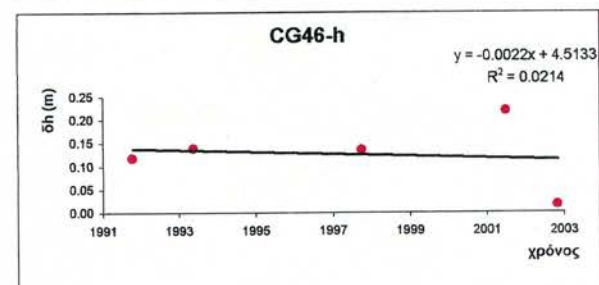
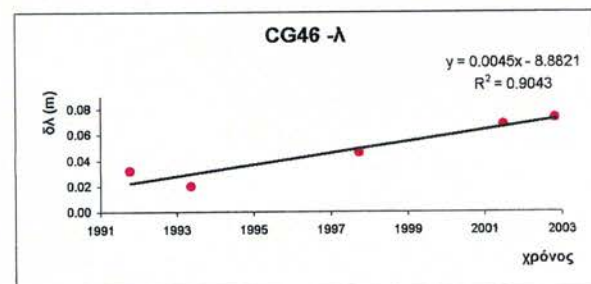
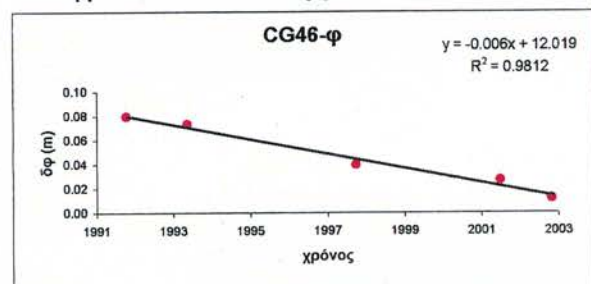
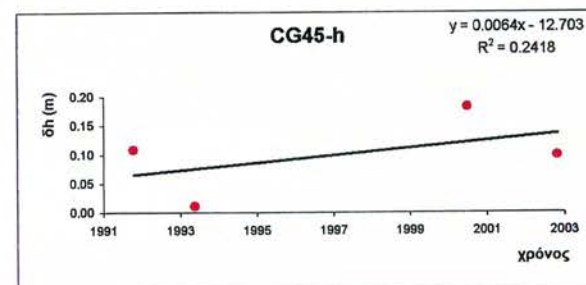
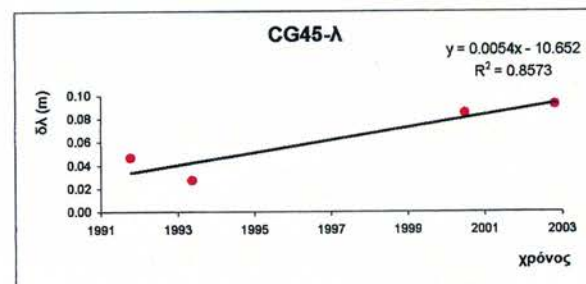
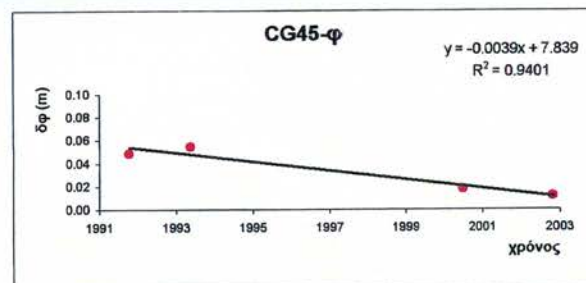


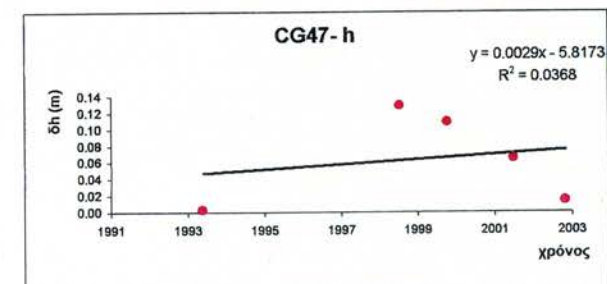
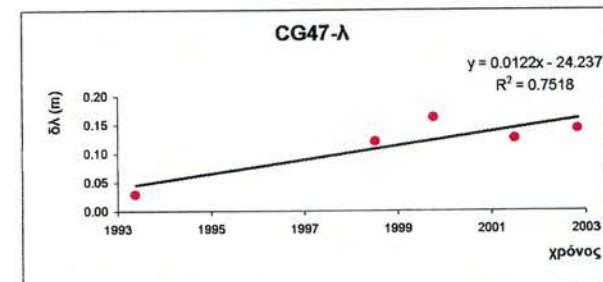
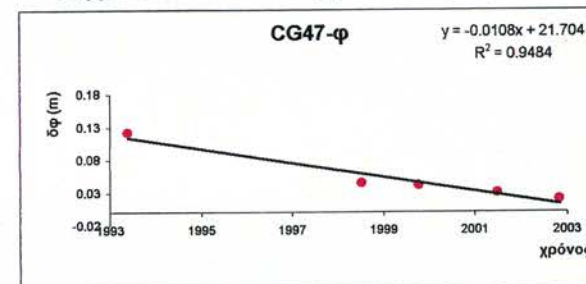
Διάγρ. 30. Τεκτονική μετακίνηση CG44



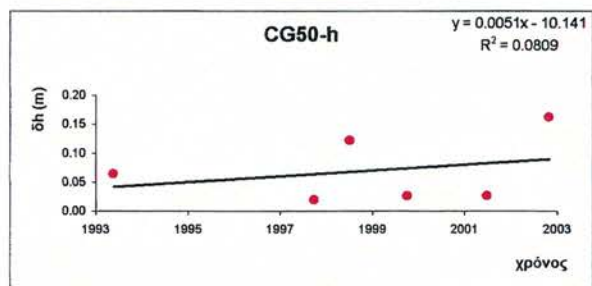
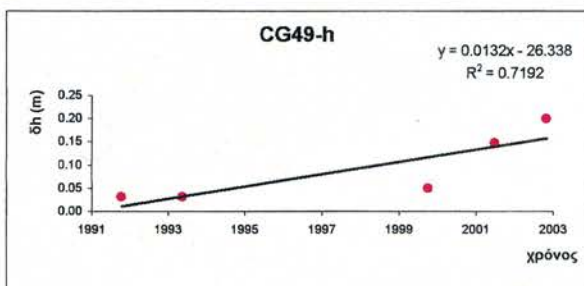
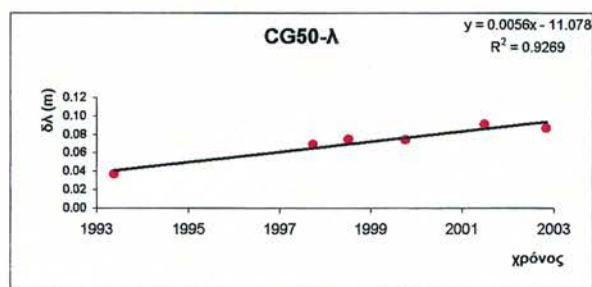
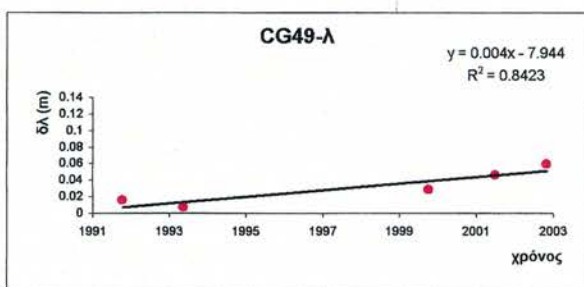
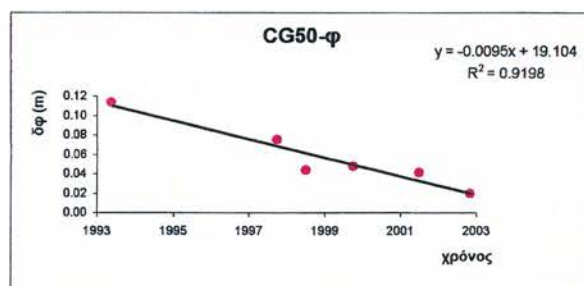
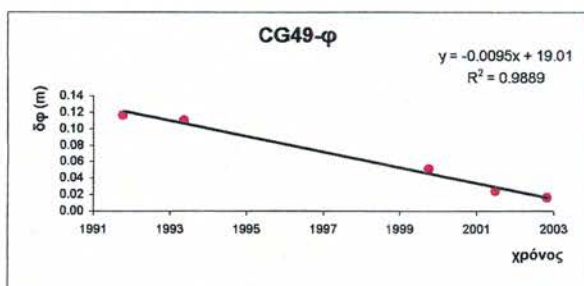
Διάγρ.32. Τεκτονική μετακίνηση CG46



Διάγρ. 31. Τεκτονική μετακίνηση CG45

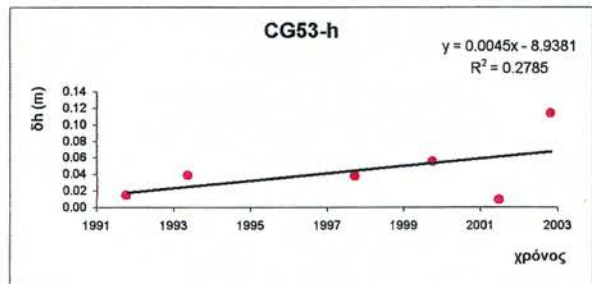
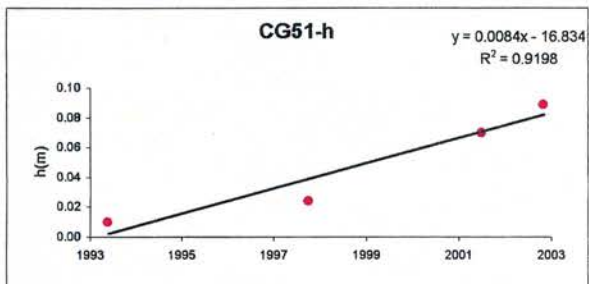
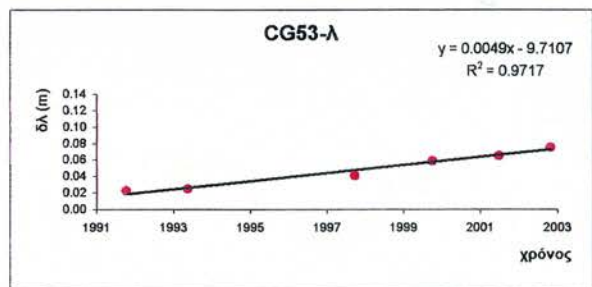
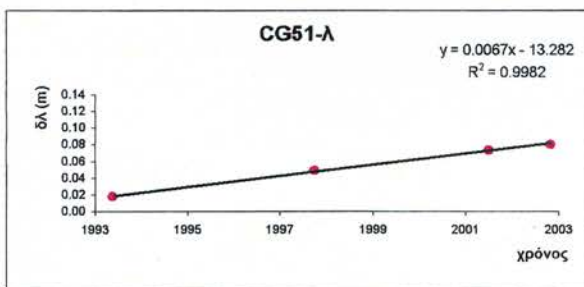
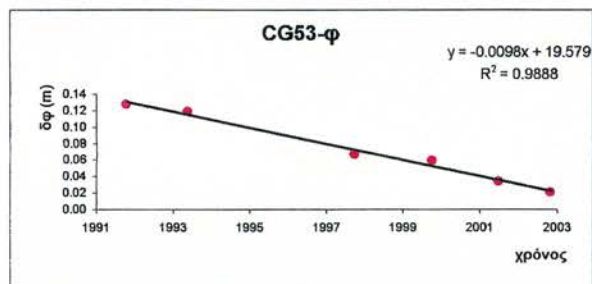
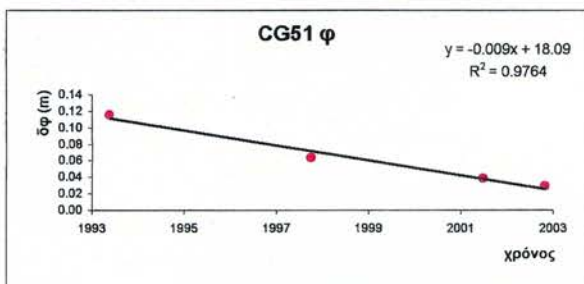


Διάγρ. 33. Τεκτονική μετακίνηση CG47



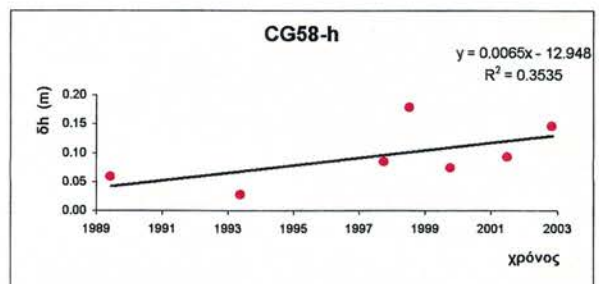
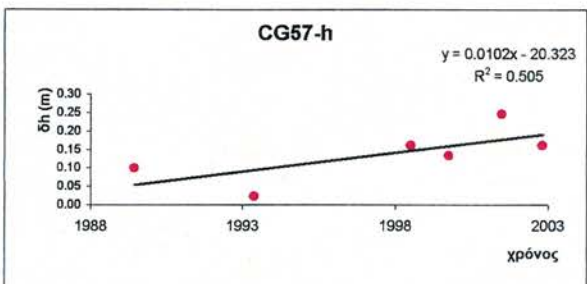
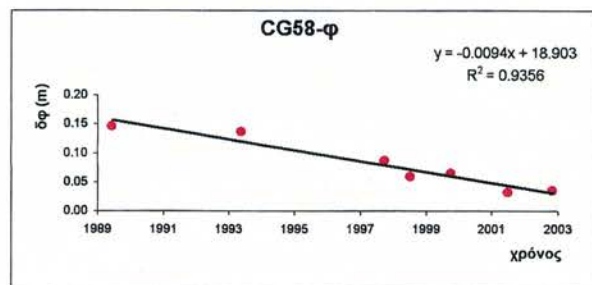
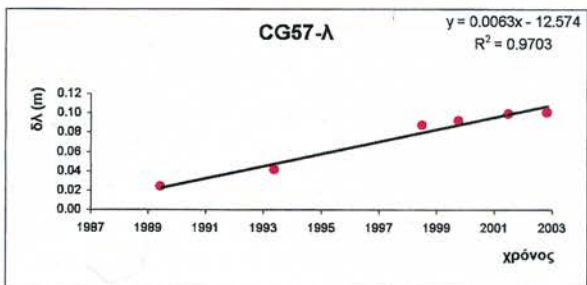
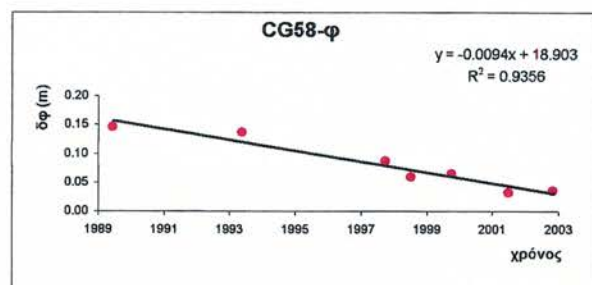
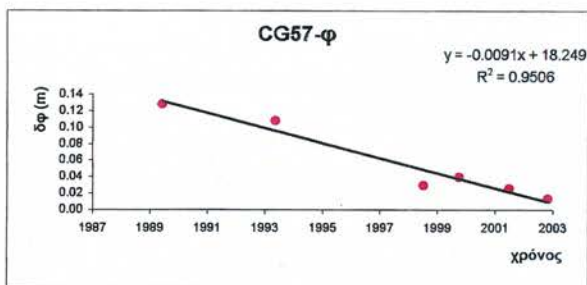
Διάγρ. 34. Τεκτονική μετακίνηση CG49

Διάγρ. 35. Τεκτονική μετακίνηση CG50



Διάγρ. 36. Τεκτονική μετακίνηση CG51

Διάγρ. 37. Τεκτονική μετακίνηση CG53



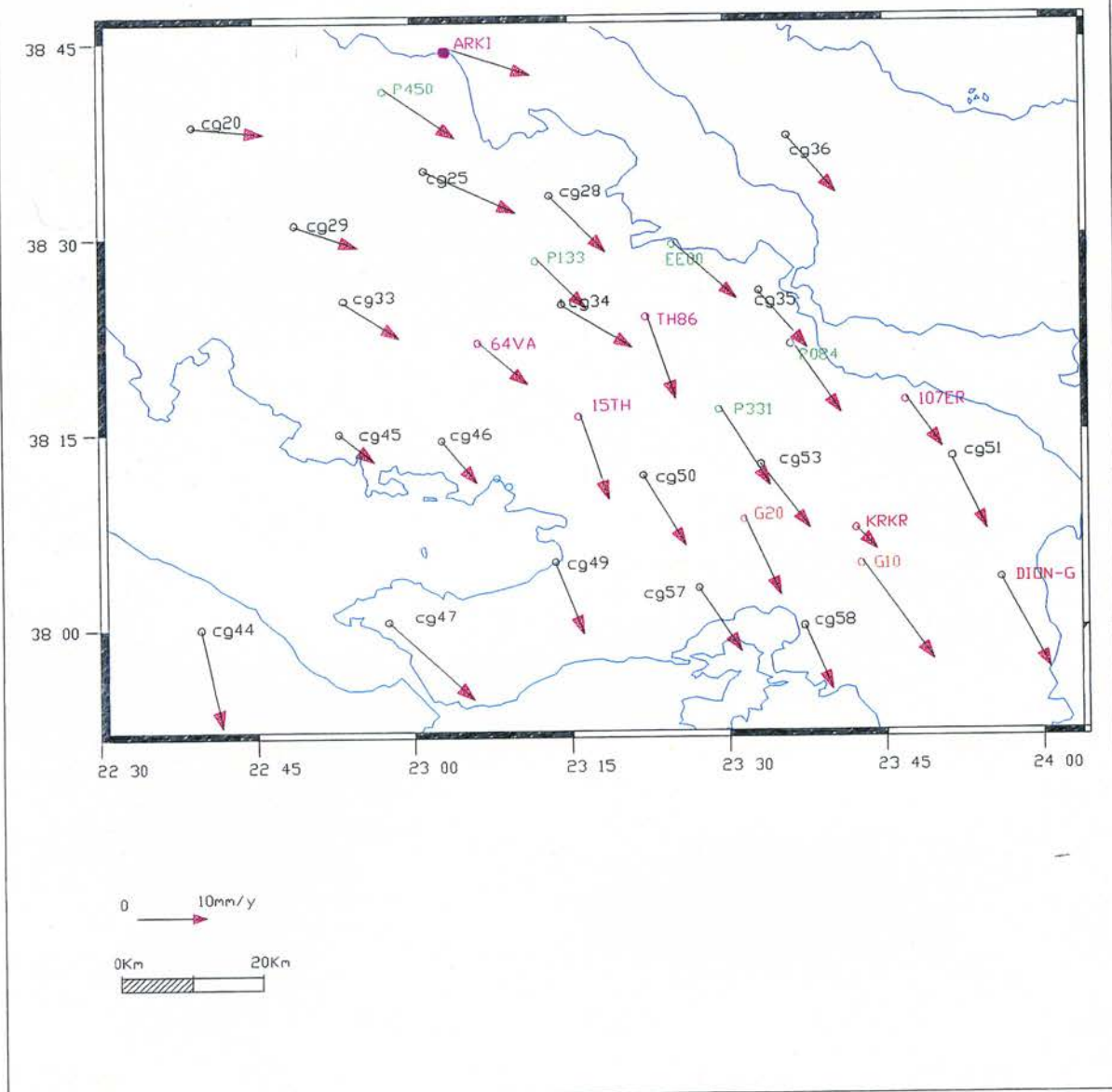
Διάγρ. 38. Τεκτονική μετακίνηση CG57

Διάγρ. 39. Τεκτονική μετακίνηση CG57

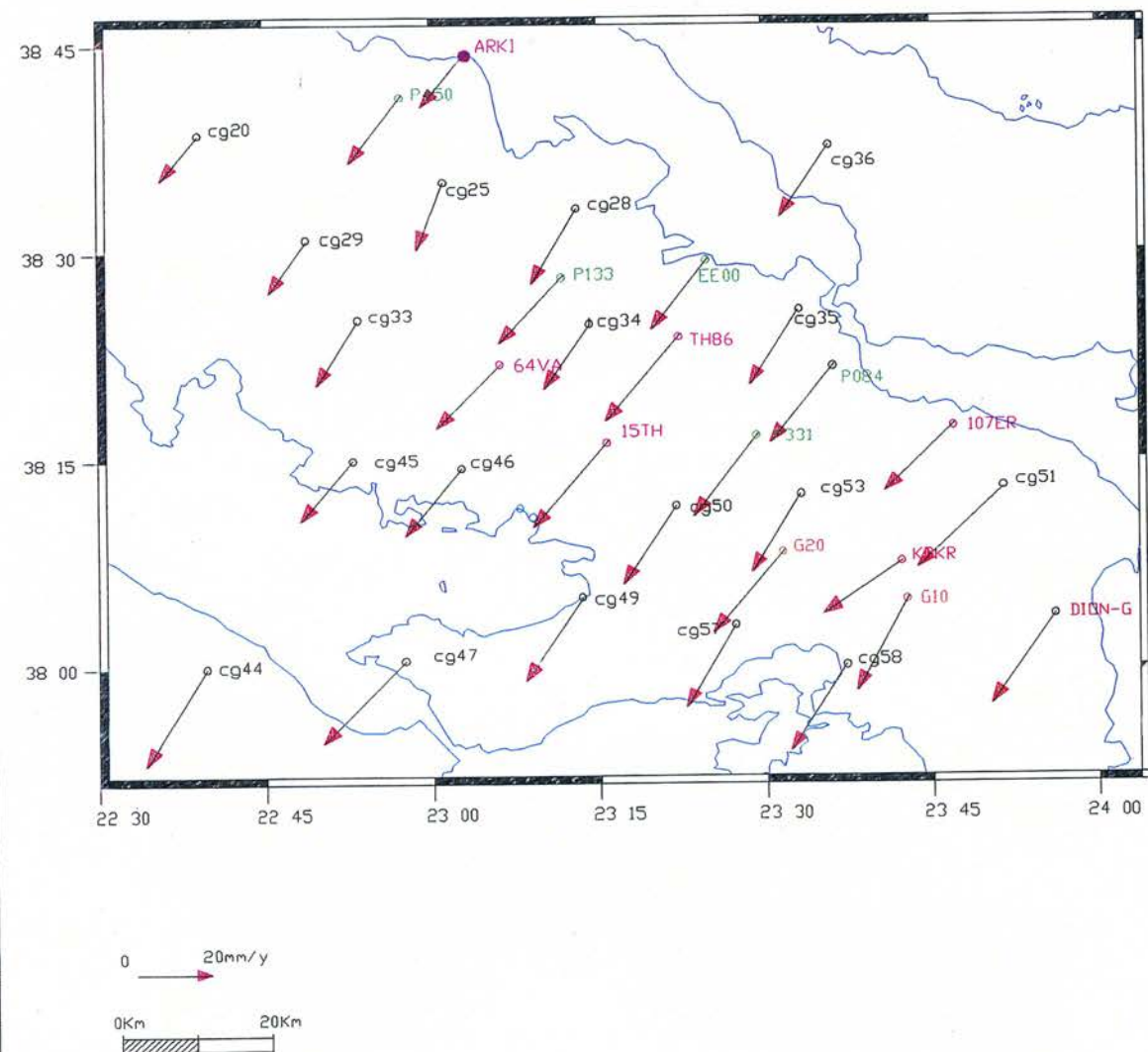
Στον Πίνακα 31, δίνονται οι τελικές ταχύτητες των σημείων του δικτύου, όπως παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα και περιλαμβάνουν το σύνολο των μετρήσεων. Στον Χάρτη 11, παρουσιάζονται οι ταχύτητες των σημείων στο ITRF 96, ενώ οι ταχύτητες ως προς την Ευρώπη και ως προς τον Διόνυσο στους Χάρτες 12 και 13 αντίστοιχα.

ΣΗΜΕΙΟ	ITRF 96			Ευρώπη		Διόνυσος	
	V _{north} (m/y)	V _{east} (m/y)	V _{up} (m/y)	V _{north} (m/y)	V _{east} (m/y)	V _{north} (m/y)	V _{east} (m/y)
CG20	-0.001	0.010	0.005	-0.012	-0.014	0.012	0.003
CG25	-0.006	0.013	0.004	-0.018	-0.011	0.006	0.006
CG28	-0.008	0.008	0.005	-0.019	-0.015	0.005	0.002
CG29	-0.003	0.009	0.014	-0.014	-0.014	0.010	0.003
CG33	-0.005	0.008	0.012	-0.016	-0.015	0.008	0.002
CG34	-0.006	0.010	0.017	-0.017	-0.014	0.007	0.003
CG35	-0.008	0.007	0.0-07	-0.020	-0.017	0.005	0.000
CG36	-0.008	0.007	0.003	-0.019	-0.017	0.005	0.000
CG44	-0.014	0.003	-0.022	-0.025	-0.021	-0.001	-0.004
CG45	-0.004	0.005	0.006	-0.015	-0.018	0.009	-0.001
CG46	-0.006	0.005	-0.002	-0.017	-0.019	0.007	-0.002
CG47	-0.011	0.012	0.003	-0.022	-0.011	0.002	0.006
CG49	-0.010	0.004	0.013	-0.021	-0.020	0.003	-0.003
CG50	-0.010	0.006	0.005	-0.021	-0.018	0.003	-0.001
CG51	-0.009	0.007	0.008	-0.020	-0.017	0.004	0.000
CG53	-0.010	0.005	0.005	-0.021	-0.019	0.003	-0.002
CG57	-0.009	0.006	0.010	-0.021	-0.017	0.004	0.000
CG58	-0.009	0.004	0.007	-0.021	-0.020	0.003	-0.003
EE00	-0.008	0.009	-0.017	-0.019	-0.015	0.005	0.002
G10	-0.014	0.010	0.027	-0.025	-0.014	-0.001	0.003
G20	-0.011	0.005	-0.047	-0.022	-0.019	0.002	-0.002
KRKR	-0.003	0.003	-0.006	-0.014	-0.021	0.010	-0.004
P084	-0.010	0.007	-0.003	-0.021	-0.017	0.003	0.000
P133	-0.007	0.007	-0.013	-0.018	-0.017	0.006	0.000
P331	-0.011	0.007	0.003	-0.022	-0.017	0.002	0.000
P450	-0.007	0.010	0.001	-0.018	-0.014	0.006	0.003
TH15	-0.012	0.004	0.018	-0.023	-0.020	0.001	-0.003
TH86	-0.012	0.004	0.004	-0.023	-0.020	0.001	-0.003
107ER	-0.007	0.005	0.013	-0.018	-0.019	0.006	-0.002
64VA	-0.006	0.007	0.014	-0.017	-0.017	0.007	0.000
ARKI	-0.004	0.012	0.002	-0.015	-0.012	0.009	0.005
DION	-0.013	0.007	-0.004	-0.024	-0.017	0.000	0.000

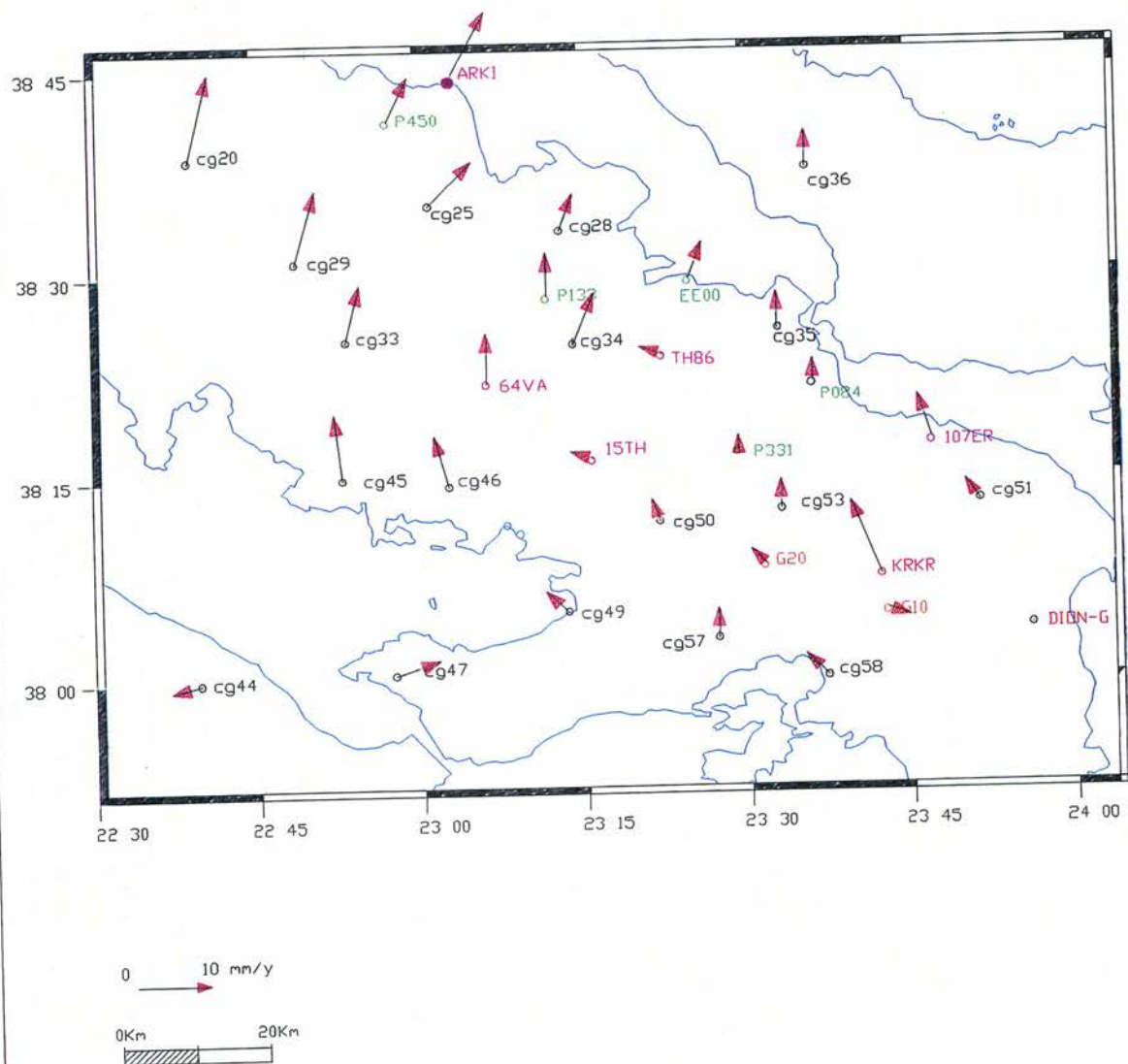
Πίνακας 31. Ετήσιες ταχύτητες σημείων Δικτύου.



Χάρτης 11. Τελικές ετήσιες ταχύτητες του τριγώνου Αταλάντη- Πάρνηθα – Αλκυονίδες στο σύστημα ITRF 96



Χάρτης 12. Τελικές ετήσιες ταχύτητες στο τρίγωνο Αταλάντη- Πάρνηθα – Αλκυονίδες ως προς την Ευρώπη.



Χάρτης 13. Τελικές ετήσιες ταχύτητες στο τρίγωνο Αταλάντη- Πάρνηθα – Αλκυονίδες ως προς τον Διόνυσο

4.5 Σύγκριση ετήσιων ταχυτήτων

Στον Πίνακα 32, δίνονται οι διαφορές των ταχυτήτων των σημείων του δικτύου όπως αυτές προκύπτουν από την σύγκριση μεταξύ των δύο εποχών 2001.50-2002.84 και των συντελεστών a^* (ταχύτητες) όπως παρουσιάζονται στα διαγράμματα.

	Σύνολο μετρήσεων		2001.50-2002.84		Σύγκριση	
ΣΗΜΕΙΟ	V_{north} (m/y)	V_{east} (m/y)	V_{north} (m/y)	V_{east} (m/y)	ΔV_{north}	Δv_{east}
CG20	-0.0007	0.0098	-0.0014	0.0127	0.001	-0.003
CG25	-0.0063	0.0126	-0.0066	0.0134	0.000	-0.001
CG28	-0.0079	0.0083	-0.0001	0.0201	-0.008	-0.012
CG29	-0.0026	0.0093	0.0023	0.0104	-0.005	-0.001
CG33	-0.0048	0.0082	-0.0051	0.0030	0.000	0.005
CG34	-0.0059	0.0098	-0.0081	0.0127	0.002	-0.003
CG35	-0.0081	0.0065	-0.0066	0.0127	-0.001	-0.006
CG36	-0.0075	0.0070	-0.0001	0.0082	-0.007	-0.001
CG45	-0.0039	0.0054	-0.0029	0.0067	-0.001	-0.001
CG46	-0.0060	0.0045	-0.0096	0.0052	0.004	-0.001
CG47	-0.0108	0.0122	-0.0066	0.0119	-0.004	0.000
CG49	-0.0095	0.0040	-0.0036	0.0097	-0.006	-0.006
CG50	-0.0095	0.0056	-0.0148	0.0030	0.005	0.003
CG51	-0.0090	0.0067	-0.0059	0.0067	-0.003	0.000
CG53	-0.0098	0.0049	-0.0081	0.0074	-0.002	-0.003
CG57	-0.0091	0.0063	-0.0074	0.0007	-0.002	0.006
EE00	-0.0080	0.0090	-0.0059	0.0149	-0.002	-0.006
G10	-0.0140	0.0100	-0.0126	0.0104	-0.001	0.000
G20	-0.0110	0.0050	-0.0104	0.0045	-0.001	0.001
P133	-0.0070	0.0070	-0.0044	0.0074	-0.003	0.000
P331	-0.0110	0.0070	-0.0104	0.0067	-0.001	0.000
P450	-0.0070	0.0100	-0.0036	0.0179	-0.003	-0.008
TH15	-0.0120	0.0040	-0.0029	0.0007	-0.009	0.003
TH86	-0.0120	0.0040	-0.0001	0.0000	-0.012	0.004
107ER	-0.0070	0.0050	-0.0126	0.0112	0.006	-0.006
64VA	-0.0060	0.0070	0.0007	0.0082	-0.007	-0.001

Πίνακας 32. Ετήσιες ταχύτητες σημείων Δικτύου.

Οι διαφορές που προκύπτουν από τον υπολογισμό των ταχυτήτων είναι στην πλειοψηφία τους μικρές και επομένως μπορεί να θεωρηθεί ότι και οι δύο

*Σημείωση. Υπενθυμίζεται ότι η εξίσωση που προσδιορίζεται με την μέθοδο της παλινδρόμησης είναι της γενικής μορφής ($y=ax+b$), όπου a ο ρυθμός μεταβολής της ευθείας και στην συγκεκριμένη περίπτωση η ταχύτητα.

μέθοδοι υπολογισμού δίνουν αισθητά τα ίδια αποτελέσματα . Η δεύτερη μέθοδος της παλινδρόμησης θεωρείται προφανώς ακριβέστερη λόγω της δυνατότητας αξιοποίησης περισσότερων δεδομένων.

4.6 Τανυστές Παραμόρφωσης

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Χάρτη 13 υπολογίστηκε ο τανυστής παραμόρφωσης ως προς το κέντρο βάρους όλης της περιοχής (χάρτης 14).Επειδή όμως από μια πρώτη θεώρηση (Χάρτης 13) φαίνεται ότι υπάρχει μια διαφορετική εικόνα των μετατοπίσεων τουλάχιστον μεταξύ του βόρειου και του νοτίου τμήματος της περιοχής για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος, χωρίστηκε η περιοχή σε δύο τμήματα και υπολογίστηκαν οι τανυστές παραμόρφωσης..Τα σημεία που περιλαμβάνονται σε καθε ένα απο αυτά τα τμήματα δίνονται στον Πίνακα 33.

A/A	ΒΟΡΕΙΟ ΤΜΗΜΑ	ΝΟΤΙΟ ΤΜΗΜΑ
1	CG20	CG44
2	ARKI	CG47
3	P450	CG49
4	CG29	CG57
5	CG33	CG58
6	TH86	G10
7	CG25	KRKR
8	CG28	CG51
9	P133	107ER
10	EE00	P084
11	CG36	P331
12	CG34	CG53
13	15TH	CG50
14	CG46	G20
15	CG45	
16	64VA	

Πίνακας 33. Χωρισμός δικτύου σε Βόρειο και Νότιο τμήμα

Ο υπολογισμός των τανυστών παραμόρφωσης γίνεται με την παραδοχή ότι η περιοχή δεν παρουσιάζει χωρικές (ρήγματα) και χρονικές (σεισμοί) ασυνέχειες και άρα ότι παραμορφώνεται ομοιογενώς. (Βέης Γ. κ.α ,1993, πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών)

Στους Πίνακες 34 και 35 δίνονται αντίστοιχα οι παράμετροι παραμόρφωσης του βορείου και νοτίου τμήματος.

$X_c(m)$	$Y_c(m)$	$S_x(cm)$	$S_y(cm)$	$K_{max}(ppm)$	$K_{min}(ppm)$	$Az(deg)$	$\gamma(ppm)$
423375	4258713	-0.035	0.029	0.031	-0.037	8.529	0.067

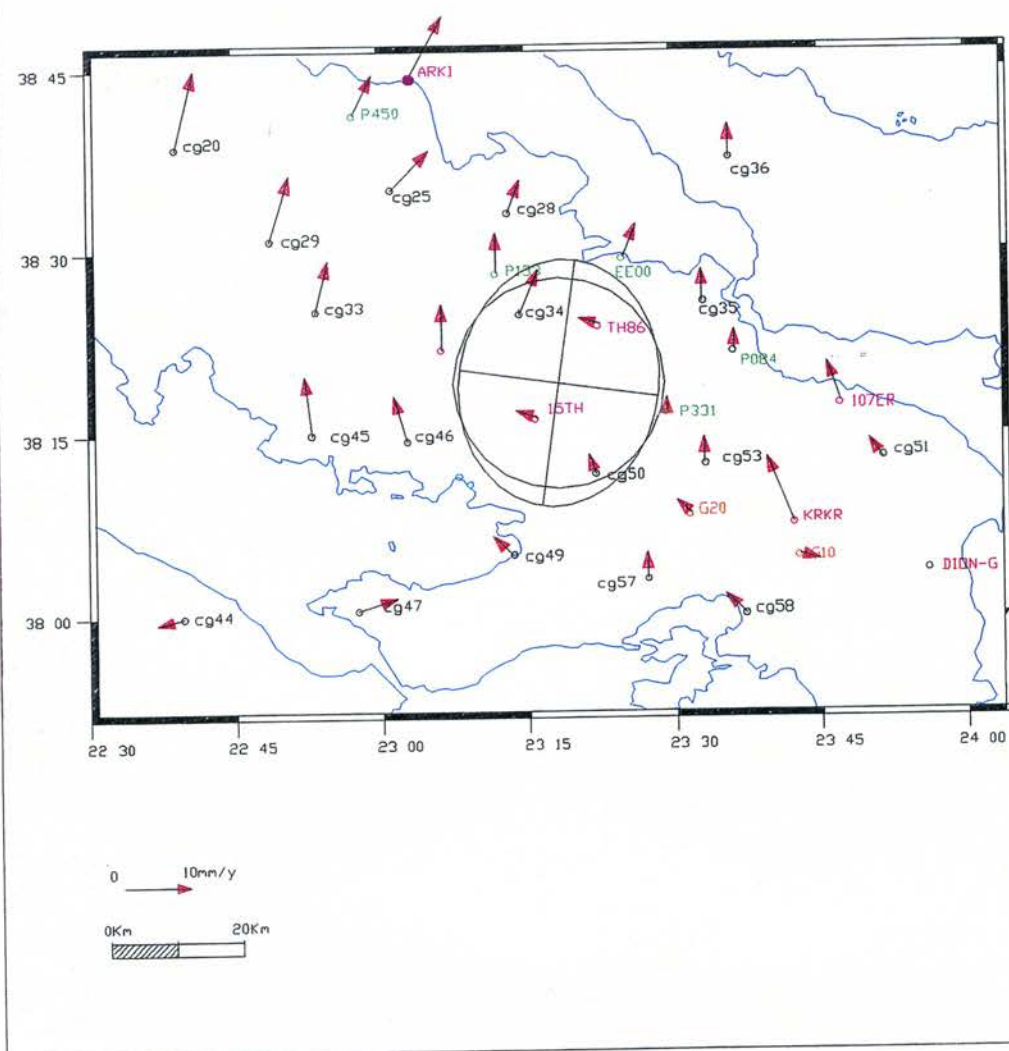
Πίνακας 34. Συντελεστές παραμόρφωσης του Βορείου τμήματος

$X_c(m)$	$Y_c(m)$	$S_x(cm)$	$S_y(cm)$	$K_{max}(ppm)$	$K_{min}(ppm)$	$Az(deg)$	$\gamma(ppm)$
454358	4229715	-0.028	0.035	0.048	-0.041	-22.687	0.089

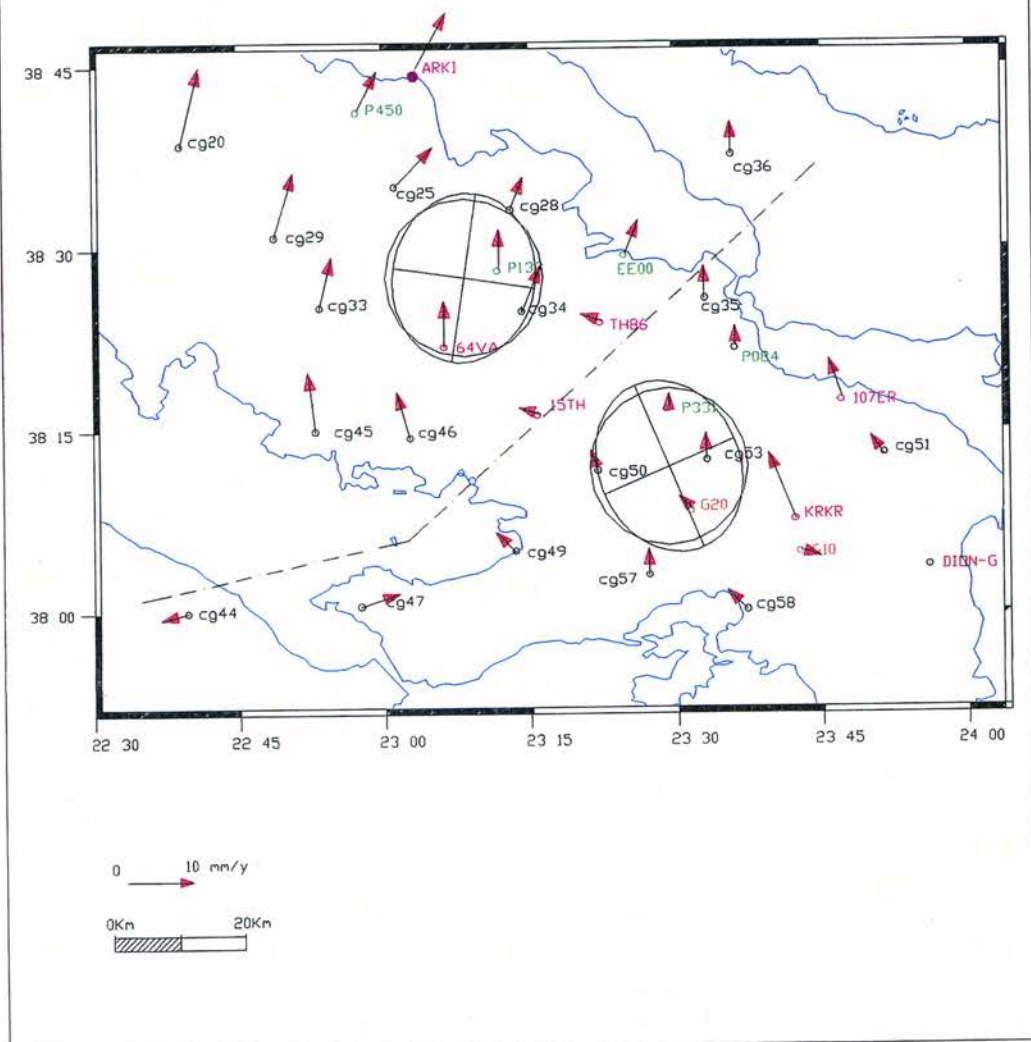
Πίνακας 35. Συντελεστές παραμόρφωσης του Νοτίου τμήματος

Στο Χάρτη 15 παρουσιάζονται οι τανυστές όπως αυτοί προκύπτουν βάσει των παραπάνω παραμέτρων και για τα δύο τμήματα.

Ο ακριβής διαχωρισμός των περιοχών , νότιο – βόρειο απαιτεί περισσότερη διερεύνηση και μετρήσεις σε πυκνότερο δίκτυο αλλά και άλλες πληροφορίες ως προς την τεκτονική δομή της περιοχής (γεωλογικά, σεισμολογικά κ.α δεδομένα).



Χάρτης 14. Τανυστής παραμόρφωσης ως προς το κέντρο βάρους της περιοχής και ταχύτητες ως προς τον Διόνυσο .



Χάρτης 15. Τανυστές παραμόρφωσης (στο βόρειο και νότιο τμήμα της περιοχής) και ταχύτητες ως προς τον Διόνυσο.

5. Συμπεράσματα

5.1 Μετατοπίσεις κατά μήκος του Αιγαίου

Όπως είναι φανερό από το Χάρτη 6, ο Πολύγυρος ($V_{\text{north}}=-0.001\text{m/y}$, $V_{\text{east}}=-0.001\text{m/y}$) και άρα η ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτόν, παρουσιάζει σχεδόν μηδενική ταχύτητα ως προς τη Ευρώπη, άρα κινείται όπως η Ευρωπαϊκή πλάκα. Η Αρκίτσα κινείται ως προς την Ευρώπη ($V_{\text{north}}=-0.015\text{m/y}$, $V_{\text{east}}=-0.008\text{m/y}$) με ταχύτητα μικρότερη του Διονύσου ($V_{\text{north}}=-0.024\text{m/y}$, $V_{\text{east}}=-0.016\text{m/y}$) και προς την ίδια κατεύθυνση με αυτόν. Ιδιο περίπου μέγεθος ταχύτητας με την Αρκίτσα, αλλά διαφορετικής διεύθυνσης παρουσιάζει το Νεοχώρι ($V_{\text{north}}=-0.019\text{m/y}$, $V_{\text{east}}=-0.009\text{m/y}$) ως προς την Ευρώπη. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να οφείλεται, είτε στο ότι τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένης χρονικής διάρκειας (μικρότερης του ενός έτους), είτε σε διαφορετική τοπική τεκτονική συμπεριφορά της περιοχής. Επομένως χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για να εξαχθεί ασφαλέστερο συμπέρασμα.

Επίσης δεν υπάρχει σχετική πληροφορία για την μεταβολή και κατανομή των ταχυτήτων μεταξύ των σταθμών Πολυγύρου και Αρκίτσας (ή Νεοχωρίου). Περισσότερες μετρήσεις σε ενδιάμεσα επιλεγμένα σημεία, πιστεύεται ότι θα βοηθούσαν στη μελέτη του φαινομένου.

Νοτιότερα οι ταχύτητες των σταθμών αυξάνονται προοδευτικά, από την Αρκίτσα προς τον Διόνυσο, που είναι αναμενόμενο με την παραδεκτή τεκτονική παραμόρφωση του Αιγαίου. Από τα μεγέθη και τις μετρήσεις του τοπικού δικτύου φαίνεται ότι η περιοχή αυτή δεν συμπεριφέρεται ομοιόμορφα.

Τα Ανώγεια (Χάρτης 6) παρουσιάζουν παρόμοια ταχύτητα ($V_{\text{north}}=-0.024\text{m/y}$, $V_{\text{east}}=-0.014\text{m/y}$) σε μέγεθος και διεύθυνση με το Διόνυσο. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο, δεδομένου ότι, οι παρατηρήσεις διήρκησαν περισσότερο από ένα έτος.

Για την Νεάπολη έχουν υπολογιστεί δύο ταχύτητες μία ($V_{north}=-0.013\text{m/y}$, $V_{east}=-0.023\text{m/y}$) με απ'ευθείας σύνδεση της με την Ευρώπη και μία ($V_{north}=-0.019\text{ m/y}$, $V_{east}=-0.010\text{ m/y}$) με μεταφορά θέσης μέσω Ανωγείων. Η δεύτερη αν και ελαφρώς μικρότερου μεγέθους, έχει την ίδια διεύθυνση με τα Ανώγεια, ενώ η πρώτη παρουσιάζει διαφορά ως προς την διεύθυνση. Αυτό μπορεί να οφείλεται, είτε στο ότι οι μετρήσεις στη Νεάπολη διήρκεσαν λιγότερο από ένα έτος, και επομένως το αποτέλεσμα χρειάζεται επιβεβαίωση με περισσότερες μετρήσεις είτε (όπως και πιθανότερο) σε ενδεχόμενη τεκτονική ανομοιογένεια στη μεταξύ τους περιοχή.

5.2 Μετατοπίσεις στο τρίγωνο Αλκυονίδες–Πάρνηθα – Αταλάντη

Όπως φαίνεται στο Χάρτη 13, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων η περιοχή παρουσιάζει μια ανομοιογένεια, ως προς την επιφανειακή κινηματική της συμπεριφορά. Γενικά παρατηρείται μια αύξηση ταχυτήτων κίνησης από Βορρά (Αρκίτσα) προς Νότο (Διόνυσος) με ενδιάμεσες ασυμφωνίες και ως προς το μέγεθος αλλά και ως προς τη διεύθυνση των ταχυτήτων.

Ο χωρισμός της περιοχής (Χάρτης 15), σε 2 (ή περισσότερα τμήματα) με διαφορετικά κινηματικά χαρακτηριστικά και διαφορετική παραμόρφωση, δεν μπορεί να γίνει με ακριβή διαχωριστική γραμμή (ασυνέχεια) γιατί χρειάζονται αφ'ενός μεν, πυκνότερα και σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα γεωδαιτικά δεδομένα, αφ'ετέρου δε, δεδομένα από διαφορετικές πηγές (γεωλογικά, σεισμολογικά κ.λ.π.)

6. Απολογισμός Ερευνητικού Εργου

Το πρόγραμμα ανταποκρίθηκε στους στόχους του σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό, αφού επέτυχε να προσδιορίσει τεκτονικές ταχύτητες τόσο κατά μήκος του άξονα Βορρά-Νότου, όσο και στην περιοχή του δικτύου που περικλείεται από τις Αλκυονίδες Νήσους την Αταλάντη και την Πάρνηθα. Τα αποτελέσματα συμφωνούν σε γενικές γραμμές και συμπληρώνουν (τοπικά και χρονικά) παλαιότερα δεδομένα, από άλλα προγράμματα των Εργαστηρίων και καταδεικνύουν την δυνατότητα προσδιορισμού τεκτονικών μετακινήσεων μέσα σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (μικρότερο των δύο ετών) με τις ακριβείς μετρήσεις GPS.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρουσιάστηκαν προβλήματα τα οποία προήρχοντο, είτε από ακραίες καιρικές συνθήκες, είτε από ηλεκτρονικές, παρεμβολές, είτε από πτώσεις τάσεως στο δίκτυο τροφοδότησης με αποτέλεσμα προσωρινή ή μικρής διάρκειας διακοπή των μετρήσεων, λόγω βλάβης του συστήματος καταγραφής των οργάνων GPS. Θεωρείται όμως ότι οι διακοπές που δημιούργησαν τα παραπάνω προβλήματα, δεν αλλοιώνουν τα αποτελέσματα του προγράμματος.

Θεωρούμε ότι θα ήταν σκόπιμο :

A) να συνεχιστεί η λειτουργία των σταθερών σταθμών “Πολύγυρος”, “Αρκίσα” και “Νεάπολη” αφ’ ενός μεν με ενδιάμεση πύκνωση σημείων κυρίως μεταξύ Πολύγυρου –Αρκίσας, αφ’ ετέρου δε με δυνατότητα αυτόματης μεταφοράς δεδομένων ώστε να εντοπίζονται αμέσως τυχόν προβλήματα, για την πληρέστερη εκτίμηση της κατανομής των τεκτονικών ταχυτήτων στην περιοχή αυτή και

B) να επαναληφθούν οι μετρήσεις στο δίκτυο μετά από δύο χρόνια, δηλαδή τον Οκτώβριο του 2004, για την παρακολούθηση της παραμόρφωσης και την πιστοποίηση και εξαγωγή συμπερασμάτων της ευαίσθητης αυτής περιοχής. Το εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας και το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου μπορούν να υποβάλλουν σχετική τεκμηριωμένη πρόταση εάν, ενδιαφέρεται ο ΟΑΣΠ.

Αθήνα 30.06.2003

7. Σύνθεση της Επιστημονικής Ερευνητικής Ομάδας

Με το συγκεκριμένο πρόγραμμα ασχολήθηκαν οι :

- Γεώργιος Βέης , Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ
- Χαρίλαος Μπιλλήρης , Καθηγητής ΕΜΠ
- Καλλιόπη Παπαζήση, Καθηγήτρια ΕΜΠ
- Δημήτρης Παραδείσης , Καθηγητής ΕΜΠ
- Αγγελική Μαρίνου , ΑΤΜ, ΥΔ ΕΜΠ,ΙΔΑΧ
- Ιορδάνης Γαλάνης, ΑΤΜ,ΙΔΑΧ
- Κωσταντίνος Ραπτάκης, ΑΤΜ, ΥΔ ΕΜΠ,ΙΔΑΧ
- Στυλιανός Φελέκης, ΑΤΜ, ΕΤΕΠ

Καθώς επίσης και μέλη του Τεχνικού Προσωπικού ΕΜΠ και σπουδαστές της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών.

8. Βιβλιογραφία

Ζαχαράκη Π., «Γεωδαιτικός προσδιορισμός τεκτονικών μετατοπίσεων στο βόρειο και νότιο Ευβοϊκό», Διπλωματική Εργασία, ΚΔΔ, ΤΑΤΜ – ΕΜΠ, Αθήνα, Οκτώβριος 1998

Hatzfeld D., H. Lyon-Caen, K. Makropoulos, B. Papazachos, G. Veis, K. Priestley, "Active faulting and seismic hazard in Attiki", Final Report, European Commission, Directorate General XII, December 1998

Mervart L., M. Rothacher, "Bernese GPS Software Version 4.2", User's Manual, Astronomical Institute, University of Berne, 2001

Παραδείσης Δ., "Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας" ΚΔΔ, ΕΜΠ, Αθήνα 2000

Φυτάς Α. "Προσδιορισμός τεκτονικών μετατοπίσεων στην περιοχή της Χαλκιδικής από τρεις σειρές δορυφορικών μετρήσεων», Αθήνα 2002

Yannick Fabien Peter " Present day crustal dynamics in the Adriatic – Aegean plate boundary zone inferred from continuous GPS measurements" Phd thesis, Zurich 2000

Βέης Γ., Μπιλλήρης Χ., Νάκος Β., Παραδείσης Δ., " Γεωδαιτικός προσδιορισμός τεκτονικών παραμορφώσεων στον Ελληνικό Χώρο", Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών. 1992

Billiris H., Galanis I., Marinou A., Papazissi K., Paradissis D., Raptakis C., Veis G. "Tectonic displacements along the Aegean and from the Alkyonides Islands to Parnitha and Atalanti " The Eleventh General Assembly of the Wegener, Athens, June 2002