega - \varepsilon_0$

άρα:

$$E = \begin{pmatrix} e_x & e_y \\ -\varepsilon_x & e_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_x & \varepsilon_0 \\ \varepsilon_0 & e_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

Σε αυτή την περίπτωση το $\omega = \bar{\varepsilon}$ είναι η μέση στροφή των X και Y αξόνων (η συνολική στροφή που θα συνέβαινε σε ένα ιδεατό στερεό ενώ ε_0 είναι η ισοδύναμη και αντίθετη στροφή των δύο αξόνων επιπρόσθετα με την μέση στροφή. Η ορθή γωνία των δύο αξόνων θα μειωθεί κατά δύο ε_0 .

$$a_{x_1} = 90^0$$

$$a_{y_1} = 0^0$$

$$a_{x_2} = 90^0 - \varepsilon_x, a_{y_2} = -\varepsilon_y$$

$$a_{y_1} - a_{x_1} = 90$$

$$a_{y_2} - a_{x_2} = 90 - \varepsilon_x + \varepsilon_y \Rightarrow$$

$$a_{y_2} - a_{x_2} = 90 - 2 \cdot \varepsilon_0$$

Αρα η εξίσωση (5) γράφεται ως εξής:

$$\begin{pmatrix} \delta x \\ \delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_x & \varepsilon_0 \\ \varepsilon_0 & e_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3.9)$$

$$\delta i = di + E_0 \cdot x_i + \Omega \cdot x_i \quad (3.10)$$

Οι παραπάνω σχέσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν μόνο αν η παραμορφωμένη περιοχή μπορεί να συνδεθεί με μετρήσεις με ένα σταθερό σε θέση και προσανατολισμό σύστημα αναφοράς. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό δεν είναι εφικτό, άρα είναι φανερό ότι το διάνυσμα d_i και ο πίνακας Ω δεν μπορούν να προσδιοριστούν, άρα οι σχέσεις (3.9), (3.10) αλλάζουν ως εξής:

$$\begin{pmatrix} \delta x \\ \delta y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_x & \varepsilon_0 \\ \varepsilon_0 & e_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

$$\delta i = E \cdot x_i \quad (3.12)$$

και με αυτόν τον τρόπο μόνο τρεις παράμετροι παραμόρφωσης μπορούν να προσδιορισθούν e_x, e_y, e_0 .

Με δεδομένο τον τανυστή παραμόρφωσης E (ή E_0) μπορούν να υπολογιστούν οι τοπικές παραμορφώσεις σε ένα σημείο x, y . Αν θεωρηθεί ένα μοναδιαίο διάνυσμα στο σημείο x, y στην διεύθυνση ενός αζιμουθίου a (το οποίο μετράται δεξιόστροφα από τον άξονα Y) το διάνυσμα θα έχει αρχικές συνιστώσες στην εποχή t_1 $\sin a, \cos a$ και το ίδιο διάνυσμα την εποχή t_2 αφού η παραμόρφωση που εκφράζεται με τον \mathbf{E} εφαρμοστεί θα γίνει:

$$E \begin{pmatrix} x + \sin a \\ y + \cos a \end{pmatrix} \text{ και άρα η παραμόρφωση του μοναδιαίου διανύσματος θα είναι } E \begin{pmatrix} \sin a \\ \cos a \end{pmatrix}.$$

Είναι δυνατό να αναλυθεί η παραμόρφωση σε δύο συνιστώσες, μία ε σε διεύθυνση κάθετη στο αρχικό διάνυσμα και μία e κατά μήκος του διανύσματος η οποία εκφράζει την γραμμική παραμόρφωση σε αυτή την διεύθυνση.

Τότε:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon \\ e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{pmatrix} \cdot E \cdot \begin{pmatrix} \sin a \\ \cos a \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

ή

$$e = e_x \cdot \sin^2 a + e_y \cdot \cos^2 a + e_y - e_x \cdot \sin a \cdot \cos a \quad (3.14)$$

και

$$\varepsilon = \varepsilon_x \cdot \sin^2 a + \varepsilon_y \cdot \cos^2 a + \varepsilon_y - \varepsilon_x \cdot \sin a \cdot \cos a \quad (3.15)$$

Η σχέση (3.14) δίνει την γραμμική παραμόρφωση σε ένα σημείο x, y , για το οποίο ο τανυστής παραμόρφωσης είναι δεδομένος, ως συνάρτηση του αζιμουθίου. Είναι γνωστό ότι τα ακρότατα μιας συνάρτησης βρίσκονται εκεί που μηδενίζεται η πρώτη παράγωγος. Δηλαδή αν $\frac{de}{da} = 0$ θα βρεθούν οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του e όπως και οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του προσανατολισμού (αζιμούθια).

Άρα προκύπτει:

$$e_{\max} = e_1 = \frac{1}{2} \left[e_x + e_y + \sqrt{e_x - e_y}^2 + e_y - e_x}^2 \right]$$

$$e_{\min} = e_2 = \frac{1}{2} \left[e_x + e_y - \sqrt{e_x - e_y}^2 + e_y - e_x}^2 \right] \quad (3.16)$$

και

$$\tan 2a_1 = \frac{\varepsilon_y - \varepsilon_x}{e_y - e_x} \quad (3.17)$$

που είναι η μέγιστη τιμή του αζιμουθίου, $\tan 2a_2 = \frac{-\varepsilon_x - \varepsilon_y}{-e_y - e_x}$ που είναι η ελάχιστη τιμή του αζιμουθίου.

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντιστοιχούν στις κάθετες διευθύνσεις οι οποίες ονομάζονται και κύριες διευθύνσεις.

Αν χρησιμοποιηθεί $\bar{e} = \frac{e_x + e_y}{2}$ ως η μέση τιμή της παραμόρφωσης (strain) κατά μήκος των X και Y αξόνων και ονομασθούν $\gamma_e = \varepsilon_x - \varepsilon_y$ και $\gamma_\varepsilon = \varepsilon_y - \varepsilon_x$ και $\gamma = \sqrt{\gamma_e^2 + \gamma_\varepsilon^2}$ τότε προκύπτουν οι παρακάτω απλές σχέσεις:

$$e_1 = \bar{e} + \frac{1}{2}\gamma$$

$$e_2 = \bar{e} - \frac{1}{2}\gamma$$

$$a_1 = \frac{1}{2} \arctan \frac{\gamma_\varepsilon}{\gamma_e} \text{ και } a_2 = \frac{1}{2} \arctan \frac{-\gamma_\varepsilon}{\gamma_e} \quad (3.18)$$

απ' όπου προκύπτει ότι:

$$\bar{e} = \frac{e_y + e_x}{2} \text{ και } \gamma = e_1 - e_2 = e_{\max} - e_{\min} \quad (3.19)$$

Αν προστεθεί 1 στη σχέση (3.14) προκύπτει η εξίσωση μιας έλλειψης με μεγάλο ημιάξονα $a = 1 + e_1$ και μικρό ημιάξονα $b = 1 + e_2$ προσανατολισμένη σε σχέση με τους κύριους άξονες με γωνίες α_1 και α_2 . Αυτό αποδεικνύει ότι οποιοσδήποτε μοναδιαίος κύκλος θα παραμορφωθεί σε έλλειψη. Αυτή η έλλειψη χρησιμοποιείται για να δείξει γραφικά την παραμόρφωση και ονομάζεται έλλειψη παραμόρφωσης. Οι παράμετροι παραμόρφωσης e_1 και e_2 μπορούν να εκφραστούν ως συναρτήσεις των παραμέτρων που ορίζουν την έλλειψη.

Αν αντί για το αζιμούθιο α χρησιμοποιηθεί η γωνία β (σχ. 3.2) μετρημένη δεξιόστροφα από τον μεγάλο ημιάξονα $\beta = \alpha_1 - \alpha_2$ τότε οι σχέσεις που δίνουν τα e_1 και e_2 των σχέσεων (3.14) και (3.15) μπορούν να εκφραστούν ως συναρτήσεις των παραμέτρων που ορίζουν την έλλειψη.

$$e = e_1 \cdot \sin^2 \beta + e_2 \cdot \cos^2 \beta = \bar{e} - \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \cos 2\beta \quad (3.20)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (e_1 - e_2) \cdot \sin 2\beta = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \sin 2\beta \quad (3.21)$$

Αν θεωρηθεί κάθετη διεύθυνση στην β τότε η παραμόρφωση στον προσανατολισμό θα είναι $\varepsilon_{90} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \sin 2(90 + \beta) = -\varepsilon$.

Αυτό σημαίνει ότι η δεξιόστροφη γωνία θα παραμορφωθεί κατά $\psi = 2 \cdot \varepsilon$ η οποία αντιπροσωπεύει την διάτμηση στις γραμμές που είναι παράλληλες στην διεύθυνση της β . Η γωνία ψ ονομάζεται γωνία διάτμησης και δίνεται από την σχέση

$$\psi = \gamma \cdot \sin 2\beta \quad (3.22)$$

Η εφαπτομένη της γωνίας ψ , ονομάζεται διατμητική παραμόρφωση (shear strain), αλλά αφού η ψ είναι μια πολύ μικρή γωνία οι τιμές ψ και $\tan \psi$ μπορούν να χρησιμοποιούνται αδιακρίτως.

Από την εξίσωση (22) φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή της γωνιακής διάτμησης είναι $\psi_{\max} = \gamma$ και αντιστοιχεί σε όλες τις δεξιόστροφες γωνίες που ορίζονται από τις διχοτόμους των κυρίων αξόνων.

3.3 Χρήση γεωδαιτικών μετρήσεων στον προσδιορισμό των παραμέτρων παραμόρφωσης

Οι γεωδαιτικές μέθοδοι μπορούν να δώσουν με απ' ευθείας μετρήσεις και την γραμμική και την γωνιακή παραμόρφωση. Αν η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο σημείων Α και Β στη διεύθυνση ενός αζιμουθίου α έχει μετρηθεί και είναι l_1 στην εποχή t_1 και στην εποχή t_2 είναι l_2 τότε προφανώς έχουμε ότι $l_2 - l_1$ που είναι η γραμμική παραμόρφωση σε μία διεύθυνση α .

Οποιαδήποτε τέτοια μέτρηση δίνει μια εξίσωση παρατήρησης της μορφής

$$e = e_x \cdot \sin^2 a + e_y \cdot \cos^2 a + \varepsilon_y - \varepsilon_x \cdot \sin a \cdot \cos a \quad (3.23)$$

Είναι προφανές ότι οι γωνιακές παραμορφώσεις κατά τους Χ και Υ άξονες δηλαδή $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ δεν μπορούν να υπολογιστούν ξεχωριστά, άρα οι άγνωστοι που μπορούν να υπολογιστούν από την σχέση (3.23) είναι οι e_x, e_y και $\varepsilon_y - \varepsilon_x = \gamma_\varepsilon = 2 \cdot \varepsilon_0$.

Οποιοσδήποτε τρεις μετρήσεις αποστάσεων μπορούν να δώσουν την δυνατότητα υπολογισμού των τριών αγνώστων με την προϋπόθεση ότι οι τρεις βάσεις δεν είναι παράλληλες. Επίσης όπως προκύπτει από τα προηγούμενα καμία παράλληλη μετάθεση d_x, d_y δεν μπορεί να υπολογιστεί από τέτοιες μετρήσεις από την στιγμή που δεν υπάρχει σύνδεση με εξωτερικά σταθερά σημεία.

Με το ίδιο τρόπο αν μετρηθεί μια οριζόντια γωνία από ένα σημείο Ρ μεταξύ των σημείων Α και Β και έχει την τιμή ϑ_1 την εποχή t_1 και ϑ_2 την εποχή t_2 , η γωνιακή παραμόρφωση θα είναι $\varepsilon_\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$ η οποία αντιστοιχεί στις διευθύνσεις a_A, a_B των αζιμουθίων των σημείων Α και Β.

Η τιμή της ε_ϑ είναι $\varepsilon_\vartheta = \varepsilon_B - \varepsilon_A$. Η τιμή της ε δίνεται από την εξίσωση (3.15) $\varepsilon = \varepsilon_x \cdot \sin^2 a + \varepsilon_y \cdot \cos^2 a + e_y - e_x \cdot \sin a \cdot \cos a$ αλλά στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξωτερικός έλεγχος, η συνολική στροφή ω δεν μπορεί να υπολογιστεί, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι $\varepsilon_x = -\varepsilon_y = \varepsilon_0 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_\varepsilon$ και η σχέση (3.15) γράφεται:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \gamma_\varepsilon \cdot \cos 2a - \frac{1}{2} \gamma_\varepsilon \cdot \sin 2a \quad (3.24)$$

Τελικά προκύπτει:

$$\varepsilon_g = \frac{1}{2} \cdot \gamma_\varepsilon \cdot \cos 2a_b - \cos 2a_A - \frac{1}{2} \cdot \gamma_e \cdot \cos 2a_B - \cos 2a_A \quad (3.25)$$

Για κάθε γωνία που έχει μετρηθεί προκύπτει μια εξίσωση παρατήρησης της μορφής (3.25). Κάθε δύο μετρήσεις μπορούν να δώσουν την δυνατότητα υπολογισμού των δύο αγνώστων γ_ε και γ_e . Είναι προφανές ότι από γωνιακές παρατηρήσεις μόνο δεν μπορεί να βγει συμπέρασμα για την γραμμική παραμόρφωση παρά μόνο για την διατμητική.

Αν είναι διαθέσιμες περισσότερες μετρημένες αποστάσεις ή γωνίες, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες εξισώσεις παρατήρησης και με την χρήση της Μεθόδου των Ελαχίστων Τετραγώνων μπορούν να υπολογιστούν οι καλύτερες τιμές των αγνώστων παραμέτρων. Σε περίπτωση που γίνεται χρήση και γωνιών και αποστάσεων η εξίσωση παρατήρησης και για τις γωνίες πρέπει να γραφεί ως εξής:

$$\varepsilon_g = \frac{1}{2} \cdot e_x \cdot \sin 2a_B - \sin 2a_A - \frac{1}{2} \cdot e_y \cdot \sin 2a_B - \sin 2a_A + \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_y - \varepsilon_x \cdot \cos 2a_B - \cos 2a_A \quad (3.26)$$

για να είναι στην ίδια μορφή με την εξίσωση (3.23) που αναφέρεται στις αποστάσεις.

Με την μέθοδο αυτή, με δεδομένες τις διαφορές στις μετρημένες αποστάσεις και γωνίες μεταξύ δύο εποχών μπορεί να γίνει μια εκτίμηση για τα e_x, e_y και ε_0 αλλά όχι και για την συνολική μετάθεση και στροφή ενός στερεού σώματος.

Υπάρχει και μια άλλη μέθοδος η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των παραμέτρων της παραμόρφωσης. Πρώτα υπολογίζονται από γεωδαιτικές μετρήσεις οι συντεταγμένες των σημείων στο ίδιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς και για τις δύο εποχές t_1, t_2 . Στη συνέχεια υπολογίζονται οι μετατοπίσεις δ_x, δ_y των σημείων. Αυτές οι μετατοπίσεις είναι συνδεδεμένες με τις παραμέτρους παραμόρφωσης με τις ακόλουθες δύο εξισώσεις :

$$\delta_x = x_2 - x_1 = dx + e_x \cdot x + \varepsilon_y \cdot y$$

$$\delta_y = y_2 - y_1 = dy + \varepsilon_x \cdot x + e_y \cdot y$$

Αν τα σημεία είναι τρία αναπτύσσονται έξι εξισώσεις, δύο για κάθε σημείο, με έξι αγνώστους $dx, dy, e_x, e_y, \varepsilon_x, \varepsilon_y$. Αν περισσότερα σημεία είναι διαθέσιμα τότε με την Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων μπορεί να γίνει η εκτίμηση των καλύτερων τιμών.

Για να ισχύουν τα παραπάνω πρέπει οι δύο ομάδες συντεταγμένων να αναφέρονται στο ίδιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς και ότι και στις δύο εποχές συμπεριλαμβάνεται ένας αριθμός σταθερών σημείων μεταξύ των δύο εποχών.

Αν δεν υπάρχουν σταθερά σημεία, μπορεί αυθαίρετα να θεωρηθεί ένα ως σταθερό αν του δοθούν οι ίδιες συντεταγμένες και στις δύο εποχές, καθώς και μια διεύθυνση σταθερή αν η μία από τις δύο συντεταγμένες παραμείνει η ίδια για ένα δεύτερο σημείο. Δίνοντας αυτές τις αυθαίρετες τιμές ικανοποιούνται οι τρεις βαθμοί ελευθερίας (δύο μεταθέσεις και μία στροφή).

Μια καλύτερη αντιμετώπιση στην περίπτωση που δεν υπάρχουν σταθερά σημεία στα δίκτυα είναι να προσδιοριστούν και στην συνέχεια να εφαρμοστούν οι δύο μεταθέσεις (dx, dy) και η μία στροφή (ω) οι οποίες θα ελαχιστοποιήσουν με την MET τις μετατοπίσεις $\delta x, \delta y$ σε μια μηδενική μέση μετατόπιση. Μια τέτοια λύση είναι απολύτως αξιόπιστη ειδικά όταν η περιοχή που καλύπτεται είναι αρκετά μεγάλη.

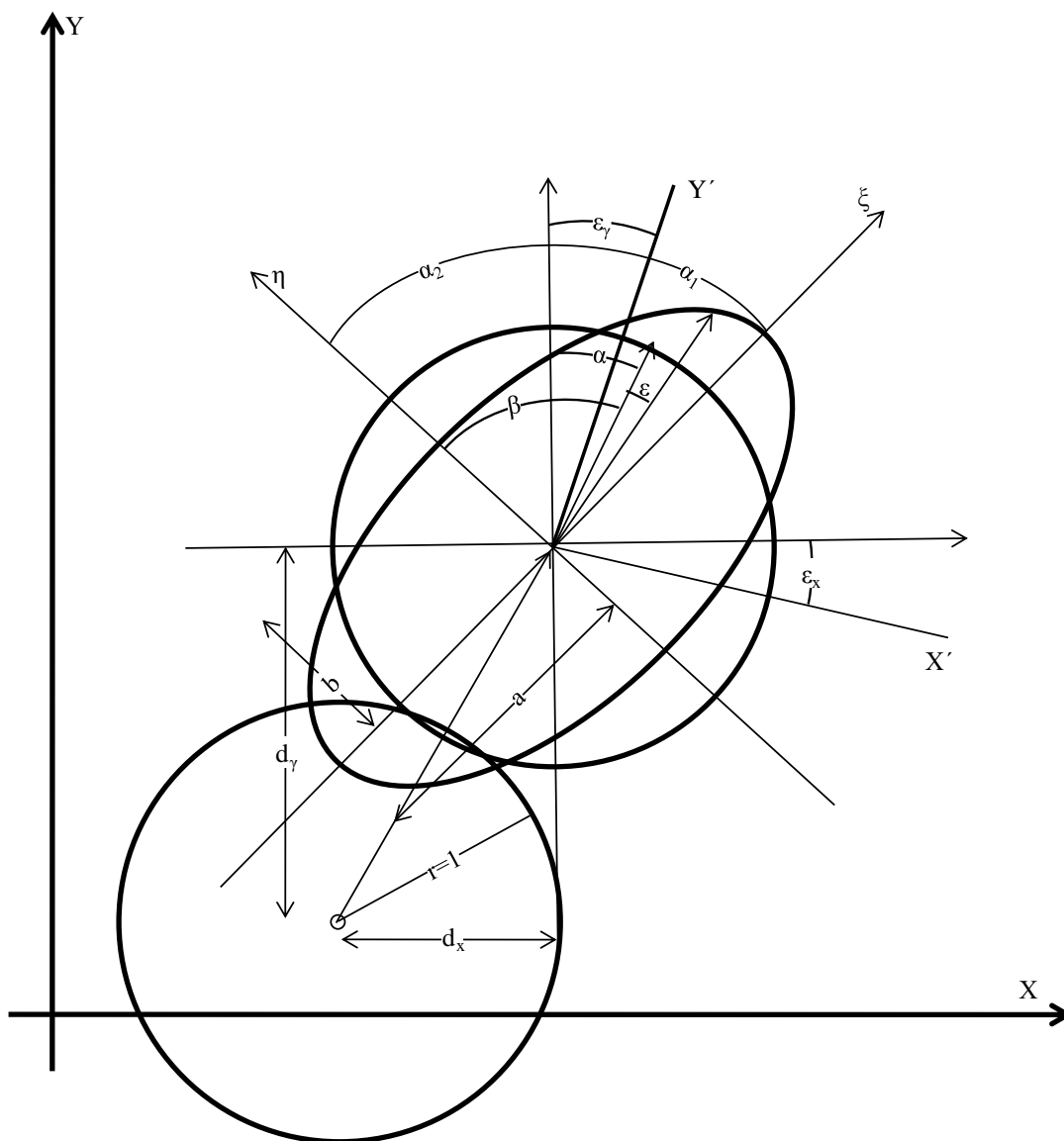
Μερικές φορές, ειδικά στην περίπτωση των μετρήσεων παλαιών τριγωνισμών, τα γωνιακά δεδομένα είναι μεγάλης αξιοπιστίας σε αντίθεση με τα γραμμικά(αποστάσεις). Σε αυτή την περίπτωση η κλίμακα του δικτύου δεν είναι πολύ καλά προσδιορισμένη και για αυτό είναι σημαντικό να συμπεριληφθεί μαζί με τις μεταθέσεις dx, dy και την στροφή (ω) ένας επιπρόσθετος άγνωστος που αφορά την κλίμακα $K = 1 + \kappa$ για να συνδέσει τις δύο σειρές συντεταγμένων. Αν x_1', y_1' είναι η δεδομένη σειρά συντεταγμένων την εποχή t_1 για να ταυτιστούν όσο καλύτερα γίνεται στις συντεταγμένες x_2, y_2 στην εποχή t_2 , εφαρμόζοντας την μετάθεση dx, dy , την στροφή ω και την κλίμακα κ πρέπει, να λυθούν με την MET οι παρακάτω εξισώσεις παρατηρήσεις:

$$\begin{pmatrix} x_1' - x_2 \\ y_1' - y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \kappa & \omega \\ -\omega & \kappa \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \end{pmatrix} \quad (3.27)$$

Αν $\hat{dx}, \hat{dy}, \hat{\omega}, \hat{\kappa}$ είναι οι καλύτερες εκτιμήσεις που προκύπτουν από την λύση της MET, τότε οι νέες συννορθωμένες συντεταγμένες για την εποχή t θα είναι:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} d\hat{x} \\ d\hat{y} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{k} & \hat{\omega} \\ -\hat{\omega} & \hat{k} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \end{pmatrix}$$

Αν και δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί καμία μετάθεση και στροφή για ολόκληρη την περιοχή που εξετάζεται, είναι εφικτό να υπολογιστεί ο συνολικός ταυστής παραμόρφωσης συμπεριλαμβανόμενης της μετάθεσης και της στροφής για τμήματα της περιοχής. Αυτό είναι δυνατό από την στιγμή που ένα κοινό σταθερό σύστημα αναφοράς έχει εμμέσως οριστεί με την ελαχιστοποίηση των μετατοπίσεων σε όλη την περιοχή. Οι παράμετροι παραμόρφωσης που προκύπτουν δεν είναι απόλυτοι αλλά δίνουν τη σχετική παραμόρφωση των περιοχών των περιοχών μεταξύ τους η οποία θα είναι ορθή.



Σχήμα 3.2 Έλλειψη παραμόρφωσης.

3.4 Το λογισμικό υπολογισμού των τανυστών παραμόρφωσης

Ο υπολογισμός των τανυστών παραμόρφωσης πραγματοποιείται σταδιακά με την βοήθεια δύο λογισμικών που αναπτύχθηκαν από το Κ.Δ.Δ.

Το πρώτο πρόγραμμα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των συντελεστών παραμόρφωσης γ_e και γ_e των τριγώνων του δικτύου. Έχει αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0 και ως στοιχεία εισόδου δέχεται τις επίπεδες συντεταγμένες των κορυφών του τριγωνομετρικού δικτύου, καθώς και τις αντίστοιχες μετρημένες οριζόντιες γωνίες για τις δύο εποχές μετρήσεων. Οι συντεταγμένες των κορυφών χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των γωνιών διευθύνσεων, ενώ για κάθε τρίγωνο δημιουργούνται τρεις εξισώσεις της μορφής (3.25), που περιέχουν τις διαφορές των οριζόντιων γωνιών μεταξύ των δύο εποχών μετρήσεων. Στην συνέχεια με τη χρήση της Μ.Ε.Τ. και την μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων υπολογίζονται για κάθε τρίγωνο οι καλύτερες τιμές των συντελεστών παραμόρφωσης γ_e και γ_e σε ppm.

Οι τιμές αυτές σε συνδυασμό με τις επίπεδες συσχετισμένες των κορυφών αποτελούν τα στοιχεία εισόδου για το δεύτερο πρόγραμμα που έχει αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού QuickBASIC. Το πρόγραμμα υπολογίζει το κέντρο βάρους της περιοχής στο οποίο σχεδιάζεται στην συνέχεια η έλλειψη παραμόρφωσης, το σύνολο των σημείων με τις τελικές τους συντεταγμένες, την μετάθεση κατά τους άξονες X και Y S_x, S_y , την τελική στροφή ϵ , τις κλίμακες κατά X και κατά Y καθώς και τις κύριες κλίμακες, όπως επίσης και τη μέση κλίμακα. Τέλος υπολογίζεται η γωνία A (που δείχνει την στροφή που παρουσιάζουν οι άξονες) καθώς και η συνολική παραμόρφωση γ .

Με χρήση της μέσης κλίμακας, του κέντρου βάρους της περιοχής, της μετάθεσης S_x, S_y των κυρίων κλιμάκων k_{\max} και k_{\min} της γωνίας A και της παραμόρφωσης γ σχεδιάζεται στη συνέχεια ο μοναδιαίος κύκλος καθώς και η έλλειψη παραμόρφωσης (σχ.3.2).

Να σημειωθεί εδώ ότι οι μεταθέσεις των αξόνων S_x, S_y είναι σχεδόν μηδενικές (αποτέλεσμα της μεθόδου επεξεργασίας) και άρα δεν εμφανίζονται κατά την σχεδίαση.

Σύμφωνα με τους Pope και Frank (Frank, 1966) οι γωνίες των αξόνων των μέγιστων και μηδενικών διατμητικών τάσεων, στην περίπτωση μετρήσεων τριγωνισμού, υπολογίζονται σύμφωνα με τα παρακάτω:

$$\frac{\sigma_{\theta}}{\sigma_{\theta_0}} = \frac{1}{1 + \nu \frac{r}{R}} \quad (3.28)$$

Στο τελικό σχέδιο των αποτελεσμάτων ο άξονας μηδενικής παραμόρφωσης απεικονίζεται με μπλε χρώμα, ενώ ο άξονας μέγιστης διατμητικής τάσης με κόκκινο χρώμα (βλ. Σχ.5.2).

4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

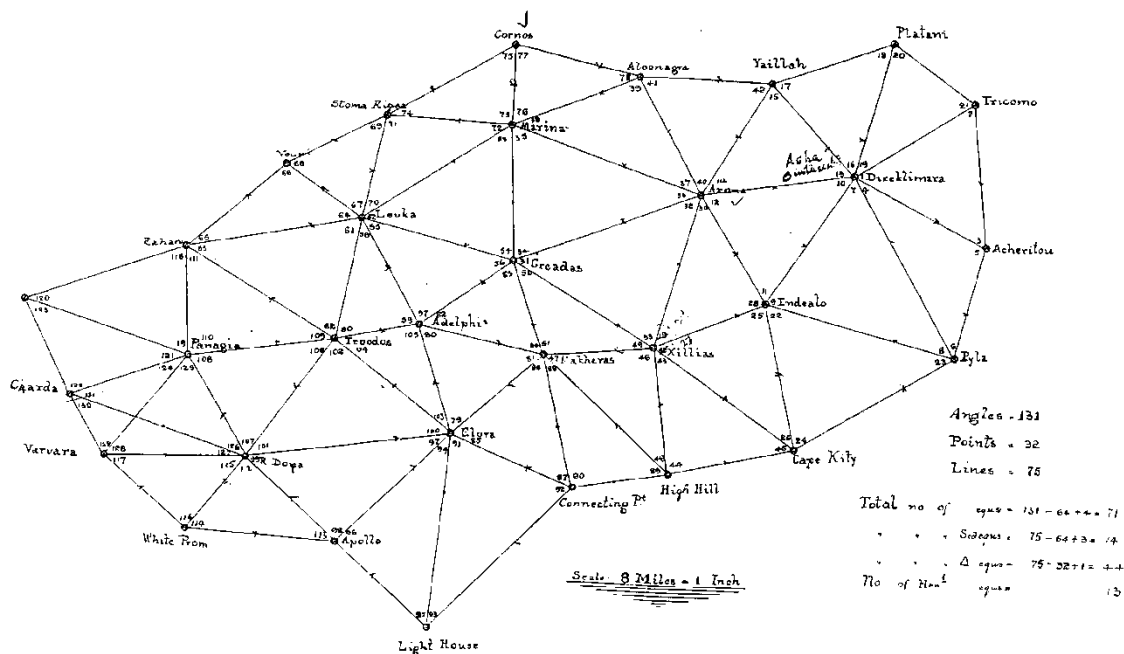
4.1 Γενικά

Οι μετρήσεις αφορούν δύο διαθέσιμα set γεωδαιτικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν τις εποχές 1914 και 1962 αντίστοιχα, διαθέσιμα από την Υπηρεσία Κτηματολογίου Κύπρου. Τα μετρημένα δίκτυα καλύπτουν όλη την έκταση του νησιού και αφορούν:

α) Στον τριγωνισμό που πραγματοποιήθηκε το 1914. Το δίκτυο αποτελείται από 32 κορυφές (Εικόνα 4.1), ενώ μετρήθηκαν συνολικά 135 οριζόντιες γωνίες σε 45 σχηματιζόμενα τρίγωνα (Πίνακας 4.1).

β) Στον τριπλευρισμό που πραγματοποιήθηκε το 1962, μετρήθηκαν 111 αποστάσεις (Πίνακας 4.2), ενώ λόγω καταστροφών στα τριγωνομετρικά σημεία του αρχικού δικτύου, μόνο 25 κορυφές παραμένουν κοινές στα δίκτυα.

Επιπλέον για την εποχή 1962 είναι διαθέσιμες οι επίπεδες συντεταγμένες σε UTM των κορυφών του δικτύου (Πίνακας 4.3), που χρησιμοποιούνται στην συνέχεια για τον απαραίτητο υπολογισμό των γωνιών διευθύνσεων.



Σχήμα 4.1 Το τριγωνομετρικό Δίκτυο της Κύπρου.

4.2 Μετρήσεις 1914

Στον παρακάτω Πίνακα 4. 1 φαίνονται αναλυτικά οι γωνιομετρήσεις της περιόδου 1914.

Station	Observed Angle	Appt. Correction	Adjusted Spherical Angles	Plane Angles	Log Sides	Name Side
1) Dirachlina	62. 10. 05.90	+1.006	62. 10. 06.906	62. 10. 06.556	4.853,5729	D-I
2) Tseliomo	58. 26. 27.80	-0.064	58. 26. 27.736	58. 26. 27.386	4.865,3538	A-I
3) Acheitrou	59. 23. 25.30	+1.108	59. 23. 26.408	59. 23. 26.958	4.849,2332	A-E
			1.050	0.000		
4) Dirachlina	31. 00. 16.26	+0.33	31. 00. 16.293	31. 00. 16.017	4.8492332	D-A
5) Acheitrou	103. 30. 31.44	-0.227	103. 30. 31.213	103. 30. 30.926	4.7079838	P-A
6) Pylla	45. 29. 12.83	+0.494	45. 29. 13.324	45. 29. 13.047	4.9839041	" D
			0.820	0.000		
7) Dirachlina	67. 17. 18.10	+1.220	67. 17. 19.320	67. 17. 18.913	4.8939041	D-P
8) Pylla	44. 17. 00.51	+1.365	44. 17. 01.875	44. 17. 01.369	4.8594295	" E
9) Endalo	68. 25. 39.52	+0.805	68. 25. 40.325	68. 25. 39.818	4.9803904	P "
			1.520	0.000		
10) Dirachlina	48. 09. 46.55	-0.258	48. 09. 46.292	48. 09. 45.979	4.8594295	D-E
11) Endalo	67. 11. 12.47	+0.68	67. 11. 12.538	67. 11. 12.224	4.7755802	A-E
12) Luona	64. 39. 02.41	-0.360	64. 39. 02.110	64. 39. 01.797	4.8680232	" D
			0.940	0.000		
13) Dirachlina	54. 29. 36.02	-1.174	54. 29. 34.846	54. 29. 34.566	4.8680232	D-A
14) Luona	50. 52. 05.16	+3.129	50. 52. 08.289	50. 52. 08.009	4.7944715	Y-A
15) Yailla	74. 38. 17.66	+0.45	74. 38. 17.705	74. 38. 17.425	4.7735195	" D
			0.840	0.000		
16) Dirachlina	60. 13. 11.66	+1.180	60. 13. 12.840	60. 13. 12.570	4.7735195	Y-D
17) Yailla	66. 11. 41.72	+2.497	66. 11. 44.217	66. 11. 43.937	4.8063585	" P
18) Olatous	53. 35. 06.27	-2.507	53. 35. 03.763	53. 35. 03.493	4.8292557	D "
			0.820	0.000		
19) Dirachlina	36. 39. 42.73	+0.773	36. 39. 43.503	36. 39. 43.283	4.8292557	D-P
20) Platani	76. 29. 50.45	+1.289	76. 29. 51.739	76. 29. 51.509	4.6417877	T-P
21) Trihomoi	66. 50. 26.95	-1.512	66. 50. 25.438	66. 50. 25.208	4.8535726	" D
			0.680	0.000		
22) Endalo	62. 04. 39.42	-1.291	62. 04. 38.129	62. 04. 37.689	4.9803904	P-E
23) Pylla	42. 10. 44.90	-1.686	42. 10. 43.214	42. 10. 42.774	4.7402194	" GK
24) Cape Kitty	75. 44. 40.20	-2.23	75. 44. 39.977	75. 44. 39.527	4.8209834	E "
			1.320	0.000		
25) Endalo	77. 55. 26.88	-0.144	77. 55. 26.736	77. 55. 26.446	4.8209834	GK-E
26) Cape Kitty	45. 17. 10.46	+2.779	45. 17. 13.239	45. 17. 12.959	4.8887162	" X
27) Xillias	56. 47. 20.93	-0.45	56. 47. 20.885	56. 47. 20.595	4.7500867	E "
			0.860	0.000		

Πίνακ. 4.1 (συν.)

Name of Station	Observed Angle	Corr	Spherical Angles	Plane Angles	Log. Sides	Name of Side
1) Pindalo 14	84° 23' 00.79	+1.481	84° 23' 02.271	84° 23' 02.007	4.750 0837	E-X
2) Xillias 45	49. 39. 42.95	+1.337	49. 39. 44.287	49. 39. 44.024	4.891 3978	A-X
3) Auona 6	45. 57. 14.15	+0.82	45. 57. 14.232	45. 57. 13.969	4.775 5802	A-E
			<u>.790</u>	<u>0.000</u>		
32) Auona 6	55-06-49.68	+2.203	55-06-51.883	55-06-51.393	4.891 3978	A-X
33) Xillias 45	73. 23. 03.68	+1.075	73-23-04.755	73. 23. 04.265	4.911 8153	C-X
34) Cuados 24	51-30-03.75	+1.082	51. 30. 04.832	51. 30. 04.342	4.979 3223	C-A
			<u>1.470</u>	<u>0.000</u>		
4) Auona 6	38.40.10.93	+1.062	38.40.11.992	38.40.11.542	4.979 3228	C-A
4) Cuados 24	71. 41. 55.68	+2.303	71. 41. 57.983	71. 41. 57.523	4.803 1292	C-M
5) Maxina 28	69. 37. 49.06	+2.325	69. 37. 51.385	69. 37. 50.935	4.984 8249	A-M
			<u>0.360</u>	<u>0.000</u>		
6) Auona 6	45.05.17.88	-2.319	45.05.15.561	45-05. 15.228	4.984 8249	A-M
7) Maxina 28	39. 40. 05.43	+2.317	39. 40. 07.567	39. 40. 07.234	4.836 7939	al-M
1) Alonagua 3	95. 14. 38.19	-3.18	95.14. 37.872	95. 14. 37.538	4.791 7032	al-Ar
			<u>1.000</u>	<u>0.000</u>		
Auona 6	59. 39. 17.17	-1.238	59. 39. 15.932	59. 39. 15.669	4.791 7032	al-Au
Alonagua 3	60. 29. 28.07	+1.026	60. 29. 29.096	60. 29. 28.832	4.790 8194	al-ya
1) Yallia 46	59. 51. 17.48	-2.218	59. 51. 15.762	59. 51. 15.499	4.794 4716	al-ya
			<u>0.790</u>	<u>0.000</u>		
1) Xillias 45	51. 35. 09.60	+0.227	51. 35. 09.827	51. 35. 09.557	4.888 7162	X-CK
1) Cape Kitty 7	46. 13. 23.82	-0.392	46. 13. 23.428	46. 13. 23.158	4.786 8245	HH-CK
1) High Hill 16	82. 11. 24.99	+2.565	82. 11. 27.555	82. 11. 27.285	4.751 3233	HH-X
			<u>0.810</u>	<u>0.000</u>		
2) Xillias 45	92-58-38.58	-1.348	92. 58. 37.232	92. 58. 36.984	4.751 3233	HH-X
2) High Hill 16	43. 14. 04.42	+0.471	43. 14. 04.891	43. 14. 04.645	4.910 6322	HH-M
1) Makhuas 43	43. 47. 16.80	+1.817	43. 47. 18.617	43. 47. 18.371	4.746 9013	X-M
			<u>0.740</u>	<u>0.000</u>		
1) Xillias 45	35. 36. 03.64	-0.626	35. 36. 03.014	35. 36. 02.801	4.746 9013	X-M
1) Makhuas 43	102. 29. 56.95	-0.094	102. 29. 56.856	102. 29. 56.642	4.687 2554	Cr-M
1) Cuados 24	41. 54. 00.84	-0.070	41. 54. 00.770	41. 54. 00.557	4.911 8156	Cr-X
			<u>640</u>	<u>0.000</u>		
1) Lohia 22	46. 42. 59.58	+0.605	46. 43. 00.245	46. 42. 59.882	4.803 1292	M-C
1) Maxina 28	60. 19. 28.00	-0.757	60. 19. 27.243	60. 19. 26.880	4.879 9525	L-C
1) Cuados 24	72. 57. 34.65	-1.048	72. 57. 33.602	72. 57. 33.238	4.921 5163	L-M
			<u>1.090</u>	<u>0.000</u>		

Πίv. 4.1 (συν.)

Name of Station	Observed Angles	Cor'n	Spherical Angles	Plane Angles	Log Sides	Name of side
55) Lohma	45. 59. 38.815					
56) Loxados	50. 44. 03.800					
57) Adelphi	83. 16. 18.145					
55) Lohma ²²	45. 59. 37.06	+1.755	45. 59. 38.815	45. 59. 38.562	4.879 9545	L-C
56) Loxados ²⁴	50. 44. 05.46	-1.660	50. 44. 03.800	50. 44. 03.547	4.739, 8464	A-C
57) Adelphi ²⁸	83. 16. 17.85	+0.295	83. 16. 18.145	83. 16. 17.891	4.771, 8200	A-L
			<u>0.760</u>	<u>0.000</u>		
58) Lohma ²²	39. 27. 56.55	+1.881	39. 27. 58.431	39. 27. 58.258	4.771 8200	A-L
59) Adelphi ²⁸	69. 03. 13.97	-2.263	69. 03. 11.707	69. 03. 11.534	4.598 1120	A-T
60) Troodos ⁴⁹	71. 28. 48.42	+1.962	71. 28. 50.382	71. 28. 50.208	4.765 2190	L-T
			<u>0.820</u>	<u>.000</u>		
Lohma ²²	69. 46. 38.73	-3.922	69. 46. 34.808	69. 46. 34.451	4.765 2190	L-T
2) Troodos ⁴⁹	69. 13. 01.92	+0.358	69. 13. 02.278	69. 13. 01.921	4.920 5835	Z-T
3) Zakaria ⁴⁷	41. 00. 20.31	+3.674	41. 00. 23.984	41. 00. 23.628	4.918 9989	Z-L
			<u>1.070</u>	<u>000</u>		
4) Lohma ²²	44. 30. 49.82	-1.100	44. 30. 49.720	44. 30. 49.524	4.918 9989	Z-Z
5) Zakaria ⁴⁷	29. 44. 30.46	+3.530	29. 44. 33.990	29. 44. 33.794	4.781 3724	V-Z
6) Vouni ⁴²	105. 44. 35.55	+1.330	105. 44. 36.880	105. 44. 36.682	4.631 1791	V-L
			<u>0.59</u>	<u>.000</u>		
7) Lohma ²²	68. 01. 09.76	-1.587	68. 01. 08.173	68. 01. 08.016	4.631 1791	F-V
8) Vouni ⁴²	62. 50. 56.48	+0.127	62. 50. 56.607	62. 50. 56.450	4.719 7547	STH-V
9) Stoma Pivri ³⁸	49. 07. 57.55	-1.860	49. 07. 55.690	49. 07. 55.534	4.701 8269	STH-L
			<u>0.470</u>	<u>.000</u>		
7) Lohma ²²	45. 30. 48.75	-1.058	45. 30. 49.808	45. 30. 49.578	4.701 8269	STH-L
8) Stoma Pivri ³⁸	97. 48. 05.32	+0.819	97. 48. 06.139	97. 48. 05.909	4.778 8994	STH-M
9) Mauna ²⁸	36. 41. 06.64	-1.897	36. 41. 04.743	36. 41. 04.513	4.921 5163	L-M
			<u>0.690</u>			
7) Mauna ²⁸	88. 30. 32.39	-2.741	88. 30. 29.649	88. 30. 29.469	4.778 8994	M-STH
8) Stoma Pivri ³⁸	33. 47. 59.01	-0.196	33. 47. 58.814	33. 47. 58.634	4.851 7982	C- "
9) Komos ⁴⁵	57. 41. 34.85	-2.773	57. 41. 32.077	57. 41. 31.897	4.597 2468	C-M
Mauna ²⁸	65. 10. 59.12	+2.293	65. 10. 59.413	65. 10. 59.220	4.597 2468	M-C
Komos ⁴⁵	80. 13. 39.91	+1.291	80. 13. 41.201	80. 13. 41.007	4.801 0610	A-C
Alonagros ³³	34. 35. 20.68	-0.714	34. 35. 19.966	34. 35. 19.773	4.836 7935	A-M
			<u>0.580</u>			

Πίv. 4.1 (συν.)

	Observed Angles	Corr	Spherical Angles	Plane Angles	Log Sides	Name of Side
Flora 13	68. 38. 26.41	+1.223	68. 38. 27.633	68. 38. 27.423	4.781 9626	M-A
Adelphi 1	58. 28. 47.92	+1.909	58. 28. 49.829	58. 28. 49.619	4.743 5403	M-E
Nakhens 2	52. 52. 43.22	-052	52. 52. 43.168	52. 52. 42.958	4.714 5190	A-E
			<u>.630</u>	<u>0000</u>		
Adelphi 1	49. 34. 11.18	-320	49. 34. 10.860	49. 34. 10.660	4.739 8464	A-E
Creado 24	71. 12. 19.10	-087	71. 12. 19.013	71. 12. 18.813	4.687 2557	M-C
Makera 27	59. 13. 31.96	-1232	59. 13. 30.727	59. 13. 30.527	4.781 9626	M-A
			<u>0.600</u>	<u>0.000</u>		
Flora 13	59. 42. 11.08	+2.879	59. 42. 13.969	59. 42. 13.732	4.743 5403	M-EE
Nakhens 2	64. 33. 54.06	-224	64. 33. 53.836	64. 33. 53.609	4.762 5735	M-Corr
Mmedip 10	55. 43. 52.60	+285	55. 43. 52.885	55. 43. 52.659	4.782 0693	E-Corr
			<u>0.680</u>			
Nakhens 27	37. 02. 35.82	+0.977	37. 02. 36.797	37. 02. 36.574	4.762 5735	M-Corr
Flora 13	44. 44. 00.04	-228	44. 43. 59.812	44. 43. 59.589	4.695 0203	M-Corr
ret. Pt 10	98. 13. 21.98	+2.081	98. 13. 24.061	98. 13. 23.837	4.910 6317	M-M
			<u>.670</u>	<u>0.000</u>		
Flora 13	80. 01. 34.28	-1.889	80. 01. 32.391	80. 01. 31.957	4.782 0693	E-Corr
ret. Pt 10	63. 47. 07.91	-1.834	63. 47. 06.076	63. 47. 05.643	5.004 2654	M "
Horax 26	36. 11. 23.34	-507	36. 11. 22.833	36. 11. 22.400	4.963 7409	" PL
			<u>1.300</u>	<u>0.000</u>		
Flora 13	39. 36. 38.79	+1.113	39. 36. 39.903	39. 36. 39.540	4.963 7409	M-EE
Flora 13	57. 54. 22.43	+1.066	57. 54. 23.496	57. 54. 23.133	4.772 0187	" A
Flora 13	82. 28. 56.08	+1.611	82. 28. 57.691	82. 28. 57.327	4.895 4661	E-A
			<u>1.090</u>			
Flora 13	32. 04. 06.54	-1.611	32. 04. 04.929	32. 04. 04.606	4.895 4661	E-A
Flora 13	95. 21. 49.13	-1.798	95. 21. 47.332	95. 21. 47.008	4.720 6315	M-D-R
Flora 36	52. 34. 08.49	+219	52. 34. 08.709	52. 34. 08.386	4.993 6934	M-D-EE
			<u>.970</u>	<u>0.000</u>		
Flora 13	46. 10. 00.15	-403	46. 10. 59.747	46. 10. 59.354	4.993 6934	M-D-EE
Flora 13	45. 29. 12.66	+689	45. 29. 13.349	45. 29. 12.956	4.852 1483	" Tr
Flora 40	88. 19. 47.28	+804	88. 19. 48.084	88. 19. 47.690	4.847 0226	EE-Tr
			<u>1.180</u>	<u>000</u>		
Flora 13	33. 46. 03.25	-1.812	33. 46. 01.438	33. 46. 01.278	4.847 0226	E-T
Flora 40	46. 36. 26.80	+2.783	46. 36. 29.583	46. 36. 29.423	4.598 1116	A-T
Flora 13	99. 37. 29.61	-1.51	99. 37. 29.459	99. 37. 29.299	4.714 5181	A-E
			<u>0.480</u>	<u>0.000</u>		
Flora 40	45. 41. 39.03	-6170	45. 41. 32.910	45. 41. 32.627	4.852 1483	M-D-Tr
Flora 27	66. 28. 23.34	+2.061	66. 28. 25.401	66. 28. 25.117	4.740 1634	" PL
Flora 13	67. 50. 03.01	-471	67. 50. 02.534	67. 50. 02.254	4.011 2000	"

Station	Observed Angles	Const	Spherical Angles	Plane Angles	Log. Sides	Name Side
Troodos	38. 40. 15.52	+1.243	38. 40. 16.763	38. 40. 16.473	4.847,8040	Tr-P
Panayia	84. 03. 48.56	+1.961	84. 03. 51.521	84. 03. 51.231	4.718,6935	Z-P
Zahara	57. 15. 55.04	-2.456	57. 15. <u>52.526</u>	57. 15. <u>52.296</u>	4.920,5823	Z-T
			.870	.0000		
M. Doria	84. 21. 18.27	+1.704	84. 21. 19.974	84. 21. 19.797	4.7206315	MD-A
Apollo	41. 43. 23.91	+0.609	41. 43. 24.519	41. 43. 24.343	4.8109984	WP-A
White Pinn	53. 55. 16.22	-183	53. 55. <u>16.037</u>	53. 55. <u>15.861</u>	4.6362805	WP-MD
			0.530	0.001		
M. Doria	47. 11. 25.77	+1.831	47. 11. 27.601	47. 11. 27.428	4.6362805	WP-MD
White Pinn	93. 59. 27.41	+0.228	93. 59. 27.638	93. 59. 27.464	4.7045896	" V
Varana	38. 49. 05.56	-279	38. 49. <u>05.281</u>	38. 49. <u>05.108</u>	4.8380626	MD-V
			0.520	.000		
Z. Pinn	70. 42. 42.11 40.973	-1.137	70. 42. 40.973	70. 42. 40.663	4.7186935	Z-P
Panayia	70. 53. 39.558 41.07	+0.168	70. 53. 39.558	70. 53. 39.248	4.9004618	Z-P
Lava	38. 23. 40.899 40.089	-671	38. 23. <u>40.899</u>	38. 23. <u>40.089</u>	4.9009446	Z-Z
			0.930	.000		
Panayia	38. 56. 54.81	+1.693	38. 56. 56.503	38. 56. 56.277	4.9004618	L-P
Chanda	94. 36. 54.30	+473	94. 36. 54.773	94. 36. 54.545	4.7002658	L-C
Lava	46. 26. 09.20	+204	46. 26. <u>09.404</u>	46. 26. <u>09.178</u>	4.7619726	P-C
			.680	0.000		
Chanda	89. 46. 26.87	+3.626	89. 46. 30.496	89. 46. 30.342	4.7619726	Ch-P
Panayia	30. 01. 26.07	-4.638	30. 01. 21.432	30. 01. 21.279	4.8235568	V-P
Varana	60. 12. 07.11	-1.422	60. 12. <u>08.532</u>	60. 12. <u>08.379</u>	4.522,8264	V-Ch
			0.460	.000		
M. Doria	63. 55. 30.61	-5.643	63. 55. 24.967	63. 55. 24.700	4.8380626	MD-V
Panayia	68. 14. 09.00	-553	68. 14. 08.447	68. 14. 08.180	4.8235563	P-
Varana	47. 50. 24.44	+2.946	47. 50. <u>27.386</u>	47. 50. <u>27.120</u>	4.7401636	P-MD
			0.800	0.000		
Chanda	39. 37. 33.87	+1.768	39. 37. 35.638	39. 37. 35.392	4.7401635	P-MD
Panayia	98. 15. 35.07	-5.191	98. 15. 29.879	98. 15. 29.631	4.9309656	Ch-MD
M. Doria	42. 06. 56.92	-1.697	42. 06. <u>55.223</u>	42. 06. <u>54.977</u>	4.7619718	Ch-P
			.740	0.000		
Chanda	50. 08. 53.00	+1.859	50. 08. 54.859	50. 08. 54.686	4.930,9656	Ch-MD
Varana	108. 02. 31.55	+4.368	108. 02. 35.918	108. 02. 35.744	4.8380620	V-MD
M. Doria	21. 48. 33.69	-3.947	21. 48. <u>29.743</u>	21. 48. 29.570	4.522,8258	" Ch.
			.520			

Πίv. 4.1 (συν.)

Station	Observed Angles	Corr	Spherical Observed Angles	Plane Angles	Log Sides	Name of Side
ανθ 33	47. 23. 56.475	-1.01	47.23. 55.465	47. 23. 55.359	4.6417877	Tr-pe
ομο 39	62. 34. 21.345	-1.01	62. 34. 20.335	62. 34. 20.228	4.5356480	" K
ταυ 17	70. 01. 45.530	-1.01	70. 01. 44.520	70. 01. 44.413	4.6169356	π-K.
			0320	600		
υιτρ 2	66. 51. 59.86	-683	66. 51. 59.197	66. 51. 59.01	4.7079838	ακ-β
λα 34	56. 14. 40.45	-684	56. 14. 39.786	56. 14. 39.60	4.7485334	φα-βγ
ρνο 15	56. 53. 22.24	-683	56. 53. 21.577	56. 53. 21.39	4.7047562	F-ακ
			560	00.00		
μα 25	98. 12. 41.57	-374	98. 12. 41.196	98. 12. 40.856	4.9009446	L-2
ραυ 47	31. 45. 28.93	-378	31. 45. 28.557	31. 45. 28.217	5.0120194	A-2
αμα 49	50. 01. 51.64	-378	50. 01. 51.267	50. 01. 50.927	4.7377531	" L
			1020	00.00		
α 1	48. 35. 39.81	-393	48. 35. 39.417	48. 35. 39.190	4.8517982	C-SH
αθων 3	48. 34. 54.42	-393	48. 34. 54.027	48. 34. 53.801	4.7303002	κκ-SH
ακίτη	2082. 49. 27.63	-394	82. 49. 27.236	82. 49. 27.009	4.7302159	" C
			680	00.00		

H. Antopoulos
E.C.G.
19. 8. 16

Πίν. 4.1 Οι γωνιομετρήσεις της περιόδου 1914.

4.3 Μετρήσεις 1962

Στους παρακάτω Πίνακες 4.2 και 4.3 φαίνονται αντίστοιχα οι μετρήσεις των αποστάσεων μεταξύ των κορυφών του δικτύου για την εποχή 1962, καθώς και οι επίπεδες συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου σε UTM.

200

TRAVERSE ANGLES OBSERVED IN 1962 - AND ARE SHOWN IN
RED COLOUR ON MAJOR RE-TRIANGULATION DIAGRAM

No. OF ANGLE	STATION	POINTS SUSTENDING	TRUE ANGLE	ANGLE	REMARKS
1	FORT PAPHOS	E. E. BASE	CHARDA (NEW)	262 ⁰ 44' 20" 8 ✓	
5	E. E. BASE	WHITE PROMONTORY	FORT PAPHOS	196 11 28.9 ✓	
12	CHARDA (NEW)	PANAYIA (NEW)	FORT PAPHOS	138 18 16.6 ✓	
13	" "	LARA	PANAYIA (NEW)	94 37 51.0 ✓	
14	LARA	KHILOROVOUNOS	CHARDA (NEW)	106 52 15.2 ✓	
15	"	"	PANAYIA (NEW)	60 26 38.0 ✓	
16	"	"	ZAKHAROU (NEW)	22 02 39.6 ✓	
17	KHILOROVOUNOS	VOUNI	LARA	140 44 16.3 ✓	
18	"	"	ZAKHAROU (NEW)	83 52 57.0 ✓	
19	VOUNI	KHILOROVOUNOS	KORMAKITIS	130 29 16.7 ✓	
20	"	"	STOMA	156 30 07.7 ✓	
21	"	"	KORONIA	209 21 03.2 ✓	
22	"	"	ZAKHAROU (NEW)	324 03 22.8 ✓	
33	WHITE PROMONTORY	APOLLON	E. E. BASE	194 50 10.1 ✓	
34	APOLLON	LIGHT HOUSE (NEW)	WHITE PROMONTORY	140 59 26.9 ✓	
39	LIGHT HOUSE (NEW)	CONNECTING POINT	APOLLON	266 41 30.4 ✓	
51	KORMAKITIS	KORNOS (NEW)	VOUNI	107 09 46.8 ✓	
52	"	"	STOMA	82 23 18.7 ✓	
53	KORNOS (NEW)	KORMAKITIS	ALONAGRA	173 29 06.3 ✓	
64	CONNECTING POINT	HIGH HILL	LIGHT HOUSE (NEW)	140 54 37.4 ✓	
65	HIGH HILL	CAPE KITI	CONNECTING POINT	189 50 28.6 ✓	
73	CAPE KITI	PYLA (NEW)	HIGH HILL	192 44 44.4 ✓	
89	ALONAGRA	KORNOS (NEW)	YALLAS	169 40 35.7 ✓	
91	YALLAS	ALONAGRA	PLATANI	159 18 42.8 ✓	
103	PLATANI	KANTARA	YALLAS	177 28 59.2 ✓	
105	KANTARA	TRIKOMON	PLATANI	70 01 38.9 ✓	
109	TRIKOMON	KANTARA	AP. VARNAVAS	173 39 57.5 ✓	
111	AP. VARNAVAS	TRIKOMON	C. P. STAFF	140 42 53.0 ✓	
112	C. P. STAFF	PHANOS	AP. VARNAVAS	170 31 20.0 ✓	

No. OF VESSEL	STATION	POINTS SUBTENDING	TRUE ANGLE	ANGLE	REMARKS
2	FORT PAPHOS	E. E. BASE	CHARDA (NEW)	262° 44' 20" 8	
5	E. E. BASE	WHITE PROMONTORY	FORT PAPHOS	196 11 28.9	
12	CHARDA (NEW)	PANAYIA (NEW)	FORT PAPHOS	138 18 16.6	
13	" "	LARA	PANAYIA (NEW)	94 37 51.0	✓
14	LARA	KHILOROVOUNOS	CHARDA (NEW)	106 52 15.2	
15	"	"	PANAYIA (NEW)	60 26 38.0	
16	"	"	ZAKHAROU (NEW)	22 02 39.6	
17	KHILOROVOUNOS	VOUNI	LARA	140 44 16.3	
18	"	"	ZAKHAROU (NEW)	83 52 57.0	
19	VOUNI	KHILOROVOUNOS	KORMAKITIS	130 29 16.7	
20	"	"	STOMA	156 30 07.7	
21	"	"	KORONIA	209 21 03.2	
22	"	"	ZAKHAROU (NEW)	324 03 22.8	
33	WHITE PROMONTORY	APOLLON	E. E. BASE	194 50 10.1	
34	APOLLON	LIGHT HOUSE (NEW)	WHITE PROMONTORY	140 59 26.9	—
39	LIGHT HOUSE (NEW)	CONNECTING POINT	APOLLON	266 41 30.4	—
51	KORMAKITIS	KORNOS (NEW)	VOUNI	107 09 46.8	
52	"	"	STOMA	82 23 18.7	
53	KORNOS (NEW)	KORMAKITIS	ALONAGRA	173 29 06.3	
64	CONNECTING POINT	HIGH HILL	LIGHT HOUSE (NEW)	140 54 37.4	—
65	HIGH HILL	CAPE KITTI	CONNECTING POINT	189 50 28.6	—
75	CAPE KITTI	PYLA (NEW)	HIGH HILL	192 44 44.4	—
89	ALONAGRA	KORNOS (NEW)	YALLAS	169 40 35.7	
91	YALLAS	ALONAGRA	PLATANI	159 18 42.8	—
103	PLATANI	KANTARA	YALLAS	177 28 59.2	
105	KANTARA	TRIKOMON	PLATANI	70 01 38.9	✓
109	TRIKOMON	KANTARA	AP. VARNAVAS	173 39 37.5	
111	AP. VARNAVAS	TRIKOMON	C. F. STAFF	140 42 53.0	
113	C. F. STAFF	PHANOS	AP. VARNAVAS	170 31 30.9	
114	"	"	AKHYRITOU W. TOWER	87 13 57.8	✓
115	PHANOS	PYLA (NEW)	C. F. STAFF	78 21 35.6	
116	"	"	AKHYRITOU W. TOWER	56 57 28.8	✓
117	PYLA (NEW)	CAPE KITTI	PHANOS	188 11 34.9	
118	"	"	AKHYRITOU W. TOWER	129 51 58.4	—

LIST SHOWING TELLUKOMETER MEASUREMENTS IN METERS, OF THE CYPRUS MAJOR LANGULATION SIDES.

FROM STATION	TO STATION	SLANT DISTANCE FORWARD	SLANT DISTANCE BACKWARD	DIP. PERCENTS.	AGREEMENT	MEAN SLANT DISTANCE	REDUCED SPHEROIDAL DISTANCE.	R E M A R K S
SOUTH END DASH	NORTH END BASE	3119.9565	3119.8963	0.0602	1: 51380	3119.9264	3119.9173	
AP. VARRAVAS	C.F. STAFF	7987.2946	7987.2636	0.0310	1: 257650	7987.2791	7987.2397	1/500000000 at 100/10000 Kendrick - Ben Dreelklimara
AP. -09-	DIREKLIMARA	18243.7693	18243.7185	0.0008	1: 359130	18243.7439	18243.5751	Pharinos - B at 100/10000
KOUKLIA	AP. VARRAVAS	13511.5183	13511.6300	0.1117	1: 120960	13511.5742	13511.5102	at 100/10000
✓ PYIA (NEW)	CAPE KITTI	26558.7366	26558.8001	0.0635	1: 418250	26558.7684	26558.4210	
✓ PHANOS	PYIA (NEW)	17082.1233	17082.0504	0.0729	1: 234320	17082.0868	17081.5531	
✓ PYIA (NEW)	DIREKLIMARA	29368.4175	Not Measured			29368.4175	29368.0345	Back IMPROVED
8/3 PYIA (NEW)	EMDEAIDOS	29134.3290	29134.3905	0.0615	1: 473730	29134.3598	29132.2506	
✓ ANHERITOR W. LOZER	C.F. STAFF	5873.4648	5873.4975	0.0327	1: 179620	5873.4812	5873.4214	
✓ AROMAS	EMDEAIDOS	29065.8810	29066.0141	0.1331	1: 218380	29065.9476	29060.8414	
5/4 ✓ DIREKLIMARA	AROMAS	22490.8573	22490.7335	0.1249	1: 181380	22490.7955	22490.0578	
✓ TROODOS	ADLEPHI	12088.5378	12088.6060	0.0682	1: 177250	12088.5719	12080.4465	
✓ KALAIOS	ADLEPHI	16775.2086	16775.0732	0.1334	1: 125750	16775.1399	16742.7699	
✓ FORT PAPHOS	VARVARA	8585.8372	8585.8325	0.0047	1: 1826770	8585.8349	8583.9547	
✓ FORT PAPHOS	CHARDA (NEW)	10712.1187	10712.1905	0.0718	1: 149190	10712.1546	10694.9071	
✓ VARVARA	PANAYIA (NEW)	20326.0724	20326.1307	0.0583	1: 348650	20326.1016	20301.4987	
✓ PANAYIA (NEW)	CHARDA (NEW)	17628.2287	17628.2137	0.0150	1: 1175220	17628.2212	17617.8105	
✓ ROCK DHORA	PANAYIA (NEW)	16758.2868	16758.1294	0.1614	1: 103830	16758.2061	16750.9192	
✓ ROCK DHORA	VARVARA	21000.348	21000.2210	0.1272	1: 1651	21000.2846	20991.4334	

FROM STATION.	TO STATION	SLANT DISTANCES		DIF. PERCENT.	AGREEMENT	MEAN SLANT DISTANCE	REDUCED SPHEROIDAL DISTANCE	R E M A R K S
		FORWARD	BACKWARD					
✓ ENDEALIOS	DIREKILIMARA	22052.4557	22052.2634	0.1923	1: 114680	22052.3595	22049.7813	
✓ ENDEALIOS	ASHKRITOU W. TOWER	32593.5031	32593.3286	0.1745	1: 186780	32593.4158	32591.0061	
✓ ASHRITOU W. TOWER	DIREKILIMARA	20916.3851	20916.7678	0.3827	1: 54650	20916.5764	20916.3882	
✓ ARONAS	ENDEALIOS	18180.2037	18180.0247	0.1790	1: 101570	18180.1142	18178.5667	
AR. VARNAVAS	ASHKRITOU W. TOWER	9345.5292	9345.4269	0.1023	1: 91350	9345.4780	9345.3925	
XILLIAS	ARONAS	23739.8338	23739.7770	0.0568	1: 417950	23739.8054	23734.4096	
XILLIAS	ENDEALIOS	17245.3662	17245.3005	0.0657	1: 260960	17245.3334	17242.0245	
XILLIAS	EREADOS	24879.5658	24879.5145	0.0513	1: 481980	24879.5402	24877.1414	
XILLIAS	NASHERAS (NEW)	17037.5473	17037.5336	0.0137	1: 1245620	17037.5405	17015.5405	
EREADOS	MASHERAS (NEW)	14851.9282	14852.0275	0.0993	1: 149570	14851.9779	14857.8235	
ADHELPHI	MASHERAS (NEW)	18456.1946	18456.0952	0.0994	1: 185680	18456.1449	18450.7887	
KOUKLIA	PYRGA	7362.9985	7363.1022	0.1037	1: 71000	7363.0503	7363.0117	
H. DIREKILIMARA	TRIKOMON	21754.6007	21754.6128	0.0121	1: 1797900	21754.6068	21754.3846	
MASHERAS (NEW)	ELOROS	16893.6734	16893.6938	0.0204	1: 828120	16893.6836	16885.2080	
ADHELPHI	ELOROS	15809.4247	15809.3812	0.0435	1: 363440	15809.4030	15794.3538	
TROODOS	ROCK DHORA	21721.7025	21721.6403	0.0622	1: 349220	21721.6714	21683.4040	
ELOROS	TROODOS	21454.3234	21454.2282	0.0952	1: 225360	21454.2758	21428.2797	
ELOROS	ROCK DHORA	30042.2112	30042.1754	0.0358	1: 839170	30042.1933	30036.9811	
VARVARA	GRIDA (NEW)	10167.3438	10167.3419	0.0019	1: 5351230	10167.3428	10157.8452	

Accuracy improved thro' signs

FROM STATION	TO STATION	SLANT DISTANCES		DIP REFERENCE	ADJUSTMENT	MEAN SLANT DISTANCE	RECORDED DIFFERENTIAL DISTANCE	P. S. N. / R. K. S.
		FORWARD	BACKWARD					
RECORDS ✓	PAVAYIA (NEW)	21186.0848	21186.0652	0.0196	1: 1096230	21186.0750	21165.6662	
CONNECTING POINT HIGH HILL. ✓	ELOROS	18463.2329	18463.2321	0.0008	1: 23079040	18463.2325	18452.5819	
✓	CONNECTING POINT HIGH HILL	15102.6682	15102.7491	0.0809	1: 186680	15102.7086	15101.0515	
✓	✓	17195.2049	17195.2232	0.0183	1: 539639	17195.2140	17190.8541	
✓	✓	16077.6420	16077.4827	0.1593	1: 100930	16077.5624	16076.7837	
✓	✓	15835.7082	15835.6558	0.0524	1: 302210	15835.6820	15835.4200	
✓	✓	24834.4720	24834.6463	0.1743	1: 242480	24834.5591	24805.0824	
✓	✓	17667.6518	17667.7372	0.0854	1: 206880	17667.6945	17637.6920	
✓	✓	22604.0411	22604.0315	0.0096	1: 2354590	22604.0363	22603.8348	
✓	✓	13222.7466	13222.8282	0.0816	1: 162040	13222.7874	13222.7285	
✓	✓	12095.0348	12095.1422	0.1074	1: 112620	12095.0805	12095.0022	
✓	✓	21933.5155	21933.4427	0.0728	1: 301280	21933.4791	21933.2744	
✓	✓	7358.7237	7358.8055	0.0818	1: 89360	7358.7646	7350.7180	
✓	✓	5297.1777	5297.1063	0.0714	1: 74190	5297.1420	5297.0930	
✓	✓	7367.6744	7367.8529	0.1785	1: 41280	7367.7636	7367.7214	
✓	✓	9914.8704	9915.0652	0.1948	1: 50900	9914.9678	9914.8423	
✓	✓	12588.3899	12588.3475	0.0424	1: 296890	12588.3687	12588.2034	
✓	✓	20184.8948	20184.9732	0.0784	1: 257460	20184.9340	20181.7601	
✓	✓	18657.8218	18657.7849	0.1169	1: 158750	18657.7634	18659.5566	
✓	✓	23596.5423	23596.5074	0.0347	1: 680010	23596.5248	23588.1045	

Fig. 4.2 (cont.)

FROM STATION	TO STATION	SLANT DISTANCE FORWARD	SLANT DISTANCE BACKWARD	DIF. IN PERCENTS.	GRASSMAN'S	MEAN SLANT DISTANCE	REDUCED SLANT DISTANCE	REMARKS
STAFF	PRANOS	15252.9422	15253.0576	0.1154	1: 132180	15252.9999	15252.0860	
TRIKOMON	PRANOS	34410.8039	34410.6981	0.1058	1: 325240	34410.7510	34409.9495	
ANTARA	DIREKLIMARA	29533.6841	29533.9341	0.2500	1: 118140	29533.8091	29524.6153	
TRIKOMON	KATARA	10483.4367	10483.5486	0.1119	1: 93690	10483.4927	10462.2464	
LATANI	KATARA	12617.0245	12617.0224	0.0021	1: 6008100	12617.0234	12615.5914	
LATANI	TRIKOMON	13375.3928	13375.3153	0.0775	1: 172580	13375.3540	13358.3923	
TRIKOMON	PYROA	16940.3539	16940.3887	0.0348	1: 475300	16940.3713	16940.2608	
TRIKOMON	YALIAS	19516.4354	19516.6125	0.1771	1: 110200	19516.5240	19512.9438	
LATANI	DIREKLIMARA	20581.1973	20581.2830	0.0857	1: 240150	20581.2402	20569.3835	
LATANI	DIREKLIMARA	18113.8181	18113.9023	0.0842	1: 245130	18113.6602	18091.8738	
YALIAS	YALIAS	19002.1406	19002.0398	0.1008	1: 189510	19002.0902	18985.8105	
YALIAS	YALIAS	18830.0097	18830.1258	0.1161	1: 162190	18830.0678	18827.3204	
YALIAS	ALOHAGRA	18882.6234	18882.7080	0.0846	1: 23200	18882.6657	18865.9656	
YALIAS	KORINOS (NEW)	19280.3976	19280.3530	0.0446	1: 432290	19280.3753	19277.5316	
YALIAS	MARIMA	20938.0749	20938.3031	0.2282	1: 21750	20938.1890	20928.2488	
YALIAS	KORINOS (NEW)	16395.0344	16395.0887	0.0543	1: 301940	16395.0616	16374.7377	
YALIAS	KORINOS (NEW)	12071.5328	12071.5818	0.0490	1: 246350	12071.5573	12056.2399	
YALIAS	KORINOS (NEW)	29415.3684	29415.3944	0.0260	1: 1131360	29415.3814	29414.2764	
YALIAS	KORINOS (NEW)	21773.4303	21773.5975	0.1672	1: 130220	21773.5139	21751.4333	
YALIAS	KORINOS (NEW)	16650.4100	16650.4570	0.0470	1: 354260	16650.4335	16649.4840	

* Mean of four measurements.

Fig. 4.2 (cont.)

LINE No.	FROM STATION	TO STATION	START DISTANCE FORWARD	START DISTANCE BACKWARD	DIF. FENCE	AGREEMENT	YEAR START DISTANCE	REDUCED ORIGNAL DISTANCE	R E
103	STOMA	VOUMI	15909.8536	15909.8115	0.0421	1: 377900	15909.8526	15907.4939	
104	HARITIA	STOMA	18234.5758	18234.5754	0.0004	1: 145586430	18234.5756	18230.4853	
105	KORONIA	KREATOS	17314.2576	17314.1862	0.0714	1: 242500	17314.2219	17310.4256	
106	VARINA	KORONIA	21053.9359	21053.9637	0.0278	1: 757340	21053.9498	21052.7791	
107	MARITIA	KREATOS	19372.2281	19372.2579	0.0298	1: 650070	19372.2430	19369.0612	
108	STOMA	KORONIA	15449.5398	15449.5250	0.0148	1: 1043880	15449.5324	15445.7925	
109	VOUMI	KORONIA	18428.9619	18429.1294	0.1675	1: 110020	18429.0457	18428.0808	
110	STOMA	KREATOS	27984.9480	27985.0339	0.0859	1: 326170	27984.9909	27976.8399	
111	APCHAS	VARINA	29432.5660	29432.5557	0.0103	1: 2857530	29432.5609	29430.7523	
112	AFOLLON	WHITE PROMON-TORY	19724.6328	19724.6666	0.0338	1: 583670	19724.6497	19723.4475	
113	EAST END BASE	WHITE PROMON-TORY	16544.8723	16544.9672	0.0949	1: 174340	16544.9198	16541.9247	
114	WHITE PROMON-TORY	VARVARA	15438.3243	15438.2930	0.0313	1: 493249	15438.3087	15437.2931	
115	EAST END BASE	VARVARA	4922.5980	4922.6505	0.0525	1: 93760	4922.6243	4919.3278	
116	FORT PAPHOS	EAST END BASE	6597.7378	6597.7102	0.0276	1: 239050	6597.7240	6597.7084	
117	CHARDA (NEW)	EAST END BASE	13271.2385	13271.0210	0.2175	1: 61020	13271.1298	13266.7717	
118	LARA	CHARDA (NEW)	15286.5318	15286.6537	0.1219	1: 125400	15286.5928	15284.9555	
119	PANAYIA (NEW)	LARA	24246.2676	24246.2478	0.0198	1: 1224560	24246.2577	24236.1666	
120	KHIDONVOUROS	LARA	28436.9321	28437.0783	0.1462	1: 194510	28437.0052	28434.0311	
121	ZAKHAROU (NEW)	LARA	24271.1839	24271.1418	0.0421	1: 576510	24271.1629	24261.4792	
122	ZAKHAROU (NEW)	PANAYIA (NEW)	15952.8456	15952.8456	0.0255	1: 5600	15952.8584	15949.7498	

Πίν.4.2 Οι μετρήσεις αποστάσεων της περιόδου 1962.

LIST OF CO-ORDINATES OF 4th-Order TRIANGULATION

District CYPRUS

U.T.M. (UTM)

NAME or NUMBER OF POINT	CO-ORDINATES IN METRES FEET (U.T.M)				HEIGHT IN FEET METRES		REMARKS		
	±	x (E)	±	y (N)			Book No.	Page No.	
Apollon		486 912 84		3 837 473 53	164	2 ✓	4	23	CP 27
Rock-Dora		475 211 30		3 848 403 05	742	3 ✓	4	12	CP 28
Panayia Neo		466 467 32		3 862 683 13	1143	5	1	44	CP 29A
Varvara		454 321 21		3 846 425 81	187	7 ✓	4	3	CP 30
White Promontory		467 202 38		3 837 928 54	302	0	4	8	CP 31
Charda New		450 281 86		3 855 741 70	612	3 ✓	1	19	CP 32A
Zachrou New		465 524 86		3 878 598 86	1213	0	1	42	CP 33A
Vounia <small>See Zachrou (Sat) in Paphos sid order</small>		479 339 82		3 890 775 60	255	8 ✓	1	66	CP 34
Lara		443 145 67		3 869 252 21	668	5	1	9	CP 35
Agamas									
Cavalier Flag Staff		585 603 87		3 887 096 88	31	5 ✓	3	70	CP 37
Fort Papho		445 748 32		3 846 059 63	14	1	4	1	CP 38
Konia		451 552 15		3 848 658 41	246	6	4	2	CP 39
West End Base		449 306 23		3 844 641 00	13	8 ✓	4	1	CP 40
East End Base		451 319 96		3 842 530 43	10	0 ✓	4	2	CP 41
North End Base		572 813 79		3 891 745 40	17	9	3	51	CP 42
South End Base		573 177 24		3 888 647 90	16	4	3	51	CP 43
Kouklia		568 912 77		3 885 508 70	33	1 ✓	3	44	CP 44
Apostole Varnara		580 180 27		3 892 956 91	23	0	3	62	CP 45
Pyrga		566 966 69		3 892 607 24	30	7	3	39	CP 46
Acheriton W.T		580 858 31		3 883 639 21	47	2	3	63	CP 1A
Trikomo		579 411 73		3 905 517 64	67	3	3	8	CP 2
Platani		567 877 83		3 812 247 96	724	0	3	5	CP 3
Direclimara		561 947 20		3 892 559 65	64	1	3	30	CP 4
Yailah South		549 598 42		3 905 835 31	927	9	2	91	CP 5A
Armas		539 681 24		3 889 451 02	181	8	2	61	CP 6
Endeale		549 656 98		3 874 262 42	350	7	2	73	CP 7
Pyla New		578 107 89		3 868 049 48	98	2 ✓	3	58	CP 8
Alonagra		530 690 96		3 906 028 80	935	5	2	84	CP 9

of Lands and Surveys

MAJOR

LIST OF CO-ORDINATES OF ^{3th Order}/_{4th Order} TRIANGULATION

District CYPRUS

U.T.M.

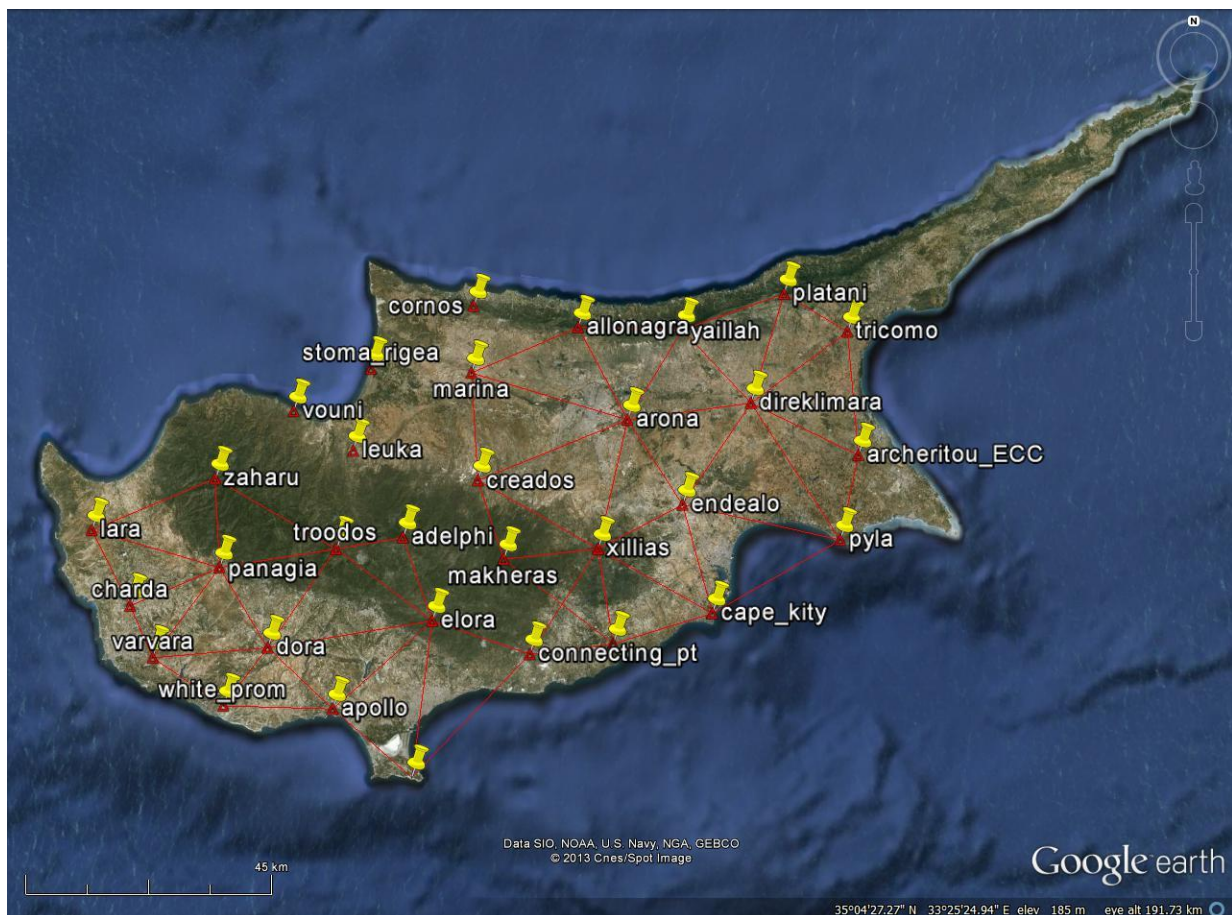
NAME or NUMBER OF POINT	CO-ORDINATES IN ^{METRES} FEET (U.T.M)				HEIGHT IN FEET / METRES		Book No. / Page No.		REMARKS
	±	x (E)	±	y (N)					
Cape Kity		555 083 51		3 854 831 48		28 3	3	25	CP 11
Fanos		593 977 22		3 874 354 30		175 0	3	71	CP 12
Kantara		579 929 31		3 915 963 63		724 9	3	8	CP 13
High Hill		537 260 68		3 849 344 04		283 9	4	57	CP 14
New Makeras		517 577 91		3 864 423 73		1422 8	2	27	CP 15A
Connecting joint		522 286 91		3 847 433 46		439 6	4	54	CP 16
Marina		511 464 73		3 897 777 70		363 6	2	18	CP 17
Creadas		512 790 82		3 878 461 77		619 1	2	19	CP 18
Eloras		504 823 17		3 853 369 63		1001 8	2	9	CP 19
Adelphi		499 534 82		3 868 245 45		1312 7	1	108	CP 20
Troodos		487 640 73		3 866 159 70		1951 5	1	85	CP 21
Leuka		490 285 66		3 883 704 29		399 5	1	92	CP 22
Cornos New		511 798 42		3 909 824 66		946 6	2	77	CP 23A
Stoman		493 254 65		3 898 472 12		2 0	1	97	CP 24A
Kosmakity		496 220 25		3 914 848 97		159 9	1	1	CP 25
Light House (New)		501 212 09		3 825 333 43		58 6	4	48	CP 26A
Acheriton		581 365 10		3 883 257 91		36 5	3	64	CP 1
Troodos T.V. Tower		487 259 82		3 866 427 92			1	84	CP 21A
Troodos TV. New A		496 180 87		3 883 312 23		324 0	1	102	CP 127A
Plerovounes		463 344 91		3 889 249 67		669 7	1	38	CP 144A
Pamboulos		613 838 34		3 932 706 09		383 0	3	16	CP 507
TROODOS TV NEW A		487298 1		3 866 419 0		revised by 1st class 1974			Low accuracy

Πίν.4.3 Οι συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου σε UTM.

5. Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Προσδιορισμός των παραμέτρων παραμόρφωσης

Στην μελέτη της τεκτονικής δραστηριότητας μιας περιοχής, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει η ανάλυση των γεωδαιτικών μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, αφού τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ διαδοχικών σειρών μετρήσεων επιτρέπουν τον άμεσο προσδιορισμό των τεκτονικών μετατοπίσεων και αποτελούν την βάση για την ερμηνεία των γεωφυσικών φαινομένων που συντελούνται στην εξεταζόμενη περιοχή. Στην εργασία αυτή η σύγκριση πραγματοποιείται μεταξύ των δύο διαθέσιμων σετ γεωδαιτικών μετρήσεων, του τριγωνισμού του 1914 και του τριπλευρισμού του 1962. Συνολικά μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων σχηματίζονται 26 κοινά τρίγωνα με διαθέσιμες μετρήσεις και στις δύο εποχές (Σχ.5.1).



Σχήμα 5.1 Τα κοινά τρίγωνα μεταξύ των εποχών μετρήσεων 1914-1962.

Όπως προαναφέρθηκε, όταν σε μια περιοχή έχουν μετρηθεί οριζόντιες γωνίες σε διαδοχικές χρονικές περιόδους, είναι δυνατός ο υπολογισμός ολικής διάτμησης στην περιοχή σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\varepsilon_g = \frac{1}{2} \gamma_\varepsilon \cos 2a_B - \cos 2a_A - \frac{1}{2} \gamma_e \sin 2a_B - \sin 2a_A \quad (5.1)$$

Όπου $\varepsilon_g = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{\sqrt{n}}$ η γωνιακή παραμόρφωση, ϑ_1 η οριζόντια γωνία που μετράται από ένα σημείο μεταξύ των A, B την εποχή t_1 και ϑ_2 η αντίστοιχη οριζόντια γωνία που μετράται την εποχή t_2 , a_A , a_B οι αντίστοιχες διευθύνσεις των αζιμουθίων την εποχή t και $\gamma = \sqrt{\gamma_e^2 + \gamma_\varepsilon^2}$ η ολική διάτμηση. Αν για κάθε ένα σχηματιζόμενο τρίγωνο δημιουργηθούν τρεις εξισώσεις της παραπάνω μορφής τότε το διάνυσμα των ταυιστών παραμόρφωσης $\begin{bmatrix} \gamma_\varepsilon \\ \gamma_e \end{bmatrix}$ υπολογίζεται εφαρμόζοντας την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (M.E.T.).

5.2 Αναγωγές Μετρήσεων

Προκειμένου να είναι συγκρίσιμες οι δύο εποχές μετρήσεων, επιλέχθηκε από τις μετρημένες αποστάσεις της εποχής 1962 να υπολογισθούν οι οριζόντιες γωνίες που αντιστοιχούν στα κοινά τρίγωνα. Για το σκοπό αυτό στις δύο σειρές μετρήσεων εφαρμόστηκαν οι παρακάτω διορθώσεις / αναγωγές:

α) Γωνίες (1914)

Αναγωγή στο ελλειψοειδές αναφοράς (Clarke 1858)

Διόρθωση για σφαιρική υπεροχή

Συνόρθωση τριγώνου

Υπολογισμός οριζόντιων γωνιών

β) Αποστάσεις (1962)

Αναγωγή στο ελλειψοειδές αναφοράς

Επίλυση τριγώνων στο επίπεδο (με την παραδοχή ότι: $\angle = \angle = \angle$)

Υπολογισμός οριζόντιων γωνιών

5.3 Επίλυση - Αποτελέσματα

Για τον υπολογισμό των συντελεστών και των ταυιστών παραμόρφωσης των τριγώνων χρησιμοποιήθηκαν τα δύο ειδικά προγράμματα που περιγράφονται αναλυτικά στην Παρ. 3.4. Αναλυτικά τα αποτελέσματα της επίλυσης φαίνονται στον Πίνακα 5.2, ενώ γραφικά η επίλυση απεικονίζεται στο Σχήμα 5.2., ο δε Πίνακας 5.1 περιλαμβάνει τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους και τα στοιχεία της έλλειψης παραμόρφωσης για κάθε τρίγωνο.

INPUT								OUTPUT			
coordinates						shear rates		centroid		max	az0
561947.2	3892559.65	579411.73	3905517.64	581365.1	3883257.91	-53768.2	-17316.9	574241.3	3893778.4	56488	81.1
561947.2	3892559.65	581365.1	3883257.91	578107.89	3868049.48	4009.3	56279.1	573806.7	3881289	56421.8	137
561947.2	3892559.65	578107.89	3868049.48	549656.98	3874262.42	9.4	-41.8	563237.4	3878290.5	42.8	38.6
561947.2	3892559.65	549656.98	3874262.42	539681.24	3889451.02	-11.4	30.8	550428.5	3885424.4	32.8	124.9
561947.2	3892559.65	549508.18	3905688.08	567877.83	3912247.96	2.6	3.8	559777.7	3903498.6	4.6	152.4
561947.2	3892559.65	567877.83	3912247.96	579411.73	3905517.64	22.7	-27.4	569745.6	3903441.8	35.6	25.2
549656.98	3874262.42	578107.89	3868049.48	555083.51	3854831.48	3.7	-20.6	560949.5	3865714.5	20.9	39.9
549656.98	3874262.42	555083.51	3854831.48	534482.51	3866302.36	4.9	-5.4	546407.7	3865132.1	7.3	24
549656.98	3874262.42	534482.51	3866302.36	539681.24	3889451.02	1.7	6.6	541273.6	3876671.9	6.8	142.1
539681.24	3889451.02	534482.51	3866302.36	512790.82	3878461.77	0.6	-13.2	528984.9	3878071.7	13.2	43.8
539681.24	3889451.02	512790.82	3878461.77	511464.73	3897777.7	33	0.1	521312.3	3888563.5	33	179.9
539681.24	3889451.02	511464.73	3897777.7	530690.96	3906028.8	-132.9	-30.3	527279	3897752.5	136.3	83.6
539681.24	3889451.02	530690.96	3906028.8	549508.18	3905688.08	-49.3	-5.3	539960.1	3900389.3	49.6	86.9
534482.51	3866302.36	555083.51	3854831.48	537260.68	3849344.04	19.1	-15.2	542275.6	3856826	24.4	19.3
534482.51	3866302.36	537260.68	3849344.04	517577.91	3864423.73	219.9	133	529773.7	3860023.4	256.9	164.4
534482.51	3866302.36	517577.91	3864423.73	512790.82	3878461.77	17.2	451.9	521617.1	3869729.3	452.3	136.1
517577.91	3864423.73	537260.68	3849344.04	522286.91	3847433.46	195.8	-572.5	525708.5	3853733.7	605	35.6
504823.17	3853369.63	522286.91	3847433.46	501212.09	3825333.43	-19607.5	18965.8	509440.7	3842045.5	27279.2	112
504823.17	3853369.63	501212.09	3825333.43	486912.84	3837473.53	-39575.9	-10822.6	497649.4	3838725.5	41029	82.4
504823.17	3853369.63	486912.84	3837473.53	475211.3	3848403.05	-52.3	25.4	488982.4	3846415.4	58.1	102.9
504823.17	3853369.63	475211.3	3848403.05	487640.73	3866159.7	18.7	49.1	489225.1	3855977.5	52.5	145.4
504823.17	3853369.63	487640.73	3866159.7	499534.82	3868245.45	57.5	64.9	497332.9	3862591.6	86.7	155.8
487640.73	3866159.7	475211.3	3848403.05	466467.32	3862683.13	262.2	12.2	476439.8	3859082	262.5	178.7
487640.73	3866159.7	466467.32	3862683.13	465524.86	3878598.86	-49	273.9	473211	3869147.2	278.2	129.9
475211.3	3848403.05	486912.84	3837473.53	467202.38	3837928.54	11.6	3.1	476442.2	3841268.4	12	172.5
475211.3	3848403.05	467202.38	3837928.54	454321.21	3846425.81	6.3	27.1	465578.3	3844252.5	27.9	141.6
465524.86	3878598.86	466467.32	3862683.13	443145.67	3869252.21	-257.6	112.4	458379.3	3870178.1	281	101.8
466467.32	3862683.13	450281.86	3855741.7	443145.67	3869252.21	-194.6	-171	453298.3	3862559	259.1	69.3
450281.86	3855741.7	466467.32	3862683.13	454321.21	3846425.81	-15.2	-34.4	457023.5	3854950.2	37.6	56.9
475211.3	3848403.05	454321.21	3846425.81	466467.32	3862683.13	225.7	-166.1	465333.3	3852504	280.2	18.2

Πίν.5.1 Συντεταγμένες κέντρου βάρους και στοιχεία έλλειψης παραμόρφωσης για κάθε τρίγωνο.

C/N	Data				Results	
					γ_{ϵ}	γ_{ϵ}
1	arona	539681.24	3889451.02	-0.00614277	$\gamma_{\epsilon}=-84.5785$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-19.2821$ cc
	marina	511464.73	3897777.7	-0.00058431	$\gamma_{\epsilon}=-132.86$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-30.29$ ppm
	allonagra	530690.96	3906028.8	0.00672709	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.53043794190642^E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=6.89212161386222^E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.18287800287556^E-04$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.08261154438475^E-04$ ppm
2	arona	539681.24	3889451.02	-0.0012752	$\gamma_{\epsilon}=21.0053$ cc	$\gamma_{\epsilon}=0.0775$ cc
	creados	512790.82	3878461.77	-0.00179331	$\gamma_{\epsilon}=33$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=0.12$ ppm
	marina	511464.73	3897777.7	0.00192083	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.29375212149108^E-15$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.33748943612165^E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.30277907095144^E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.10092274217218^E-14$ ppm
3	dareklimara	561947.2	3892559.65	0.38083145	$\gamma_{\epsilon}=2552.3985$ cc	$\gamma_{\epsilon}=35828.4037$ cc
	archeritou	581365.1	3883257.91	1.93323682	$\gamma_{\epsilon}=4009.3$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=56279.1$ ppm
	pyla	578107.89	3868049.48	-2.31406827	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.66959800794853^E-11$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.79070754911898^E-11$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.62259748036275^E-11$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.81283583475068^E-11$ ppm
4	dareklimara	561947.2	3892559.65	-0.00045693	$\gamma_{\epsilon}=14.4218$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-17.4555$ cc
	platani	567877.83	3912247.96	0.00219778	$\gamma_{\epsilon}=22.65$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-27.42$ ppm
	tricomio	579411.73	3905517.64	-0.00174085	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.3277116574443^E-15$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.45173472478273^E-15$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.15103384396411^E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.56356181832606^E-15$ ppm
5	dareklimara	561947.2	3892559.65	-0.38061602	$\gamma_{\epsilon}=-34229.9195$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-11024.3055$ cc
	tricomio	579411.73	3905517.64	2.80505126	$\gamma_{\epsilon}=-53768.21$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-17316.93$ ppm
	archeritou	581365.1	3883257.91	-2.42443525	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.54796188308904^E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.35058635343707^E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.71471503108454^E-05$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.40467838496602^E-05$ ppm
6	dora	475211.3	3848403.05	-0.00007313	$\gamma_{\epsilon}=-7.372$ cc	$\gamma_{\epsilon}=1.9847$ cc
	apollo	486912.84	3837473.53	0.00043741	$\gamma_{\epsilon}=11.58$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=3.12$ ppm
	white_prom	467202.38	3837928.54	-0.00036459	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.32057700428158^E-03$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.54607976873605^E-03$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.64515253099428^E-03$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.4285755532909^E-03$ ppm
7	dora	475211.3	3848403.05	0.00042122	$\gamma_{\epsilon}=4.0248$ cc	$\gamma_{\epsilon}=17.2787$ cc
	apollo	486912.84	3837473.53	-0.00149599	$\gamma_{\epsilon}=6.32$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=27.14$ ppm
	varvara	454321.21	3846425.81	0.00107476	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.42686716143217^E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.53944483089907^E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.32368872505296^E-04$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.7013364815731^E-05$ ppm
8	elora	504823.17	3853369.63	0.00239605	$\gamma_{\epsilon}=11.8767$ cc	$\gamma_{\epsilon}=31.2268$ cc
	dora	475211.3	3848403.05	0.000193	$\gamma_{\epsilon}=18.66$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=49.05$ ppm
	troodos	487640.73	3866159.7	-0.00258905	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.5155426551419^E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.0076854300752^E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.3806262221014^E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.58286800614998^E-14$ ppm
9	endealo	549656.98	3874262.42	0.00001059	$\gamma_{\epsilon}=3.1175$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-3.468$ cc
	cape_kity	555083.51	3854831.48	0.00027297	$\gamma_{\epsilon}=4.9$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-5.45$ ppm
	xillias	534482.51	3866302.36	-0.00028356	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.65364427424657^E-16$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.91628556561031^E-16$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.35931077789679^E-15$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.2434867842057^E-15$ ppm
10	endealo	549656.98	3874262.42	0.00041624	$\gamma_{\epsilon}=1.0576$ cc	$\gamma_{\epsilon}=4.1963$ cc
	xillias	534482.51	3866302.36	-0.00016077	$\gamma_{\epsilon}=1.66$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=6.59$ ppm
	arona	539681.24	3889451.02	-0.00025547	$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.07145882016832^E-16$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.43690115636128^E-16$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.42494090983135^E-15$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.1681852842137^E-15$ ppm

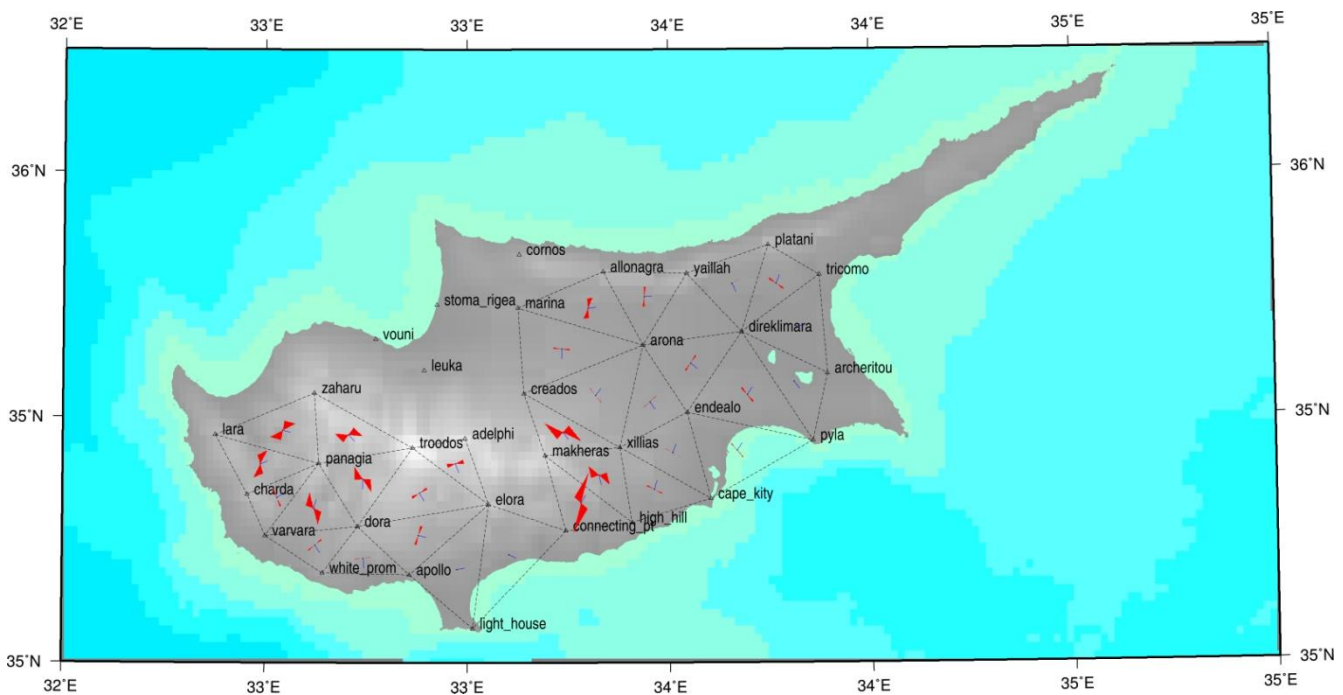
Πίv.5.2 (συν.)

11	panagia	466467.32	3862683.13	-0.00576973	$\gamma_{\epsilon}=-123.895$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-108.852$ cc
	charda	450281.86	3855741.7	0.01620061	$\gamma_{\epsilon}=-194.61$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-170.98$ ppm
	lara	443145.67	3869252.21	-0.01043088	$\sigma\gamma_{\epsilon}=6.27980800879245E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.92401858708041E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.86429582606963E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.30542330916466E-14$ ppm
12	troodos	487640.73	3866159.7	0.00956928	$\gamma_{\epsilon}=-31.2156$ cc	$\gamma_{\epsilon}=174.3548$ cc
	panagia	466467.32	3862683.13	-0.00078781	$\gamma_{\epsilon}=-49.03$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=273.88$ ppm
	zaharu	465524.86	3878598.86	-0.00878147	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.03151575048411E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.4898387318583E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.19109633766471E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.48182390100579E-14$ ppm
13	xillias	534482.51	3866302.36	0.01567851	$\gamma_{\epsilon}=10.9384$ cc	$\gamma_{\epsilon}=287.715$ cc
	macheras	517577.91	3864423.73	-0.0129142	$\gamma_{\epsilon}=17.18$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=451.94$ ppm
	creados	512790.82	3878461.77	-0.00276431	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.49376729415071E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.22259788282471E-13$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.17711779305562E-13$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.9204515768036E-13$ ppm
14	arona	539681.24	3889451.02	0.00008551	$\gamma_{\epsilon}=0.3613$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-8.4126$ cc
	xillias	534482.51	3866302.36	0.00056444	$\gamma_{\epsilon}=0.57$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-13.21$ ppm
	creados	512790.82	3878461.77	-0.00064995	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.71896780967409E-15$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.83171333899759E-15$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.70014735583879E-15$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.8772.47555838E-15$ ppm
15	charda	450281.86	3855741.7	-0.00225317	$\gamma_{\epsilon}=-9.6564$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-21.869$ cc
	panagia	466467.32	3862683.13	0.00021332	$\gamma_{\epsilon}=-15.17$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-34.35$ ppm
	varvara	454321.21	3846425.81	0.00203985	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.01610941444488E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.84093729745641E-15$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.59610036512959E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.23165111015306E-14$ ppm
16	dareklimara	561947.2	3892559.65	0.00112352	$\gamma_{\epsilon}=-7.2398$ cc	$\gamma_{\epsilon}=195898$ cc
	endealo	549656.98	3874262.42	-0.00179873	$\gamma_{\epsilon}=-11.37$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=30.77$ ppm
	arona	539681.24	3889451.02	0.0006752	$\sigma\gamma_{\epsilon}=6.1489914753233E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.12539990845553E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.6588097692867E-05$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.0509564708233E-05$ ppm
17	dareklimara	561947.2	3892559.65	0.0024483	$\gamma_{\epsilon}=5.9988$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-26.5934$ cc
	pyla	578107.89	3868049.48	-0.00027702	$\gamma_{\epsilon}=9.42$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-41.77$ ppm
	endealo	549656.98	3874262.42	-0.00217128	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.42502794356625E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.11717833111511E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.23842785895235E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.75485899141578E-14$ ppm
18	dareklimara	561947.2	3892559.65	-0.00012182	$\gamma_{\epsilon}=1.6812$ cc	$\gamma_{\epsilon}=2.4162$ cc
	yaillah	549508.18	3905688.08	0.00026674	$\gamma_{\epsilon}=2.64$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=3.8$ ppm
	platani	567877.83	3912247.96	-0.00014492	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.27520719551852E-16$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.23258768613297E-16$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.2998660418332E-15$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.13609181083424E-15$ ppm
19	dora	475211.3	3848403.05	0.00462076	$\gamma_{\epsilon}=143.6839$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-105.7562$ cc
	varvara	454321.21	3846425.81	-0.01317237	$\gamma_{\epsilon}=225.7$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-166.12$ ppm
	panagia	466467.32	3862683.13	-0.0085516	$\sigma\gamma_{\epsilon}=6.13431868871768E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.18221451353857E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.63576181822387E-05$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.14020061188554E-05$ ppm
20	elora	504823.17	3853369.63	-1.61947626	$\gamma_{\epsilon}=12482.5339$ cc	$\gamma_{\epsilon}=12074$ cc
	connecting_pt	522286.91	3847433.46	1.49538693	$\gamma_{\epsilon}=-19607.51$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=18965.79$ ppm
	light_house	501212.09	3825333.43	0.12408933	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.50019329296681E-13$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.64101160229871E-13$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.35649727147563E-13$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.57769407542759E-13$ ppm
21	elora	504823.17	3853369.63	1.62297113	$\gamma_{\epsilon}=-25194.8267$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-6889.8549$ cc
	light_house	501212.09	3825333.43	-0.99579292	$\gamma_{\epsilon}=-39575.93$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-10822.55$ ppm
	apollo	486912.84	3837473.53	-0.6271782	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.48536450245818E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=4.78897476824647E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.17579788609503E-04$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=7.5225012852981E-05$ ppm

Πίv.5.2 (συν.)

22	endealo	549656.98	3874262.42	0.00014168	$\gamma_{\epsilon}=2.3466$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-13.1044$ cc
	pyla	578107.89	3868049.48	-0.00088542	$\gamma_{\epsilon}=3.69$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-20.58$ ppm
	cape_kity	555083.51	3854831.48	0.00074683	$\sigma\gamma_{\epsilon}=1.68963435046783E-02$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.02756777044369E-02$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=2.65407048234085E-02$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.18489486733638E-02$ ppm
23	macheras	517577.91	3864423.73	0.00900522	$\gamma_{\epsilon}=124.6321$ cc	$\gamma_{\epsilon}=-364.4339$ cc
	high_hill	537260.68	3849344.04	-0.02393199	$\gamma_{\epsilon}=195.77$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=-572.45$ ppm
	connecting_pt	522286.91	3847433.46	-0.00359174	$\sigma\gamma_{\epsilon}=110.802305269682$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=165.781472784907$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=174.047791884769$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=260.408835388312$ ppm
24	troodos	487640.73	3866159.7	-0.01052666	$\gamma_{\epsilon}=166.95$ cc	$\gamma_{\epsilon}=7.7406$ cc
	dora	475211.3	3848403.05	-0.00164593	$\gamma_{\epsilon}=262.24$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=12.16$ ppm
	panagia	466467.32	3862683.13	0.01217258	$\sigma\gamma_{\epsilon}=6.25492469299876E-05$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.23509279020662E-05$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=9.8252092189984E-05$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.22326158494332E-05$ ppm
25	xillias	534482.51	3866302.36	-0.01573925	$\gamma_{\epsilon}=139.9613$ cc	$\gamma_{\epsilon}=84.6465$ cc
	high_hill	537260.68	3849344.04	0.00571762	$\gamma_{\epsilon}=219.85$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=132.96$ ppm
	macheras	517577.91	3864423.73	0.01002163	$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.16888570829849E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.19169358958384E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=4.97767225079088E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.1550903043948E-14$ ppm
26	zaharu	465524.86	3878598.86	0.01093828	$\gamma_{\epsilon}=-163.9744$ cc	$\gamma_{\epsilon}=71.545$ cc
	panagia	466467.32	3862683.13	-0.01657972	$\gamma_{\epsilon}=-257.57$ ppm	$\gamma_{\epsilon}=112.38$ ppm
	lara	443145.67	3869252.21	0.00564144	$\sigma\gamma_{\epsilon}=3.18975002744006E-14$ cc	$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.2016007379006E-14$ cc
					$\sigma\gamma_{\epsilon}=5.01044583494087E-14$ ppm	$\sigma\gamma_{\epsilon}=8.17065241101536E-14$ ppm

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα υπολογισμού διατμητικών τάσεων.

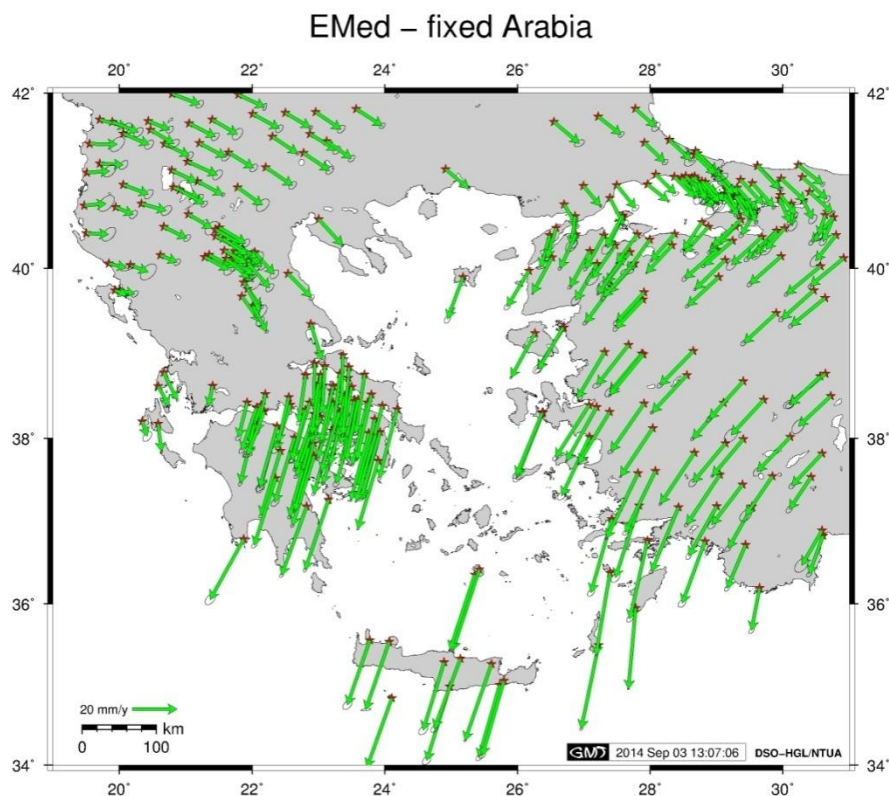


Σχήμα 5.2 Διατμητικές τάσεις στον Κυπριακό χώρο.

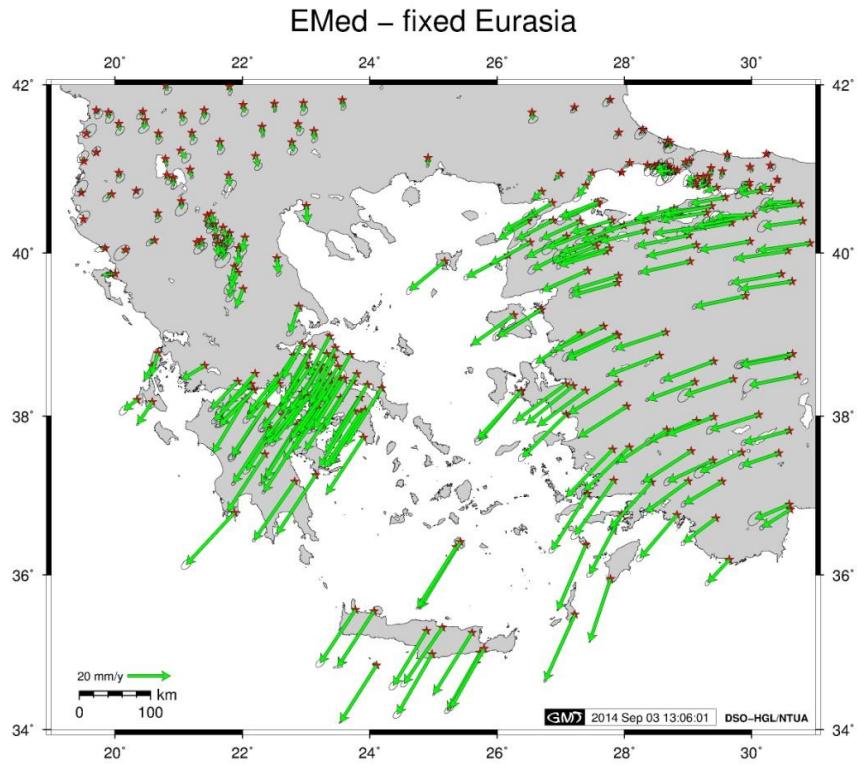
Είναι φανερό από την επίλυση ότι οι μεγάλες τιμές παραμορφώσεων στα τρίγωνα στα οποία συμμετέχουν τα σημεία "archeritou" και "light house" οφείλονται στο γεγονός ότι μεταξύ των δύο εποχών μετρήσεων μετρήθηκαν έκκεντρα σημεία.

Επίσης, είναι εμφανές από τον χάρτη οι σημαντικές παραμορφώσεις που έχουν υποστεί οι περιοχές στο νοτιοδυτικό τμήμα της Κύπρου και κυρίως γύρω από την Πάφο, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το επίσημο Δελτίο 2002 του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης του Υπουργείου Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος Κύπρου, που περιλαμβάνει πίνακα με τους σημαντικότερους σεισμούς (4.5 R) για τη περίοδο από το 1896 έως το 1999 (Πίν.2.1).

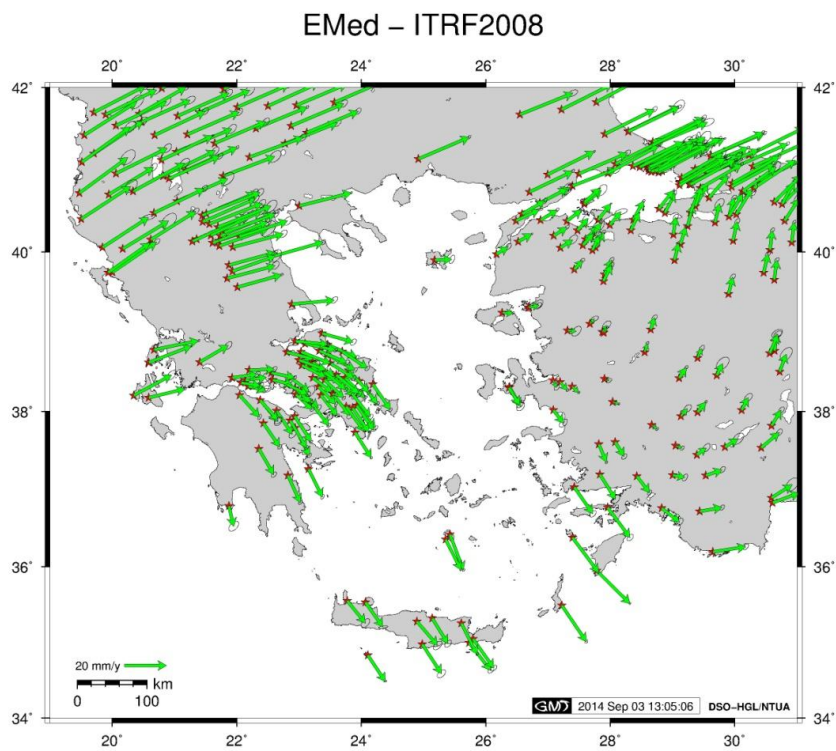
Στους χάρτες που παρατίθενται στην συνέχεια απεικονίζονται τα διανύσματα μετακίνησης του ευρύτερου Ελλαδικού και Τουρκικού χώρου, τα οποία, όπως είναι αναμενόμενο, ταυτίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό με τις παραμορφώσεις (Α-Δ) που παρατηρούνται στον Κυπριακό χώρο από την ανάλυση της παρούσης διδακτορικής διατριβής, δεδομένου ότι ο χώρος αυτός αποτελεί φυσική συνέχεια των περιοχών Ελλάδας και Τουρκίας.



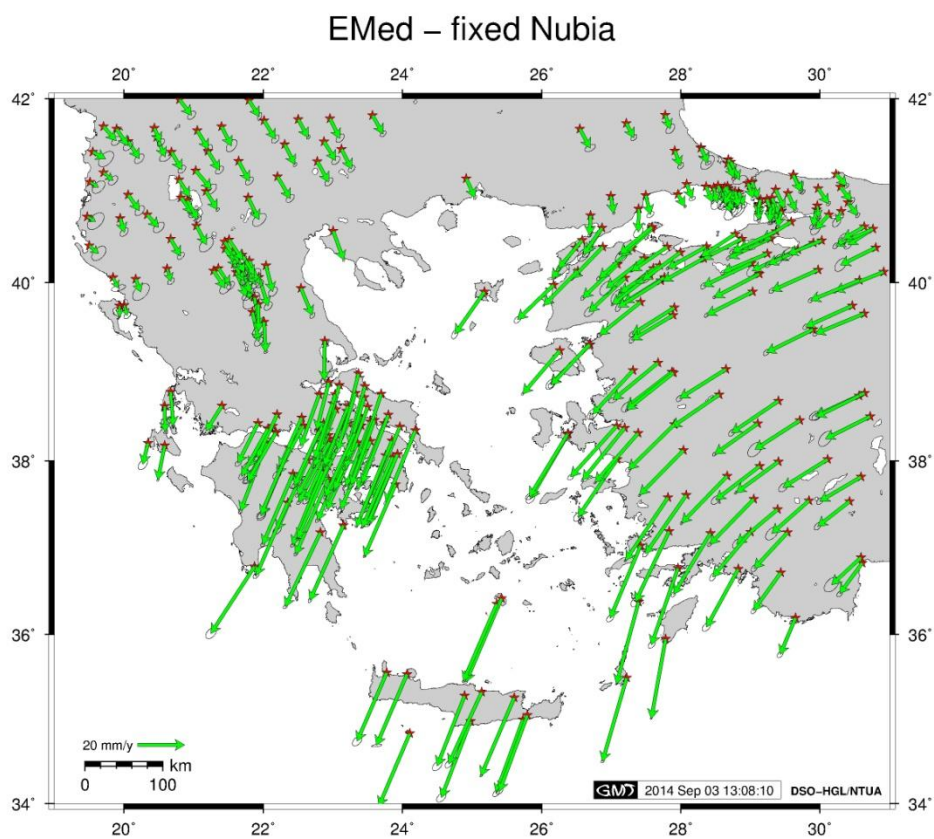
Σχήμα 5.3 Τεκτονικές ταχύτητες της Ανατολικής Μεσογείου ως προς την Αραβική τεκτονική πλάκα.



Σχήμα 5.4 Τεκτονικές ταχύτητες της Ανατολικής Μεσογείου
ως προς την Ευρασιατική τεκτονική πλάκα.



Σχήμα 5.5 Τεκτονικές ταχύτητες της Ανατολικής Μεσογείου
ως προς το ITRF08.



Σχήμα 5.6 Τεκτονικές ταχύτητες της Ανατολικής Μεσογείου
ως προς την Αφρικανική τεκτονική πλάκα.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο επίσημος γεωλογικός Χάρτης της Κύπρου (Σχ.5.7) στον οποίο σχεδιάστηκαν το μετρημένο δίκτυο και οι τελικές υπολογιζόμενες διατμητικές τάσεις σε αυτό.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Βασικά Συμπεράσματα

Δεδομένου ότι στην συγκεκριμένη ανάλυση είναι διαθέσιμα μόνο δύο σύνολα μετρήσεων, τα οποία και εξασφαλίζουν μια περίοδο ανάλυσης (1914-1962), καθώς επίσης και του γεγονότος ότι δεν υπάρχουν άλλες σχετικές μελέτες διαθέσιμες για την περιοχή είναι φανερό ότι τα όποια συμπεράσματα θα βασιστούν στα αποτελέσματα και μόνο της συγκεκριμένης ανάλυσης.

Για να διευκολυνθεί η εξαγωγή των συμπερασμάτων δομείται ο ακόλουθος πίνακας, ο οποίος πέραν των διατμητικών παραμορφώσεων, που έχουν ήδη υπολογιστεί περιέχει ακόμα την ολική διάτμηση που εξάγεται από αυτές για κάθε τρίγωνο καθώς επίσης και τον ρυθμό ετήσιας ολικής διάτμησης (προκύπτει από την διαίρεση της ολικής διάτμησης με το χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων, δηλαδή τα 48 χρόνια) :

A/A ΤΡΙΓΩΝΟΥ	γ_e	γ_e	γ_{tot}	$d\gamma_{tot}$
5	-53768.21	-17316.93	56488.02	1176.834
3	4009.3	56279.1	56421.73	1175.453
21	-39575.93	-10822.55	41029.04	854.7716
20	-19607.51	18965.79	27279.22	568.317
23	195.77	-572.45	604.9999	12.60416
13	17.18	451.94	452.2664	9.422217
26	-257.57	112.38	281.0188	5.854558
19	225.7	-166.12	280.2434	5.838403
12	-49.03	273.88	278.2341	5.796543
24	262.24	12.16	262.5218	5.469204
11	-194.61	-170.98	259.0506	5.396887
25	219.85	132.96	256.9288	5.352682
1	-132.86	-30.29	136.2691	2.838939
8	18.66	49.05	52.4795	1.093323
17	9.42	-41.77	42.81903	0.892063
15	-15.17	-34.35	37.55065	0.782305
4	22.65	-27.42	35.56514	0.74094
2	33	0.12	33.00022	0.687505
16	-11.37	30.77	32.8035	0.683406
7	6.32	27.14	27.86614	0.580545
22	3.69	-20.58	20.90819	0.435587
14	0.57	-13.21	13.22229	0.275464
6	11.58	3.12	11.99295	0.249853
9	4.9	-5.45	7.328881	0.152685
10	1.66	6.59	6.795859	0.14158

Πίν.6.1 Ρυθμός ετήσιας ολικής διάτμησης.

Τα κύρια συμπεράσματα τα οποία εξάγονται από την μελέτη του παραπάνω πίνακα είναι τα επόμενα :

- Τα τρίγωνα ανάλυσης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες :
 - ✓ Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα τρίγωνα εκείνα τα οποία εμφανίζουν υπερβολικούς ρυθμούς ετήσιας ολικής διάτμησης
 - ✓ Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα τρίγωνα εκείνα τα οποία εμφανίζουν ρυθμούς ετήσιας ολικής διάτμησης , οι οποίοι χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης
 - ✓ Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα τρίγωνα εκείνα τα οποία εμφανίζουν ρυθμούς ετήσιας ολικής διάτμησης , οι οποίοι δεν χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

- Η παραμόρφωση των τριγώνων της πρώτης κατηγορίας (τα τέσσερα πρώτα τρίγωνα του παραπάνω πίνακα), είναι προφανές ότι οφείλεται σε παράγοντα μέτρησης. Για τα συγκεκριμένα τρίγωνα ο παραπάνω παράγοντας εδράζεται στο γεγονός ότι για τα σημεία μέτρησης "archeritou" και "light house" μετρήθηκαν έκκεντρα σημεία μεταξύ των δύο εποχών μετρήσεων

- Τα τρίγωνα της δεύτερης κατηγορίας μπορούν περαιτέρω να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες :
 - ✓ Στα δύο τρίγωνα που παρουσιάζουν ετήσιους ρυθμούς διάτμησης άνω των 9 ppm/έτος και στα οποία κεντρικό ρόλο διαδραματίζει το σημείο μέτρησης "machers".

Δεδομένου ότι από το σχήμα 2.2 προκύπτει ότι στην επιφάνεια των δύο αυτών τριγώνων δεν έχουν υπάρξει σημαντικά σεισμικά γεγονότα κατά την περίοδο ανάλυσης, οι εξαιρετικά υψηλές τιμές μπορούν να αποδοθούν μόνο στην θέση του σημείου μέτρησης "machers", επί του όρους Τρόδος, η οποία και επηρεάζει την συμπεριφορά παραμόρφωσης των δύο τριγώνων
 - ✓ Στα τρίγωνα, τα οποία παρουσιάζουν ετήσιους ρυθμούς διάτμησης της τάξεως των 5 ppm/έτος, η πλειοψηφία των οποίων δομούνται γύρω από το σημείο μέτρησης "panagia"

Όπως προκύπτει από το σχήμα 2.2 στην περιοχή που περιέχεται μεταξύ των παραπάνω τριγώνων έχουν συμβεί αρκετά σεισμικά γεγονότα, τα οποία και εξηγούν σε ένα μεγάλο βαθμό την συμπεριφορά παραμόρφωσης των τριγώνων της περιοχής

- Ως γενικό συμπέρασμα μπορεί να αναφερθεί ότι η ανάλυση των διατμητικών παραμορφώσεων, αν και με σχετικούς περιορισμούς αφού προέρχονται μόνο από μια περίοδο ανάλυσης, καταφέρνει να ταυτοποιήσει δύο βασικά χαρακτηριστικά του κυπριακού χώρου :
 - ✓ Τη βασική επίδραση του όρους Τρόδος στις γεωτεκτονικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή
 - ✓ Την επίδραση των σεισμικών γεγονότων κυρίως στην Δυτική και Νοτιοδυτική περιοχή της Κύπρου

6.2 Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας

Κατόπιν των παραπάνω διατυπώνονται και οι παρακάτω δύο προτάσεις μελλοντικής έρευνας, που σχετίζονται με τα συμπεράσματα της παρούσας διδακτορικής έρευνας και δύνανται να τα αξιοποιήσουν :

- Επαναμέτρηση των σημείων μέτρησης, σε περιοδικά χρονικά διαστήματα με σύγχρονες δορυφορικές μεθόδους (GNSS), ώστε να δημιουργηθούν περισσότερες περιόδους μέτρησης που με τη σειρά τους θα δομήσουν περισσότερες περιόδους ανάλυσης. Η ανάλυση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων των περιόδων αυτών θα επιτρέψουν την εξαγωγή ασφαλέστερων τελικών συμπερασμάτων μέσω της επιβεβαίωσης ή μη των επιμέρους συμπερασμάτων
- Σύγκριση των εξαγόμενων ταχυστών παραμόρφωσης με σχετικά στοιχεία που προκύπτουν από την ανάλυση της σεισμικής ιστορίας των περιοχών που περιέχονται εντός των τριγώνων ανάλυσης . Η σύγκριση αυτή θα διερευνήσει το ποσοστό των τάσεων που έχει εκλυθεί μέσω των σεισμικών γεγονότων ενώ ενδέχεται και να τεκμηριώσει μέρος των προκυπτουσών, από την παρούσα διδακτορική έρευνα, συμπερασμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ambraseys N. & Adams R. (1993) *Seismicity of the Cyprus Region*, Terra Nova, vol. 5 pp. 85-94.
- Clarke, P.J. (1996) *Tectonic Motions and Earthquake Deformation in Greece from GPS Measurements*, PhD Thesis: University of Oxford.
- Dermanis, A. and Livieratos, E. (1983) 'Applications of Deformation Analysis in Geodesy and Geodynamics', *Reviews of Geophysics and Space Physics*, pp. 41-50.
- England, P. (2003) 'The Alignment of Earthquake T-Axes with the Principal Axes of Geodetic Strain in the Aegean Region', *Turkish Journal of Earth Sciences*, vol. 12, pp. 47-53.
- Floyd, M.A., Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., Avallone, A., Briole, P., McClusky, S., Nocquet, J.-., Palamartchouk, K., Parsons, B. and England, P.C. (2010) 'A new velocity field for Greece: Implications for the kinematics and dynamics of the Aegean', *Journal of Geophysical Research*, vol. 115, p. B10403.
- Frank, F.C. (1966) 'Deductions of earth strains from survey data', *Bulletin of the Seismological Society of America*, pp. 35-42.
- Hatzfeld, D. (1993) 'Geodynamics of the Aegean : a microseimotectonic approach', *Annali di Geofisica*, vol. 36, no. 2, pp. 215-227.
- Hatzfeld, D. (1999) 'The present-day tectonics of the Aegean as deduced from seismicity', in Durand, B., Jolivet, L., Hornath, F. and Seranne, M. (ed.) *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*, London: Geological Society.
- Hatzfeld, D., Besnard, M., Makropoulos, K. and Hatzidimitriou, P. (1993) 'Microearthquake seismicity and fault - plane solutions in the southern Aegean and its geodynamic implications', *Geophysics Journal International*, vol. 115, pp. 799-818.
- Hollenstein, C., Müller, M.D., Geiger, A. and Kahle, H.G. (2008) 'Crustal motion and deformation in Greece from a decade of GPS measurements, 1993–2003', *Tectonophysics*, vol. 449, pp. 17–40.
- Issawy, E.A., Radwan, A.H., Dahy, S.A. and Rayan, A. (2010) 'Monitoring of recent crustal movements around Cairo by repeated gravity and geodetic observations', *Contributions to Geophysics and Geodesy*, vol. 40, no. 2, pp. 173-184.
- Kreemer, C. and Chamot-Rooke, N. (2004) 'Contemporary kinematics of the southern Aegean and the Mediterranean Ridge', *International Journal of Geophysics* , pp. 1377–1392.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Lallemand, S., Noomen, R. and Veis, G. (1995) 'Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: implications for eastern Mediterranean tectonics', *Journal of Geophysical Research*, July, pp. 12675–12690.
- Masson-Smith D. & Gass I. (1963) "The Geology and Gravity Anomalies of the Troodos Massif, Cyprus", *Philosophical Transaction of the Royal Society*, vol. 255, no. 1060, pp. 417-467.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D. et al. (2000) 'Global

- Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus', *Journal of Geophysical Research*, vol. 105, no. B3, pp. 5695-5719.
- Nyst, M. and Thatcher, W. (2004) 'New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean', *Journal of Geophysical Research*.
- Pope, A.J. (1966) *Strain Analysis of Repeated Triangulation for the Investigation of Crustal Movement*, Ohio State University.
- Prescott, W.H. (1976) 'An extension of Frank's method for obtaining crustal shear strains from survey data', *Bulletin of the Seismological Society of America*, pp. 1847 – 1853.
- Reilinger, R., McClusky, S., Paradissis, D., Ergintav, S. and Vernant, P. (2010) 'Geodetic constraints on the tectonic evolution of the Aegean region and strain accumulation along the Hellenic subduction zone', *Tectonophysics*, no. 488, pp. 22-30.
- Rontogianni, S. (2010) 'Comparison of geodetic and seismic strain rates in Greece by using a uniform processing approach to campaign GPS measurements over the interval 1994-2000', *Journal of Geodynamics*.
- Savvides, M. (1989) *The trigonometrical Surveys of Cyprus*, Department of Lands & Surveys.
- Stiros, S.C. (1993) 'Kinematics and deformation of central and southwestern Greece from historical triangulation data and implications for the active tectonics of the Aegean', *Tectonophysics*, vol. 220, pp. 283-300.
- Βέης, Γ., Μπιλλίρης, Χ., Νάκος, Β. and Παραδείσης, Δ. (1992) 'Γεωδαιτικός Προσδιορισμός Τεκτονικών Παραμορφώσεων στον Ελληνικό Χώρο', Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, Αθήνα, 129-166.
- Γκέγκας, Α., "Ανάλυση Μικρομετακινήσεων στην Περιοχή του Νότιου Αιγαίου Πελάγους με Συνδυασμό Ιστορικών Γεωδαιτικών, Γεωφυσικών και Σύγχρονων Δορυφορικών Μετρήσεων", Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. , 2014
- Παυλίδης, Σ. (2008) 'Ασθενείς ρηξιγενείς ζώνες του Αιγαίου για ένα σταθερό φλοιό', 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας.
- Τάκος, Ι. (1989) 'Νέα Συνόρθωση των Τριγωνομετρικών Δικτύων της Ελλάδας', *Δελτίο Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού*, pp. 23-93.