



Το έργο των μετρήσεων του HEPOS

Δρ. Μιχ. Γιαννίου

Τμήμα Γεωδαιτικής Υποδομής - Τεχνικός Σύμβουλος

ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.

Μεσογείων 288, 155 62 Χολαργός - Αθήνα

Τηλ. (210) 6505-832

E-mail: mgianniu@ktimatologio.gr



Τα έργα του HEPOS συγχρηματοδοτούνται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης στο πλαίσιο του Ε.Π. «Κοινωνία της Πληροφορίας».



Περιεχόμενα της παρουσίασης

1. Αντικείμενο του έργου
2. Σκοπιμότητα του έργου
3. Εμπλεκόμενοι φορείς
4. Τεχνικές Προδιαγραφές
5. Δυσκολίες του έργου
6. Διεξαγωγή μετρήσεων
7. Διερεύνηση ομοιογένειας τριγωνομετρικού δικτύου
8. Συμπεράσματα
9. Σημασία του έργου



Αντικείμενο του έργου

Αντικείμενο του έργου είναι η μέτρηση με GPS τριγωνομετρικών σημείων του κρατικού δικτύου (γνωστές συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87) και ο προσδιορισμός των συντεταγμένων τους στο ΓΣΑ (Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς) του HEPOS.

Το ΓΣΑ του HEPOS αποτελεί υλοποίηση του ETRS'89 (European Terrestrial Reference System 1989) στον Ελλαδικό χώρο στηριζόμενη στο πλαίσιο αναφοράς ETRF2005 και στην εποχή 2007.5.

Σημείωση:

Ο καθορισμός του ΓΣΑ του HEPOS ήταν ένα από τα αντικείμενα σχετικής σύμβασης Τεχνικής Βοήθειας που ανατέθηκε από την ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. στο ΤΑΤΜ-ΑΠΘ.



Σκοπιμότητα του έργου

1. Οι εσωτερικοί υπολογισμοί στο λογισμικό του Κέντρου Ελέγχου του HEPOS γίνονται υποχρεωτικά στο ισχύον Πλαίσιο Αναφοράς του ITRS (σήμερα το ισχύον Πλαίσιο Αναφοράς είναι το ITRF2005).
2. Το ITRS είναι εξ' ορισμού ένα δυναμικό Σύστημα Αναφοράς.
3. Για την αποφυγή του δυναμικού χαρακτήρα του ITRS και για συμβατότητα με τις χώρες της ΕΕ, οι συντεταγμένες των σταθμών του HEPOS, ορίζονται σε ένα σύγχρονο Πλαίσιο Αναφοράς του ETRS'89.
4. Απαραίτητο ένα μοντέλο μετασχηματισμού μεταξύ ΓΣΑ (Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς) του HEPOS και του ΕΓΣΑ'87.
5. Για το υπολογισμό του μετασχηματισμού απαιτείται ένα σύνολο σημείων με γνωστές συντεταγμένες στα δύο συστήματα.



Εμπλεκόμενοι φορείς

	ΦΟΡΕΑΣ	ΡΟΛΟΣ
1	ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.	Φορέας υλοποίησης και τελικός δικαιούχος
2	Κ/Ε GEOTECH –ΤΟΡΟΜΕΤ	Ανάδοχος σύμβασης «Μελέτη για τον υπολογισμό συντελεστών μετάβασης από το δορυφορικό σύστημα αναφοράς του HEPOS στο ΕΓΣΑ '87» (προϋπολογισμός: € 500.000)
3	ΤΑΤΜ-ΑΠΘ (Καθηγ. Κ. Κατσάμπαλος Επ. καθηγ. Χ. Κωτσάκης)	Ανάδοχος σύμβασης Τεχνικής Βοήθειας (ΤΕ-ΒΟ) «Παροχή ειδικών συμβουλευτικών υπηρεσιών για το Έργο του HEPOS» (προϋπολογισμός: € 90.000)



Το έργο 2 εντάσσεται στο μέτρο 2.9 του Ε.Π. «Κοινωνία της Πληροφορίας» και συγχρηματοδοτείται σε ποσοστό 50% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 50% από εθνικούς πόρους.

Το έργο 3 εντάσσεται στο μέτρο 5.3 του Ε.Π. «Κοινωνία της Πληροφορίας» και συγχρηματοδοτείται σε ποσοστό 80% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 20% από εθνικούς πόρους.

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Εμπλεκόμενοι φορείς

	ΦΟΡΕΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ
1	ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.	Σύνταξη Τεχνικών Προδιαγραφών και συμβατικών τευχών, διεξαγωγή διεθνούς διαγωνισμού, επίβλεψη συμβάσεων, συντονισμός εργασιών με αλληλεπίδραση μεταξύ αναδόχων.
2	Κ/Ε GEOTECH –ΤΟΡΟΜΕΤ	Διεξαγωγή μετρήσεων, επίλυση βάσεων από κάθε «Κύριο Σταθμό Αναφοράς» (ΚΣΑ) προς τον «Βοηθητικό ΣΑ» (ΒΣΑ) και τα «Προς Μέτρηση Σημεία» (ΠΜΣ), υπολογισμός 7-παραμετρικού μετασχηματισμού ανά Φ.Χ. 1:50.000 και 1:100.000, σύνταξη δελτίων μετρηθέντων σημείων, τεκμηρίωση εργασιών.
3	ΤΑΤΜ-ΑΠΘ	Προσδιορισμός συντεταγμένων των ΚΣΑ στο ITRF2005 (στην εκάστοτε τρέχουσα εποχή: current epoch), μετασχηματισμός των ΠΜΣ στο ΓΣΑ του HEPOS, επιλογή μοντέλου τελικού μετασχηματισμού και ανάπτυξη λογισμικού υλοποίησης.

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Τεχνικές Προδιαγραφές

Οι Τεχνικές Προδιαγραφές των μετρήσεων προβλέπουν μεταξύ άλλων:

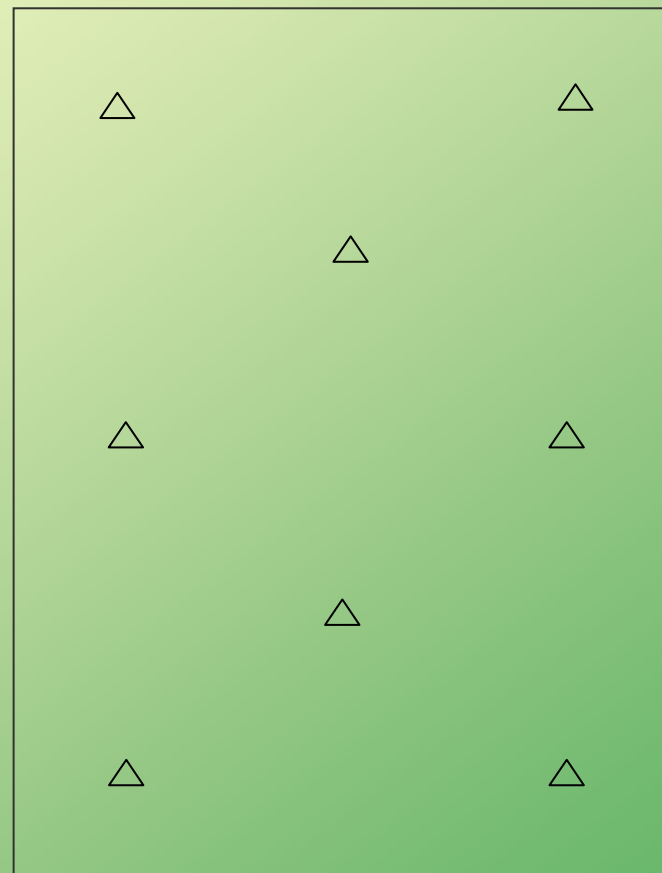
- ◆ Υποχρεωτική χρήση δεκτών δύο συχνοτήτων, πρόσφατης κατασκευής ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη ποιότητα μετρήσεων
- ◆ Χρήση ίδιων μοντέλων δεκτών
- ◆ Χρήση ίδιων βάσεων κέντρωσης και τριχογλίων, ώστε να μπορούν να εντοπιστούν άμεσα χονδροειδή λάθη στα ύψη κεραίας
- ◆ Διάρκεια μέτρησης σε κάθε σημείο τουλάχιστον 1 ώρα
- ◆ Διάστημα καταγραφής 15 sec, γωνία αποκοπής 15°
- ◆ 90% του χρόνου μέτρησης κάθε ΠΜΣ με τουλάχιστον 6 δορυφόρους
- ◆ 75% του χρόνου μέτρησης κάθε ΠΜΣ με PDOP μικρότερο του 4.
- ◆ Κάθε ΠΜΣ μετριέται από δύο Σταθμούς Αναφοράς (έναν κύριο: ΚΣΑ και έναν βοηθητικό: ΒΣΑ)
- ◆ Ο κάθε ΚΣΑ τοποθετείται στο κέντρο περίπου του Φ.Χ. 1:100.000 και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των 4 Φ.Χ. 1:50.000, έτσι ώστε το μέγιστο μήκος βάσης να μην ξεπερνά τα 40 Km. Ο ΒΣΑ τοποθετείται εντός του Φ.Χ.



Τεχνικές Προδιαγραφές

Βέλτιστη διάταξη των προς μέτρηση σημείων εντός ενός πλήρους Φ.Χ. κλίμακας 1:50.000.

Ως «πλήρες» Φ.Χ. νοείται εκείνο το Φ.Χ. το οποίο δεν περιλαμβάνει υδάτινες επιφάνειες ή χερσαία τμήματα γειτονικών κρατών





Τεχνικές Προδιαγραφές

Η απόφαση της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. για υπολογισμό 7-παραμετρικών μετασχηματισμών ανά Φ.Χ. στηρίχθηκε σε:

Δημοσίευση της ΓΥΣ (Ι. Τάκος, 1989, «Νέα συνόρθωση των τριγωνομετρικών δικτύων της Ελλάδος») σύμφωνα με την οποία:

«Το 1988 άρχισε ο υπολογισμός των δικτύων ΙΙης τάξης κατά μεγάλα πολύγωνα ... Παράλληλα με την επίλυση των δικτύων ΙΙης τάξης, γινόταν και η επίλυση των δικτύων ΙVης τάξης. Εδώ η επίλυση έγινε κατά ένα ή περισσότερα Φ.Χ. 1:50.000. Δηλαδή, σε κάθε επίλυση είχαμε 100-150 νέα σημεία ΙVης τάξης και 30-40 γνωστά σημεία ανώτερης τάξης και γειτονικά υπολογισμένα ΙVης τάξης.»

Σημείωση:

Πέραν της παραπάνω δημοσίευσης ακούγονται κατά καιρούς απόψεις επαγγελματιών του κλάδου ότι παρατηρούνται ασυμβατότητες μεταξύ τριγωνομετρικών σημείων που ανήκουν σε διαφορετικά Φ.Χ.



Δυσκολίες του έργου

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από τις δυσκολίες του έργου:

- ◆ Το πιεστικό χρονοδιάγραμμα που δεν άφηνε κανένα περιθώριο καθυστερήσεων σε κανέναν από τους εμπλεκόμενους φορείς: ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε., Κ/Ξ GEOTECH –ΤΟΡΟΜΕΤ, ΤΕ-ΒΟ ΑΠΘ. Σημειώνεται ότι οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε λιγότερο από 6 μήνες!!!
- ◆ Αντικειμενικές δυσκολίες στις μετρήσεις όπως:
 - ◆ Καιρικές συνθήκες (χιόνια, βροχές)
 - ◆ Σημαντικός αριθμός κατεστραμμένων σημείων
 - ◆ Ανάγκη κεντρικού συντονισμού όλων των συνεργείων υπαίθρου
 - ◆ Προβλήματα λήψης σήματος (δασωμένες περιοχές, εμπόδια, Η/Μ παρεμβολές)
 - ◆ Δυσκολίες πρόσβασης
 - ◆ Δυσπρόσιτα σημεία (οχήματα 4x4, πολύωρη πεζοπορία κλπ)
 - ◆ Σημεία προσβάσιμα μόνο με πλωτό μέσο
 - ◆ Ειδικές περιπτώσεις (στρατιωτικές περιοχές, Άθως)



Μετρηθέντα σημεία

**Τα 2470
τριγωνομετρικά
σημεία που
μετρήθηκαν με
GPS (το 2007) για
τον υπολογισμό
παραμέτρων
αμφίδρομου
μετασχηματισμού
μεταξύ του ΓΣΑ του
HEPOS και του
ΕΓΣΑ'87**





Παραδείγματα ακατάλληλων σημείων



Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Παραδείγματα μετρηθέντων σημείων



323004



365004

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Παραδείγματα μετρηθέντων σημείων



035041



110024

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Παραδείγματα μετρηθέντων σημείων



288034



119109

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS »



Παραδείγματα μετρηθέντων σημείων



323097



070018

Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS»



Τεκμηρίωση των μετρήσεων

Για κάθε μέτρηση συντάχθηκε το «Έντυπο Πεδίου Δορυφορικών Μετρήσεων» σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές.

Ο.Κ.Χ.Ε. - ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. ΕΝΤΥΠΟ ΠΕΔΙΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Έκδοση 1.0


ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ: 150013	ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (DD/MM/YYYY): 15/05/2007	ΕΝΑΡΞΗ: 11:16 ΛΗΞΗ: 12:42	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ <input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15° <input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια άνω στο στίγιο
ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ: <input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο <input type="checkbox"/> Μπουλόνι <input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα <input type="checkbox"/> Άλλο:	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ: <input type="checkbox"/> Τρικόχλιο <input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο <input type="checkbox"/> Τρίποδα <input type="checkbox"/> Άλλο:	62.7 /	
ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.273 m ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: β.ο.κ.μ.			
ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: 5200	ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: Ra/1000 Intern	ΠΡΟΣΑΝΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: <input type="checkbox"/> Όχι <input checked="" type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πυξίδα	
ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 9419 1253	ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ: Ηλίας Παλάσιος		
<input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input checked="" type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο: 152047			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: από 75° ως 255° ΠΥΡΝΑΡΙΘ 20' ΚΛΙΣΗ < 10° Από τριγωνομετρικό, τα δορυφορικά δεν είναι το ερα διπλά στο άλλο υπάρχει κλίση ανάμφορα τους Από 255° ως 75° υπάρχει δομικά ερρίκια πάνω από τις 15°			


Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS»



Τεκμηρίωση των σημείων

Σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές για κάθε μέτρηση συντάχθηκε το «Δελτίο Σημείου ETRF Κτηματολογίου».

ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟ Α.Ε.	ΔΕΛΤΙΟ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΓΚΡ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ Νο 11
	ΕΠΙ. ΣΤΑΣΕΩΝ : ΚΙΛΙΣ ΕΜΜΑ. ΚΗΑΚΟΚ ΚΠΙΟΣΣΟΤΑ : ΑΡΤΑΣ
Στοιχειομετρική θέση του σημείου	
	
Περιγραφή θέσης σημείου: Εξόρυξη κρησπίδας στο οικόπεδο Α του Στάσιου, νοτιο-ανατολικά	
Στοιχειομετρικά στο ETRF 2005 / MRF 8 του κτηματολ.	
X = 480924.709 μ.	σX = 0.200 μ
Y = 229094.209 μ.	σY = 0.200 μ
Z = 3012.8817 μ.	σZ = 0.005 μ
Ε.Χ. 1:20.000 : 1:25 ΑΡΤΑΣΑΝΤΑ	
Μετρήθηκε από Διευθυντής Μετρήσεων Παρατηρητής	: Διευθυντής Στάσιου : 15/07/2007
Ανώνυμο :	

Φωτογραφία του σημείου	
	
Οπισθοστάση	
Παράγει από το κέντρο Α προς το κέντρο Β, στα 100 m Β και σταθμίζει στο κέντρο Β (H3019)	



Εσωτερική ομοιογένεια του ΕΓΣΑ'87

**Υπόλοιπα (residuals)
ενός ενιαίου
7-παραμετρικού
μετασχηματισμού
ομοιότητας μεταξύ
ETRF2005 και
ΕΓΣΑ'87 για όλη τη
χώρα (έως ~2.5m).**

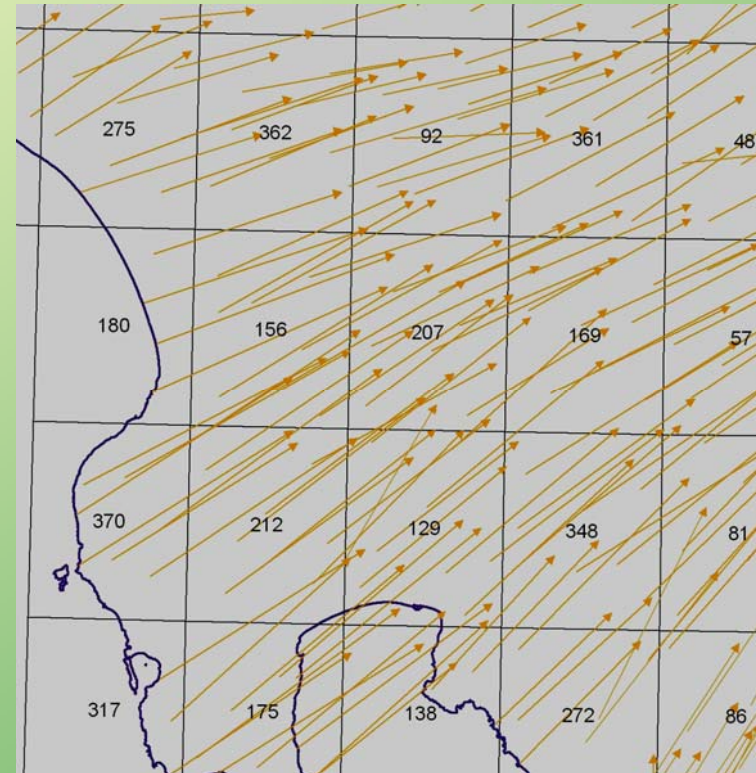
Σημείωση: Το Καστελόριζο
δεν συμπεριλαμβάνεται στο
μετασχηματισμό, επειδή δεν
αναφέρεται στο ίδιο datum με
το ΕΓΣΑ'87. Επίσης
χρησιμοποιεί άλλη ζώνη TM
($\lambda=27^\circ$).





Διερεύνηση ομοιογένειας τριγωνομετρικών σε συνάρτηση με τη διανομή Φ.Χ.

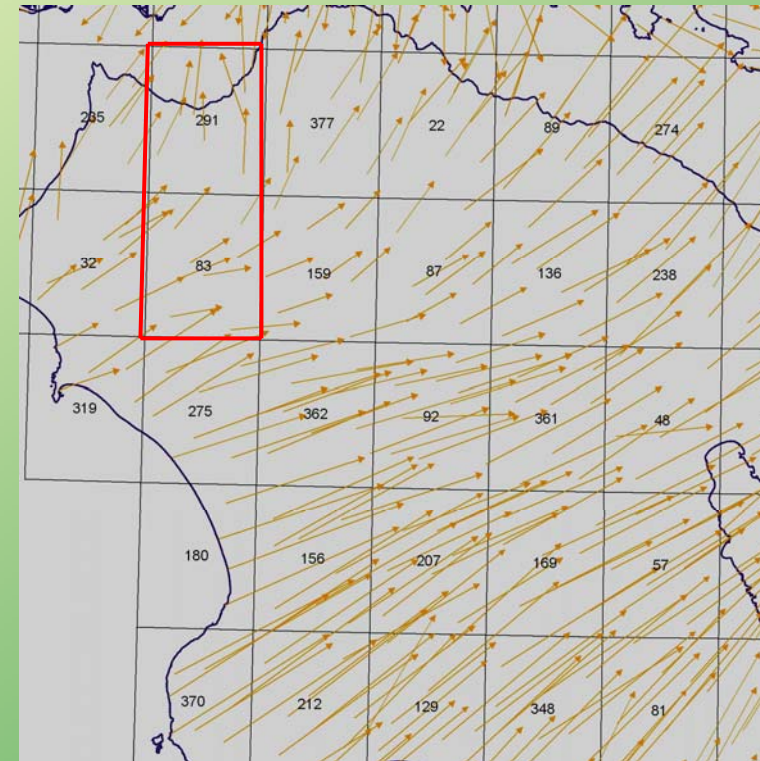
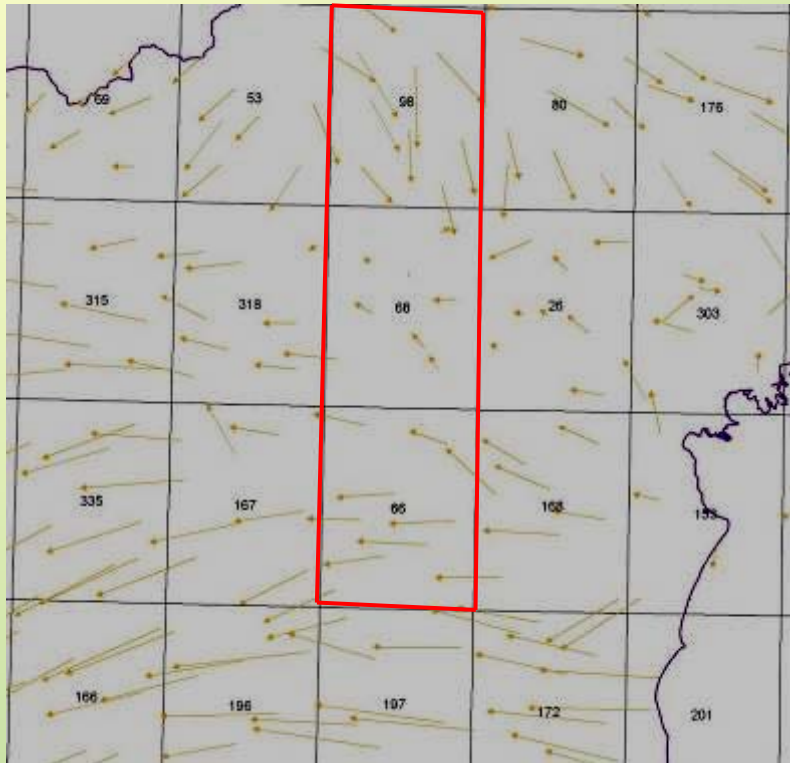
Τυπική συμπεριφορά: περιοχές όπου η ομοιογένεια δεν
διαφοροποιείται σε συνάρτηση με τη διανομή Φ.Χ.





Διερεύνηση ομοιογένειας τριγωνομετρικών σε συνάρτηση με τη διανομή Φ.Χ.

Εξαιρέσεις: Σε ελάχιστες περιοχές παρατηρείται κάποια διαφοροποίηση της ομοιογένειας σε συνάρτηση με τη διανομή Φ.Χ. Η εξαγωγή όμως ασφαλούς συμπεράσματος απαιτεί σημαντικά πυκνότερο δείγμα.



Εκδήλωση «HEPOS και σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς: Θεωρία και υλοποίηση, προοπτικές και εφαρμογές», ΑΠΘ 25-26 Σεπτεμβρίου 2008
Μ. Γιαννίου: «Το έργο των μετρήσεων του HEPOS»



Συμπεράσματα

Συμπεράσματα λεπτομερούς εξέτασης της συμπεριφοράς των υπολοίπων του ενιαίου 7-παραμετρικού σε όλη τη χώρα:

- ◆ Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν προκύπτει καμία σαφής συσχέτιση μεταξύ ομοιογένειας τριγωνομετρικών σημείων και Φ.Χ.
- ◆ Σε ελάχιστες περιπτώσεις, παρατηρείται κάποια συσχέτιση, όμως δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αποδοθεί με βεβαιότητα σε «συνόρθωση ανά Φ.Χ.»
- ◆ Η παρατηρούμενη ανομοιογενής συμπεριφορά πρέπει κατά κύριο (αν όχι αποκλειστικό) λόγο να αποδοθεί στην επίδραση των δικτύων ανώτερης τάξης και όχι σε «συνόρθωση ανά Φ.Χ.».
- ◆ Κατά συνέπεια η χρήση 7-παραμετρικών μετασχηματισμών ανά Φ.Χ. δεν ανταποκρίνεται σε κάποια φυσική πραγματικότητα.
- ◆ Τέλος, η συμπεριφορά των υπολοίπων του μετασχηματισμού υποδηλώνει την ανάγκη χρήσης ενός πιο σύνθετου μοντέλου μετασχηματισμού με δυνατότητες τοπικής προσαρμογής, όπως αυτό που υιοθετήθηκε από την ΤΕ-ΒΟ ΑΠΘ.



Σημασία το έργου

Η ευρύτερη σημασία του έργου διαφαίνεται εάν αναλογιστούμε ότι:

- ◆ Επαναμετρήθηκε το 10% των σημείων του κρατικού τριγωνομετρικού δικτύου με την υψηλή γεωδαιτική ακρίβεια που προσφέρουν οι δορυφορικές τεχνικές.
- ◆ Επέτρεψε τον υπολογισμό ενός αμφίδρομου μετασχηματισμού μεταξύ του ΓΣΑ του HEPOS και του ΕΓΣΑ'87 (σύμβαση TE-BO ΑΠΘ) και κατά συνέπεια τη χρήση του HEPOS για εντοπισμό στο ΕΓΣΑ'87.
- ◆ Επέτρεψε, για πρώτη φορά σε πανελλαδική κλίμακα, την αξιολόγηση της εσωτερικής ομοιογένειας του κρατικού τριγωνομετρικού δικτύου.
- ◆ Οδήγησε στη δημιουργία ενός δικτύου 2500 περίπου σημείων ομοιόμορφα κατανεμημένων σε όλη τη χώρα, τα οποία διαθέτουν συντεταγμένες στο ΓΣΑ του HEPOS και θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ένταξη στο ΓΣΑ του HEPOS εργασιών που εκτελούνται με συμβατικές (μη δορυφορικές) τοπογραφικές τεχνικές.