

# Προσδιορισμός βελτιωμένου πεδίου ταχυτήτων με χρήση επτά ετών δεδομένων από μόνιμους σταθμούς GNSS του Ελλαδικού χώρου

**Α. Φωτίου, Χ. Πικριδάς, Δ. Ρωσσικόπουλος, Σ. Μπίθαρης**

*Εργαστήριο Γεωδαιτικών Μεθόδων και Δορυφορικών Εφαρμογών,  
Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Τμήμα ΑΤΜ, Πολυτεχνική Σχολή, ΑΠΘ  
[afotiou@topo.auth.gr](mailto:afotiou@topo.auth.gr), [cpik@topo.auth.gr](mailto:cpik@topo.auth.gr), [rossi@topo.auth.gr](mailto:rossi@topo.auth.gr), [stylbith@gmail.com](mailto:stylbith@gmail.com)*

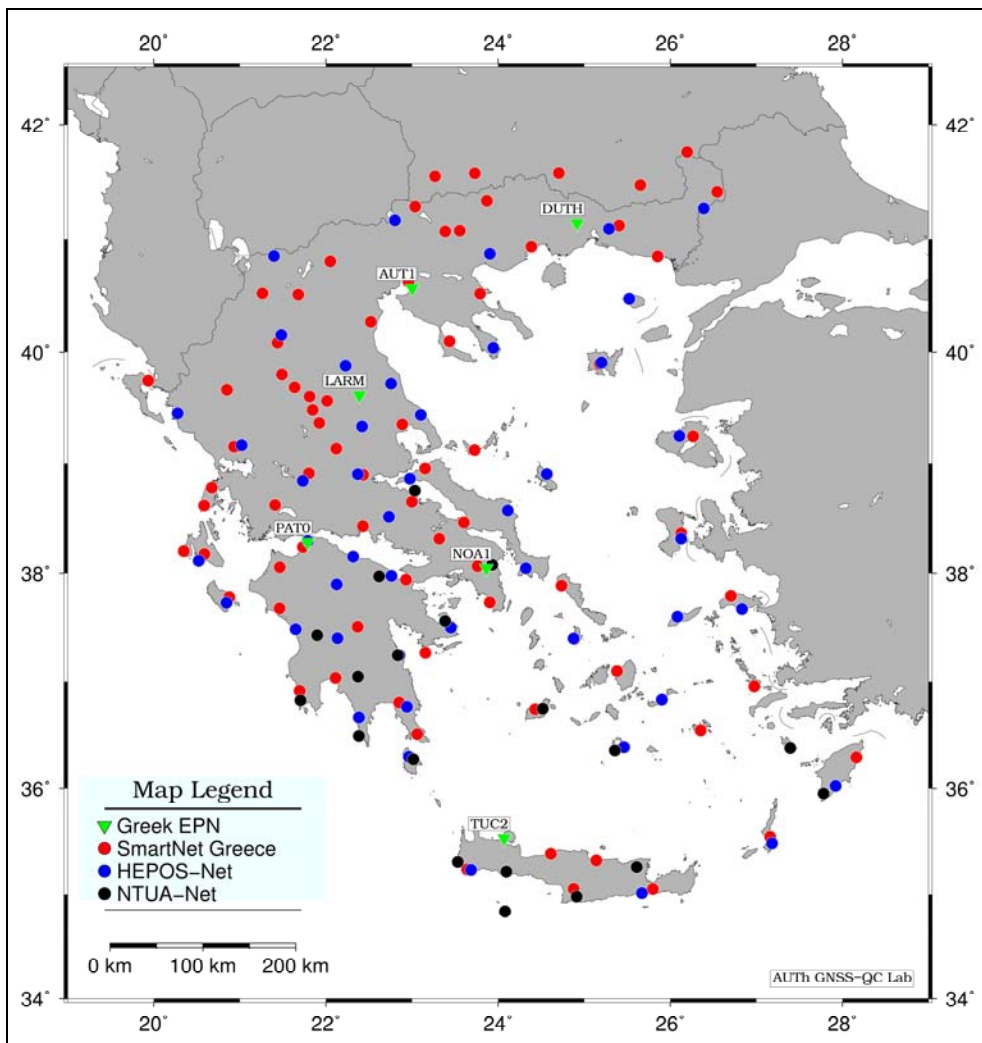
**Περίληψη:** Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από σύνθετα και έντονα γεωδυναμικά φαινόμενα λόγω της θέσης του ανάμεσα στα όρια των τεκτονικών πλακών της Αφρικανικής και της Ευρασίας. Τα σημαντικότερα ρήγματα που τον χαρακτηρίζουν είναι αυτά του Ελληνικού τόξου, το ρήγμα της Ανατολίας του βόρειου Αιγαίου καθώς και το ρήγμα της Κεφαλονιάς στο Ιόνιο πέλαγος. Η χρήση δεδομένων από μόνιμους σταθμούς GNSS για τη μελέτη της συμπεριφοράς των τεκτονικών πλακών αποτελεί, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, μία από τις πιο αξιόπιστες πηγές. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βελτίωση του (πρώτου) μοντέλου ταχυτήτων που εκτίμησε η Ερευνητική Ομάδα (ΕΟ/ΑΠΘ) από περίπου 85 μόνιμους σταθμούς GNSS για διάρκεια μερικών ετών και ανακοίνωσε σε διεθνή συνέδρια. Για τον σκοπό αυτό ημερήσια δεδομένα από περίπου 145 σταθμούς GNSS του Ελλαδικού χώρου επεξεργάστηκαν για διάρκεια επτά ετών (2008-2014) εφαρμόζοντας τα κριτήρια επεξεργασίας που εφαρμόζουν αντίστοιχα κέντρα ανάλυσης στην Ευρώπη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η βόρεια Ελλάδα παραμένει πιο σταθερή και συμβατή με την κίνηση της Ευρασιατικής πλάκας σε αντίθεση με το νότιο μέρος το οποίο εμφανίζει τόσο διαφορετικές τιμές στις εκτιμήσεις των ταχυτήτων στους αντίστοιχους σταθμούς όσο και διαφορετικές μεταξύ τους διευθύνσεις επιβεβαιώνοντας την ανομοιογένεια της τεκτονικής συμπεριφοράς της χώρας μας. Επιπλέον, οι εκτιμήσιμες τιμές των ταχυτήτων μετακίνησης προσφέρουν σημαντική πληροφορία για περαιτέρω λεπτομερή ανάλυση τόσο στον υπολογισμό όσο και στον τρόπο υλοποίησης σύγχρονων Γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς. Η ερευνητική ομάδα (ΕΟ/ΑΠΘ, GNSS-QC) έχει ήδη ξεκινήσει την αντίστοιχη μελέτη στο συγκεκριμένο πεδίο.

## 1. Εισαγωγή

Ο γήινος φλοιός του Ελλαδικού χώρου είναι ένας από τους πλέον δραστήριους γεωδυναμικούς χώρους παγκοσμίως με ταχύτητες μετακίνησης που κυμαίνονται από 20 έως 40 mm/έτος για μία έκταση της τάξης των 700 × 700 Km (Floyd et.al., 2010). Σύμφωνα με γνωστές γεωλογικές έρευνες ο ελλαδικός χώρος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα ενιαίο και συμπαγές σώμα αλλά ως μία περιοχή που αποτελείται από επιμέρους τμήματα με σχεδόν όλα τα είδη ρηγμάτων. Τα πιο σημαντικά

τεκτονικά χαρακτηριστικά στην ηπειρωτική Ελλάδα εμφανίζουν τα ρήγματα της Ανατολίας, της Θεσσαλίας, του Κορινθιακού κόλπου, των νήσων Λευκάδας και Κεφαλονιάς καθώς και το ρήγμα του Ελληνικό τόξου. Αποτέλεσμα της όλης δραστηριότητας είναι ότι η Ελλάδα έχει τη μεγαλύτερη σεισμικότητα της Ευρώπης και την πέμπτη στον κόσμο.

Από τα μέσα του 2010 έως σήμερα η Ερευνητική Ομάδα (ΕΟ/ΑΠΘ, GNSS-QC) αποτελούμενοι κυρίως από τους καθηγητές Α. Φωτίου (επιστημονικό υπεύθυνο), Δ. Ρωσικόπουλο και Χ. Πικριδά, συλλέγει και επεξεργάζεται δεδομένα από το Ευρωπαϊκό δίκτυο EPN (Euref Permanent Network), από το δίκτυο MetricaNet-SmartNet Greece της εταιρείας Metrica και από το δίκτυο ΕΡΜΗΣ/ HERMES



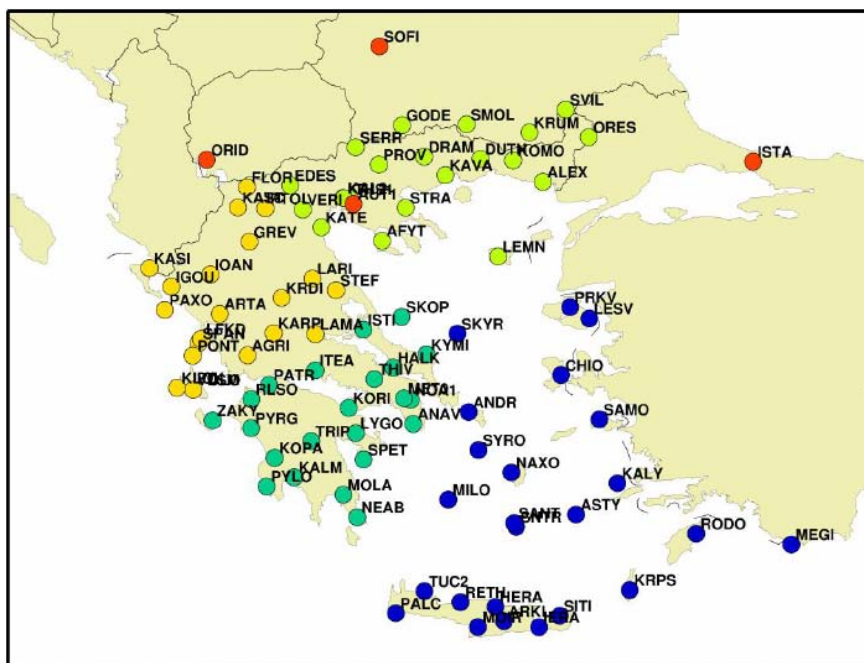
*Σχήμα 1. Η γεωγραφική κατανομή των σταθμών GNSS.*

(Fotiou A. et al., 2010). Με σκοπό τη βελτίωση του τελευταία προσδιορισμένου μοντέλου ταχυτήτων που ανακοίνωσε σε εθνικά και διεθνή συνέδρια (Chatzinikos et al. 2013), στην ΕΟ-ΑΠΘ παραχωρήθηκαν επιπλέον ημερήσια δεδομένα διάρκειας επτά ετών (2008 έως και 2014) από μόνιμους σταθμούς GNSS δικτύων του ΕΜΠ (ΚΔΔ-Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου), του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ-NOANET) αλλά και 44 σταθμοί του δικτύου HEPOS (μόνο για τα έτη 2008 έως και 2010). Ο συνολικός αριθμός των σταθμών που επεξεργάστηκαν έφτασε τους 145. Το σύνολο των προς επεξεργασία δεδομένων συμπληρώνουν και 24 σταθμοί του δικτύου της IGS (International GNSS Service). Η γεωγραφική κατανομή των σταθμών Ελλαδικού χώρου φαίνεται στο σχήμα 1.

Η όλη επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ερευνητικού χαρακτήρα λογισμικού BERNESSE v5.2. Επιπλέον επιλύσεις έγιναν και με το λογισμικό GAMIT (που αναπτύχθηκε στο MIT των ΗΠΑ, Herring et al. 2010) με στόχο την περαιτέρω σύγκριση-επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων. Οι παράμετροι επεξεργασίας επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζονται για την επίλυση δεδομένων GNSS, από τα αντίστοιχα κέντρα ανάλυσης που λειτουργούν στην Ευρώπη.

## **2. Επεξεργασία παρατηρήσεων GNSS. Προσδιορισμός μετακινήσεων στον Ελλαδικό χώρο**

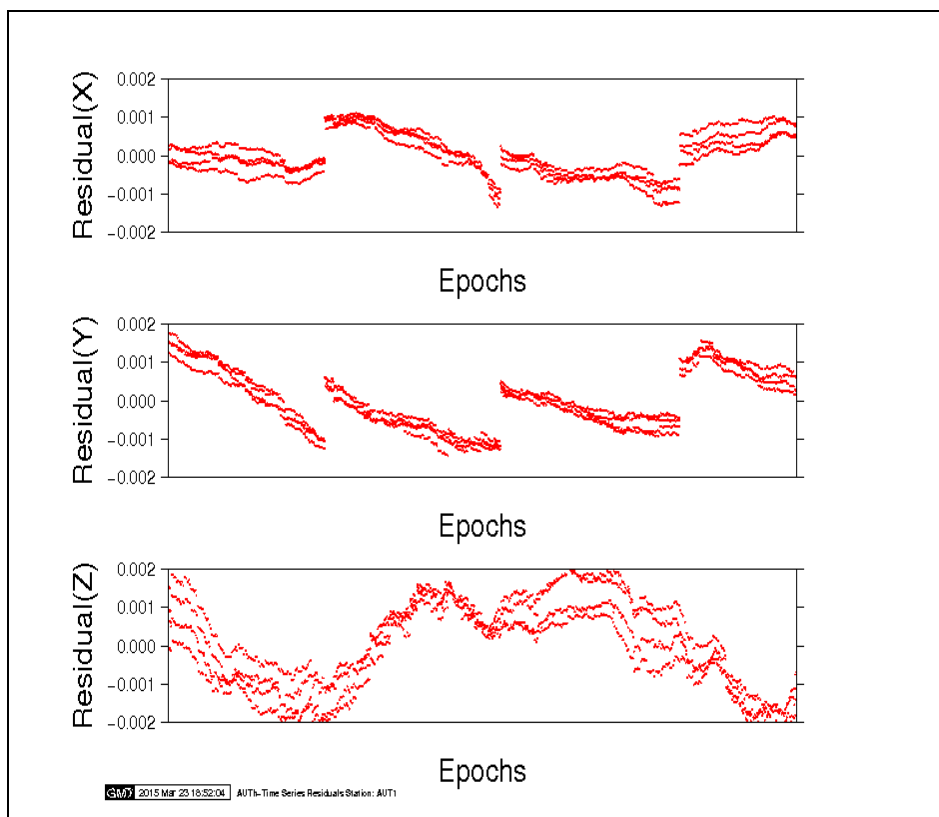
Τα τελευταία χρόνια η Ερευνητική Ομάδα, έχοντας ως στόχο τη μελέτη των μικρομετακινήσεων του γήινου φλοιού στον ελλαδικό χώρο, έχει αναπτύξει και συνεχώς βελτιώνει ένα μοντέλο εκτίμησης των ταχυτήτων μετακίνησης συνδυάζοντας δεδομένα από προγράμματα δορυφορικών μετρήσεων αρκετών ετών (Rossikopoulos et al. 1998, Πικριδάς 1999, Fotiou et al. 2003, Chatzinikos et al. 2013, Bitharis et al. 2015). Η εκτίμηση μικρομετακινήσεων του γήινου φλοιού απαιτεί καταρχάς παρατηρήσεις υψηλής ακρίβειας και μεγάλης διάρκειας, της τάξης των αρκετών ετών. Τα προς μελέτη δορυφορικά δεδομένα (όλων των μόνιμων σταθμών) έχουν μεγάλο όγκο και απαιτούν αρκετό υπολογιστικό φόρτο τόσο για την κάθε καθημερινή περίοδο επεξεργασίας όσο και για τον συνδυασμό όλων των περιόδων με τελικό σκοπό την εκτίμηση των ταχυτήτων μετακίνησης. Για τον λόγο αυτόν η Ε.Ο/ΑΠΘ έχει ομαδοποιήσει την ταυτόχρονη επεξεργασία σε επιμέρους τμήματα (Clusters) με σκοπό την αποδοτικότερη χρονική επεξεργασία με κατάλληλη αντιστοίχιση των μόνιμων σταθμών στους επιμέρους πυρήνες της κύριας μονάδας επεξεργασίας (Main Processing Unit). Η συγκεκριμένη τεχνική επεξεργασίας εφαρμόζεται από τα κέντρα ανάλυσης του Ευρωπαϊκού δικτύου (EUREF/EPN) όπου από τα μέσα Σεπτεμβρίου 2014 η Ε.Ο/ΑΠΘ ξεκίνησε τη λειτουργία, του πρώτου στην Ελλάδα (ύστερα από πρόταση της, στην αρμόδια Ευρωπαϊκή επιτροπή), ενός πρότυπου κέντρου ανάλυσης (GNSS Analysis Center) με κύριο σκοπό την παραγωγή αρχικά τροποσφαιρικών προϊόντων αλλά και άλλων παραμέτρων των μόνιμων σταθμών όπως π.χ. συντεταγμένες, ταχύτητες μετακίνη-



*Σχήμα 2. Η ομαδοποίηση των σταθμών του δικτύου SmartNet κατά τη διάρκεια της ταυτόχρονης επεξεργασίας.*

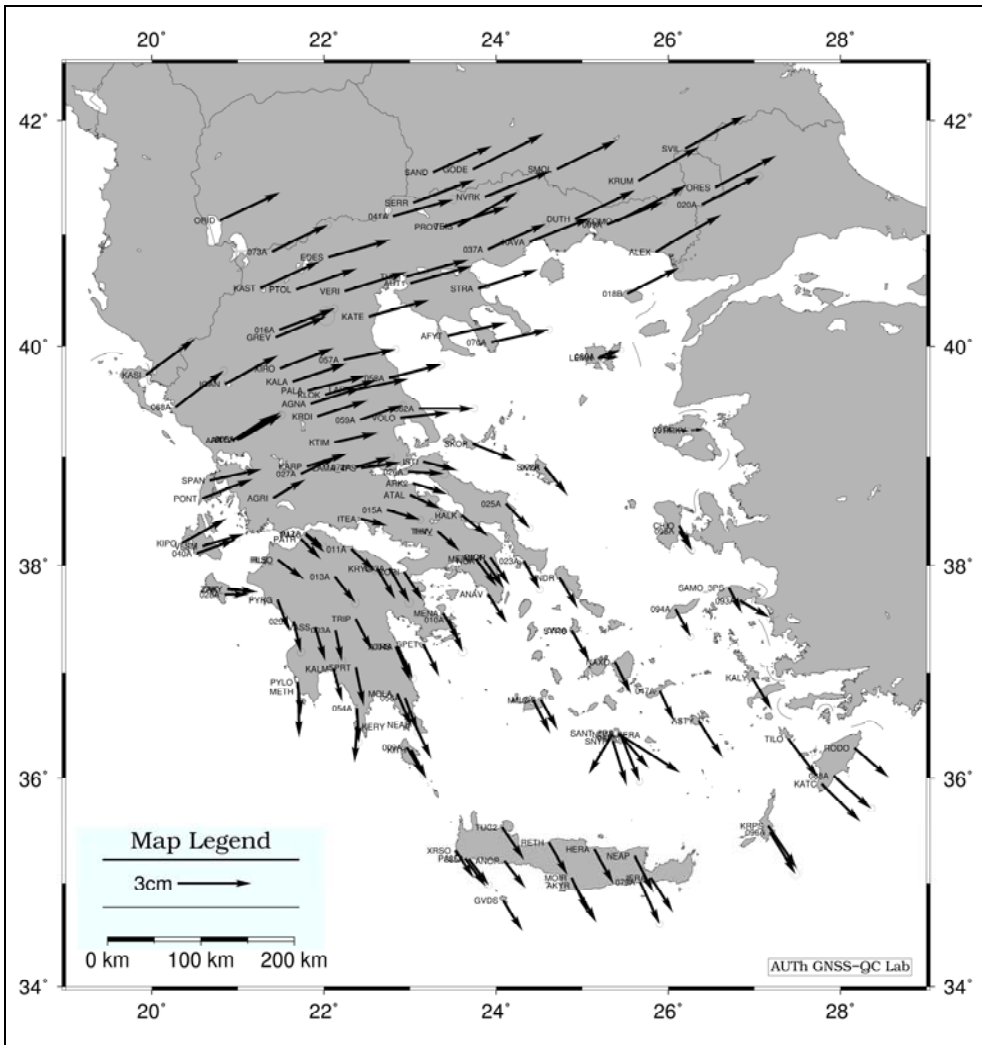
σης, ιονοσφαιρικές παραμέτρους κ.ά. Ενδεικτικά, στο σχήμα 2 απεικονίζεται η ομαδοποίηση των σταθμών του δικτύου MetricaNet-SmartNet Greece κατά τη διάρκεια της ταυτόχρονης επίλυσης όλου του δικτύου.

Πιο συγκεκριμένα, η επεξεργασία των μετρήσεων (επίλυση βάσεων, συνόρθωση δικτύου και ποιοτικοί έλεγχοι) πραγματοποιήθηκε με το ερευνητικού χαρακτήρα λογισμικό Bernese v5.2 του Αστρονομικού Ινστιτούτου του Πανεπιστημίου της Βέρνης (Dach et al. 2007) που θεωρείται ένα από τα καλύτερα (ανάμεσα σε δύο – τρία) λογισμικά σε διεθνές επίπεδο. Οι παράμετροι επεξεργασίας ορίστηκαν στη χρήση εφημερίδων ακριβείας, με γωνία αποκοπής των δορυφορικών σημάτων ίση με  $10^0$  και χρήση του μοντέλου απόλυτης βαθμονόμησης των κεραιών που διατίθεται από την υπηρεσία IGS. Για την επίλυση των αρχικών ασαφειών φάσης χρησιμοποιήθηκαν οι στρατηγικές Sigma και QIF, ενώ για τον υπολογισμό της τροποσφαιρικής υστέρησης χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Saastamoinen σε συνδυασμό με τη συνάρτηση απεικόνισης VMF1 (χρήση πραγματικών ατμοσφαιρικών δεδομένων). Το ποσοστό επίλυσης των ασαφειών φάσης σε όλες τις περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερο του 98%. Η σωστή επεξεργασία όλων των δεδομένων GNSS έδωσε υψηλής ποιότητας αποτελέσματα με χρήση και δεδομένων GLONASS σε όσους από τους σταθμούς ήταν διαθέσιμα. Η επαναληπτικότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων των μόνιμων σταθμών εκτιμήθηκε στο 1.5 mm για την οριζόντια θέση και 3 mm για την κατακόρυφη θέση.



**Σχήμα 3.** Εκτιμήσεις σφαλμάτων (σε m) από την ανάλυση χρονοσειράς συντεταγμένων για τον μόνιμο σταθμό AUT1.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η ερευνητική ομάδα (GNSS-QC) παρακολουθεί και εφαρμόζει συνεχώς ποιοτικούς ελέγχους στους μόνιμους σταθμούς από τα συνεργαζόμενα δίκτυα. Ένα σημαντικό μέρος των ποιοτικών ελέγχων αποτελεί η μελέτη των χρονοσειρών των συντεταγμένων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή γίνεται με τη χρήση ειδικού αλγορίθμου που συμπεριλαμβάνεται στο λογισμικό Bernese και τον οποίο η ερευνητική ομάδα εφαρμόζει (με τη βοήθεια αλγορίθμων που ανέπτυξε) με αυτοματοποιημένη πλέον διαδικασία σε καθημερινή βάση. Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι επικεντρώνονται στη μελέτη της σταθερότητας των συντεταγμένων αλλά και στον εντοπισμό σφαλμάτων που μπορεί να προκύψουν από διάφορες αιτίες (όπως πχ. προβλήματα στον εξοπλισμό του σταθμού, μη σωστή μοντελοποίηση παραμέτρων επίλυσης, εμφάνιση παρεμβολών στο δορυφορικό σήμα, αλλαγή στην ταχύτητα μετακίνησης του σταθμού κ.ά.). Στο σχήμα 3 φαίνονται οι εκτιμήσεις των σφαλμάτων (σε m) ανά συνιστώσα (X, Y, Z) για τον μόνιμο σταθμό AUT1 όπως προκύπτουν από την ανάλυση της χρονοσειράς των συντεταγμένων του για χρονικό διάστημα αρκετών μηνών. Από το επίπεδο των ορίων των σφαλμάτων γίνεται φανερό και η υψηλή ποιότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων του.

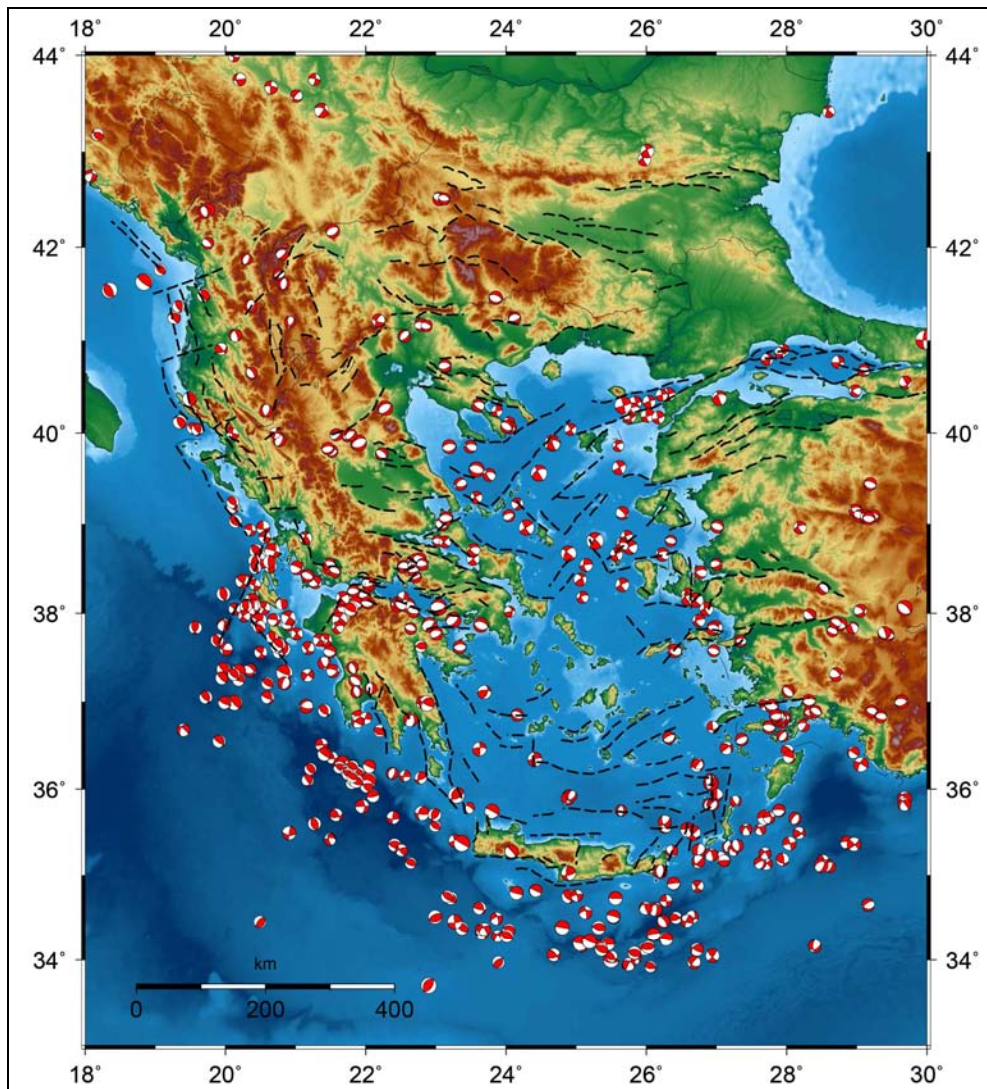


**Σχήμα 4.** Οι ταχύτητες μετακίνησης των σταθμών GNSS του Ελλαδικού χώρου στο σύστημα IGS08.

Οι τελικές εκτιμήσεις των ταχυτήτων από τη συνόρθωση όλων των εποχών, ως προς το πλαίσιο IGS08 απεικονίζονται γραφικά στο σχήμα 4. Εκφράζοντας ποσοτικά τις εκτιμήσεις των ταχυτήτων για τους όλους σταθμούς, οι τιμές ανά έτος κυμαίνονται σε ένα εύρος που ξεκινά κατά τη συνιστώσα East από τα -9 mm (ανατολικά) και φτάνει μέχρι και τα 29 mm και κατά North (βορρά) ξεκινά από τα -18 και φτάνει τα 15.5 mm.

Αξίζει να σημειωθεί ο διαφορετικός προσανατολισμός που εμφανίζουν οι σταθμοί του Ελλαδικού χώρου επιβεβαιώνουν τον διαφορετικό τρόπο μετακίνησης. Ενώ η Βόρεια Ελλάδα ακολουθεί τη μετακίνηση της Ευρασιατικής τεκτονικής πλάκας,

μέρος της Κεντρικής και κυρίως η Νότια Ελλάδα συμπεριφέρονται διαφορετικά, γεγονός σημαντικό σε σχέση με την επιλογή και διαχείριση ενός συστήματος αναφοράς. Στο σχήμα 5 απεικονίζονται τόσο τα ρήγματα για τον Ελλαδικό χώρο έτσι όπως προέκυψαν από τη χαρτογράφησή για τη δημιουργία της αντίστοιχης βάσης δεδομένων από ομάδα ειδικών επιστημόνων (Pavlidis et al., 2010, Caputo et al., 2012), όσο και οι μηχανισμοί γέννησής τους όπως παρέχονται από την αντίστοιχη ιστοσελίδα (<http://www.globalcmt.org/>, Global Centroid-Moment-Tensor –CMT,) προερχόμενοι από παγκόσμιο ερευνητικό πρόγραμμα με συντονιστή το πανεπιστήμιο του Harvard των ΗΠΑ.



*Σχήμα 5. Τα ρήγματα του Ελλαδικού χώρου και οι μηχανισμοί γέννησής τους.*

## Συμπεράσματα

Η κάλυψη του Ελλαδικού χώρου από (145) μόνιμους σταθμούς GNSS και η αρκετών ετών ύπαρξη ποιοτικών δορυφορικών δεδομένων, σε συνδυασμό με την υλοποίηση αυστηρών μεθόδων επεξεργασίας σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές, επιβεβαίωσαν την έντονη και διαφορετική σε πολλές περιοχές του ελλαδικού χώρου γεωδυναμική συμπεριφορά.

Η γεωδυναμική συμπεριφορά μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς μέσω των δικτύων μόνιμων σταθμών GNSS με τον προσδιορισμό ταχυτήτων μετακίνησης αλλά και με προσοχή στο γενικότερο θέμα της επιλογής των μοντέλων κίνησης και παραμόρφωσης του γήινου φλοιού. Ξεχωριστό ενδιαφέρον αποτελεί η περίπτωση της Σαντορίνης όπου η μη-ηρεμία του ηφαιστείου που προκλήθηκε από μετατόπιση μάγματος στο εσωτερικό του και που διήρκησε σύμφωνα με τις σχετικές μελέτες από τον Ιανουάριο του 2011 έως και τον Φεβρουάριο του 2012, επέφερε μία διαφορετικού τύπου παραμόρφωση στην περιοχή. Γι αυτόν τον λόγο το συγκεκριμένο φαινόμενο μελετάται ως ένα ξεχωριστό μοντέλο τοπικών παραμορφώσεων, σε συνδυασμό βέβαια με το γενικότερο μοντέλο των ταχυτήτων κίνησης της ευρύτερης περιοχής.

Η ενιαία ένταξη των διαφόρων δικτύων, που έχουν εγκατασταθεί από διάφορους φορείς και εταιρείες, στα σύγχρονα συστήματα αναφοράς απαιτεί τη γνώση των ταχυτήτων κίνησης των σταθμών τους. Η μη εφαρμογή των ταχυτήτων αυτών δίνει (σήμερα) διαφορές στις συντεταγμένες των μόνιμων σταθμών και κατά συνέπεια οδηγεί σε σημαντικά λάθη και αναξιόπιστα αποτελέσματα τόσο στον προσδιορισμό των συντεταγμένων στην εκ των υστέρων επεξεργασία, όσο και σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση δικτυακών τεχνικών (NRTK).

## Ευχαριστίες

Η Ερευνητική ομάδα του ΑΠΘ ευχαριστεί την εταιρεία Metrica A.E. για τη συνεχή και επιτυχή συνεργασία των τελευταίων ετών στο πλαίσιο εκπόνησης ερευνητικών προγραμμάτων-εργασιών και υποστήριξης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Την ΕΚΧΑ Α.Ε. για την παροχή των δεδομένων από το δίκτυο Heros στο πλαίσιο αμοιβαίας συνεργασίας. Επίσης, ευχαριστεί το ΕΑΑ (κ. Α. Γκανά) για τη διάθεση των αντίστοιχων δεδομένων από το δίκτυο NOANET. Επιπλέον, η ΕΟ-ΑΠΘ ευχαριστεί το κέντρο δορυφόρων Διονύσου (ΚΔΔ) του ΕΜΠ (καθηγητή κ. Δ. Παραδείση) για τη διάθεση των δεδομένων από τους μόνιμους σταθμούς που λειτουργεί μέσα από ερευνητικές συνεργασίες και προγράμματα.



## Βιβλιογραφία

- Bitharis, S., A. Fotiou, C. Pikridas and D. Rossikopoulos (2015). A new crustal velocity field of Greece based on seven years (2008-2014) continuously operating GPS station data. *Presented at the 26th IUGG General Assembly*, June 22-July 2, Prague.
- Caputo R., A. Chatzipetros, S. Pavlides and S. Sboras (2012). The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece. *Annals of Geophysics*, 55, 5, doi: 10.4401/ag-5168.
- Chatzinikos M., A. Fotiou, C. Pikridas and D. Rossikopoulos (2013). The realization of semi dynamic datum in Greece including a new velocity model. *Presented at International Association of Geodesy- IAG Scientific Assembly*, 1-6 September, Potsdam, Germany.
- Ganas A., K. Chousianitis, G. Drakatos, M. Papanikolaou, P. Argyrakis, M. Kolligri, P. Petrou, E. Batsi and C. Tsimi (2011). NOANET: High rate GPS Network for Seismology and Geodynamics in Greece. *Geophysica Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-4840, EGU general Assembly 2011.
- Dach R., U. Hugentobler, P. Fridez and M. Meindl (2007). *Bernese GPS software version 5.0*. Astronomical Institute, University of Bern.
- Dziewonski, A. M., T.-A. Chou and J. H. Woodhouse (1981). Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity, *J. Geophys. Res.*, 86, 2825-2852, doi:10.1029/JB086iB04p02825.
- Ekström, G., M. Nettles, and A. M. Dziewonski (2012). The global CMT project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 200-201, 1-9, doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002.
- Floyd M. A., H. Billiris, D. Paradissis, G. Veis, A. Avallone, P. Briole, S. McClusky, J.M. Nocquet, K. Palamartchouk, B. Parsons and P. England (2010). A new velocity field for Greece: Implications for the kinematics and dynamics of the Aegean. *Journal of Geophysical Research*, vol. 115, b10403, doi:10.1029/2009JB007040.
- Herring, T. A., R. W. King and S. C. McClusky (2010). *GAMIT Reference Manual: GPS Analysis at MIT*. Department of Earth Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, USA.
- Kahle H.-G., M. V. Muller, A. Geiger, G. Danuser, S. Mueller, G. Veis, H. Billiris and D. Paradissis (1995). The strain field in northwestern Greece and the Ionian islands: results inferred from GPS measurements. *Tectonophysics*, 249, 41-52.
- Fotiou A., V. Kagiadakis, C. Pikridas and D. Rossikopoulos (2003). Geodetically derived displacements and crustal deformation analysis: Application in the Volvi area. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Symposium on Deformation Measurements*, FIG commission 6, Santorini, Greece, 25 – 28 May, 35-41.
- Fotiou A., C. Pikridas, D. Rossikopoulos S. Spatalas, V. Tsioukas and S. Katsougiannopoulos (2010). The Hermes GNSS NtripCaster of AUTH. *Bolletino di Geodesia e Scienze Affini*, Vol. LXIX, N. 1, 35-43.

- Φωτίου Α. (2007). *Γεωμετρική Γεωδαισία - Θεωρία και Πράξη*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Φωτίου Α. και Χ. Πικριδάς (2012). *GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές*, 2<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ.480. ISBN: 978-960-456-346-3.
- Pavlidis S., P. Caputo, Σ. Sboras, Α. Chatzipetros, Γ. Papathanasiou and Σ. Valkaniotis (2010). The Greek catalogue of active faults and database of seismogenic sources. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 43(1), 486-494.
- Πικριδάς Χ. (1999). *Η αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας GPS και ο ποιοτικός έλεγχος των Γεωδαιτικών εργασιών*. Διδακτορική διατριβή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.
- Ρωσσικόπουλος Δ. (1999). *Τοπογραφικά δίκτυα και υπολογισμοί*. 2<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Rossikopoulos, D. (2001). Modelling Alternatives in Deformation Measurements. In: A. Carosio and H. Kutterer (eds.): *First International Symposium on Robust Statistics and Fuzzy Techniques in Geodesy and GIS*. ETH Zurich.
- Rossikopoulos, D. (2013). Time - dependent geodetic networks and the reference frame definition problem. In: Arabelos, D., Cr. Kaltsikis, S. Spatalas, H. Tziavos (eds). *Thales. In honor of Prof. Emeritus Michael E. Contadakis*. AUTH.
- Rossikopoulos, D., Α. Fotiou, Ε. Livieratos and P. Baldi (1998). *A rigorous analysis of GPS data to detect crustal deformations. Application in the area of the Ionian Sea*. *Tectonophysics* 294, 271–280.