



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

## **Διπλωματική Εργασία**

### **ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ GNSS ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**Ασπιώτη Καλλιόπη**

**ΑΜ: 14094**

**Επιβλέπων καθηγητής:**

**Αναστασίου Δημήτριος**

**Αθήνα, Ιούλιος 2022**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF SURVEYING AND GEOINFORMATICS ENGINEERING**

**Diploma Thesis**

**ANALYSIS OF GNSS SATELLITE GEODETIC OBSERVATIONS FOR THE  
ESTIMATION OF MOVEMENTS IN THE ATTICA REGION**

**Aspioti Kalliopi**

**Registration Number: 14094**

**Supervisor:**

**Anastasiou Dimitrios**

**Athens, July 2022**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

### Τίτλος εργασίας

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

| Α/α | ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ        | ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ      | ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ |
|-----|----------------------|-----------------------|------------------|
| 1   | ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ | ΔΙΔΑΣΚΩΝ ΕΣΠΑ         |                  |
| 2   | ΠΑΓΟΥΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ   | ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ             |                  |
| 3   | ΓΙΑΝΝΙΟΥ ΜΙΧΑΗΛ      | ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ |                  |

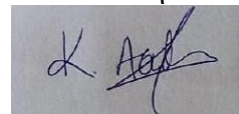
## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ασπιώτη Καλλιόπη του Νικολάου., με αριθμό μητρώου 14094 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



*Αφιερωμένο στην μνήμη του Νίκου.  
Στην Τζούντυ για την βοήθεια στην εκπλήρωση του ονείρου.*

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας τον κύριο Δημήτριο Αναστασίου, τόσο για την εμπιστοσύνη όσο και για την στήριξη και την καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω, τους συμφοιτητές-φίλους για την υποστήριξη και τη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τις φίλες μου για την στήριξη τους, σε όλα τα χρόνια της φοίτησης μου.

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία έγινε ανάλυση δορυφορικών γεωδαιτικών παρατηρήσεων GNSS για την εκτίμηση μετακινήσεων στην περιοχή της Αττικής.

Η περιοχή της Αττικής από γεωτεκτονική άποψη αποτελεί την βορειοδυτική απόληξη του σημερινού ενεργού ηφαιστειακού τόξου. Η περιοχή της Αττικής είναι η πιο πυκνοκατοικημένη και για αυτό είναι σημαντικό να γίνεται εκτίμηση των παραμορφώσεων και της πιθανής επικινδυνότητας που μπορεί να έχουν, διότι κατοικεί πολύ κόσμος και υπάρχουν πολλά και μεγάλα τεχνικά έργα και κατασκευές.

Αξιοποιήθηκε το ήδη υλοποιημένο δίκτυο σημείων GNSS από το ερευνητικό πρόγραμμα ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ την περίοδο του 2012, στην περιοχή της Αττικής 28 σημείων, οπότε αποφασίστηκε να γίνει επαναμέτρηση του δικτύου το 2021. Μετά από αναγνώριση στις περιοχές, βρέθηκαν και μετρήθηκαν τα 14 σημεία, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για χρονικό διάστημα 1-2 ωρών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι μόνιμοι σταθμοί DYNG και ΤΕΙΑ. Οι επιλύσεις των μετρήσεων έγιναν με δύο διαφορετικές μεθόδους, την μέθοδο του απόλυτου εντοπισμού χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα CSRS-PPP και του σχετικού εντοπισμού χρησιμοποιώντας το λογισμικό Leica Infinity, με σύστημα αναφοράς το ITRF2014.

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των δυο μεθόδων όπου οι μετρήσεις αναφέρονται κάθε φορά στην ίδια εποχή (2012.7, 2021.9), έχει υλοποιηθεί στο ίδιο σύστημα αναφοράς και συγκρίνονται τα αποτελέσματα των διαφορετικών μεθόδων απόλυτου και σχετικού προσδιορισμού.

Παρατηρείται ότι το σημείο AR01 έχει μεγάλες διαφορές. Πιθανώς οφείλεται στα εμπόδια που υπήρχαν επειδή ήταν κάτω από δέντρα και η επίλυση δεν είναι τόσο καλή με τη μέθοδο του απόλυτου εντοπισμού.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν μετακινήσεις μεταξύ των εποχών 2012-2021, με δυο διαφορετικούς τρόπους. Για κάθε μέθοδο επίλυσης έγινε ο υπολογισμός των μετατοπίσεων μεταξύ των δύο εποχών παρατηρήσεων. Παρατηρείται από ότι σε κάποια σημεία υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά στον απόλυτο προσδιορισμό. Επίσης το σημείο AR09 παρουσιάζει και στις δύο μεθόδους μετακινήσεις της τάξης των τριών μέτρων, οπότε μάλλον έχει μετακινηθεί και δεν χρησιμοποιήθηκε στην συνέχεια. Στον απόλυτο προσδιορισμό όλες οι ταχύτητες έχουν κατεύθυνση NNA. Στον σχετικό προσδιορισμό οι ταχύτητες έχουν ίδια κατεύθυνση NNA.

Για την επίλυση του απόλυτου προσδιορισμού οι ταχύτητες κυμαίνονται στην διεύθυνση B-N από -15.1 έως -7.4 mm/yr, στην διεύθυνση A-Δ από 6.1 έως 17.2 mm/yr και κατακόρυφα από -12.4 έως 13 mm/yr.

Για την επίλυση του σχετικού προσδιορισμού οι ταχύτητες κυμαίνονται στην διεύθυνση B-N από -12.8 έως -5 mm/yr, στην διεύθυνση A-Δ από 5.6 έως 12.5 mm/yr και κατακόρυφα από -13.1 έως 5.6 mm/yr.

Υπολογίστηκε ένα τελικό πεδίο ταχυτήτων στο ITRF2014 με τα αποτελέσματα του σχετικού προσδιορισμού και αφαιρώντας το σημείο AP09 που δείχνει ότι η περιοχή έχει κατεύθυνση NNA.

Στη συνέχεια έγινε υπολογισμός του πεδίου ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη αξιοποιώντας την διαδικτυακή εφαρμογή Plate Motion Calculator της υπηρεσίας Unavco. Οι ταχύτητες κυμαίνονται από -20 έως -27 mm/yr στη διεύθυνση Βορράς-Νότος και από -12 έως -19 mm/yr στη διεύθυνση Ανατολή-Δύση. Η γενικότερη κίνηση της περιοχής είναι σε ΝΔ κατεύθυνση.

Τέλος έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες εργασίες όπου παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα ήταν συμβατά.



## Abstract

In the present study, geodetic GNSS observations analysis was carried out for the estimation of tectonic shifts in the Attica region.

From a geotectonic point of view, the region of Attica is the northwestern end of the current active volcanic arc. The region of Attica is the most densely populated and that is why it is important to assess the deformation fields and the possible danger they may have, because many people live there and large technical projects and structures established there.

An already implemented network of GNSS sites was utilized by the ARCHIMEDES research program in the period of 2012, in the area of Attica conclude 28 points, so it was decided to re-measure the network in 2021. After recognition in the areas, the 14 points were found and measured. The observations where carried out for a period of 1-2 hours. The permanent stations DYNG and TEIA were also used. For the observations processing two different methods was used, the Precise Point Positioning (PPP) using the CSRS-PPP online platform and the relative static positioning using the Leica Infinity software, with the ITRF2014 reference system.

A comparison of the two methods was carried out where the measurements refer to the same epoch (2012.7, 2021.9), the same reference system has been implemented and the results of the different methods of absolute and relative positioning are compared.

It is observed that the AR01 has large differences. It is probably due to the obstacles that existed because it was under the trees and the solution is not so good by the method of PPP.

Then, displacements were calculated between the seasons 2012-2021, in two different ways. For each solution method, the displacements between the two periods of observations were calculated. It is observed that in some sites there is a greater difference in the PPP solution. Also, point AP09 shows in both methods movements of the order of three meters, so it has probably been moved and was not used afterwards. In the PPP solution, all velocities are in a SE direction. In the relevant static positioning solution, the velocities have the same SE direction.

In PPP solution, the velocities range in the N-S direction from -15.1 to -7.4 mm/yr, in the E-W direction from 6.1 to 17.2 mm/yr and vertically from -12.4 to 13 mm/yr.

For the double differences solution, the velocities range in the N-S direction from -12.8 to -5 mm/yr, in the E-W direction from 5.6 to 12.5 mm/yr and vertically from -13.1 to 5.6 mm/yr.

A final velocity field was calculated in ITRF2014 with the results of the double-differences solution and exclude the AP09 point indicating that the region has a SE direction.

Then a velocity field with respect to a stable Europe was calculated using the Plate Motion Calculator online application of the Unavco service. The velocities range from -20 to -27 mm/yr in the North-South direction and from -12 to -19 mm/yr in the East-West direction. The general movement of the area is in a SW direction.

Finally, the results were compared with previous studies where it is obvious that the results were compatible.

## Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| Περίληψη.....  | 7  |
| Abstract .....   | 9  |
| Κατάλογος Εικόνων .....                                    | 13 |
| Κατάλογος Πινάκων .....                                    | 15 |
| 1 Εισαγωγή .....   | 16 |
| 2 Τεκτονικά κινηματικά χαρακτηριστικά της Αττικής .....    | 18 |
| 2.1 Τεκτονικό υπόβαθρο της Αττικής.....                    | 18 |
| 2.2 Προγενέστερες εργασίες.....                            | 19 |
| 3 Δορυφορικά συστήματα GNSS και συστήματα αναφοράς.....    | 27 |
| 3.1 Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού GNSS.....              | 27 |
| 3.1.1 Περιγραφή της αρχιτεκτονική των συστημάτων GNSS..... | 28 |
| 3.1.2 Βασική αρχή λειτουργίας .....                        | 29 |
| 3.2 Τροχιές δορυφόρων και παρατηρήσεις.....                | 32 |
| 3.2.1 Η τροχιά των δορυφόρων .....                         | 32 |
| 3.2.2 Δορυφορικά χρονόμετρα .....                          | 34 |
| 3.2.3 Το εκπεμπόμενο δορυφορικό σήμα .....                 | 34 |
| 3.2.4 Παρατηρήσεις στα συστήματα GNSS.....                 | 35 |
| 3.2.5 Μέτρηση ψευδοαπόστασης.....                          | 36 |
| 3.2.6 Παρατήρηση φάσης .....                               | 37 |
| 3.3 Τα σφάλματα στις μετρήσεις GNSS.....                   | 38 |
| 3.3.1 Τα σφάλματα του χρονομέτρου του δορυφόρου.....       | 39 |
| 3.3.2 Τροχιακά σφάλματα.....                               | 39 |
| 3.3.3 Σφάλματα των χρονομέτρων των δεκτών.....             | 39 |
| 3.3.4 Βαθμονόμηση κεραιών .....                            | 39 |
| 3.3.5 Σφάλματα λόγω της διαδρομής του σήματος .....        | 40 |
| 3.3.6 Επίδραση της Ιονόσφαιρας .....                       | 40 |
| 3.3.7 Επίδραση της Τροπόσφαιρας.....                       | 41 |
| 3.3.8 Πολυανάκλαση σήματος .....                           | 41 |
| 3.4 Παγκόσμια συστήματα και πλαίσια αναφοράς .....         | 42 |
| 4 Περιοχή μελέτης - Περιοδικές παρατηρήσεις GNSS.....      | 44 |
| 4.1 Περίοδος παρατηρήσεων 2012.....                        | 48 |
| 4.2 Περίοδος παρατηρήσεων 2021.....                        | 49 |
| 4.3 Προεπεξεργασία των μετρήσεων.....                      | 52 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5     | Μέθοδοι προσδιορισμού θέσης και επεξεργασία των μετρήσεων ..... | 55  |
| 5.1   | Η μέθοδος του απόλυτου προσδιορισμού θέσης ακριβείας.....       | 55  |
| 5.2   | Διαδικτυακή υπηρεσία CSRS-PPP .....                             | 56  |
| 5.3   | Η μέθοδος του σχετικού προσδιορισμού θέσης.....                 | 58  |
| 5.4   | Λογισμικό επεξεργασίας Leica Infinity.....                      | 60  |
| 5.5   | Διαφορές μεθόδων απόλυτου και σχετικού προσδιορισμού θέσης..... | 68  |
| 6     | Αποτελέσματα επεξεργασίας των παρατηρήσεων.....                 | 69  |
| 6.1   | Απόλυτος προσδιορισμός εποχή 2012 .....                         | 69  |
| 6.2   | Σχετικός προσδιορισμός εποχή 2012.....                          | 72  |
| 6.3   | Απόλυτος προσδιορισμός εποχή 2021 .....                         | 75  |
| 6.4   | Σχετικός προσδιορισμός εποχή 2021.....                          | 77  |
| 7     | Ανάλυση αποτελεσμάτων .....                                     | 79  |
| 7.1   | Σύγκριση συντεταγμένων μεταξύ των δύο μεθόδων .....             | 79  |
| 7.2   | Υπολογισμός μετατοπίσεων από τις διαφορετικές μεθόδους .....    | 84  |
| 7.2.1 | Σύγκριση ταχυτήτων με την EUREF .....                           | 88  |
| 7.3   | Τελικό πεδίο ταχυτήτων ως προς ITRF2014.....                    | 89  |
| 7.4   | Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη.....                     | 91  |
| 7.5   | Πεδίο ταχυτήτων σε σύγκριση με άλλες εργασίες .....             | 93  |
| 8     | Συμπεράσματα - Προτάσεις.....                                   | 94  |
|       | Βιβλιογραφία .....  | 97  |
|       | Παράρτημα Ι: Έντυπα μετρήσεων υπαίθρου .....                    | 100 |

## Κατάλογος Εικόνων

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 2.1 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Nyst & Thatcher (2004) .....  | 21 |
| Εικόνα 2.2 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από τις εργασίες Relinger et al. (2006,2006) .....  | 21 |
| Εικόνα 2.3 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Φουμέλης (2009).....  | 22 |
| Εικόνα 2.4 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Χατζηνίκος (2013) .....   | 23 |
| Εικόνα 2.5 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Μαρίνου (2014). ..  | 24 |
| Εικόνα 2.6 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Chousianitis (2015) .....   | 25 |
| Εικόνα 2.7 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία Serpelloni et al. (2022) .....  | 26 |
| Εικόνα 3.1 Η τομή τριών κύκλων .....  | 30 |
| Εικόνα 3.2 Η βασική αρχή λειτουργίας του GPS.....   | 31 |
| Εικόνα 3.3 Τα σφάλματα κατά τη διαδρομή του σήματος GPS.....  | 38 |
| Εικόνα 4.1 Τελική επιλογή της θέσης των σημείων Ν. Αττικής (ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ 2012) .....   | 45 |
| Εικόνα 4.2 Χάρτης σημείων με την νέα κωδικοποίηση που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις το 2021 .....   | 46 |
| Εικόνα 4.3 Έντυπο τεκμηρίωσης δορυφορικών παρατηρήσεων.....   | 47 |
| Εικόνα 4.4 Εικόνες από τις μετρήσεις GPS στα σημεία .....   | 50 |
| Εικόνα 4.5 Εικόνες από τα σημεία (α) AR08 Πλατεία Μαραθώνα υλοποίηση με ατσαλόκαρφο (β) Κατεστραμμένο τριγωνομετρικό σημείο στην περιοχή της Κινέτας .....  | 51 |
| Εικόνα 4.6 Μετατροπή αρχείου TPS σε μορφή RINEX.....  | 52 |
| Εικόνα 4.7 Μετατροπή αρχείου JPS σε μορφή RINEX .....   | 53 |
| Εικόνα 4.8 Κεφαλίδα (Header) αρχείου RINEX .....  | 54 |
| Εικόνα 5.1 Κεντρική σελίδα της υπηρεσίας CSRS α) Επιλογή επίλυσης στατικού εντοπισμού, β) Επιλογή συστήματος αναφοράς γ) Πεδίο εισαγωγής αρχείου προς επίλυση .....   | 57 |
| Εικόνα 5.2 Αρχική σελίδα Leica Infinity. α) Βασικές επιλογές και ρυθμίσεις, β) Συντομεύσεις κύριων εργασιών, γ) Πρόσφατες εργασίες.....   | 60 |
| Εικόνα 5.3 Διαχείριση συστημάτων αναφοράς. α) επιλογή μενού διαχείρισης συστημάτων συντεταγμένων, β) επιλογή υπαρχόντων τοπικών συστημάτων αναφοράς, γ) επιλογή περιοχής, δ) επιλογή τύπου δεδομένων, ε) εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα ..... | 61 |
| Εικόνα 5.4 Μενού διαχείρισης βαθμονομημένων κεραιών GNSS .....  | 62 |
| Εικόνα 5.5 Αρχικό μενού : α) Νέα εργασία, β) Φάκελος αποθήκευσης αρχείων, γ) Πρότυπο εργασίας, δ) Όνομα εργασίας, ε) Επιλογή συστήματος συντεταγμένων, στ) Δημιουργία εργασίας.....   | 62 |
| Εικόνα 5.6 α) Εισαγωγή δεδομένων, β) Περιήγηση στους φακέλους του υπολογιστή, γ) Επιλογή αρχείων, δ) Εισαγωγή στην εργασία.....   | 63 |
| Εικόνα 5.7 Μενού με επιπλέον δυνατότητες παραμετροποίησης.....  | 64 |
| Εικόνα 5.8 α) Σταθμός αναφοράς (κόκκινο) σημεία προς επίλυση (πράσινο), β) Επιλογή σημείου ελέγχου, γ) Συντεταγμένες σημείου, δ) Αποθήκευση αλλαγών ε) Επεξεργασία.....   | 65 |
| Εικόνα 5.9 Γραφήματα επίλυσης ασαφειών φάσης.....   | 66 |
| Εικόνα 6.1 Παράμετροι μετασχηματισμού ITRF2014 σε ITRF2008.....   | 71 |
| Εικόνα 6.2 Γράφημα ασαφειών φάσης για κάθε δορυφόρο την 04-11-2021.....   | 76 |
| Εικόνα 7.1 Χάρτης με τις διαφορές δNorth,, δEast για την εποχή 2012 .....   | 82 |

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 7.2 Χάρτης με τις διαφορές δU <sub>p</sub> για την εποχή 2012 .....  | 82 |
| Εικόνα 7.3 Χάρτης με τις διαφορές δNorth,, δEast για την εποχή 2021 .....   | 83 |
| Εικόνα 7.4 Χάρτης με τις διαφορές δU <sub>p</sub> για την εποχή 2021 .....  | 83 |
| Εικόνα 7.5 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού .....                              | 86 |
| Εικόνα 7.6 Χάρτης κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού .....                             | 86 |
| Εικόνα 7.7 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού .....                              | 87 |
| Εικόνα 7.8 Χάρτης κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού .....                             | 87 |
| Εικόνα 7.9 Συγκριτικός χάρτης ταχυτήτων στο ITRF2014 .....  | 88 |
| Εικόνα 7.10 Χάρτης τελικού πεδίου οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού στο ITRF2014.....  | 90 |
| Εικόνα 7.11 Χάρτης τελικού πεδίου κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού στο ITRF2014..... | 90 |
| Εικόνα 7.12 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη .....  | 92 |

## Κατάλογος Πινάκων

|  |    |
|--|----|
| Πίνακας 3.1 Παρατηρούμενα μεγέθη στο GPS.....  | 38 |
| Πίνακας 4.1 Κωδικοποίηση σημείων 2012-2021.....  | 45 |
| Πίνακας 4.2 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS (εποχή 2012)<br>.....   | 48 |
| Πίνακας 4.3 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS (εποχή 2021)<br>.....   | 52 |
| Πίνακας 5.1 Τύποι συμπιεσμένων αρχείων.....  | 56 |
| Πίνακας 6.1 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο PPP (εποχή 2012) στο<br>ITRF2008.....   | 70 |
| Πίνακας 6.2 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο PPP (εποχή 2012) στο<br>ITRF2014.....   | 71 |
| Πίνακας 6.3 Συντεταγμένες DYNG στο ITRF2014 για κάθε εποχή μετρήσεων.....  | 72 |
| Πίνακας 6.4 Παράμετροι επίλυσης βάσεων.....  | 72 |
| Πίνακας 6.5 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης για κάθε συχνότητα.....  | 73 |
| Πίνακας 6.6 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης των βάσεων DYNG-ΤΕΙΑΤΗ-AR13.....   | 73 |
| Πίνακας 6.7 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο σχετικού εντοπισμού (εποχή<br>2012) στο ITRF2014.....   | 74 |
| Πίνακας 6.8 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης με τη μέθοδο PPP (εποχή 2021).....   | 75 |
| Πίνακας 6.9 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z της μεθόδου PPP (την εποχή 2021) στο<br>ITRF2014.....   | 77 |
| Πίνακας 6.10 Ποσοστά επιλυμένων ασαφειών φάσης για κάθε συχνότητα με τη μέθοδο του<br>σχετικού εντοπισμού την (εποχή 2021).....                          | 78 |
| Πίνακας 6.11 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z με τη μέθοδο του σχετικού εντοπισμού<br>(εποχή 2021) στο ITRF2014.....                                     | 78 |
| Πίνακας 7.1 Διαφορές γεωκεντρικών συντεταγμένων ΔX, ΔY, ΔZ και σε τοποκεντρικό<br>σύστημα δNorth , δEast, δUr μεταξύ των δύο μεθόδων την εποχή 2012..... | 80 |
| Πίνακας 7.2 Διαφορές γεωκεντρικών συντεταγμένων ΔX, ΔY, ΔZ και σε τοποκεντρικό<br>σύστημα δNorth , δEast, δUr μεταξύ των δύο μεθόδων την εποχή 2021..... | 81 |
| Πίνακας 7.3 Υπολογισμός μετατοπίσεων και ταχυτήτων με τη μέθοδο του απόλυτου<br>προσδιορισμού.....   | 85 |
| Πίνακας 7.4 Υπολογισμός μετατοπίσεων και ταχυτήτων με τη μέθοδο του σχετικού<br>προσδιορισμού.....   | 85 |
| Πίνακας 7.5 Σύγκριση ταχυτήτων με τις επίσημα δημοσιευμένες ταχύτητες του σταθμού<br>DYNG από την EUREF.....   | 89 |
| Πίνακας 7.6 Οριζόντιες ταχύτητες της Ευρωπαϊκής πλάκας για κάθε σημείο με το μοντέλο<br>GRSM v2.1.....   | 91 |
| Πίνακας 7.7 Οριζόντιες ταχύτητες σημείων ως προς σταθερή Ευρώπη.....   | 92 |
| Πίνακας 7.8 Σύγκριση ταχυτήτων του σημείου AR08 με τις επίσημες ταχύτητες του σταθμού<br>DYNG ως προς σταθερή Ευρώπη.....                                | 93 |

## 1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι η πιο σεισμογενής χώρα της Ευρώπης με έντονες μετακινήσεις του στερεού φλοιού. Η περιοχή της Αττικής είναι η πιο πυκνοκατοικημένη και για αυτό είναι σημαντικό να γίνεται εκτίμηση των παραμορφώσεων και της πιθανής επικινδυνότητας που μπορεί να έχουν, διότι ζει πολύ κόσμος και υπάρχουν πολλά και μεγάλα τεχνικά έργα και κατασκευές. Επίσης οι παραμορφώσεις έχουν σημαντικό ρόλο στη σωστή υλοποίηση των συστημάτων αναφοράς που χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς και άλλες επιστήμες.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί σημαντικά η Δορυφορική Γεωδαισία και τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού GNSS καθώς και οι μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων. Συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία γίνεται σύγκριση των μεθόδων του απόλυτου προσδιορισμού θέσης (PPP) και του σχετικού προσδιορισμού θέσης. Ελέγχεται εάν μια πιο γρήγορη μέθοδος επεξεργασίας μέσω PPP, η οποία λύνει με διαφορετικό τρόπο, είναι δυνατό να έχει αντίστοιχα αποτελέσματα με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού θέσης. Ιδιαίτερα στην διαδικασία εκτίμησης των μετακινήσεων στο χρόνο.

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση δορυφορικών γεωδαιτικών παρατηρήσεων GNSS για την εκτίμηση μετακινήσεων στην περιοχή της Αττικής. Αξιοποιήθηκε το ήδη υλοποιημένο δίκτυο σημείων GNSS από το ερευνητικό πρόγραμμα ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ την περίοδο του 2012 στο οποίο είχαν πραγματοποιηθεί παρατηρήσεις. Στη συνέχεια έγινε επαναμέτρηση και ανάλυση των δεδομένων στην εποχή του 2021 για την μεταξύ τους σύγκριση. Η διπλωματική εργασία ακολουθεί την δομή που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά για το τεκτονικό υπόβαθρο και τη σεισμικότητα της Αττικής. Επίσης παρουσιάζονται και άλλες προγενέστερες εργασίες από το 2000 έως το 2022, που αφορούν στην αξιοποίηση δεδομένων GPS είτε συγκεκριμένα στην περιοχή της Αττικής, είτε για την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας και στο τέλος γίνεται σύγκριση μεταξύ τους.



Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού GNSS, στις τροχιές των δορυφόρων, στα σφάλματα των μετρήσεων GNSS, καθώς και τα παγκόσμια πλαίσια/συστήματα αναφοράς που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης, τα δίκτυα όπου έγιναν οι μετρήσεις για την εποχή 2012 και για την εποχή 2021, καθώς και η προεπεξεργασία των παρατηρήσεων για τις δυο εποχές.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι προσδιορισμού, ο απόλυτος προσδιορισμός θέσης και ο σχετικός προσδιορισμός θέσης. Επίσης έγινε ανάλυση στη διαδικασία επεξεργασίας στον αλγόριθμο PPP και στο λογισμικό Leica Infinity 3.6.1.

Στο 6<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα και η ανάλυση των αποτελεσμάτων από τις δύο μεθόδους. Υπολογίστηκαν οι μετατοπίσεις και οι ταχύτητες για κάθε μέθοδο και έγινε η μεταξύ τους σύγκριση. Επίσης έγινε σύγκριση των πεδίων ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη. Τέλος έγινε σύγκριση του πεδίου ταχυτήτων με τις προγενέστερες εργασίες στην περιοχή της Αττικής.

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 2 Τεκτονικά κινηματικά χαρακτηριστικά της Αττικής

### 2.1 Τεκτονικό υπόβαθρο της Αττικής

Η περιοχή της Αττικής από γεωτεκτονική άποψη αποτελεί την βορειοδυτική απόληξη του σημερινού ενεργού ηφαιστειακού τόξου. Σύμφωνα με τους (Παπανικολάου & Λόζιος, 1990) ο ευρύτερος χώρος της Αττικής χαρακτηρίζεται από την παρουσία ρηξιγενών ζωνών ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης, αλλά και εγκάρσιων ΒΒΑ-ΝΝΔ προσανατολισμού, που διαμορφώνουν επιμέρους χώρους μεγάλης κλίμακας ρηξιτεμάχη με ανεξάρτητη κινηματική και παλαιογεωγραφική εξέλιξη κατά την νεοτεκτονική περίοδο.

Η ευρύτερη περιοχή των Αθηνών αποτελεί ουσιαστικά έναν μεταβατικό χώρο μεταξύ περιοχών της Κορινθίας και της Βοιωτίας, που χαρακτηρίζονται από έντονη σεισμική δραστηριότητα και εκείνων της Νότιας Αττικής και των Κυκλάδων με χαμηλούς ρυθμούς παραμόρφωσης (Μαριολάκος & Παπανικολάου, 1987) (Παπανικολάου & Λόζιος, 1990). Στην περιοχή της Αττικής από την Πάρνηθα μέχρι την παραλία του Ωρωπού παρατηρείται μια σταθερή προς Ν-ΝΑ περιστροφή περί οριζόντιου άξονα και ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης, των επιμέρους ρηξιτεμαχών, που καθορίζουν οι κλιμακωτές ρηξιγενείς ζώνες αντίστοιχου προσανατολισμού (Μαριολάκος & Παπανικολάου, 1987) (Paranikolaou, et al., 1988b). Παρόμοιο κινηματικό καθεστώς προκύπτει από υποθαλάσσια δεδομένα. (Παπανικολάου, et al., 1989)

Μορφωτικά χαρακτηριστικά καθώς και κινηματικά στοιχεία περιθωριακών ρηξιγενών δομών του ορεινού όγκου της Πάρνηθας υποδηλώνουν μέσους ρυθμούς ολίσθησης που κυμαίνονται μεταξύ 0.13-0.30mm/yr (Ganas, et al., 2004) (Ganas, et al., 2005) παρόμοιους με εκείνους των δομών του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου με 0,27-0,40/mm/yr (Ganas, et al., 1998) (Pantosti, et al., 2001). Αντίστοιχης τάξεως μεγέθους μέσοι ρυθμοί ολίσθησης έχουν αναφερθεί για το βόρειο όριο της Πάρνηθας (0.1-0.3/mm/yr), (Paranikolaou & Paranikolaou, 2007). Αντίθετα αρκετά υψηλότεροι ρυθμοί της τάξεως των 1.0-3.5mm/yr παρατηρούνται στην περιοχή του Κορινθιακού (Collier, et al., 1998) (Koukouvelas, et al., 2001). Στην πλειονότητα τους οι παραπάνω παρατηρήσεις αφορούν το σχετικά πιο ενεργό τμήμα της Αττικής, αναμένονται επομένως σταδιακά χαμηλότεροι ρυθμοί ολίσθησης κατά την μετάβαση προς τα ΝΑ της όρια.

Με βάση τα δεδομένα των ιστορικών χρόνων της ενεργής σεισμικότητας στην περιοχή της Αττικής να χαρακτηρίζεται ως μέσης σεισμικότητας με σπάνια παρουσία αξιόλογων

μεγεθών (Γαλανόπουλος, 1988). Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ο κίνδυνος από κάποιον καταστροφικό σεισμό θεωρείται ότι προέρχεται από γειτονικές εστίες, σε αποστάσεις της τάξεως των 50-100km περιφερειακά της Αττικής (Ambraseys, 1996)

Ασθενείς δονήσεις έχουν παρατηρηθεί της τάξεως των  $M_s=3.0$  σε διάφορες θέσεις των Αθηνών (Comninakis & Papazachos, 1986) (Makropoulos, et al., 1989). Το μέσο βάθος των σεισμών που σημειώνονται στην περιοχή είναι της τάξεως των 10km, όπως και στην πλειοψηφία του Ελλαδικού Χώρου, με εξαίρεση την περιοχή υποβύθισης των πλακών και την προέκταση της προς τα Β-ΒΑ στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου, όπου παρατηρούνται αρκετά μεγαλύτερα βάθη (Jackson & P, 1988).

Σεισμικές εστίες στον ευρύτερο χώρο της Αττικής αναφέρει ο (Γαλανόπουλος, 1988). Εντός της στενής περιοχής μελέτης διακρίνονται δύο εστίες στην περιοχή της Φυλής καθώς και μεταξύ Κηφισιάς και Εκάλης, που σχετίζονται με το ανατολικό όριο της Πάρνηθας και το δυτικό όριο του Πεντελικού αντιστοιχώς. Γειτονικές εστίες εντοπίζονται στο βόρειο όριο της Πάρνηθας εντός της λεκάνης του Ασωπού αλλά και στο νότιο όριο του Πεντελικού δυτικά της Ραφήνας ενώ απουσιάζουν στο ευρύτερο νότιο τμήμα της Αττικής.

Ο σεισμός στην Αττική το 1999 οδήγησε στην αναθεώρηση των απόψεων περί της τεκτονικής δραστηριότητας των περιοχών που θεωρούνταν παλαιότερα πρακτικά σεισμικές. Σύμφωνα με τον Ελληνικό αντισεισμικό Κανονισμό του 2000 (Ο.Α.Σ.Π., 2001) η περιοχή συγκαταλέγεται στις Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας I και II (Ο.Α.Σ.Π., 2001) και είναι η περιοχή μελέτης της εργασίας (Φουμέλης, 2009).

## 2.2 Προγενέστερες εργασίες

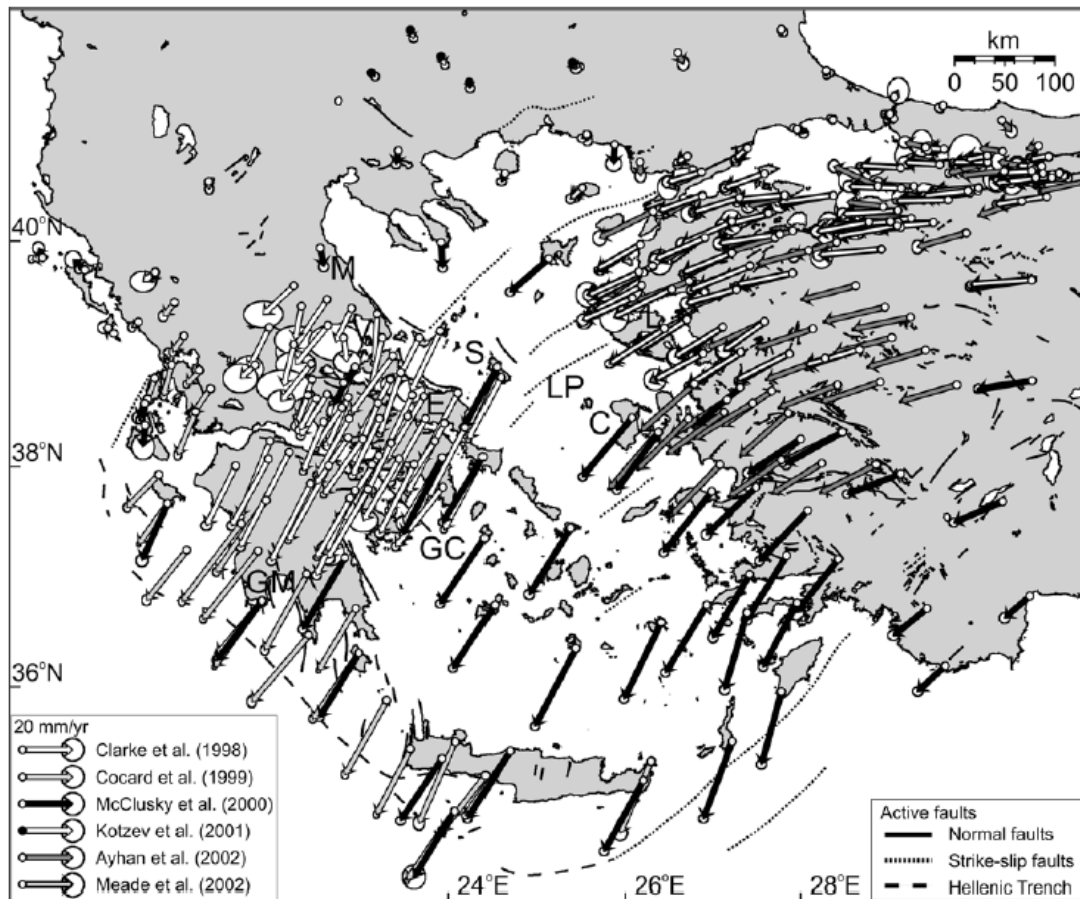
Η συνεισφορά των γεωδαιτικών παρατηρήσεων GNSS στην εξέταση του πεδίου ταχυτήτων της Αττικής, περιορίζεται σε παρατηρήσεις από δίκτυα που καλύπτουν τον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου, με περιορισμένο αριθμό σταθμών στη στενή περιοχή και υπαρκτό ενδεχόμενο έμμεσης επίδρασης των αποτελεσμάτων από ενεργές ρηξιγενής ζώνες σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων, όπου κυριαρχεί διαφορετικό νεοτεκτονικό καθεστώς. Οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων οφείλονται κυρίως στην πυκνότητα των εκάστοτε γειτονικών σταθμών, στο επιλεγμένο χρονικό εύρος παρατήρησης, στις παραμέτρους παρεμβολής των πρωτογενών δεδομένων καθώς και στην ορθότητα των επιμέρους επιλύσεων.

Στα πλαίσια της εξέτασης των μικρο-μετακινήσεων του χώρου μεταξύ Αλκυονίδων Αταλάντης και Πάρνηθας, βάσει μικρότερης κλίμακας γεωδαιτικού δικτύου, επιβεβαιώνεται ο εφελκυσμός σε διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ στην περιοχή της Κεντρικής Αττικής (Βέης & συνεργάτες, 2003). Τονίζεται σημαντικά η ανομοιομορφία ως προς την κινηματική συμπεριφορά των γεωδαιτικών σταθμών, λόγω της πολυπλοκότητας του χώρου. Προσπάθεια αξιοποίησης παλαιότερων επίγειων γεωδαιτικών παρατηρήσεων του Κρατικού Τριγωνομετρικού σε συνδυασμό με επαναμετρήσεις (Μαριολάκος & Παπανικολάου, 1987) στο σύστημα GPS, υποδεικνύει εφελκυσμό σε διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ στην περιοχή της Πάρνηθας και του Βορείου Λεκανοπεδίου Αθηνών (Καγιαδάκης, 1999). (Φουμέλης, 2009)

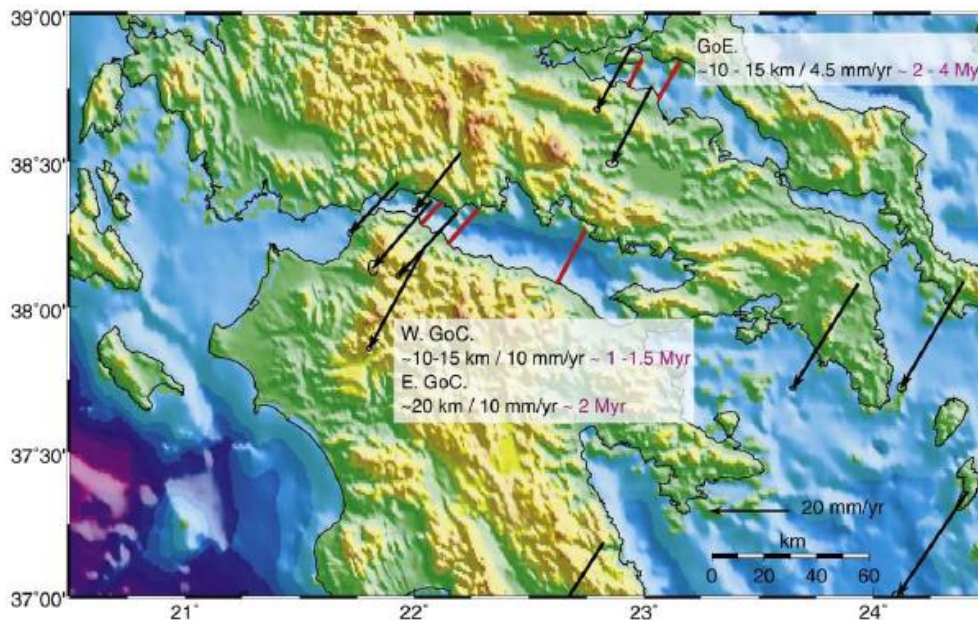
Τις τελευταίες δεκαετίες, με την ανάπτυξη των συστημάτων GNSS, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές εργασίες για την εκτίμηση των μετακινήσεων στην περιοχή της Ελλάδας. Παρουσιάζονται στη συνέχεια κάποιες από αυτές τις εργασίες που περιλαμβάνουν και την περιοχή της Αττικής.

Στην εργασία (Nyst & Thatcher, 2004), χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα έξι διαφορετικών δικτύων GPS από τις παρακάτω εργασίες (Clarke & al, 1998) (Cocard & , 1999), (McClusky, et al., 2003) (Kotzev, et al., 2001), (Ayhan & al., 2002) και (Meade, et al., 2002) αποτελούμενα από συνολικά 374 σταθμούς. Οι ταχύτητες της Στερεάς Ελλάδας και της περιοχής της Αττικής είναι ως προς σταθερή Ευρώπη και παρουσιάζουν μετακίνηση σε κατεύθυνση ΝΔ (Εικόνα 2.1).

Στις εργασίες (Reilinger, et al., 2010) έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελέσματα των δικτύων GPS στις περιοχές της Τουρκίας, στο Βόρειο Αιγαίο και στη Στερεά Ελλάδα. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση των δεδομένων είναι το ITRF2000. Οι ταχύτητες του δικτύου της Στερεάς Ελλάδας και της Αττικής έχουν κατεύθυνση ΝΔ ως προς σταθερή Ευρώπη (Εικόνα 2.2).

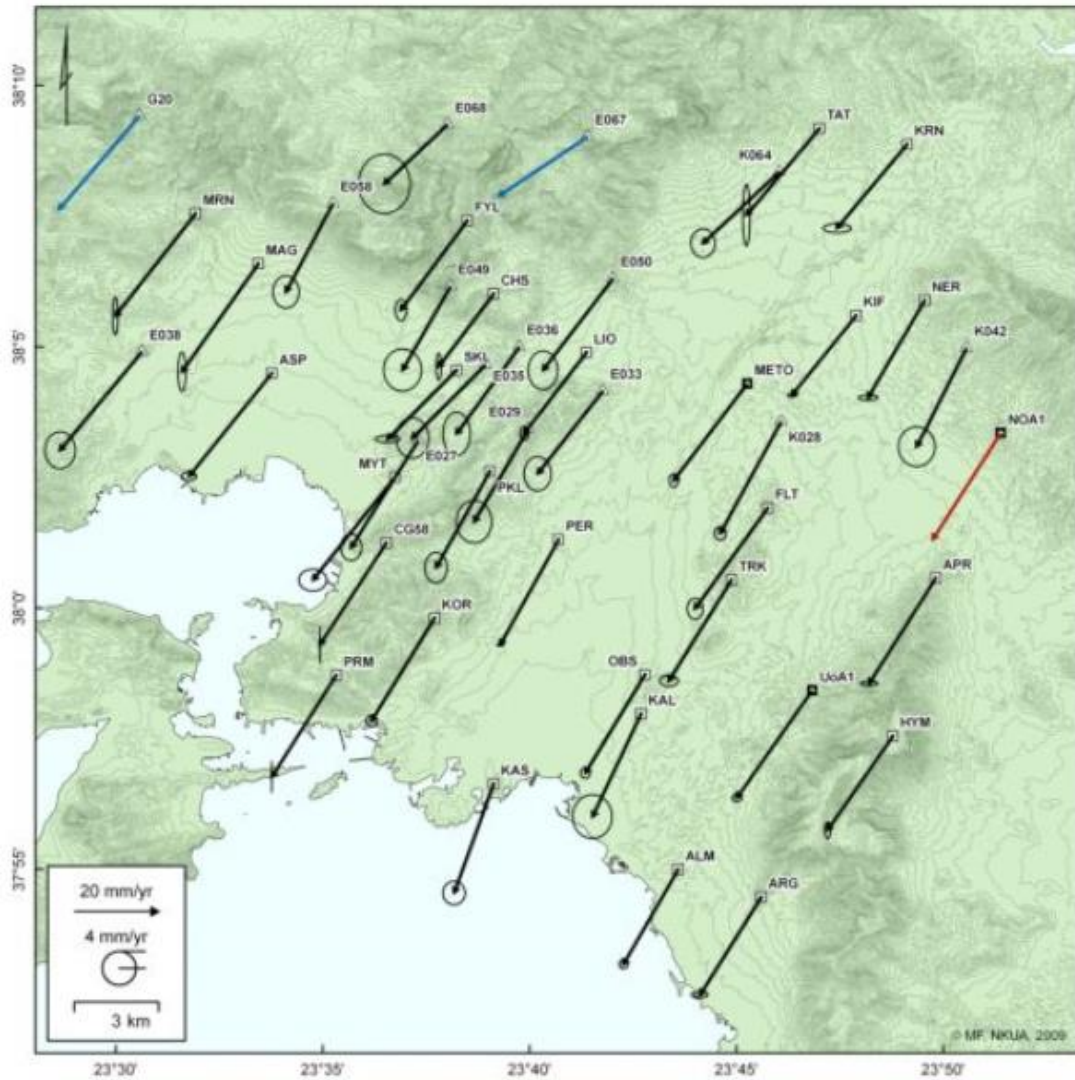


Εικόνα 2.1 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία (Nyst & Thatcher, 2004)



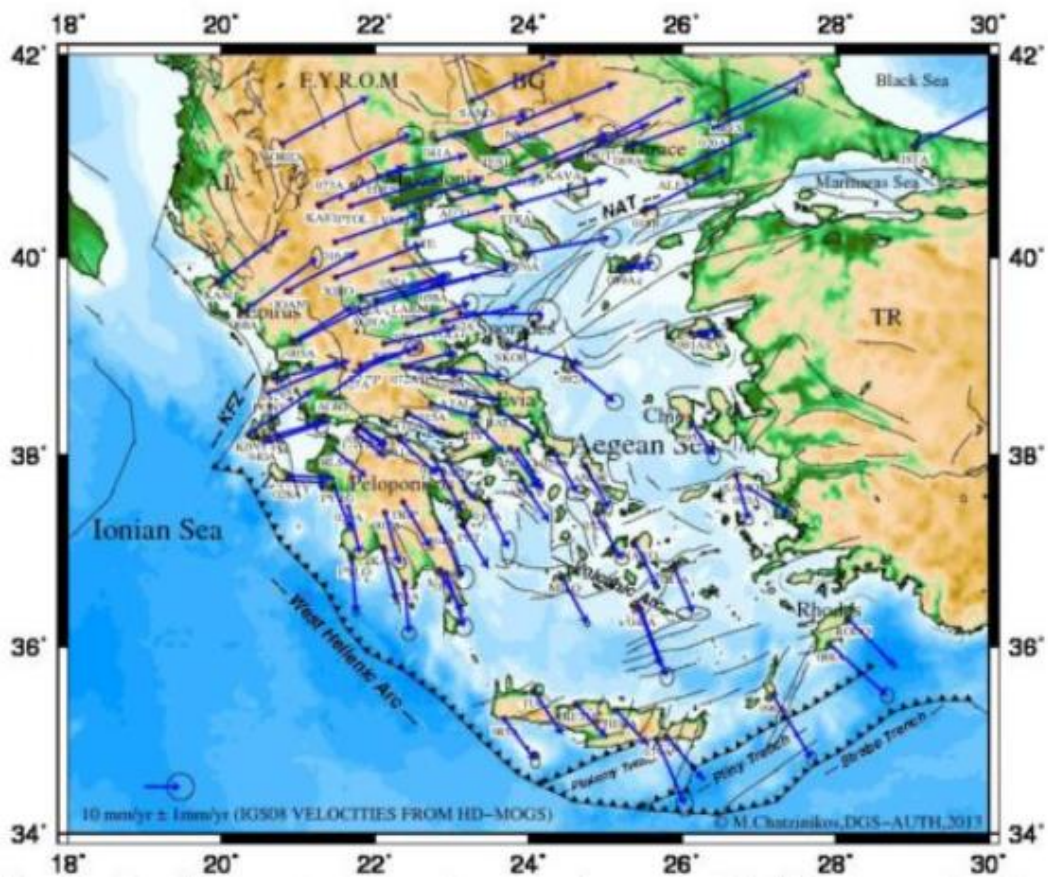
Εικόνα 2.2 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από τις εργασίες (Reilinger, et al., 2010)

Στην διδακτορική διατριβή (Φουμέλης, 2009) χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο GPS 44 σταθμών σε συνδυασμό με δεδομένα SAR, από το 2005 έως και το 2008. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το ITRF2000. Στην περιοχή της Αττικής οι ταχύτητες ως προς σταθερή Ευρώπη είναι με κατεύθυνση ΝΔ (Εικόνα 2.3).



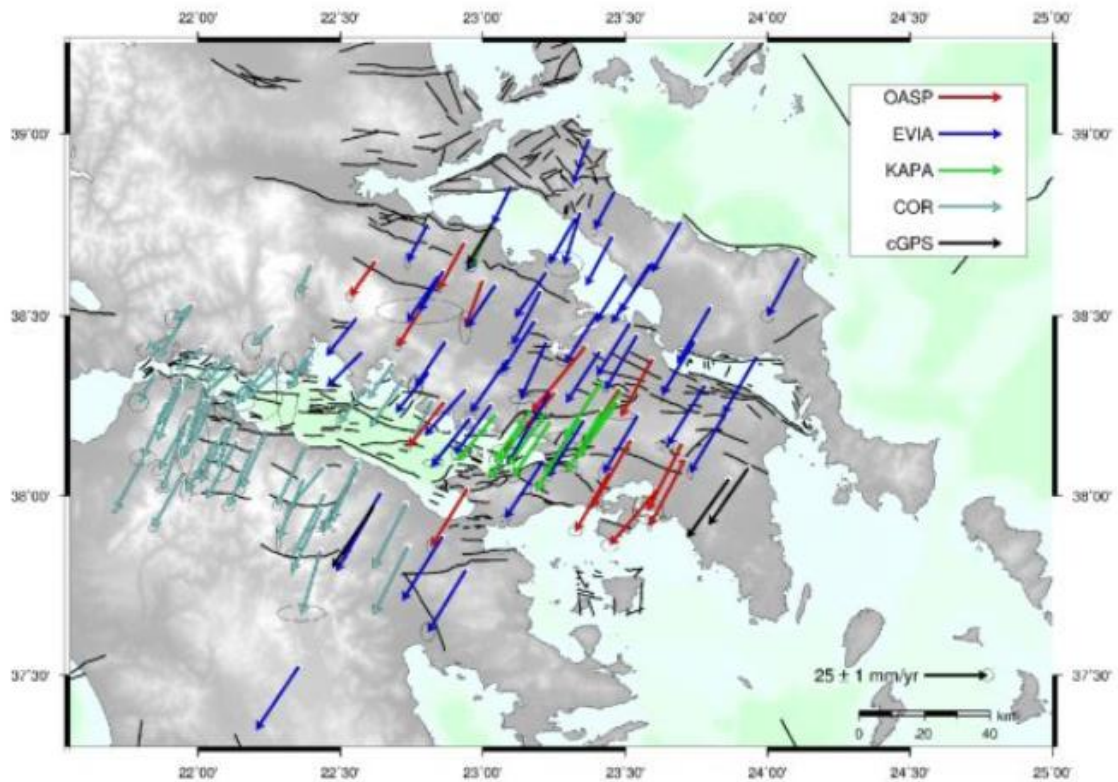
Εικόνα 2.3 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία (Φουμέλης, 2009)

Στην διδακτορική διατριβή (Χατζηνίκος, 2013) χρησιμοποιείται ένα δίκτυο μόνιμων σταθμών GPS με δεδομένα από το 2007 έως το 2012, αποτελούμενο από 122 σταθμούς, με τους 105 να καλύπτουν όλη την περιοχή της Ελλάδας. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το IGS08. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4 οι ταχύτητες στην περιοχή της Αττικής στο IGS08 είναι με κατεύθυνση NNA.



Εικόνα 2.4 Πεδίο ταχυτήτων ως προς το IGS08 από την εργασία (Χατζηνίκος, 2013)

Στην διδακτορική διατριβή (Μαρίνου, 2014) χρησιμοποιούνται όλα τα διαθέσιμα δεδομένα από περιοδικές μετρήσεις GPS από το 1989 έως το 2008. Ως σύστημα αναφοράς επιλέχθηκαν το ITRF96 και το ITRF2000 για τις αντίστοιχες εποχές μετρήσεων. Ειδικότερα στην περιοχή της Αττικής οι ταχύτητες ως προς σταθερή Ευρώπη είναι με κατεύθυνση ΝΔ (Εικόνα 2.5).

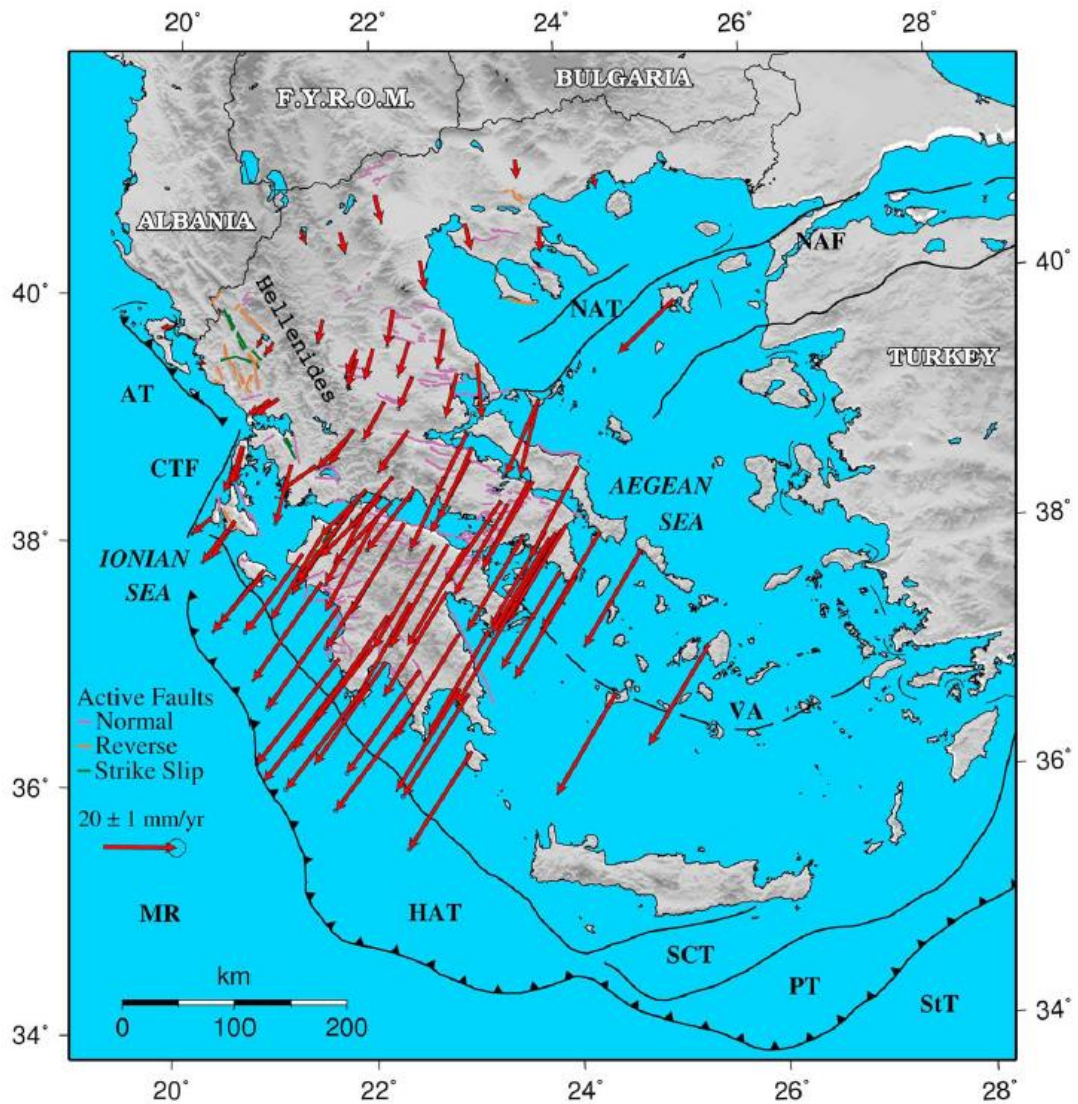


GM 2013 Apr 11 16:27:53 DSO-HGL/NTUA

Εικόνα 2.5 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία (Μαρίνου, 2014)

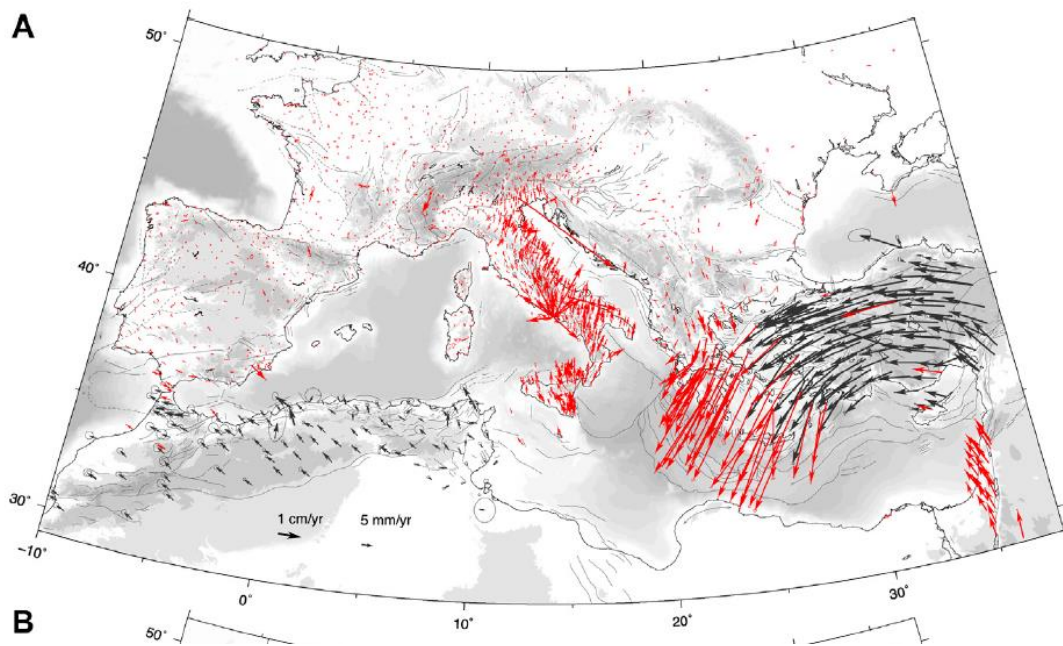


Στην εργασία (Chousianitis, et al., 2015) έχουν χρησιμοποιηθεί 100 μόνιμοι σταθμοί GNSS που είναι εγκατεστημένοι στην κεντρική και δυτική Ελλάδα. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το ITRF2008. Οι ταχύτητες στην περιοχή της Αττικής είναι με κατεύθυνση ΝΔ ως προς σταθερή Ευρώπη (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία (Chousianitis, et al., 2015)

Στην εργασία (Serpelloni, et al., 2022) χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από 4000 μόνιμοι σταθμοί GNSS. Για την εκτίμηση των ταχυτήτων χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές με διαθέσιμα δεδομένα πάνω από 6-7 χρόνια, στην περιοχή της Μεσογείου της Ευρασίας και της Βόρειας Αφρικής. Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το ITRF2014. Οι ταχύτητες στην κεντρική Ελλάδα είναι με κατεύθυνση ΝΔ ως προς σταθερή Ευρώπη (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη από την εργασία (Serpelloni, et al., 2022)

## 3 Δορυφορικά συστήματα GNSS και συστήματα αναφοράς

### 3.1 Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού GNSS

Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε ένα 'πλέγμα' εικοσιτεσσάρων τεχνητών δορυφόρων. Το δορυφορικό σύστημα GPS σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ και ονομάστηκε 'NAVSTAR GPS' (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System) για να ικανοποιήσει κυρίως στρατιωτικές ανάγκες.

Το GPS ανήκει σε μια κατηγορία δορυφορικών σχηματισμών, που ονομάζονται Παγκόσμια Συστήματα Δορυφορικού Εντοπισμού (Global Navigation Satellite System, GNSS). Παρόμοια συστήματα έχουν αναπτυχθεί ή αναπτύσσονται από διάφορες χώρες ανά τον κόσμο.

Το **GLONASS** είναι το ρωσικό αντίστοιχο του GPS. Η ανάπτυξή του ξεκίνησε το 1976 και μετά από πολλές διακυμάνσεις έφτασε το 2011 να παρέχει παγκόσμια κάλυψη, με ένα σχηματισμό εικοσιτεσσάρων δορυφόρων. Η δομή του συστήματος μοιάζει πολύ με αυτή του GPS, με τη διαφορά ότι κάθε δορυφόρος εκπέμπει σε διαφορετική συχνότητα τον ίδιο όμως κώδικα. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι το GLONASS χρησιμοποιεί διαφορετικό (χωρικό) σύστημα αναφοράς και σύστημα χρόνου από το GPS.

Το **GALILEO** είναι το ευρωπαϊκό παγκόσμιο σύστημα δορυφορικού εντοπισμού. Παρέχει παγκόσμια κάλυψη μέσω ενός σχηματισμού τριάντα δορυφόρων. Οι δορυφόροι του Galileo εκπέμπουν σήμα σε τρεις συχνότητες ενώ υπάρχει και δυνατότητα μιας νέας καινοτόμας τεχνολογίας Εύρεσης και Διάσωσης (Search and Rescue (SAR)). Κάθε δορυφόρος είναι εξοπλισμένος με έναν αναμεταδότη που είναι σε θέση να μεταφέρει τα σήματα κινδύνου από τους πομπούς του χρήστη στο κέντρο συντονισμού διάσωσης, το οποίο στη συνέχεια θα μπορεί να ξεκινήσει επιχείρηση διάσωσης. Ταυτόχρονα, το σύστημα παρέχει ένα σήμα στο χρήστη, ενημερώνοντάς τον ότι η κατάστασή του έχει ανιχνευθεί και ότι η βοήθεια είναι σε εξέλιξη.

Στην πραγματικότητα αν δυο δορυφόροι βρίσκονται αντιδιαμετρικά σε σχέση με το κέντρο της γης, τότε μπορούν να εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα.

Το **BEIDOU** είναι το κινέζικο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού, που είναι επιχειρησιακά λειτουργικό και παρέχει παγκόσμια κάλυψη. Οι δορυφόροι του BEIDOU εκπέμπουν σε τέσσερις συχνότητες, οι οποίες μάλιστα επικαλύπτονται με αυτές του Galileo.

Τέλος, δορυφορικά συστήματα εντοπισμού διαθέτουν και η Ινδία και Ιαπωνία, με τα IRNASS και QZSS αντίστοιχα. Τα συστήματα αυτά όμως, παρέχουν κάλυψη σε περιορισμένες χωρικά περιοχές για να εξυπηρετούν εθνικές κυρίως ανάγκες.

### 3.1.1 Περιγραφή της αρχιτεκτονική των συστημάτων GNSS

Τα συστήματα εντοπισμού θέσης παρέχουν παγκόσμια κάλυψη, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά θάλασσά και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασης τους, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες και ο συντονισμός τους. Τα τμήματα τους αναλυτικά είναι :

- **Τμήμα διαστήματος:** Αποτελείται από ένα δίκτυο δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά σε διάφορα τροχιακά επίπεδα. Οι δορυφόροι αυτοί ' 'σκεπάζουν' ' ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του GNSS, δηλαδή τη διαθεσιμότητα του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά.

Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος περίπου 20.200 χιλιομέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Συγκεκριμένα για το σύστημα GPS η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευση τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων που διαθέτουν.

- **Επίγειο τμήμα ελέγχου:** Οι δορυφόροι όπως είναι αναμενόμενο είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή ταχύτητα και θέση και στην κατάσταση της επάρκειας τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Για το σύστημα

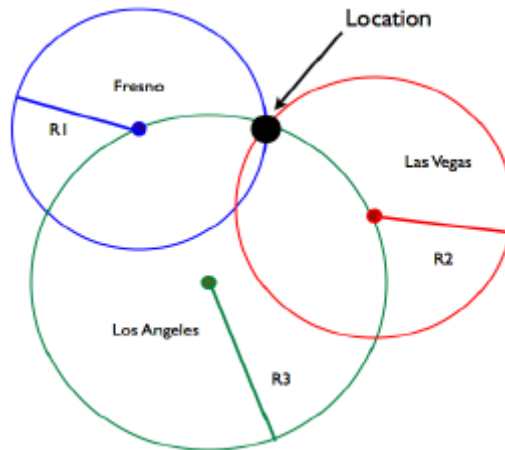
GPS το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη.

- **Το τμήμα του τελικού χρήστη:** Αποτελείται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GNSS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας απλής πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη της συσκευής GNSS. Πρόκειται δηλαδή, για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή 'ανθρώπινη' μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή του θέση.

Τα συστήματα GNSS βασίζονται στην ακριβή μέτρηση του χρόνου και στον συγχρονισμό των δεκτών και δορυφόρων σε μια ενιαία κλίμακα χρόνου. Για το σύστημα GPS αυτή ονομάζεται **χρόνος GPS** (GPS Time). Η αρχή τους ορίζεται ως τα μεσάνυχτα της 5/1/1980 με 6/1/1980 και από τότε μετράται συνεχόμενα (χωρίς την εισαγωγή χρονικών αλμάτων-*leap second*, όπως π.χ στην κλίμακα UTC). Για κάθε άλλο σύστημα GNSS έχει οριστεί αντίστοιχα η κλίμακα χρόνου. Το τμήμα ελέγχου και ειδικότερα ο κεντρικός σταθμός είναι υπεύθυνος για την διατήρηση της κλίμακας του χρόνου GPS και στον συγχρονισμό των δορυφορικών χρονομέτρων με αυτή.

### 3.1.2 Βασική αρχή λειτουργίας

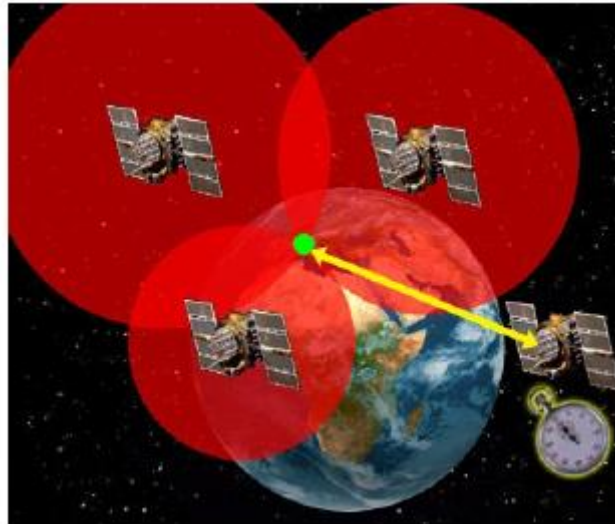
Ένας δέκτης GNSS εντοπίζει τη θέση του χρησιμοποιώντας μια διαδικασία που ονομάζεται τριπλευρισμός (*trilateration*). Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η αρχή λειτουργίας, μπορεί να θεωρηθεί το αντίστοιχο πρόβλημα αρχικά στις δύο διαστάσεις (Εικόνα 3.1)



Εικόνα 3.1 Η τομή τριών κύκλων

Έστω ένα τυχαίο σημείο στην επιφάνεια της Γης και σε κοντινή απόσταση βρίσκονται τρεις σταθμοί ( $P_1, P_2, P_3$ ) που εκπέμπουν σήμα παρόμοιο με αυτό του GNSS. Ένας δέκτης GNSS μπορεί να αποκωδικοποιήσει τα σήματα εκπομπής που λαμβάνει από τους τρεις σταθμούς και συνεπώς να υπολογιστούν οι αποστάσεις του δέκτη από κάθε σταθμό ( $R_1, R_2, R_3$ ). Η μέτρηση από τον  $P_1$  δίνει την πληροφορία ότι ο δέκτης βρίσκεται στη γραμμή ενός κύκλου με κέντρο  $P_1$  και ακτίνα  $R_1$ . Χρησιμοποιώντας και τη δεύτερη μέτρηση, συμπεραίνεται ότι η θέση του δέκτη είναι στην τομή δύο κύκλων (ένας με κέντρο το  $P_1$  και ακτίνα  $R_1$  και ο δεύτερος με κέντρο το  $P_2$  και ακτίνα το  $R_2$ ). Η πιθανή θέση του είναι μία εκ των δύο σημείων τομής των κύκλων. Η τρίτη μέτρηση θα δώσει ακριβώς τη θέση του δέκτη (ένα εκ των δύο σημείων τομής), καθώς υπάρχει μόνο ένα σημείο τομής τριών κύκλων.

Αν το παράδειγμα αναχθεί σε τρεις αντί δύο διαστάσεων και αντί των σταθμών εκπομπής θεωρηθεί ότι έχουμε δορυφόρους GNSS, προκύπτει η αρχή λειτουργίας του δορυφορικού εντοπισμού. (Εικόνα 3.2)



Εικόνα 3.2 Η βασική αρχή λειτουργίας του GPS

Σε αυτή την περίπτωση, οι κύκλοι αντικαθίστανται με σφαίρες που τέμνονται στην επιφάνεια της Γης.

Τα δύο βασικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι:

1. Η εκτίμηση της ακτίνας των σφαιρών (απόσταση δορυφόρου-δέκτη) και
2. Η εκτίμηση των κέντρων των σφαιρών (ή που βρίσκονται οι δορυφόροι)

Η απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα, βρίσκεται στο σήμα εκπομπής. Ο δέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει το σήμα που λαμβάνει από κάθε δορυφόρο, για να υπολογίσει τον χρόνο που χρειάστηκε αυτό για να διανύσει την απόσταση δορυφόρου-δέκτη. Η μέτρηση αυτή πολλαπλασιαζόμενη με την ταχύτητα του φωτός, δίνει την απόσταση. Τα σήματα GNSS περιέχουν επίσης πληροφορίες σχετικά με τη θέση του δορυφόρου. Λαμβάνοντας και αποκωδικοποιώντας το σήμα λοιπόν, ο δέκτης μπορεί να υπολογίσει σε ποιο σημείο ήταν ο δορυφόρος τη στιγμή που έγινε η εκπομπή.

Στην πραγματικότητα επειδή καμία μέτρηση και κανένα όργανο ή ηλεκτρονική συσκευή δεν λειτουργεί σε ιδανικό περιβάλλον, υπάρχει ένα σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Κάθε δορυφόρος και κάθε δέκτης, είναι εφοδιασμένος με το δικό του χρονόμετρο βάσει του οποίου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του. Αυτό όμως σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν μικρές διαφορές στην χρονομέτρηση, οι οποίες όμως πολλαπλασιαζόμενες με την ταχύτητα του φωτός παράγουν σημαντικές διαφορές (σφάλματα) στη μέτρηση των αποστάσεων. Έτσι στην πραγματικότητα οι σφαίρες είναι λίγο μετατεθειμένες ως προς την πραγματική θέση τους και αν αυτό το πρόβλημα

δεν αντιμετωπιστεί, η γεωμετρία των τριών σφαιρών δεν συγκλίνει σε ένα σημείο τομής.

Για τον συγχρονισμό των δορυφορικών χρονομέτρων, υπεύθυνο είναι το επίγειο τμήμα ελέγχου που υπολογίζει και κάνει διαθέσιμες τις διορθώσεις για κάθε δορυφόρο. Για τον συγχρονισμό του χρονομέτρου του δέκτη, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια ακόμη μέτρηση (ακόμη έναν δορυφόρο) ώστε να υπολογιστεί η απόκλιση του ως άγνωστη παράμετρος και να προσδιοριστεί.

## 3.2 Τροχιές δορυφόρων και παρατηρήσεις

Η γνώση των τροχιών και των χρονομέτρων των δορυφόρων είναι θεμελιώδους σημασίας για τον σωστό εντοπισμό της θέσης. Κάθε σφάλμα στη θέση ή το χρονόμετρο ενός δορυφόρου, θα επηρεάσει την ακρίβεια εντοπισμού θέσης. Πληροφορίες σχετικά με τις τροχιακές παραμέτρους και τις αποκλίσεις των δορυφορικών χρονομέτρων μεταδίδεται στο μήνυμα πλοήγησης.

### 3.2.1 Η τροχιά των δορυφόρων

Η μαθηματική περιγραφή της τροχιάς του δορυφόρου θα ήταν πολύ απλή, αν το πεδίο βαρύτητας της γης ήταν σφαιρικά συμμετρικό, αν η Γη ήταν το μόνο ουράνιο σώμα που ενεργούσε στο δορυφόρο και αν, επιπλέον, μη βαρυτικές δυνάμεις όπως η ατμόσφαιρα και η πίεση της ακτινοβολίας δεν θα υπήρχαν. Σε αυτή την περίπτωση όμως, ίσως η ζωή στη Γη να ήταν προβληματική.

Η τροχιά ενός δορυφόρου ακολουθεί τους τρεις βασικούς νόμους του Kepler οι οποίοι είναι:

1. Η τροχιά ενός δορυφόρου είναι έλλειψη με το κέντρο μάζας της Γης στη μία εστία.
2. Η ακτίνα δορυφόρου-Γης σαρώνει την έλλειψη διαγράφοντας σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά (με σταθερό ρυθμό).
3. Το τετράγωνο της περιόδου περιστροφής είναι ανάλογο του κύβου του μεγαλύτερου ημιάξονα της έλλειψης.

Οι παράμετροι της τροχιάς δίνονται σαν κεπλέρια στοιχεία, ενώ τα περιοδικά φαινόμενα με τη μορφή διορθώσεων πάνω στα κεπλέρια στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται ακριβή για διάστημα μιας ώρας από το χρόνο που αναφέρονται, ενώ θεωρούνται



επαρκούς ακρίβειας και για την επόμενη μισή ώρα. Συνολικά 16 παράμετροι περιγράφουν τα κεπλέρια στοιχεία και τις παρέλξεις στην εφημερίδα. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι τα κεπλέρια στοιχεία μεταβάλλονται συνεχώς, επομένως μια απαραίτητη παράμετρος για τον προσδιορισμό της τροχιάς είναι ο χρόνος που δίνεται στην ποσότητα  $t_{oe}$  (time of ephemeris) εκφρασμένη σε δευτερόλεπτα από την αρχή της εβδομάδας (μεσάνυχτα Σαββάτου προς Κυριακή).

Το σύστημα GPS, συγκεκριμένα έχει σχεδιαστεί ώστε να έχει σε λειτουργία πάντα 24 δορυφόρους. Ο σχεδιασμός του συστήματος απαιτεί την λειτουργία τεσσάρων δορυφόρων ανά τροχιακό επίπεδο και 6 τροχιακά επίπεδα όμοια κατανεμημένα ως προς τον ισημερινό της Γης. Σε κάθε επίπεδο οι δορυφόροι περιστρέφονται σε σχεδόν κυκλικές τροχιές ( $\max e=0.015$ ), που έχουν γωνία κλίσης  $55^\circ$  ως προς τον ισημερινό, με περίοδο ολοκλήρωσης μιας περιστροφής γύρω από την Γη περίπου 12 ωρών. Το ύψος της τροχιάς είναι περίπου 20.200km. Ο δορυφορικός αυτός σχηματισμός εξασφαλίζει τη δυνατότητα ορατότητας τουλάχιστον 4 δορυφόρων από τους χρήστες οποιαδήποτε χρονική στιγμή, με καλή γεωμετρική διάταξη  $5^\circ$  ή και ψηλότερα από τον τοπικό ορίζοντα σε οποιαδήποτε σχεδόν θέση πάνω στη Γη. Με αντίστοιχο τρόπο αλλά διαφορετικές παραμέτρους λειτουργούν και τα άλλα τρία κύρια δορυφορική συστήματα που έχουν αναφερθεί.

Οι παράμετροι της τροχιάς των δορυφόρων δίνονται με τη δημοσίευση των εφημερίδων. Οι εφημερίδες αφορούν είτε πρόβλεψη της τροχιάς των δορυφόρων (broadcast) και μεταδίδονται μέσω του μηνύματος ναυσιπλοΐας, είτε υπολογισμούς εκ των υστέρων που γίνονται από διάφορα κέντρα ανάλυσης και είναι μεγαλύτερης ακρίβειας, καθώς αφορούν πραγματικά δεδομένα. Συγκεκριμένα οι κατηγορίες των εφημερίων είναι:

- Broadcast: Μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του μηνύματος ναυσιπλοΐας, παράγονται για κάθε δορυφόρο από δεδομένα που έχουν αποκτηθεί στα ' ' άμεσα παρελθόν ' ' και προεκτείνονται στο μέλλον, Η ακρίβεια του είναι περίπου 100cm.
- Ultra-Rapid: Είναι εφημερίδες που υπολογίζονται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και δημοσιεύονται 3-9 ώρες μετά την καταγραφή των παρατηρήσεων. Η ακρίβεια τους είναι της τάξης των 3cm.
- Rapid: Δημοσιεύονται ύστερα από 17-41 ώρες από την καταγραφή των μετρήσεων και η ακρίβεια υπολογισμού τους είναι 2,5cm.

- Final: Οι τελικές εφημερίδες είναι οι υπολογισμένες τροχιές από όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, δημοσιεύονται ύστερα από 12 έως 18 ώρες και η ακρίβεια τους είναι της τάξης των 2.5cm.

### 3.2.2 Δορυφορικά χρονόμετρα

Ο ακριβής προσδιορισμός του χρόνου είναι το δεύτερο θεμελιώδες σημασίας ζήτημα για τον ακριβή εντοπισμό στο σύστημα GNSS, καθώς η ακριβής μέτρηση του χρόνου μετάδοσης ενός σήματος είναι ο παράγοντας υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δορυφόρου και δέκτη. Επομένως τα χρονόμετρα δορυφόρων θα πρέπει να είναι τέλεια συγχρονισμένα, καθώς μια λανθασμένη χρονομέτρηση της τάξης 1ms με την ταχύτητα του φωτός μεταφράζεται σε σφάλμα στον υπολογισμό της απόστασης της τάξης των 300km. Γι' αυτό το λόγο η ακρίβεια συγχρονισμού των χρονομέτρων θα πρέπει να είναι κάτω από 1ns( $10^{-9}$ s) ώστε να αυξηθεί σημαντικά η ακρίβεια υπολογισμού των αποστάσεων.

Οι δορυφόροι είναι εφοδιασμένοι με τέσσερα ατομικά χρονόμετρα (δύο Κεσίου και δύο Ρουβιδίου) τα οποία προσφέρουν μέχρι σήμερα την υψηλότερη διαθέσιμη ακρίβεια μέτρησης του χρόνου. Ωστόσο θα ήταν σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθούν ατομικά χρονόμετρα στους δέκτες GNSS καθώς το κόστος τους θα εκτοξευόταν και θα ήταν ασύμφορη η ευρεία χρήση τους.

Γι' αυτό το λόγο ο σχεδιασμός του GNSS έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε οι δέκτες GNSS να είναι εφοδιασμένοι με ένα μικρότερης ακρίβειας χρονόμετρο κρυστάλλου χαλαζία. Ο σχεδιασμός λάμβανε υπόψιν ότι για τον προσδιορισμό της θέσης είναι απαραίτητα τέσσερα και όχι τρία δορυφόροι. Η πλεονάζουσα πληροφορία είναι απαραίτητη για τον συγχρονισμό των δεκτών με τον χρόνο GNSS. Με αυτόν τον τρόπο οι δέκτες GNSS συγχρονίζονται με πολύ μεγάλη ακρίβεια και ελαχιστοποιείται το σφάλμα στους υπολογισμούς των αποστάσεων και τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου. Επίσης με αυτό τον τρόπο το σύστημα GNSS γίνεται η πιο διαδεδομένη συσκευή μέτρησης του χρόνου με μεγάλη ακρίβεια.

### 3.2.3 Το εκπεμπόμενο δορυφορικό σήμα

Το **δορυφορικό σήμα** λαμβάνεται από τον δέκτη και χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των μετρήσεων. Οι μετρήσεις ισοδυναμούν άμεσα και έμμεσα με αποστάσεις μεταξύ δέκτη και δορυφόρων σε κάθε χρονική στιγμή, ακρίβειας ανάλογης του μετρητικού σήματος που παρατηρείται από 1m έως και 1mm. Οι παρατηρήσεις καθώς και άλλα δεδομένα, καταγράφονται στη μνήμη του δέκτη και επεξεργάζονται είτε

εσωτερικά από το λογισμικό του δέκτη σε πραγματικό χρόνο, είτε εκ των υστέρων έπειτα από επεξεργασία παρέχοντας τα θέση, δηλαδή συντεταγμένες, την ταχύτητα και τον χρόνο. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ο δέκτης ' ' διαβάζει ' ' ένα μήνυμα με δεδομένα πλοήγησης, που περιλαμβάνει απαραίτητες πληροφορίες για το υπολογισμό θέσης, ιδίως όταν πρόκειται για υπολογισμό σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι τα στοιχεία τροχιάς των δορυφόρων από τα οποία υπολογίζονται οι συντεταγμένες τους, οι παράμετροι διόρθωσης χρόνου και άλλα συστηματικά σφάλματα, ώστε τελικά να υπολογιστεί η θέση.

Οι δορυφορικές μετρήσεις γίνονται με μετρητικούς κώδικες σε ημιτονοειδή κύματα, τα οποία αποτελούν τους φορείς των κωδικών και του μηνύματος πλοήγησης. Είναι πάντοτε επηρεασμένες από συστηματικά σφάλματα που οφείλονται κυρίως στο συγχρονισμό των ταλαντωτών (χρονομέτρων) των δορυφόρων και των δεκτών, καθώς και στην επίδραση της ατμόσφαιρας, όσο το δορυφορικό σήμα την διαπερνά κατά τη διαδρομή του. Τα σφάλματα αυτά προσδιορίζονται σε ικανοποιητικό βαθμό με τη βοήθεια κατάλληλων μοντέλων ή και απαλείφονται με ειδικές τεχνικές επεξεργασίας μετρήσεων. Σε αντίθεση με τις κλασικές παρατηρήσεις, το πρόβλημα των συστηματικών σφαλμάτων είναι κυρίαρχο στις δορυφορικές μετρήσεις και η επιτυχής αντιμετώπισή τους είναι καθοριστική για την ποιότητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Η ακριβής γνώση του χρόνου που αντιστοιχεί σε κάθε παρατήρηση και ο συγχρονισμός των χρονομέτρων των δεκτών και των δορυφόρων, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες στην επίτευξη της αναμενόμενης ακρίβειας, αφού η ακριβής μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ του δέκτη και των παρατηρούμενων δορυφόρων απαιτεί πολύ μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου ταξιδιού των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων από τους δορυφόρους έως τον δέκτη (Ατσόνιος, 2019).

#### 3.2.4 Παρατηρήσεις στα συστήματα GNSS

Τα βασικά παρατηρούμενα μεγέθη των συστημάτων GNSS, αυτά δηλαδή που επιτρέπουν την εκτίμηση θέσης, ταχύτητας και χρόνου, είναι οι ψευδοαποστάσεις και οι φάσεις (του φέροντος κύματος). Συνδυάζοντας τα δύο αυτά θεμελιώδη μεγέθη, μπορούμε να συνθέσουμε παρατηρήσεις για διάφορους σκοπούς και με διάφορα πλεονεκτήματα.

### 3.2.5 Μέτρηση ψευδοαπόστασης

Όπως έχει αναφερθεί, ο κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα μοναδικό σήμα, στο οποίο περιέχονται οι κώδικες P και C/A. Κάθε δέκτης GNSS έχει τη δυνατότητα να φτιάχνει ακριβή αντίτυπα αυτών των κωδίκων. Λαμβάνοντας λοιπόν το δορυφορικό σήμα, ο δέκτης συγκρίνει το κώδικα που παράχθηκε στον δορυφόρο με αυτό που παράγει ο ίδιος και υπολογίζει τη χρονική απόκλιση μεταξύ συγκεκριμένων κομματιών του. Η απόκλιση αυτή είναι ο χρόνος που χρειάστηκε το σήμα για να φτάσει από τον δορυφόρο στο δέκτη. Η συγκεκριμένη μέτρηση πολλαπλασιαζόμενη με την ταχύτητα μετάδοσης του σήματος (δηλαδή την ταχύτητα του φωτός) ονομάζεται ψευδοαπόσταση.

Η ψευδοαπόσταση μπορεί να διαφέρει αρκετά από την πραγματική απόσταση δορυφόρου-δέκτη, καθώς επηρεάζεται σημαντικά από τον μη συγχρονισμό των χρονομέτρων τους (κάθε σφάλμα ή απόκλιση μεταξύ των χρονομέτρων του δέκτη και του δορυφόρου πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός, συνεπώς ακόμη πολύ μικρές αποκλίσεις στη χρονομέτρηση επιφέρουν πολύ μεγάλα σφάλματα στην απόσταση). Η βασική εξίσωση που συνδέει την ψευδοαπόσταση με τις παρατηρήσεις και τα σφάλματα που επηρεάζουν την μέτρηση είναι:

$$P = p + c * (dt-dT) + d_{ion} + d_{trop} + e$$

Όπου:

**P:** είναι η μετρημένη ψευδοαπόσταση,

**c:** η ταχύτητα του φωτός,

**dt:** η απόκλιση του χρονομέτρου του δορυφόρου από τον χρόνο GPS,

**dT:** η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από τον χρόνο GPS,

**dion:** καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην ιονόσφαιρα,

**dtrop:** καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην τροπόσφαιρα,

**e:** λοιπά σφάλματα που επηρεάζουν το δορυφόρο, το δέκτη ή/και το σήμα.

Κάθε σφάλμα στην εκτίμηση των όρων της δεξιάς πλευράς της εξίσωσης, επηρεάζει τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κώδικας P συνήθως προσφέρει ακριβέστερες μετρήσεις λόγω της μεγαλύτερης συχνότητάς του.

### 3.2.6 Παρατήρηση φάσης

Μία πιο ακριβής μέτρηση από αυτή της ψευδοαπόστασης, είναι η μέτρηση της διαφοράς φάσης του λαμβανόμενου φέροντος κύματος με αυτό που παράγεται από τον δέκτη. Ιδανικά αυτή η μέτρηση θα έπρεπε να μας δίνει τον αριθμό πλήρων (ακέραιων<sup>1</sup>) και δεκαδικών κύκλων που μεσολαβεί μεταξύ του δορυφόρου και του δέκτη. Στην πραγματικότητα όμως, ο δέκτης δεν έχει δυνατότητα να διαχωρίσει ένα ακέραιο κύκλο από οποιονδήποτε άλλο. Έτσι, στην πράξη ο δέκτης απλά μετράει τον δεκαδικό κύκλο και καταγράφει τις αλλαγές στην φάση. Η αρχική μέτρηση λοιπόν είναι ασαφής (είναι άγνωστος ο αριθμός των ακέραιων κύκλων) και θα πρέπει να υπολογιστεί για να γίνει χρήση του συγκεκριμένου τύπου μετρήσεων. Η άγνωστη αυτή παράμετρος παραμένει όμως σταθερή, όσο δεν υπάρχει διακοπή λήψης του σήματος.

Η παρατήρηση της φάσης, μπορεί να μετατραπεί σε απόσταση χρησιμοποιώντας το μήκος κύματος του φέροντος κύματος. Σε σχέση με την ψευδοαπόσταση είναι πιο ακριβής μέτρηση, έχει όμως το μειονέκτημα να είναι ουσιαστικά άχρηστη αν δεν προσδιοριστεί ο αρχικός, άγνωστος αριθμός ακέραιων κύκλων.

$$\varphi = \rho * (f / c) + (dt-dT) * f + N - \text{dion} + \text{dtrop} + e$$

Όπου:

**$\varphi$** : είναι η παρατήρηση φάσης,

**$\rho$** : είναι η γεωμετρική απόσταση δορυφόρου-δέκτη,

**$c$** : η ταχύτητα του φωτός,

**$f$** : η συχνότητα του φέροντος κύματος,

**$dt$** : η απόκλιση του χρονομέτρου του δορυφόρου από τον χρόνο GPS,

**$dT$** : η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από τον χρόνο GPS,

**$N$** : ο αρχικός άγνωστος αριθμός (ακέραιων) κύκλων,

**$Dion$** : καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην ιονόσφαιρα,

**$Dtrop$** : καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην τροπόσφαιρα,

**$e$** : λοιπά σφάλματα που επηρεάζουν το δορυφόρο, το δέκτη ή/και το σήμα.

Να σημειωθεί ότι ο όρος του σφάλματος της ιονόσφαιρας έχει αντίθετο πρόσημο στις εξισώσεις που περιγράφουν την ψευδοαπόσταση και την παρατήρηση φάσης. Αυτό

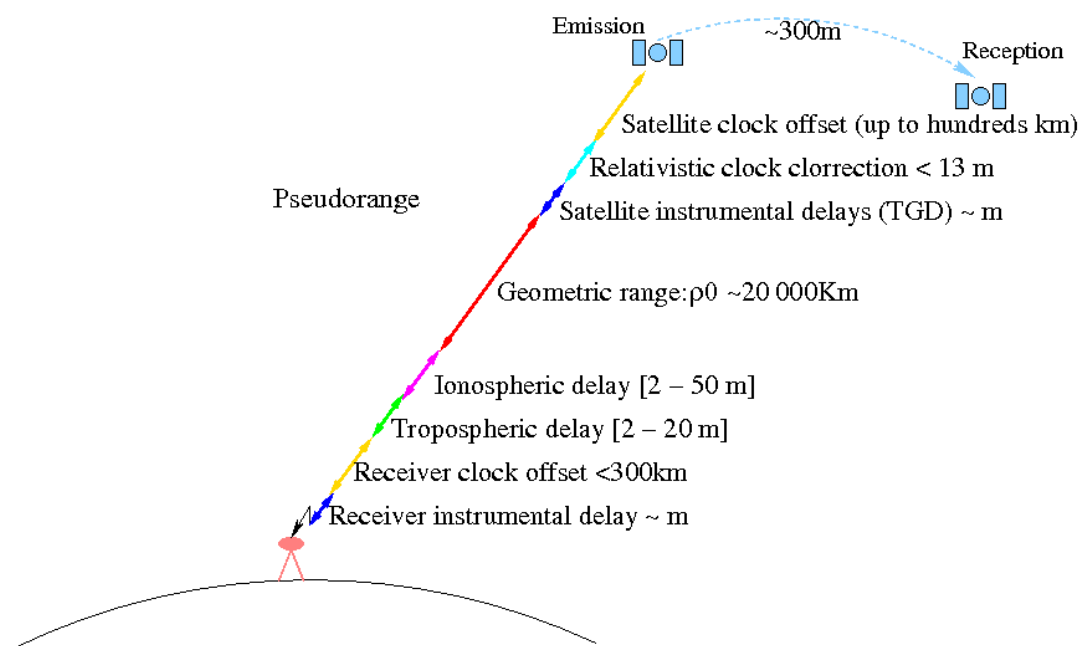
σημαίνει ότι η ιονόσφαιρα προκαλεί επιτάχυνση στο φέρον κύμα και καθυστέρηση στον κώδικα, μεγέθη ίσα σε απόλυτη τιμή.

Πίνακας 3.1 Παρατηρούμενα μεγέθη στο σύστημα GPS

| Παρατηρούμενο Μέγεθος | Ψευδοαποσταση                                      |              | Φάση   |        |
|-----------------------|--|--------------|--|--------|
|                       | C/A  | P(L1), P(L2) | L1   | L2     |
| Ονομαστική Ακρίβεια   | 3 m  | 0.3 m        | 2.0 mm   | 2.4 mm |
| Πλεονεκτήματα         | Απόλυτη μέτρηση (μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει) |              | Πολύ ακριβής μέτρηση   |        |
| Μειονεκτήματα         | Μικρή ακρίβεια                                     |              | Ασαφής μέτρηση αν δεν προσδιοριστεί ο αρχικός άγνωστος αριθμός ακεραίων κύκλων |        |

### 3.3 Τα σφάλματα στις μετρήσεις GNSS

Η δυνατότητα ανάλυσης των σφαλμάτων που εισέρχονται στις μετρήσεις του GNSS είναι σημαντικός παράγοντας και για τον τρόπο κατανόησης της λειτουργίας του συστήματος αλλά κυρίως για τη διόρθωση τους ώστε να παράγονται ακριβή αποτελέσματα. Τα κύρια σφάλματα προέρχονται από την ακρίβεια των χρονομέτρων καθώς και τη διαδρομή του σήματος μέσα στην ατμόσφαιρα, ενώ άλλα σφάλματα αφορούν την πολυανάκλαση του εκπεμπόμενου σήματος (multipath), τη γεωμετρία των δορυφόρων, την ακρίβεια των τροχιών και άλλα. (Εικόνα 3.3)



Εικόνα 3.3 Τα σφάλματα κατά τη διαδρομή του σήματος GPS

### 3.3.1 Τα σφάλματα του χρονομέτρου του δορυφόρου

Το σφάλμα του χρονομέτρου του δορυφόρου αφορά τον μη συγχρονισμό του ατομικού ρολογιού του κάθε δορυφόρου με το χρόνο GPS, που αποτελεί και το χρόνο αναφοράς του συστήματος. Για κάθε δορυφόρο υπολογίζεται το σφάλμα του χρονομέτρου από μια πολυωνυμική σχέση που βασίζεται σε τρεις συντελεστές που εκπέμπονται στο μήνυμα πλοήγησης.

### 3.3.2 Τροχιακά σφάλματα

Το σφάλμα που αφορά τις τροχιές των δορυφόρων προέρχεται από την παρέκκλιση της υπολογιζόμενης θέσης του δορυφόρου από την πραγματική θέση του. Καθώς οι θέσεις των δορυφόρων είναι από τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στη διαδικασία υπολογισμού της θέσης του δέκτη, κάθε σημαντική απόκλιση από την πραγματική θέση μεταφέρεται και ως σφάλμα στην επίλυση των μετρήσεων.

Η αντιμετώπιση αυτή των σφαλμάτων γίνεται με την εκπομπή της εκτιμώμενης τροχιάς μέσω του μηνύματος πλοήγησης. Το τμήμα εδάφους μέσω των σταθμών ελέγχου στη γη υπολογίζει κάθε φορά την τροχιά του κάθε δορυφόρου και την επεκτείνει στις επόμενες ώρες. Από το τμήμα ελέγχου η εκτιμώμενη εφημερίδα ενσωματώνεται στο μήνυμα ναυσιπλοΐας του κάθε δορυφόρου. Για εργασίες μεγαλύτερης ακρίβειας, χρησιμοποιούνται οι εφημερίδες ακρίβειας που υπολογίζονται από μετρήσεις των επίγειων σταθμών και είναι διαθέσιμες δεκαοχτώ περίπου μέρες μετά την περίοδο των μετρήσεων.

### 3.3.3 Σφάλματα των χρονομέτρων των δεκτών

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, κάθε δέκτης χρησιμοποιεί έναν συνηθισμένο ταλαντωτή – χρονόμετρο τύπου κρυστάλλου χαλαζία - για την παραγωγή του σήματος-αντίγραφο και τη διατήρηση της κλίμακας του χρόνου. Προφανώς τα χρονόμετρα των δεκτών είναι μικρότερης ακρίβειας από τα ατομικά χρονόμετρα που χρησιμοποιούνται στους δορυφόρους, καθώς η χρήση ατομικού χρονομέτρου θα εκτόξευε το κόστος χρήσης ακόμα και ενός απλού δέκτη GNSS. Η χρήση παρατηρήσεων από περισσότερους από τρεις δορυφόρους, επιτρέπει την εκτίμηση της απόκλισης του χρονομέτρου του δέκτη και την εξάλειψη του σφάλματος.

### 3.3.4 Βαθμονόμηση κεραιών

Το σφάλμα από την βαθμονόμηση των κεραιών των δεκτών GNSS προέρχεται από την μη σύμπτωση του κέντρου φάσης της κεραίας σε σχέση με το μηχανικό κέντρο της

κεραίας ενός δέκτη. Το μηχανικό κέντρο της κεραίας ενός δέκτη είναι το σημείο αναφοράς και καλείται Antenna Reference Point – ARP ως προς το οποίο προσδιορίζεται το ύψος της κεραίας από το σημείο του εδάφους για το οποίο πραγματοποιούνται οι μετρήσεις. Το κέντρο φάσης της κεραίας είναι το σημείο όπου γίνεται η λήψη του δορυφορικού σήματος, δεν ταυτίζεται με το μηχανικό κέντρο και λόγω των τεχνικών χαρακτηριστικών της κεραίας δεν αποτελεί κάποιο φυσικό σημείο που μπορεί να μετρηθεί άμεσα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με χρήση παραμέτρων ή μοντέλων βαθμονόμησης.

### 3.3.5 Σφάλματα λόγω της διαδρομής του σήματος

Η ατμόσφαιρα η οποία έχει σημαντική επίδραση στη διαδρομή του σήματος από το δορυφόρο έως το δέκτη, υποδιαιρείται συνήθως σε δύο βασικά στρώματα, την τροπόσφαιρα και την ιονόσφαιρα, δεδομένου ότι οι συνθήκες διάδοσης του σήματος σε αυτά τα δύο μέρη είναι αρκετά διαφορετικές. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή του σήματος μέσα στη ατμόσφαιρα τόσο μεγαλύτερη είναι και η επίδραση της ατμόσφαιρας σε αυτό. Για το λόγο αυτό, ένας πρώτος τρόπος αντιμετώπισης είναι η αποκοπή των δορυφόρων που η θέση τους είναι πολύ κοντά στον ορίζοντα της τοποθεσίας των μετρήσεων ώστε να μην εμπεριέχονται στις μετρήσεις σήματα που έχουν διανύσει μεγάλη διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα.

### 3.3.6 Επίδραση της Ιονόσφαιρας

Οι ταχείες διαταραχές της ιονόσφαιρας αποτελούν σημαντικό παράγοντα σφάλματος στις μετρήσεις με GNSS. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διάδοσή τους καθυστερούν, λόγω των ελεύθερων ηλεκτρονίων και των ιόντων που περιέχονται στην ιονόσφαιρα, η οποία περιβάλλει τη γη από ύψος 90km έως 1000km.

Αντιμετώπιση του προβλήματος της ιονόσφαιρας γίνεται είτε με τη χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου το οποίο να αντιπροσωπεύει όσο γίνεται καλύτερα την πραγματικότητα είτε με το σχηματισμό γραμμικών συνδυασμών των συχνοτήτων L1 και L2, εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα της ιονόσφαιρας να επιδρά διαφορετικά στις διάφορες συχνότητες.

Η χρήση του μαθηματικού μοντέλου γίνεται για βάσεις μικρού μήκους, δηλαδή οι δύο δέκτες GNSS να απέχουν μεταξύ τους έως 15km και να βρίσκονται σε περιοχές μεσαίου γεωγραφικού πλάτους καθώς στον Ισημερινό και στους πόλους παρατηρούνται μεγαλύτερες ιονοσφαιρικές διαταραχές.



### 3.3.7 Επίδραση της Τροπόσφαιρας

Η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας και εκτείνεται από τη γήινη επιφάνεια μέχρι το υψόμετρο των 20km. Η μετάδοση του σήματος εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία, την πίεση και την περιεκτικότητα σε υδρατμούς των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Η τροπόσφαιρα έχει μικρότερη επίδραση στα σήματα μικρού μήκους κύματος ενώ έχει μεγαλύτερη επίδραση στα οπτικά μήκη κύματος.

Η τροποσφαιρική διάθλαση είναι η καθυστέρηση στη διαδρομή του σήματος που προκαλείται από το ουδέτερο, μη-ιονισμένο τμήμα της ατμόσφαιρας της γης, της τροπόσφαιρας. Για την εκτίμηση της τροποσφαιρικής διάθλασης έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές και μοντέλα. Σήμερα, στην ανάλυση δεδομένων GNSS συνήθως χρησιμοποιείται η διαδικασία χαρτογράφησης της τροποσφαιρικής καθυστέρησης όπως αναπτύχθηκε από τον [Niell, 1996].

### 3.3.8 Πολυανάκλαση σήματος

Όταν τα ραδιοκύματα ανακλώνται από το έδαφος, από τα γύρω κτίρια, από υδάτινες επιφάνειες κτλπ, που βρίσκονται κοντά στο σημείο των μετρήσεων τότε δημιουργείται το φαινόμενο των πολλαπλών διαδρομών (multipath effect) του σήματος. Αυτή η καθυστέρηση του σήματος μπορεί να προκαλέσει σφάλματα στις μετρήσεις τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε τύπο σήματος και εξαρτώνται από το μήκος κύματος. Τα σφάλματα της πολλαπλής διαδρομής μπορεί να φθάσουν έως και 10 m εάν στο περιβάλλον υπάρχουν μεταλλικά κτήρια ή υδάτινες επιφάνειες που βοηθάνε την ανάκλαση του σήματος.

Για την διόρθωση των σφαλμάτων από την πολυανάκλαση του σήματος έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές. Εάν παρατηρηθεί μεγάλη καθυστέρηση, ο ίδιος ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει το σήμα ως εσφαλμένο και να απορρίψει αυτές τις μετρήσεις. Για την αντιμετώπιση της πολλαπλής διαδρομής με μικρότερη καθυστέρηση, πχ. αντανάκλαση στο έδαφος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένες κεραιές (choke-ring antenna) ώστε να μειωθεί η ισχύς του ανακλώμενου σήματος. Εάν η καθυστέρηση είναι πολύ μικρή είναι πιο δύσκολο να απορριφθεί γιατί παρεμβαίνει με το αληθινό σήμα προκαλώντας επιπτώσεις σχεδόν δυσδιάκριτες από τις συνήθεις διακυμάνσεις της ατμοσφαιρικής καθυστέρησης. (Αναστασίου, et al., 2014)

### 3.4 Παγκόσμια συστήματα και πλαίσια αναφοράς

Η Γη αλλάζει συνεχώς σχήμα. Ένα επίγειο πλαίσιο αναφοράς παρέχει ένα σύνολο συντεταγμένων ορισμένων σημείων που βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη εκτίμηση της κίνησης των τεκτονικών πλακών, της περιφερειακής καθίζησης ή της φόρτισης ή/και για την αναπαράσταση της Γης κατά τη μέτρηση της περιστροφής της στο διάστημα. Αυτή η περιστροφή μετριέται σε σχέση με ένα πλαίσιο που συνδέεται με αστρικά αντικείμενα, που ονομάζεται ουράνιο πλαίσιο αναφοράς. Η υπηρεσία IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) δημιουργήθηκε το 1988 για να δημιουργήσει και να διατηρήσει ένα Ουράνιο Πλαίσιο Αναφοράς το ICRF, και ένα Επίγειο Πλαίσιο Αναφοράς, το ITRF. Οι παράμετροι περιστροφής της γης ( Earth Orientation Parameters - EOPs) συνδέουν αυτά τα δύο πλαίσια μεταξύ τους. Αυτά τα πλαίσια παρέχουν μια κοινή αναφορά για σύγκριση παρατηρήσεων και αποτελεσμάτων από διαφορετικές τοποθεσίες. Σήμερα, τέσσερις κύριες γεωδαιτικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό ακριβών συντεταγμένων: το GNSS, το VLBI, το SLR και το DORIS. Δεδομένου ότι το δίκτυο παρακολούθησης που είναι εξοπλισμένο με τα όργανα αυτών των τεχνικών εξελίσσεται και η περίοδος των διαθέσιμων δεδομένων αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, το ITRF ενημερώνεται συνεχώς. Από το 1988 δημιουργήθηκαν 11 υλοποιήσεις του ITRF. Το τελευταίο είναι το ITRF2014.

Όλες αυτές οι υλοποιήσεις περιλαμβάνουν θέσεις και ταχύτητες σταθμών. Μοντελοποιούν τις αλλαγές του φλοιού της Γης και γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συγκρίνουν παρατηρήσεις από διαφορετικές εποχές. Η συνέχεια μεταξύ των διαφορετικών υλοποιήσεων έχει εξασφαλιστεί όσο το δυνατόν καλύτερα με την υιοθέτηση συμβάσεων για τους ορισμούς του ITRF. Η σχέση που συνδέει όλες αυτές τις λύσεις είναι υψίστης σημασίας.

Το πλαίσιο αναφοράς ITRF2008 είναι η νέα υλοποίηση του Διεθνούς Επίγειου Συστήματος Αναφοράς (ITRS). Ακολουθώντας τη διαδικασία που χρησιμοποιείται ήδη για τον σχηματισμό του ITRF2005 χρησιμοποιεί, ως δεδομένα εισόδου χρονοσειρές θέσεων σταθμών και EOPs που παρέχονται από τα τεχνικά κέντρα των τεσσάρων διαστημικών γεωδαιτικών τεχνικών (GNSS, VLBI, SLR, DORIS). Με βάση τις πλήρως επανεπεξεργασμένες λύσεις των τεσσάρων τεχνικών το ITRF2008 ήταν μια βελτιωμένη λύση σε σύγκριση με το ITR2005.

Το πλαίσιο αναφοράς ITRF2014 είναι η νέα υλοποίηση του Διεθνούς Επίγειου Συστήματος Αναφοράς.

Ακολουθώντας τη διαδικασία που χρησιμοποιείται ήδη για τον σχηματισμό ITRF2005 και ITRF2008. Χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου χρονοσειρές θέσεων σταθμών και EOPs που παρέχονται από τα τεχνικά κέντρα των τεσσάρων διαστημικών γεωδαιτικών τεχνικών (VLBI, SLR, GNSS και DORIS). Με βάση τις πλήρως επανεπεξεργασμένες λύσεις των τεσσάρων τεχνικών το ITRF2014 είναι μια βελτιωμένη λύση σε σύγκριση με το ITR2008.

Δύο νέες καινοτομίες εισήχθησαν στην επεξεργασία του ITRF2014 όπως:

- Εκτιμήθηκαν ετήσιοι και εξαμηνιαίοι όροι για σταθμούς με επαρκή χρονικά διαστήματα των τεσσάρων τεχνικών κατά τη διάρκεια των διαδικασιών συνόρθωσης της αντίστοιχης χρονοσειράς.

Τα μοντέλα PSD (Post-Seismic Deformation) προσδιορίστηκαν με την προσαρμογή δεδομένων GNSS/GPS σε σταθμούς που έχουν επηρεαστεί από ισχυρούς σεισμούς. Στη συνέχεια τα μοντέλα PSD εφαρμόστηκαν και στις άλλες τρεις τεχνικές. Ενώ η λύση ITRF2014 παρέχει τις συνήθεις-κλασσικές εκτιμήσεις: θέσεις σταθμών σε μια δεδομένη εποχή (2010.0), οι ταχύτητες σταθμών και EOPs, τα μοντέλα PSD αποτελούν μέρος των προϊόντων ITRF2014. (<https://itrf.ign.fr/en/background>)

## 4 Περιοχή μελέτης - Περιοδικές παρατηρήσεις GNSS

Η περιοχή μελέτης στην παρούσα εργασία περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή του Νομού Αττικής.

Η Αττική έχει έντονη σεισμικότητα καθώς και ενεργά ρήγματα και έχει ως ενδιαφέρον ότι είναι το μεγαλύτερο αστικό κέντρο με 5.000.000 κατοίκους καθώς και μεγάλα τεχνικά έργα. Άρα μια τέτοια μελέτη μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη εκτίμηση της κινηματικής συμπεριφοράς της περιοχής .

Στα πλαίσια του προγράμματος ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ είχαν πραγματοποιηθεί μετρήσεις με σκοπό την αξιολόγηση της υψομετρικής πληροφορίας χωροσταθμικού και τριγωνομετρικού δικτύου της Ελλάδας, στα πλαίσια της ενοποίησης των Ευρωπαϊκών συστημάτων αναφοράς και ελέγχου (Andritsanos, et al., 2016).

Οι μετρήσεις είχαν πραγματοποιηθεί σε σημεία που επιλέχθηκαν με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν από τις προδιαγραφές ακριβείας και ελέγχοντας την ευκολία πρόσβασης και τον ορατό ορίζοντα για τις μετρήσεις με δορυφορικές τεχνικές. Επιλέχθηκαν σημεία του κρατικού δικτύου (τριγωνομετρικό, χωροσταθμικό δίκτυο) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.).

Οι παρατηρήσεις που έγιναν για τη μέτρηση και για την αξιολόγηση των δικτύων ελέγχου στην περιοχή είναι :

1. Δορυφορικές μετρήσεις G.P.S
2. Παρατηρήσεις υψομετρικών διαφορών με χωροσταθμικές οδεύσεις

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η επιλογή θέσης των σημείων ελέγχου για την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 4.1 Τελική επιλογή της θέσης των σημείων Ν. Αττικής (ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ 2012)

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας δημιουργήθηκε νέα κωδικοποίηση των ονομάτων για τα σημεία που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις το 2021. Η κωδικοποίηση ακολουθεί τις προδιαγραφές της IGS για την ονομασία των αρχείων παρατηρήσεων RINEX V2. Οι κωδικοί για κάθε σημείο και για κάθε περίοδο μετρήσεων δίνονται στον Πίνακα 4.1 και οι θέσεις των σημείων στην Εικόνα 4.2.

Πίνακας 4.1 Κωδικοποίηση σημείων 2012-2021

| Κωδικός Γ.Υ.Σ | Κωδικοποίηση 2012 | Κωδικοποίηση 2021 |
|---------------|-------------------|-------------------|
| 17064         | 17064             | AR01              |
| 161064        | 161064            | AR02              |
| 379009        | 379009            | AR03              |
| 161125        | 161125            | AR04              |
| 236030        | 236030            | AR05              |
| 161126        | 161126            | AR06              |
| 161105        | 161105            | AR07              |
| 5161020145E   | 5161020145E       | AR08              |
| 161017        | 161017            | AR09              |
| 137014        | 137014            | AR10              |
| 137041        | 137041            | AR11              |
| 137030        | 137030            | AR12              |
| 186002        | 186002            | AR13              |
| 19053         | 19053             | AR14              |



Εικόνα 4.2 Χάρτης σημείων με την νέα κωδικοποίηση που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις το 2021

Στα σημεία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στις περιόδους 31/8-19/9/2012 και 1/11-2/12/2021 και στις δυο περιόδους παρατηρήσεων ακολουθήθηκαν οι παρακάτω προδιαγραφές για τις μετρήσεις (Andritsanos, et al., 2016) :

Οι παρατηρήσεις G.P.S. σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα παρακάτω:

- ελάχιστη διάρκεια μέτρησης - 60 λεπτά,
- διάστημα καταγραφής (logging interval) - 15 sec,
- το 90% της συνολικής διάρκειας των μετρήσεων σε ένα σημείο θα πρέπει να αποτελείται από ταυτόχρονες παρατηρήσεις σε τουλάχιστον 6 δορυφόρους,
- PDOP  $\leq$  4 τουλάχιστον για τα  $\frac{3}{4}$  της συνολικής διάρκειας των παρατηρήσεων,
- γωνία αποκοπής (elevation mask) 10°.

Η αναφορά των παρατηρήσεων ορίζεται:

1. βάθρο - στη στέψη του,
2. μαρμαρίνη πλάκα ή ορειχάλκινο μπουλόνι - στο επάνω μέρος τους,

Τέλος, το ύψος κεραίας προσδιορίστηκε με ακρίβεια 1 mm.

Για τις παρατηρήσεις σε κάθε κορυφή των δικτύων, καταγράφηκαν τα ακόλουθα στοιχεία σε ειδικό έντυπο (Εικόνα 4.3):

- Ημερομηνία μέτρησης (ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)
- Ώρα έναρξης και λήξης της μέτρησης (ΩΩ:ΛΛ)
- Ονοματεπώνυμο παρατηρητή
- Κωδικός σημείου
- Είδος σήμανσης κορυφής
- Τρόπος τοποθέτησης της κεραίας (με βάση κέντρωσης ή με τρίποδα)
- Τύπος δέκτη (κατασκευάστρια εταιρία και μοντέλο)
- Τύπος κεραίας (κατασκευάστρια εταιρία και μοντέλο)
- Ύψος κεραίας και τρόπος μέτρησης του
- Προσανατολισμός κεραίας
- Εμπόδια ορατότητας στο διάγραμμα ουρανού (sky-plot)
- Όνομα αρχείου μετρήσεων
- Παρατηρήσεις

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b>   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(DD/MM/YYYY): __/__/200__   | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> __:__:__<br><b>ΛΗΞΗ:</b> __:__:__ | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: ..... | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: ..... |  |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> __ . ____ m  |   |  |  |
| <b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> .....   |   |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> .....   | <b>ΠΡΟΣΑΝΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πωξίδα   |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> .....   | <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b>  | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b>                       |  |
| <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης    Ο Σταθερός είναι στο: .....   |   |  |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b> .....  |   |  |  |

Εικόνα 4.3 Έντυπο τεκμηρίωσης δορυφορικών παρατηρήσεων

## 4.1 Περίοδος παρατηρήσεων 2012

Στην περίοδο μετρήσεων από 31/8 έως 19/9/2012 τα σημεία που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις είναι 28. Από αυτά κάποια είναι τριγωνομετρικά του δικτύου, ενώ αυτά που έχουν κατάληξη E είναι σημεία που είχαν υλοποιηθεί με ατσαλόκαρφα στο έδαφος. Για τις παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο τύπος κεραίας HiPer Pro με τον αντίστοιχο δέκτη και η διάρκεια των μετρήσεων ήταν 1-3 ώρες, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.3. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στο σύστημα GPS.

Τα πρωτογενή δεδομένα είχαν αρχειοθετηθεί σε φακέλους σε format tps., που χρησιμοποιεί η TOPCON και είχαν κωδικοποιηθεί με την εξής ονομασία log(Ημερομηνία)\_(Αριθμός Σημείου).tps, όπως είχαν καταγραφεί στα έντυπα τεκμηρίωσης των παρατηρήσεων στο ύπαιθρο και με βάση αυτών έγινε η προεπεξεργασία των μετρήσεων όπως θα αναλυθεί σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Πίνακας 4.2 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS (εποχή 2012)

| Σημείο      | Τύπος Κεραίας | Ύψος κεραίας | Τρόπος μέτρησης | Χρόνος έναρξης  | Διάρκεια |
|-------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|----------|
| 017064      | HiPer Pro     | 0.191        | Vertical        | 9/14/2012 12:30 | 1:24:15  |
| 019010E     | HiPer Pro     | 1.463        | Vertical        | 9/11/2012 11:27 | 1:14:30  |
| 019053      | HiPer Pro     | 0.192        | Vertical        | 9/14/2012 9:06  | 0:55:00  |
| 137014      | HiPer Pro     | 0.188        | Vertical        | 9/5/2012 8:11   | 2:06:00  |
| 137030      | HiPer Pro     | 0.194        | Vertical        | 9/5/2012 8:51   | 1:08:45  |
| 137041      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/4/2012 8:41   | 1:18:15  |
| 161002E     | HiPer Pro     | 1.626        | Vertical        | 9/18/2012 8:52  | 1:09:15  |
| 161017      | HiPer Pro     | 0.193        | Vertical        | 8/31/2012 5:45  | 1:10:00  |
| 161064      | HiPer Pro     | 0.222        | Vertical        | 9/13/2012 11:56 | 1:37:15  |
| 161105      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/13/2012 7:56  | 1:02:00  |
| 161125      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/7/2012 9:12   | 1:00:00  |
| 161126      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/6/2012 6:34   | 0:58:45  |
| 186002      | HiPer Pro     | 0.192        | Vertical        | 9/19/2012 12:00 | 1:00:15  |
| 186022      | HiPer Pro     | 0.184        | Vertical        | 9/20/2012 8:38  | 1:01:00  |
| 236021      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/6/2012 9:01   | 0:56:15  |
| 236030      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/6/2012 11:48  | 0:55:15  |
| 301004      | HiPer Pro     | 0.191        | Vertical        | 9/20/2012 10:24 | 1:00:30  |
| 301013      | HiPer Pro     | 0.189        | Vertical        | 9/20/2012 11:57 | 1:00:15  |
| 346090      | HiPer Pro     | 0.188        | Vertical        | 9/5/2012 11:26  | 0:59:00  |
| 379009      | HiPer Pro     | 0.188        | Vertical        | 9/6/2012 13:42  | 0:58:00  |
| 5018020020E | HiPer Pro     | 1.466        | Vertical        | 9/11/2012 8:53  | 1:14:00  |
| 5161020121E | HiPer Pro     | 1.590        | Vertical        | 9/18/2012 11:36 | 1:03:00  |
| 5161020136E | HiPer Pro     | 1.407        | Vertical        | 8/31/2012 7:26  | 1:36:15  |
| 5161020145E | HiPer Pro     | 1.462        | Vertical        | 8/31/2012 7:57  | 0:59:00  |

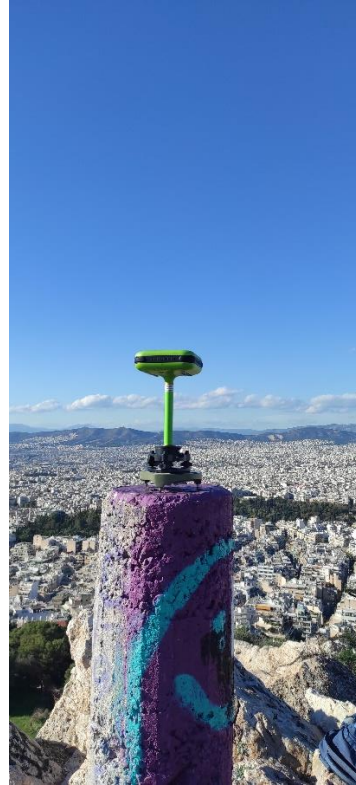
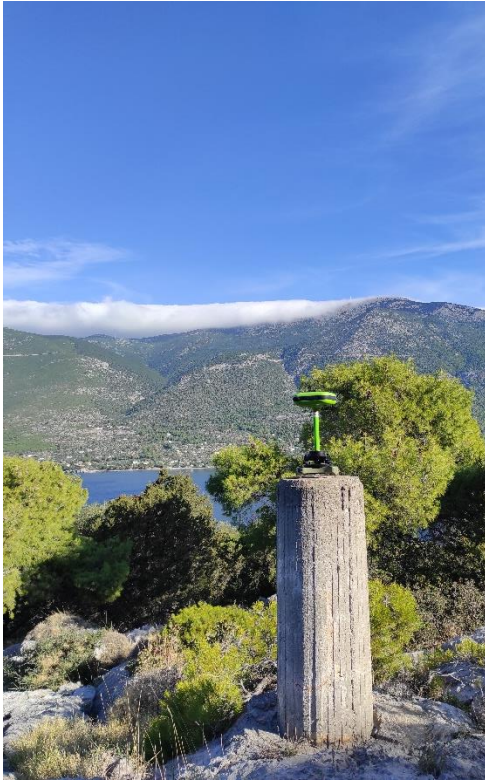


|             |           |       |          |                 |         |
|-------------|-----------|-------|----------|-----------------|---------|
| 5161020163E | HiPer Pro | 1.440 | Vertical | 9/13/2012 9:40  | 1:15:00 |
| 5161360009E | HiPer Pro | 1.480 | Vertical | 9/14/2012 11:17 | 3:14:15 |
| 5186020046E | HiPer Pro | 1.571 | Vertical | 9/19/2012 8:30  | 1:01:45 |
| 5186020050E | HiPer Pro | 1.475 | Vertical | 9/19/2012 10:23 | 1:03:00 |

#### 4.2 Περίοδος παρατηρήσεων 2021

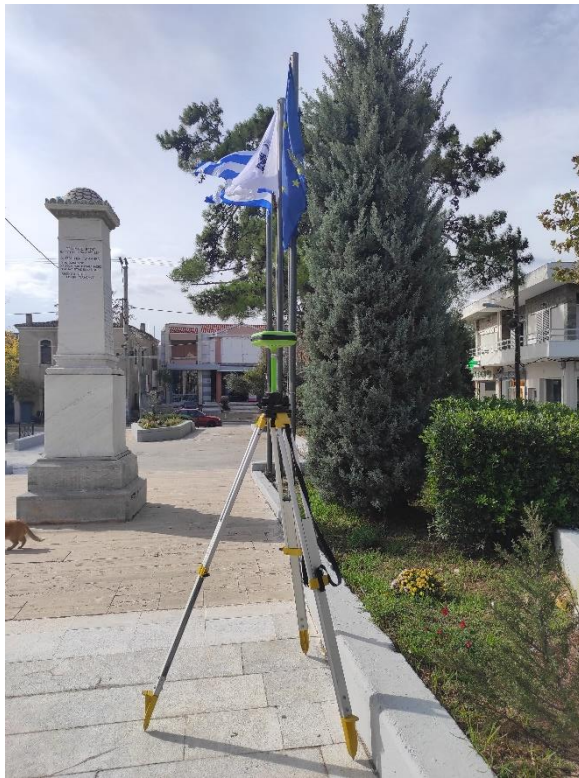
Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αποφασίστηκε να γίνει επαναμέτρηση του δικτύου των μετρήσεων του 2012. Έγινε προσπάθεια αναζήτησης και αναγνώρισης όλων των σημείων. Από τα συνολικά 28 σημεία εντοπίστηκαν και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 14 από αυτά (Εικόνα 4.4). Η περίοδος μετρήσεων είναι από 1/11 έως 2/12/2021.



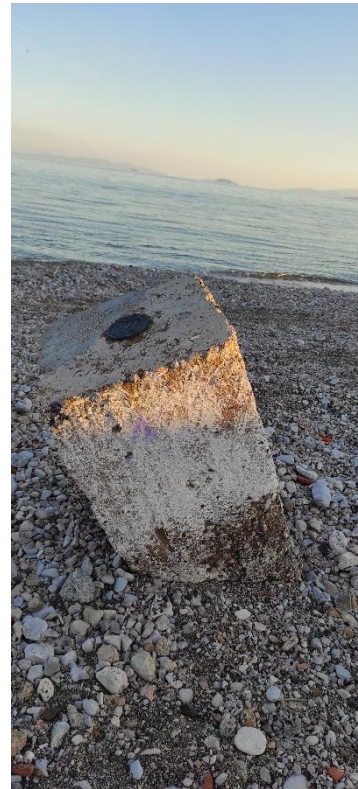


Εικόνα 4.4 Εικόνες από τις μετρήσεις GPS στα σημεία

Τα σημεία που ήταν υλοποιημένα με ασαλόκαρφο δεν ήταν δυνατό να αναγνωριστούν, εκτός από ένα στην πλατεία του Μαραθώνα (με κωδικό AR08, Εικόνα 4.5α). Από τα τριγωνομετρικά σημεία δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο σημείο με κωδικό όνομα Βουλιαγμένη (με κωδικό Γ.Υ.Σ 346090) διότι το βάθρο βρέθηκε κατεστραμμένο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.5β. Επίσης δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση στο τριγωνομετρικό σημείο με κωδικό όνομα Ράχη Αγκώνας (με κωδικό Γ.Υ.Σ 236021) λόγω της πυκνής βλάστησης .



(α)



(β)

Εικόνα 4.5 Εικόνες από τα σημεία (α) AR08 Πλατεία Μαραθώνα υλοποίηση με ατσαλόκαρφο (β) Κατεστραμμένο τριγωνομετρικό σημείο στην περιοχή της Κινέτας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Γεωδαισίας-Τοπογραφίας του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Χρησιμοποιήθηκαν δυο γεωδαιτικοί δέκτες TRIUMPH 1 της κατασκευάστριας εταιρίας JAVAD. Οι δέκτες έχουν τη δυνατότητα και παραμετροποιήθηκαν ώστε να λαμβάνουν σήμα από τα συστήματα GPS, GLONASS, GALILEO.

Στα σημεία που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με διάρκεια 1-2 ωρών. Στον Πίνακα 4.3. δίνονται όλα τα στοιχεία των μετρήσεων όπως καταγράφηκαν από τα έντυπα τεκμηρίωσης των παρατηρήσεων στο ύπαιθρο.

Τα πρωτογενή δεδομένα κάθε ημέρας αποθηκεύτηκαν σε μορφή jps., που χρησιμοποιεί η JAVAD και είχαν κωδικοποιηθεί με τον 4ψήφιο κωδικό δέκτη και με την ονομασία log(Ημερομηνία).

Πίνακας 4.3 Κορυφές του δικτύου ελέγχου Ν. Αττικής που μετρήθηκαν με GPS (εποχή 2021)

| Όνομα σημείου | Σημείο      | Τύπος Κεραίας | Ύψος κεραίας | Τρόπος μέτρησης | Χρόνος έναρξης         | Διάρκεια |
|---------------|-------------|---------------|--------------|-----------------|------------------------|----------|
| AR01          | 17064       | TRIUMPH 1     | 0.31         | Vertical        | 11/1/2021 8:36         | 1:04:00  |
| AR02          | 161064      | TRIUMPH 1     | 0.309        | Vertical        | 11/1/2021 10:01        | 1:09:00  |
| AR03          | 379009      | TRIUMPH 1     | 0.313        | Vertical        | 11/1/2021 12:18        | 1:03:00  |
| AR04          | 161125      | TRIUMPH 1     | 0.31         | Vertical        | 11/1/2021 14:01:16 μμ  | 1:00:00  |
| AR05          | 236030      | TRIUMPH 1     | 1.302        | Vertical        | 11/4/2021 8:59         | 1:04:00  |
| AR06          | 161126      | TRIUMPH 1     | 0.314        | Vertical        | 11/4/2021 12:29        | 0:58:45  |
| AR07          | 161105      | TRIUMPH 1     | 0.31         | Vertical        | 11/11/2021 8:39        | 1:02:00  |
| AR08          | 5161020145E | TRIUMPH 1     | 1.59         | Vertical        | 11/11/2021 10:18       | 0:59:00  |
| AR09          | 161017      | TRIUMPH 1     | 0.324        | Vertical        | 11/11/2021 12:00       | 1:10:00  |
| AR10          | 137014      | TRIUMPH 1     | 0.31         | Vertical        | 11/12/2021 12:28       | 2:06:00  |
| AR11          | 137041      | TRIUMPH 1     | 0.311        | Vertical        | 11/12/2021 7:50        | 1:18:15  |
| AR12          | 137030      | TRIUMPH 1     | 0.309        | Vertical        | 11/12/2021 10:19       | 1:08:45  |
| AR13          | 186002      | TRIUMPH 1     | 0.308        | Vertical        | 11/30/2021 09:05:06 πμ | 1:00:15  |
| AR14          | 19053       | TRIUMPH 1     | 0.311        | Vertical        | 12/2/2021 11:37        | 0:55:00  |

### 4.3 Προεπεξεργασία των μετρήσεων

Για την προεπεξεργασία των παρατηρήσεων του 2012 , τα πρωτογενή δεδομένα από μορφή tps μετατράπηκαν σε μορφή RINEX. Η μετατροπή έγινε μέσω του λογισμικού TEQC. Το λογισμικό TEQC είναι μια απλή προσέγγιση για την επίλυση πολλών προβλημάτων προ επεξεργασίας με δεδομένα από GPS, GLONASS, GALILEO κ.α σε μορφή RINEX 2.xx ή BINEX. (Εικόνα 4.6)

```

Windows PowerShell
PS C:\Users\Kelly Asp> cd d:
PS D:\> cd .\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ\data2012\20120831
PS D:\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ\data2012\20120831> dir

Directory: D:\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ\data2012\20120831

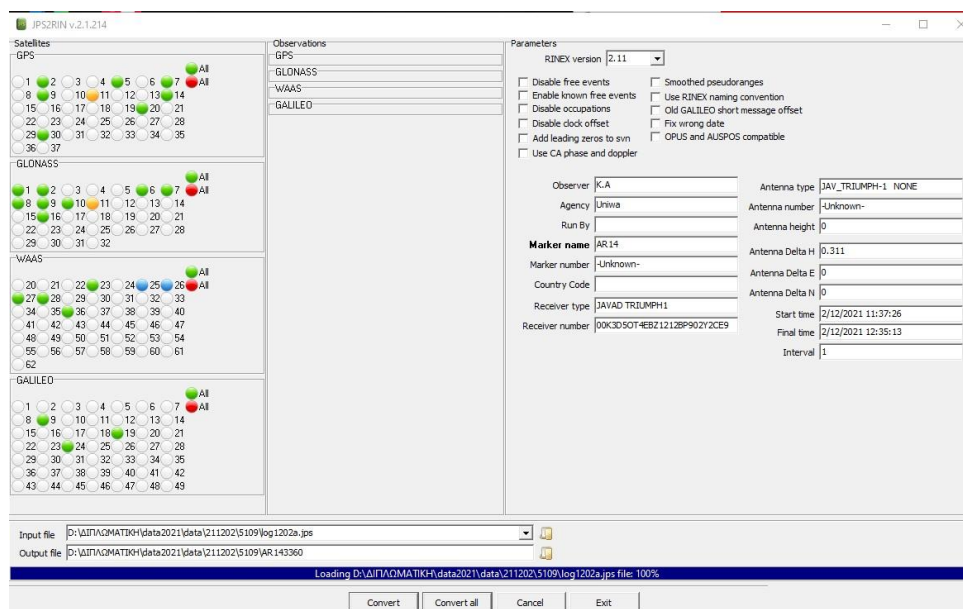
Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a----            11/10/2021   7:28 μμ          765394 5161020136E.12o
-a----              3/9/2012   2:24 μμ          217376 log0831h.tps
-a----              3/9/2012   2:21 μμ          245923 log20120830_084247.tps
-a----              3/9/2012   2:22 μμ          335881 log20120830_102422.tps
-a----              6/12/2021   1:16 μμ          501096 AR082440.12o
-a----              6/12/2021   1:11 μμ          570052 AR092440.12o

PS D:\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ\data2012\20120831> ..\teqc.exe .\log0831h.tps > AR08244.12o
    
```

Εικόνα 4.6 Μετατροπή αρχείου TPS σε μορφή RINEX

Για την προεπεξεργασία των παρατηρήσεων του 2021 , τα πρωτογενή δεδομένα από μορφή jps μετατράπηκαν σε μορφή RINEX μέσω του λογισμικού JPS2RIN.

Το λογισμικό JPS2RIN μετατρέπει από τα πρωτογενή αρχεία μορφής jps της εταιρείας, σε μορφές RINEX 2.xx και σε άλλες εκδόσεις. Για την παρούσα εργασία μετατράπηκαν σε RINEX 2.11. (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7 Μετατροπή αρχείου JPS σε μορφή RINEX

Στην Εικόνα 4.7 παρουσιάζεται το κεντρικό μενού του λογισμικού JPS2RIN. Για το αρχείο που θα γίνει μετατροπή δίνονται στην αριστερή πρώτη στήλη οι δορυφόροι για του οποίου έχει γίνει καταγραφή παρατηρήσεων, για τα διαφορετικά συστήματα πλοήγησης (GPS, GLONASS & GALILEO) και στη δεξιά στήλη τα στοιχεία των μετρήσεων για κάθε αρχείο.

Σε κάθε αρχείο RINEX που δημιουργήθηκε έγινε αλλαγή στα Marker Name, Antenna Type, Marker Number και Antenna : DELTA H (Ύψος κεραιάς) (Εικόνα 4.8). Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν φάκελοι για κάθε ημερομηνία μέτρησης με ονομασία την DOY (Day Of Year), στους οποίους περιέχονται όλα τα δεδομένα προς επίλυση.

|    |                      |                  |                     |                      |    |            |    |     |    |                       |
|----|----------------------|------------------|---------------------|----------------------|----|------------|----|-----|----|-----------------------|
| 1  | 2.11                 | OBSERVATION DATA | M (MIXED)           | RINEX VERSION / TYPE |    |            |    |     |    |                       |
| 2  | JPS2RIN v.2.1.214    | JAVAD GNSS       | 20211206 114939 UTC | PGM / RUN BY / DATE  |    |            |    |     |    |                       |
| 3  | K.A                  | Uniwa            |                     | OBSERVER / AGENCY    |    |            |    |     |    |                       |
| 4  | AR14                 |                  |                     | MARKER NAME          |    |            |    |     |    |                       |
| 5  | 00K3D50T4EBZ1212BP90 | JAVAD TRIUMPH1   | 3.6.5 Apr,04,2016   | REC # / TYPE / VERS  |    |            |    |     |    |                       |
| 6  | 4607505.8663         | 2027120.7526     | 3904234.8136        | APPROX POSITION XYZ  |    |            |    |     |    |                       |
| 7  | -Unknown-            | JAV TRIUMPH-1    | NONE                | ANT # / TYPE         |    |            |    |     |    |                       |
| 8  | 0.3110               | 0.0000           | 0.0000              | ANTENNA: DELTA H/E/N |    |            |    |     |    |                       |
| 9  | 1                    | 1                |                     | WAVELENGTH FACT L1/2 |    |            |    |     |    |                       |
| 10 | 14                   | C1               | P1                  | L1                   | D1 | S1         | C2 | P2  | L2 | D2# / TYPES OF OBSERV |
| 11 |                      | S2               | C5                  | L5                   | D5 | S5         |    |     |    | # / TYPES OF OBSERV   |
| 12 | 1.000                |                  |                     |                      |    |            |    |     |    | INTERVAL              |
| 13 | 2021                 | 12               | 2                   | 11                   | 37 | 26.0000000 |    | GPS |    | TIME OF FIRST OBS     |
| 14 | 2021                 | 12               | 2                   | 12                   | 35 | 13.0000000 |    | GPS |    | TIME OF LAST OBS      |
| 15 | 18                   |                  |                     |                      |    |            |    |     |    | LEAP SECONDS          |
| 16 | 26                   |                  |                     |                      |    |            |    |     |    | # OF SATELLITES       |

Εικόνα 4.8 Κεφαλίδα (Header) αρχείου RINEX

Το format RINEX είναι διεθνώς αποδεκτό διότι δίνει τη δυνατότητα στην επεξεργασία των παρατηρήσεων από δέκτες διαφορετικών εταιρειών με οποιοδήποτε λογισμικό επεξεργασίας GNSS . (Φωτίου & Πικριδάς, 2012)

## 5 Μέθοδοι προσδιορισμού θέσης και επεξεργασία των μετρήσεων

### 5.1 Η μέθοδος του απόλυτου προσδιορισμού θέσης ακριβείας

Η μέθοδος του απόλυτου προσδιορισμού ακριβείας (Precise Point Positioning-PPP) γίνεται με τη χρήση των ψευδοαποστάσεων, των μετρήσεων του φέροντος κύματος καθώς και των προϊόντων ακριβείας. Με τη χρήση της μεθόδου δίνεται η δυνατότητα του προσδιορισμού της θέσης μεμονωμένων σημείων ή και ολόκληρων δικτύων χωρίς τη βοήθεια γνωστών σημείων στην περιοχή μελέτης ή εκτός αυτής. Για να γίνει αυτό εφικτό είναι διαθέσιμα ελεύθερα στο διαδίκτυο δεδομένα ακριβείας των χρονομέτρων και των εφημερίδων των δορυφόρων από ινστιτούτα και υπηρεσίες (π.χ IGS & CODE).

Για τη μέθοδο PPP δεν είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη μέτρηση πολλών δεκτών σε μια περιοχή. Δεν υπάρχει σημείο αναφοράς και οι συντεταγμένες ορίζονται στο σύστημα αναφοράς των δορυφόρων, όπου είναι αναγκαίες οι ανάλογες μετατροπές. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος PPP είναι λιγότερο ακριβής από τη συμβατική μέθοδο των διπλών διαφορών, λόγω αδυναμίας επίλυσης ασαφειών αλλά και της μη εξάλειψης σφαλμάτων. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται νέοι αλγόριθμοι με σκοπό την επίλυση των ασαφειών φάσεις και με την μέθοδο PPP. Η ακρίβεια τους είναι της τάξεως του εκατοστού και σε κάποιες περιπτώσεις του χιλιοστού.

Η ακρίβεια της μεθόδου PPP εξαρτάται στον μεγαλύτερο βαθμό από την ποιότητα των προϊόντων για τις εφημερίδες των δορυφόρων και τις διορθώσεις των χρονομέτρων. Τα προϊόντα αυτά υπολογίζονται από μετρήσεις που προέρχονται από τους μόνιμους σταθμούς αναφοράς του παγκόσμιου δικτύου της IGS. Στη σύγχρονη εποχή τα προϊόντα που παρέχονται από τις αντίστοιχες υπηρεσίες, έχουν πολύ καλή ποιότητα και είναι αξιόπιστα. Σε περιπτώσεις όμως που χρειάζονται να επεξεργαστούν δεδομένα παλαιότερων εποχών, όπου η ακρίβεια των προϊόντων μπορεί να είναι χαμηλότερη, η μέθοδος PPP δεν έχει πάντα αξιόπιστα αποτελέσματα. Υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης όπως η ταυτόχρονη χρήση προϊόντων για τους δορυφόρους του συστήματος GLONASS, που έχει αποδειχθεί σε μελέτες ότι βελτιώνει την ακρίβεια και τους χρόνους αρχικοποίησης των μετρήσεων (Seepersad, et al., 1998)

Το μικρότερο κόστος εξοπλισμού, οι χαμηλότερες απαιτήσεις σε υπολογιστικό χώρο και χρόνο καθιστά τη μέθοδο PPP ελκυστική για ορισμένες εφαρμογές σε σχέση με τις μεθόδους του σχετικού προσδιορισμού θέσης.

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα των τεχνικών PPP είναι ότι απαιτούν έναν αρκετά μεγάλο χρόνο σύγκλισης για την επίτευξη της καλύτερης λύσης. Οι τυπικές τεχνικές PPP χρειάζονται γενικά πολλές δεκάδες λεπτά για να αρχίσουν να συγκλίνουν. Ωστόσο πολλές νέες τεχνικές PPP που προτάθηκαν είναι ικανές να μειώσουν σημαντικά αυτόν τον αρχικό χρόνο σύγκλισης, ενώ σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται προϊόντα για τις ατμοσφαιρικές διορθώσεις, π.χ για την ιονόσφαιρα, μπορούν ακόμη και να τον εξαλείψουν. (<https://webapp.csrscs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>)

## 5.2 Διαδικτυακή υπηρεσία CSRS-PPP

Η διαδικτυακή υπηρεσία CSRS-PPP είναι μια εφαρμογή επεξεργασίας δεδομένων για τα για παγκόσμια δορυφορικά συστήματα εντοπισμού (GNSS). Χρησιμοποιεί διορθώσεις ακριβείας της δορυφορικής τροχιάς, του χρονομέτρου του δορυφόρου και της κίνησης του πόλου, που προέρχονται από ένα παγκόσμιο δίκτυο σταθμών για τον προσδιορισμό της ακριβούς θέσης των χρηστών οπουδήποτε στον κόσμο, ανεξάρτητα από την εγγύτητα σε σταθμούς αναφοράς. Υποβάλλονται δεδομένα παρατηρήσεων σε μορφή RINEX από δέκτες μονής ή διπλής συχνότητας, που λειτουργούν σε στατική ή κινηματική λειτουργία μέσω του διαδικτύου, και ανακτώνται οι εκτιμώμενες ακριβείς θέσεις στο σύστημα αναφοράς North America Datum 1983 (NAD83 (CSRS)) ή στο Διεθνές Επίγειο Πλαίσιο Αναφοράς (ITRF).

Για να γίνει η χρήση της εφαρμογής αρχικά θα πρέπει ο χρήστης να κάνει εγγραφή. Κατόπιν να υπάρχει πρόσβαση σε ένα περιηγητή δικτύου και ένα λογαριασμό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, καθώς και τα γεωδαιτικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί να είναι σε μορφή RINEX.

Πίνακας 5.1 Τύποι συμπιεσμένων αρχείων

| Τύπος συμπίεσης | Επέκταση |
|-----------------|----------|
| UNIX            | *.Z      |
| Hatanaka        | *.Ygd    |
| ZIP             | *.zip    |
| gzip            | *.gz     |

Τα αρχεία των μετρήσεων που υποβάλλονται στην εφαρμογή, μπορεί να είναι είτε σε συμπιεσμένη είτε σε ασυμπιεστη μορφή RINEX. Η υπηρεσία επιτρέπει την υποβολή



ενός αρχείου κάθε φορά, χωρίς να υπάρχει περιορισμός στον συνολικό αριθμό υποβολών των δεδομένων παρατηρήσεων από τον χρήστη (Εικόνα 5.1.γ).

Η επεξεργασία των δεδομένων GNSS από την τεχνική PPP γίνεται με την επεξεργασία ψευδοαποστάσεων και της φέρουσας φάσης παρατηρήσεων στις συχνότητες L1 και L2. Στην περίπτωση απόρριψης της επεξεργασίας η διαδικασία διακόπτεται και δεν εκδίδεται αποτέλεσμα της λύσης. Η υπηρεσία δίνει τη δυνατότητα της επεξεργασίας των μετρήσεων είτε με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού είτε κινηματικού εντοπισμού (Εικόνα 5.1α).

Η εφαρμογή CSRS-PPP παρέχει στον χρήστη γεωδαιτικές και καρτεσιανές συντεταγμένες είτε στα διεθνή πλαίσια αναφοράς ITRF08/14 είτε στο NAD83. Ανάλογα με τον σκοπό της εργασίας μπορεί να επιλέξει ο χρήστης στη φόρμα υποβολής αρχείων με ποιο σύστημα αναφοράς θα γίνει η επίλυση. Για την επίλυση των παρατηρήσεων της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα διεθνή πλαίσια αναφοράς ITRF2008/14 (Εικόνα 5.1β).

The screenshot displays the CSRS-PPP web interface with several key elements highlighted in red boxes:

- Email for results (required):** An empty text input field.
- Processing mode:** Radio buttons for **Static** (selected) and **Kinematic**. Below them are tabs for **NAD83** and **ITRF**.
- Vertical datum:** A dropdown menu currently set to **CGVD2013**.
- Contribute to passive control maintenance?** A checkbox that is currently unchecked.
- Official Canadian federal or provincial geodetic marker number:** An empty text input field.
- RINEX observation file(s):** A text input field containing the filename **Επιλογή αρχείου AR082440.12o**.

At the bottom of the form is a dark blue button labeled **Submit to PPP**.

Εικόνα 5.1 Κεντρική σελίδα της υπηρεσίας CSRS α) Επιλογή επίλυσης στατικού εντοπισμού, β) Επιλογή συστήματος αναφοράς γ) Πεδίο εισαγωγής αρχείου προς επίλυση

Στη συνέχεια αποστέλλεται μήνυμα στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο του χρήστη με τα αποτελέσματα της επίλυσης, σε ενεργούς συνδέσμους με δυνατότητα λήψης εντός 36 ωρών καθώς και με τα παρακάτω αρχεία:

- Τελικά αρχεία της διαδικασίας υπολογισμού συντεταγμένων
- Γεωδαιτικές συντεταγμένες με τα τυπικά τους σφάλματα
- Ορθομετρικό υψόμετρο
- Συντεταγμένες Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής
- Χρονόμετρα και είδος τροχιών που χρησιμοποιήθηκαν
- Καρτεσιανές συντεταγμένες
- Ελλειψοειδές αναφοράς
- Έκδοση λογισμικού επεξεργασίας
- Στοιχεία επικοινωνίας με την υπηρεσία

Επιπλέον περιέχονται:

- Ασάφειες και τα υπόλοιπα των μετρήσεων φάσης
- Η συμπεριφορά του χρονομέτρου του δέκτη
- Οι συγκλίσεις των διορθώσεων της αρχικής θέσης
- Διάγραμμα ορατότητας των δορυφόρων όπου αναφέρονται τα υπόλοιπα μετρήσεων ψευδοαπόστασης.
- Οι παρατηρήσεις που υποβλήθηκαν (είδος –διάρκεια παρατηρήσεων , τύπος - ύψος κεραίας)

Στην πιθανότητα της μη επεξεργασίας αποστέλλεται στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μήνυμα αναφοράς σφάλματος. (Ψύχας, 2015)

### 5.3 Η μέθοδος του σχετικού προσδιορισμού θέσης

Η μέθοδος του σχετικού προσδιορισμού θέσης είναι η πιο αξιόπιστη και πιο διαδεδομένη. Είναι η κύρια μέθοδος για την επίλυση σε πραγματικό χρόνο (RTK, Stop-n-Go Kinematic κ.λπ.) καθώς και για την απλή ταχυμετρία σε συνήθεις τοπογραφικές εργασίες (Φωτίου & Πικριδάς, 2012).

Η επίλυση μιας βάσης GNSS στον σχετικό προσδιορισμό θέσης, στηρίζεται στην ταυτόχρονη λήψη δεδομένων από δύο επίγειους δέκτες προς τους ορατούς δορυφόρους. Με την ταυτόχρονη λήψη δεδομένων από δύο δέκτες μειώνονται τα σφάλματα των χρονομέτρων και των τροχιών των δορυφόρων, των χρονομέτρων των

δεκτών και των τοπικών ατμοσφαιρικών ανωμαλιών. Αυτό γίνεται διότι τα σφάλματα της ίδιας περιόδου μετρήσεων είναι ίδια και εξαλείφονται, οπότε ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα και παρέχεται μια πιο ικανοποιητική ακρίβεια.

Η απαλοιφή διαφόρων σφαλμάτων όπως των χρονομέτρων, δορυφορικών τροχιών ελαχιστοποιούνται ή εξαλείφονται. Επιπλέον τα σφάλματα που οφείλονται στο περιβάλλον του ζεύγους των δεκτών μειώνονται (αρκεί η βάση να μην υπερβαίνει τα 10km). Αυτά τα σφάλματα είναι τα ιονοσφαιρικά και τα τροποσφαιρικά, τα οποία προκύπτουν από τη διάταξη των κεραιών. Τέλος οι μετρήσεις του κώδικα δεν χρησιμοποιούνται διότι έχουν μικρότερη ακρίβεια προσδιορισμού από αυτές της φέρουσας φάσης. Η χρήση τους είναι μόνο για το συγχρονισμό των χρονομέτρων.

Είναι γεγονός ότι η αναγκαιότητα ύπαρξης τουλάχιστον δυο δεκτών που καταγράφουν ταυτόχρονες παρατηρήσεις αυξάνει το κόστος και τον όγκο του εξοπλισμού που απαιτείται. Επομένως έχει δημιουργηθεί η ανάγκη και τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί δίκτυα μόνιμων σταθμών αναφοράς GNSS, για διαφορετικούς επιστημονικούς ή μη σκοπούς.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δύνανται να λύνονται οι ασάφειες φάσης. Με την επίλυση των ασαφειών επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια, διότι οι μετρήσεις στη φάση είναι πολύ πιο ακριβείς από τις μετρήσεις με κώδικα καθώς περιέχουν μεγάλο ποσοστό θορύβου.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου του σχετικού προσδιορισμού θέσης είναι :

- Απαλοιφή σφαλμάτων δορυφόρου-δέκτη
- Απαλοιφή σφαλμάτων τροχιών
- Απαλοιφή σφαλμάτων ατμόσφαιρας
- Εφικτή επίλυση ασαφειών φάσης

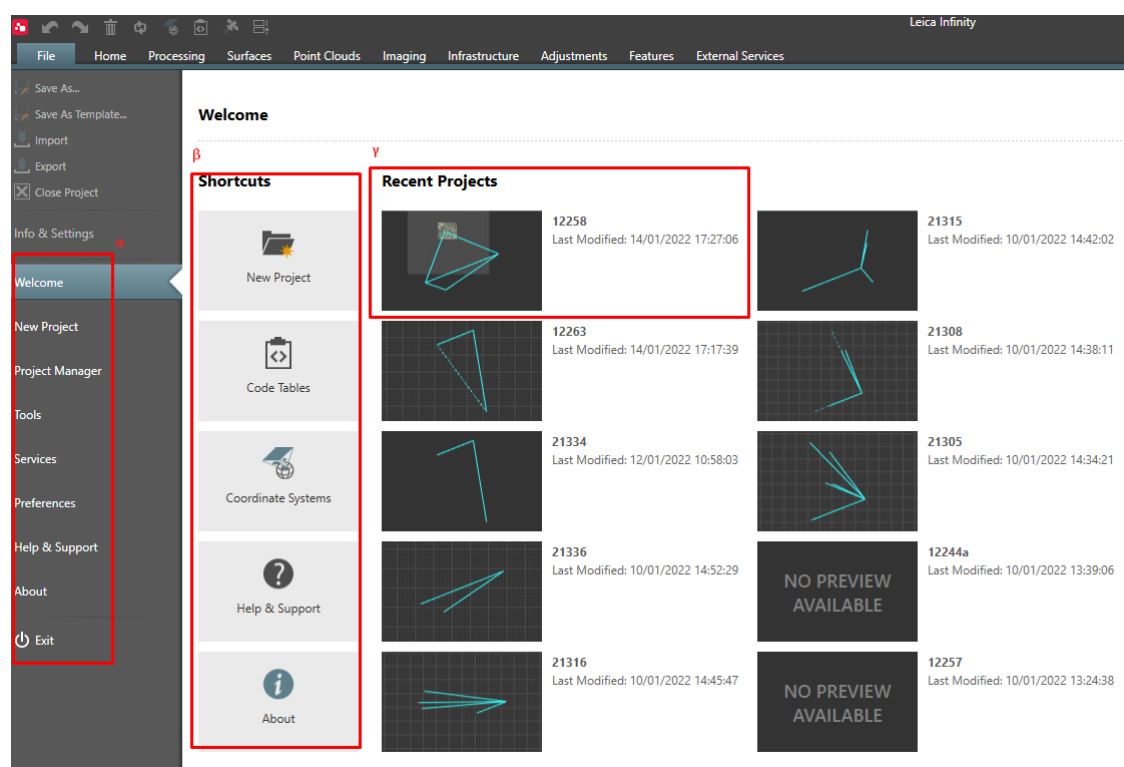
Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι :

- Αναγκαιότητα δύο δεκτών
- Σημαντικό υπολογιστικό κόστος σε χρόνο και χώρο

## 5.4 Λογισμικό επεξεργασίας Leica Infinity

Για την επίλυση των πρωτογενών δεδομένων με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού για αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Leica Infinity 3.6.1.

Το λογισμικό Leica Infinity δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να σχεδιάζει, να διαχειρίζεται, να επεξεργάζεται, να συνδυάζει, να αναλύει, να ελέγχει την ποιότητα και να μοιράζεται όλα τα δεδομένα μιας έρευνας, από διαφορετικούς σταθμούς συστημάτων GNSS, επίγειων σταθμών και σύγχρονα συστήματα UAVs. Μπορεί να γίνει συνδυασμός διαφορετικών τύπων δεδομένων όπως BIM, CAD, GGIS κτλ. (Leica, 2020)

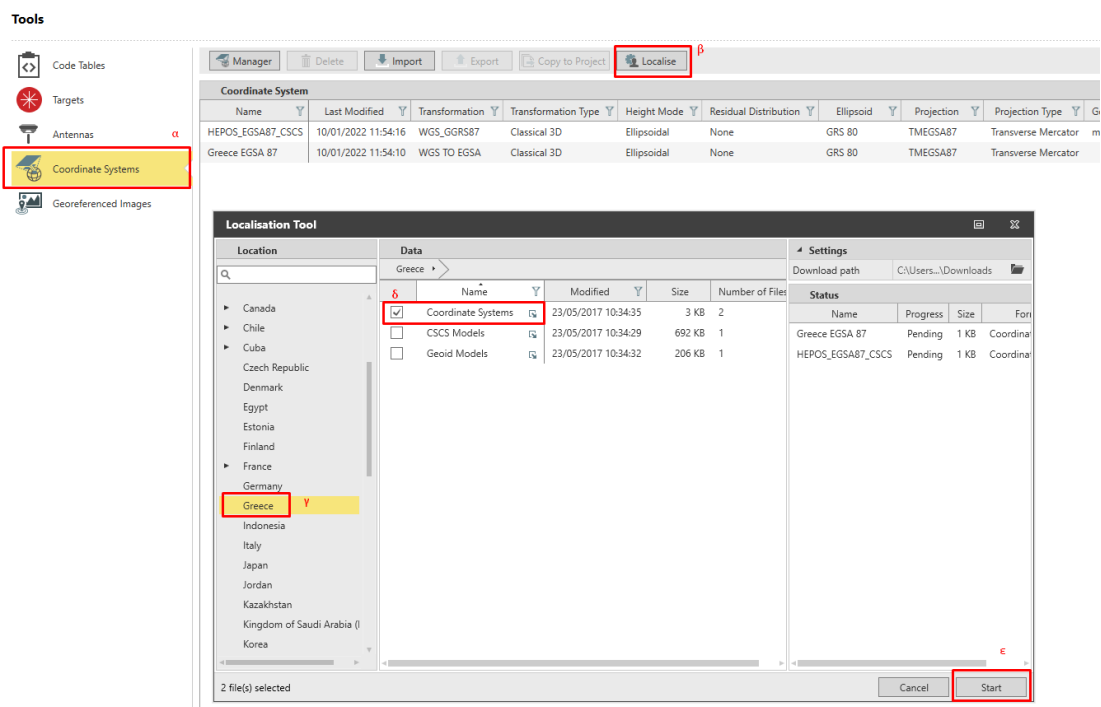


Εικόνα 5.2 Αρχική σελίδα Leica Infinity. α) Βασικές επιλογές και ρυθμίσεις, β) Συντομεύσεις κύριων εργασιών, γ) Πρόσφατες εργασίες

Στην αρχική σελίδα του λογισμικού μπορούν γίνουν οι βασικές ρυθμίσεις για κάθε εργασία. Υπάρχουν επιλογές διαχείρισης ή δημιουργίας νέων έργων, εργαλεία που αφορούν τα συστήματα αναφοράς, τις κεραιές των δεκτών GNSS κ.ά., καθώς και η δυνατότητα διαμόρφωσης των βασικών παραμέτρων του προγράμματος, παρουσίαση θέση αποθήκευσης φακέλων κ.ά. (Εικόνα 5.2).

Για την δημιουργία νέας εργασίας θα πρέπει πρώτα να επιλεγεί το σύστημα αναφοράς και προβολής. Η διαχείριση συστημάτων αναφοράς γίνεται μέσω της καρτέλας Tools >

Coordinate Systems, στην οποία το πρόγραμμα έχει πολλές επιλογές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Στην επιλογή Localise υπάρχει η δυνατότητα επιλογής από τα υπάρχοντα τοπικά συστήματα αναφοράς τα οποία είναι κατανεμημένα ανά περιοχή. Για κάθε περιοχή συνήθως υπάρχουν δεδομένα για το σύστημα αναφοράς, μοντέλα μετατροπής μέσω καννάβου Country Specific Coordinate System Models (CSCS Models) και για το τοπικό μοντέλο γεωειδούς (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Διαχείριση συστημάτων αναφοράς. α) επιλογή μενού διαχείρισης συστημάτων συντεταγμένων, β) επιλογή υπαρχόντων τοπικών συστημάτων αναφοράς, γ) επιλογή περιοχής, δ) επιλογή τύπου δεδομένων, ε) εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα

Επίσης το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα διαχείρισης των βαθμονομημένων κεραιών GNSS που χρησιμοποιούνται. Στο μενού Tools>Antennas ο χρήστης μπορεί να ελέγξει εάν ο τύπος κεραιάς που έχει χρησιμοποιηθεί, είναι βαθμονομημένος και οι παράμετροι του είναι αποθηκευμένοι στο λογισμικό (Εικόνα 5.4).

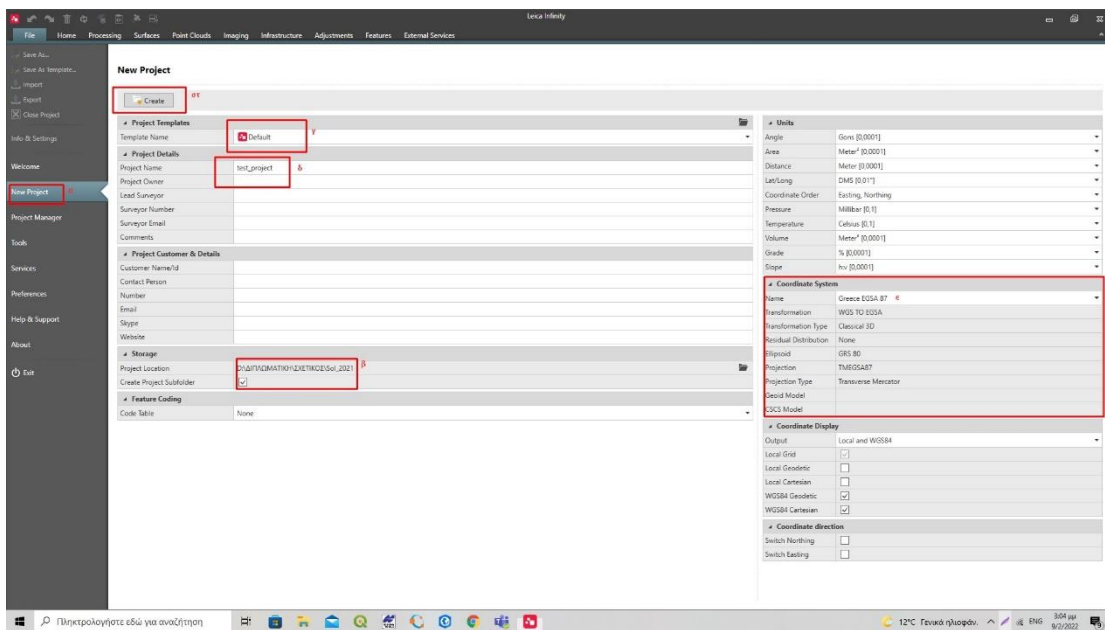
Tools

| IGS Name             | Radome | Type                  | Calibration Date | Source | GPS   | GLONASS | Galileo | Beidou | Manufacturer       | Calibration Source  |
|----------------------|--------|-----------------------|------------------|--------|-------|---------|---------|--------|--------------------|---------------------|
| HXCGX601A            |        | Elevation             | 21/04/2014       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCCX601A            |        | Elevation             | 21/05/2014       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCGG486A            |        | Elevation             | 07/02/2012       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCGG486A            |        | Elevation             | 31/01/2012       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCGS488A            |        | Elevation             | 19/01/2012       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCGX606A            |        | Elevation             | 05/11/2015       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| HXCGX606A            |        | Elevation             | 07/10/2015       |        | L1/L2 |         |         |        | Hanson Corporation | NGS Absolute        |
| IT13750323           |        | Elevation             | 09/12/2011       |        | L1/L2 |         |         |        |                    | NGS Absolute        |
| IT13750323           | SCIS   | Elevation and Azimuth | 26/04/2013       |        | L1/L2 |         |         |        |                    | NGS Absolute        |
| JAV_GRANT-G3T        |        | Elevation and Azimuth | 28/10/2014       |        | L1/L2 | L1/L2   |         |        | Javad GNSS Inc.    | Geo++ GmbH Absolute |
| JAV_GRANT-G3T-G      |        | Elevation             | 26/12/2012       |        | L1/L2 |         |         |        | Javad GNSS Inc.    | NGS Absolute        |
| JAV_GRANT-G3T-G JVGR |        | Elevation             | 01/01/2013       |        | L1/L2 |         |         |        | Javad GNSS Inc.    | NGS Absolute        |
| JAV_RINGANT_G3T      | JAVC   | Elevation and Azimuth | 15/04/2015       |        | L1/L2 | L1/L2   |         |        | Javad GNSS Inc.    | Geo++ GmbH Absolute |
| JAV_RINGANT_G3T      |        | Elevation and Azimuth | 02/04/2013       |        | L1/L2 | L1/L2   |         |        | Javad GNSS Inc.    | Geo++ GmbH Absolute |
| JAV_TRIUMPH-1        |        | Elevation             | 22/07/2008       |        | L1/L2 |         |         |        | Javad GNSS Inc.    | NGS Absolute        |
| JAV_TRIUMPH-1R       |        | Elevation             | 13/03/2013       |        | L1/L2 |         |         |        | Javad GNSS Inc.    | NGS Absolute        |
| JAVGISMORE           |        | Elevation             | 26/03/2013       |        | L1    |         |         |        | Javad GNSS Inc.    | NGS Absolute        |

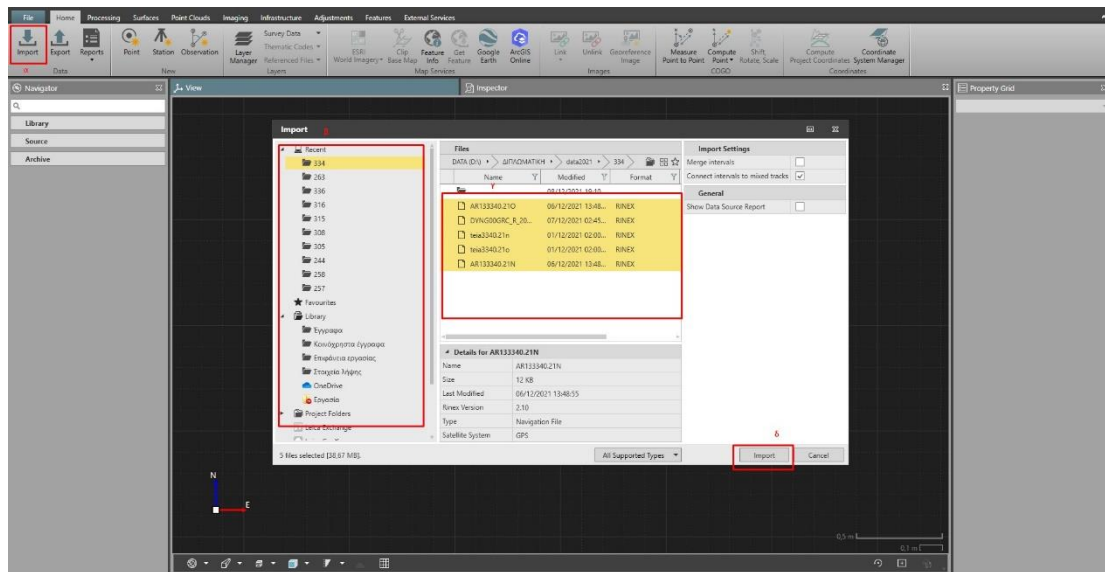
Εικόνα 5.4 Μενού διαχείρισης βαθμονομημένων κεραιών GNSS

Δημιουργία έργου - Εισαγωγή δεδομένων

Δημιουργείται η εργασία (Εικόνα 5.5) από το αρχικό μενού στο περιβάλλον του Leica Infinity. Δίνονται τα βασικά στοιχεία της εργασίας, του χρήστη, οι φάκελοι αποθήκευσης των αρχείων, μονάδες μέτρησης κ.ά. Στη συνέχεια επιλέγεται το σύστημα συνταγμένων και η επιλογή για την παρούσα εργασία είναι το Greece EGSA 87.



Εικόνα 5.5 Αρχικό μενού : α) Νέα εργασία, β) Φάκελος αποθήκευσης αρχείων, γ) Πρότυπο εργασίας, δ) Ονομα εργασίας, ε) Επιλογή συστήματος συντεταγμένων, στ) Δημιουργία εργασίας



Εικόνα 5.6 α) Εισαγωγή δεδομένων, β) Περιήγηση στους φακέλους του υπολογιστή, γ) Επιλογή αρχείων, δ) Εισαγωγή στην εργασία

Μέσω της καρτέλας IMPORT γίνεται εισαγωγή των δεδομένων προς επίλυση. Εισάγονται δεδομένα είτε από δέκτες της εταιρείας Leica είτε σε μορφή RINEX για δέκτες άλλων κατασκευαστών για τα οποία έχει γίνει προεπεξεργασία. (Εικόνα 5.6)

#### *Processing strategy : Στρατηγική επεξεργασίας:*

Επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει παραμέτρους για να επηρεάσει την επίλυση της βάσης όπως:

- Ο τύπος επίλυσης της βάσης. Έχει επιλογές επίλυσης μόνο με τη χρήση κώδικα (Code), με τη χρήση μη επιλυμένων ασαφειών φάσης (Float) και με τη χρήση επιλυμένων ασαφειών φάσης (Phase Fixed).
- Η διαδικασία βελτιστοποίησης της επίλυσης. Δίνει τη δυνατότητα της χρήσης του γραμμικού συνδυασμού ελεύθερου ιονόσφαιρας. Η προεπιλογή του προγράμματος είναι να κάνει τη χρήση του συνδυασμού για βάσεις μεγαλύτερες των 15km.
- Επιλογή ατμοσφαιρικών μοντέλων. Για το τροποσφαιρικό μοντέλο γίνεται υπολογισμός εφόσον το χρονικό διάστημα παρατηρήσεων είναι μεγαλύτερο των 90 λεπτών, ενώ για μικρότερο χρονικό διάστημα χρησιμοποιείται το μοντέλο VMF/GPT2. Αντίστοιχα το ιονοσφαιρικό μοντέλο υπολογίζεται για παρατηρήσεις διάρκειας μεγαλύτερης των 45 λεπτών. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν διαθέσιμα και άλλα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον χρήστη.

*Advanced Settings: Προηγμένες ρυθμίσεις:*

Δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη για την παραμετροποίηση διάφορων μεταβλητών της επίλυσης όπως (Εικόνα 5.7) :

- Συχνότητες επίλυσης.
- Ελάχιστο μήκος βάσης για τη χρήση του γραμμικού συνδυασμού ελεύθερου ιονόσφαιρας.
- Μέγιστο μήκος βάσης για τη δυνατότητα επίλυσης των ασαφειών φάσης.
- Ελάχιστη χρονική διάρκεια παρατηρήσεων για Float λύση.
- Δυνατότητα χρήση γραμμικού συνδυασμού Widelane.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα παραμετροποίησης του εργαλείου θέασης των αποτελεσμάτων και η δημιουργία εικονικού RINEX (Virtual RINEX).

| Advanced Processing Strategy              |  |
|---|--|
| Frequency                                 | Automatic<br><input checked="" type="checkbox"/> L1/E1/B1<br><input checked="" type="checkbox"/> L2/B2<br><input checked="" type="checkbox"/> L5/E5a/B3<br><input checked="" type="checkbox"/> E6<br><input checked="" type="checkbox"/> E5b<br><input checked="" type="checkbox"/> E5ab/B2a |
| Frequency to use in Iono Minimised        | Automatic  |
| Min. Distance for Iono Minimised          | 15 km  |
| Possible Ambiguities Fix up to            | 300 km   |
| Min. Duration for Float Solution (static) | 5'   |
| Allow Widelane Fix                        | Automatic  |
| Analysis Tools                            |  |
| Process & Analyse Output                  | Observation & Position Residuals   |
| Virtual RINEX Download                    |  |
| From Multiple Points                      | Create one VRS in the middle   |
| Name                                      | VRNX   |
| Sampling Rate                             | Automatic  |

Εικόνα 5.7 Μενού με επιπλέον δυνατότητες παραμετροποίησης

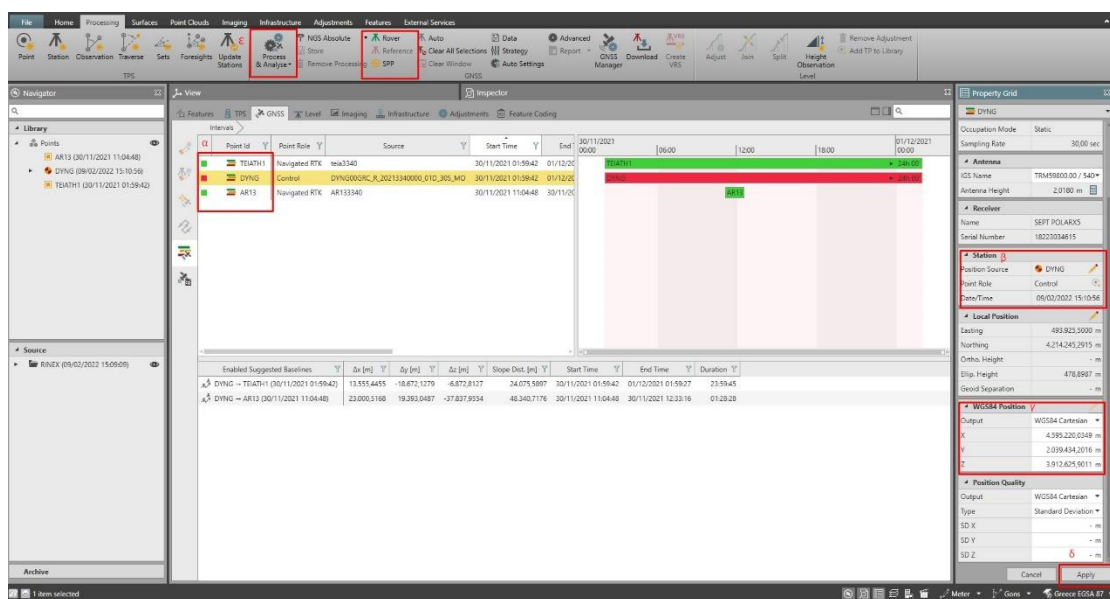


## Επεξεργασία βάσεων

Η επεξεργασία των βάσεων γίνεται στην καρτέλα data Inspector στην επιλογή GNSS. Ορίζεται ένας σταθμός ως σταθμός αναφοράς κάνοντας δεξί κλικ και επιλέγοντας Set Reference (γίνεται κόκκινο). Για να οριστεί ένα σημείο ως σημείο ελέγχου (control point) και να επεξεργαστεί, γίνεται αλλαγή στο Property Grid στη επιλογή Control με την επιλογή Assign Control Point. Για τους σταθμούς αναφοράς θα πρέπει να διορθωθούν και οι συντεταγμένες τους στο σύστημα αναφοράς στο οποίο θα γίνει επίλυση.

Τα υπόλοιπα σημεία θα οριστούν ως Rover επιλέγοντας τα όλα μαζί και κάνοντας δεξί κλικ Set Rover (γίνονται πράσινα).

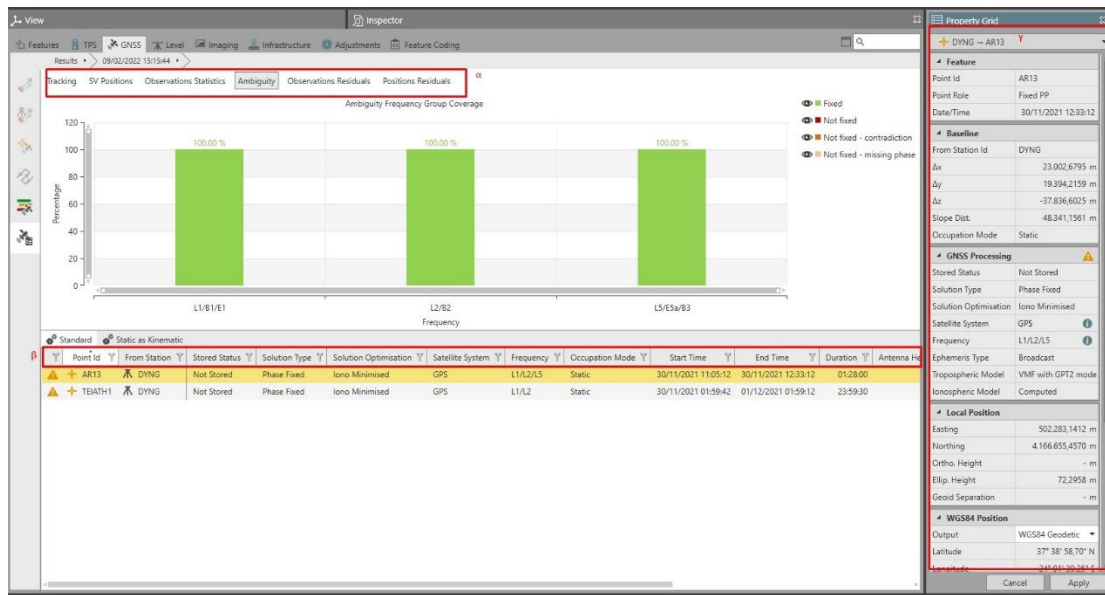
Για την επεξεργασία των βάσεων χρησιμοποιώντας την επιλογή Process από τη γραμμή εργαλείων Processing ribbon ή κάνοντας δεξί κλικ για το μενού. (Εικόνα 5.8)



Εικόνα 5.8 α) Σταθμός αναφοράς (κόκκινο) σημεία προς επίλυση (πράσινο), β) Επιλογή σημείου ελέγχου, γ) Συντεταγμένες σημείου, δ) Αποθήκευση αλλαγών ε) Επεξεργασία

## Αποτελέσματα

Αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία τα αποτελέσματα δίνονται στην καρτέλα GNSS από το Inspector αυτόματα. Για τα αναλυτικά αποτελέσματα με γραφήματα των βάσεων, γίνεται επιλογή του Results Analysis Viewer όπου βρίσκεται στην καρτέλα Inspector.



Εικόνα 5.9 Γραφήματα επίλυσης ασαφειών φάσης

Στην αριστερή στήλη δίνονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων με γραφήματα.

Στην καρτέλα:

- Tracking: Παρουσιάζονται τα στοιχεία για όλους τους δορυφόρους κάθε βάσης και για το σήμα των δορυφόρων
- Sv Positions: Δίνονται δεδομένα για τις θέσεις των δορυφόρων
  1. Στοιχεία γωνίας ύψους
  2. Στοιχεία αζιμούθιου
  3. Θέση του δορυφόρου στην ουράνια σφαίρα
- Observations Statistics : Στατιστικά των παρατηρήσεων ανά δορυφόρο
- Ambiguity: Ασάφεια φάσης :
  1. Δίνονται τα ποσοστά επιλυμένων και μη ασαφειών φάσης ομαδοποιημένες ανά συχνότητα δορυφόρου L1 - L2 (GPS), B1 - B2 (BEIDOU) και E1 (GALILEO)
  2. Δίνονται τα ποσοστά επιλυμένων και μη ασαφειών φάσης για κάθε συχνότητα και σύστημα δορυφόρου L1 - L2- L3 (GPS). Στην παρούσα εργασία έχει χρησιμοποιηθεί μόνο το σύστημα εντοπισμού GPS
  3. Συνολικός αριθμός επιλυμένων ή μη ασαφειών φάσης
- Observation Residuals: Υπόλοιπα παρατηρήσεων ανά γραμμικό συνδυασμό (απλές – διπλές – τριπλές διαφορές)
- Positions Residuals: Υπόλοιπα στον προσδιορισμό της θέσης ως προς:

1. Τη στατική λύση
2. Την πρώτη παρατήρηση
3. Την προηγούμενη παρατήρηση
4. Μια θέση που μπορεί να εισάγει ο χρήστης

Στη δεξιά στήλη δίνονται :

- Οι σταθμοί της επιλυμένης βάσης, π.χ. DYNG->ΤΕΙΑΤΗ1

Στην ενότητα:

- Feature: Δίνονται τα στοιχεία του σημείου που γίνεται η επίλυση
- Baseline:
  1. Κωδικός σταθμού αναφοράς
  2.  $\Delta X - \Delta Y - \Delta Z$  της βάσης
  3. Μέθοδος επίλυσης . Στην παρούσα εργασία όλες οι επιλύσεις έγιναν με τη μέθοδο του στατικού εντοπισμού
- GNSS Processing: Δίνονται στοιχεία της επεξεργασίας των μετρήσεων όπως:
  1. Τύπος επίλυσης
  2. Βελτιστοποίηση λύσης
  3. Σύστημα δορυφόρου που χρησιμοποιείται
  4. Συχνότητες που χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση
  5. Τύπος τροχιών δορυφόρων
  6. Τροποσφαιρικό μοντέλο
  7. Ιονοσφαιρικό μοντέλο
- Local Position: Συντεταγμένες στο προβολικό σύστημα όπου επιλέχθηκε το ΕΓΣΑ87
- WGS84 Position: Οι ελλειψοειδείς ή οι καρτεσιανές συντεταγμένες στο WGS84
- Baseline Quality: Δίνονται τα τυπικά σφάλματα για την ακρίβεια επίλυσης της βάσης

### *Δημιουργία αναφοράς*

Για τη δημιουργία αναφοράς επιλέγεται μια ή περισσότερες βάσεις και επιλέγεται η εντολή Report από το Processing Ribbon. Υπάρχουν δυο είδη αναφορών το Summary και το Detail. Η αναφορά Detail περιέχει λεπτομερή αναφορά περιλαμβάνοντας τα περιεχόμενα της επιλογής Summary, με επιπλέον γραφήματα, το αζιμούθιο και η γωνία

ύψους των δορυφόρων και στατιστικές πληροφορίες για την ιονόσφαιρα και τα υπόλοιπα των παρατηρήσεων.

Οι αναφορές μπορούν να αποθηκευτούν στον τοπικό δίσκο για αξιοποίηση τους σε επόμενο χρόνο.

## 5.5 Διαφορές μεθόδων απόλυτου και σχετικού προσδιορισμού θέσης

Συγκεντρωτικά μερικές βασικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων είναι:

- Στην μέθοδο PPP γίνεται επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων μεμονωμένων σταθμών ενώ στον σχετικό εντοπισμό γίνεται η επεξεργασία των βάσεων μεταξύ δύο δεκτών.
- Στην μέθοδο PPP η επίλυση γίνεται χρησιμοποιώντας μετρήσεις φάσης και οι μετρήσεις κώδικα, ενώ στον σχετικό εντοπισμό χρησιμοποιούνται μόνο οι μετρήσεις φάσης ενώ οι μετρήσεις κώδικα χρησιμοποιούνται για τον συγχρονισμό των χρονομέτρων.
- Στην μέθοδο PPP είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται μοντέλα και προϊόντα ακριβείας για την διόρθωση των σφαλμάτων ενώ στον σχετικό εντοπισμό αρκετά από τα κοινά σφάλματα εξαλείφονται.

## 6 Αποτελέσματα επεξεργασίας των παρατηρήσεων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των παρατηρήσεων. Συγκεκριμένα έχουν γίνει τέσσερις επιλύσεις :

- Εποχή: 2012

Μέθοδος επίλυσης: Απόλυτος προσδιορισμός PPP

Σύστημα αναφοράς: ITRF2008

- Εποχή: 2012

Μέθοδος επίλυσης: Σχετικός προσδιορισμός

Σύστημα αναφοράς: ITRF2014

- Εποχή: 2021

Μέθοδος επίλυσης: Απόλυτος προσδιορισμός PPP

Σύστημα αναφοράς: ITRF2014

- Εποχή: 2021

Μέθοδος επίλυσης: Σχετικός προσδιορισμός

Σύστημα αναφοράς: ITRF2014

Στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση των συντεταγμένων μεταξύ των δύο μεθόδων επίλυσης για κάθε εποχή μετρήσεων. Επίσης θα υπολογιστούν οι μετατοπίσεις μεταξύ των διαφορετικών εποχών για κάθε μέθοδο επίλυσης. Στο τέλος γίνεται η σύγκριση των μετατοπίσεων που προκύπτουν από κάθε μέθοδο επίλυσης.

### 6.1 Απόλυτος προσδιορισμός εποχή 2012

Για την εποχή 2012 και την επίλυση με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού τα αρχεία των παρατηρήσεων είναι 14 (AR01-AR14), με επιπλέον 8 όπου αφορούν τον μόνιμο σταθμό του ΤΕΙΑ (ΤΕΙ Αθήνας) και άλλα 8 αρχεία όπου αφορούν τον μόνιμο σταθμό DYNG (Διονύσου).

Στον παρακάτω Πίνακα 6.1 δίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου PPP, οι συντεταγμένες X, Y, Z στο σύστημα αναφοράς ITRF2008 καθώς και τα τυπικά σφάλματα  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  και  $\sigma_Z$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 6.1 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο PPP (εποχή 2012) στο ITRF2008

| ΚΩΔΙΚΟΣ<br>ΣΗΜΕΙΟΥ | Estimated-ITRF2008 |              |              | Sigma 95%      |                |                |
|--------------------|--------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
|                    | X(m)               | Y(m)         | Z(m)         | $\sigma_X$ (m) | $\sigma_Y$ (m) | $\sigma_Z$ (m) |
| AR01               | 4598325.3677       | 2022702.7189 | 3917609.7913 | 0.1918         | 0.4936         | 0.2093         |
| AR02               | 4597228.3101       | 2025479.0863 | 3917234.6709 | 0.0654         | 0.1006         | 0.0595         |
| AR03               | 4591750.0999       | 2012634.3421 | 3929840.6487 | 0.1262         | 0.2679         | 0.1157         |
| AR04               | 4590575.6325       | 2021108.7860 | 3927088.3551 | 0.1966         | 0.1215         | 0.1257         |
| AR05               | 4585142.8797       | 2019477.0524 | 3933839.2381 | 0.2275         | 0.2058         | 0.0991         |
| AR06               | 4587973.0323       | 2027855.6260 | 3927308.4082 | 0.4812         | 0.2018         | 0.2202         |
| AR07               | 4586413.6809       | 2038336.3438 | 3923156.9290 | 0.3756         | 0.1345         | 0.1546         |
| AR08               | 4588934.2000       | 2039213.0202 | 3919371.5236 | 0.3476         | 0.1270         | 0.1708         |
| AR09               | 4595913.1232       | 2044840.3933 | 3908392.0057 | 0.0976         | 0.0783         | 0.0578         |
| AR10               | 4624209.0028       | 1981217.6160 | 3908358.0698 | 0.1048         | 0.0435         | 0.0583         |
| AR11               | 4616154.6478       | 1979489.1843 | 3918081.6261 | 0.2364         | 0.0993         | 0.1249         |
| AR12               | 4622964.2232       | 1976765.8119 | 3911403.5021 | 0.2311         | 0.1112         | 0.1563         |
| AR13               | 4618222.6660       | 2058828.3392 | 3874789.3703 | 0.0990         | 0.2233         | 0.1253         |
| AR14               | 4607522.1660       | 2027124.1948 | 3904262.4692 | 0.2279         | 0.1115         | 0.0826         |
| TEIA244            | 4608775.4827       | 2020762.0949 | 3905753.0679 | 0.0102         | 0.0072         | 0.0077         |
| TEIA248            | 4608775.4831       | 2020762.0901 | 3905753.0651 | 0.0102         | 0.0072         | 0.0077         |
| TEIA249            | 4608775.4838       | 2020762.0915 | 3905753.0650 | 0.0107         | 0.0074         | 0.0079         |
| TEIA250            | 4608775.4828       | 2020762.0919 | 3905753.0642 | 0.0103         | 0.0073         | 0.0077         |
| TEIA251            | 4608775.4898       | 2020762.0964 | 3905753.0695 | 0.0103         | 0.0074         | 0.0078         |
| TEIA257            | 4608775.4853       | 2020762.0969 | 3905753.0694 | 0.0108         | 0.0076         | 0.0081         |
| TEIA258            | 4608775.4855       | 2020762.0943 | 3905753.0648 | 0.0108         | 0.0074         | 0.0081         |
| TEIA263            | 4608775.4873       | 2020762.0927 | 3905753.0655 | 0.0101         | 0.0072         | 0.0077         |
| DYNG244            | 4595220.0197       | 2039434.1141 | 3912625.9815 | 0.0062         | 0.0046         | 0.0051         |
| DYNG248            | 4595220.0235       | 2039434.1131 | 3912625.9853 | 0.0063         | 0.0046         | 0.0051         |
| DYNG249            | 4595220.0190       | 2039434.1141 | 3912625.9819 | 0.0064         | 0.0047         | 0.0053         |
| DYNG250            | 4595220.0172       | 2039434.1109 | 3912625.9775 | 0.0063         | 0.0047         | 0.0052         |
| DYNG251            | 4595220.0199       | 2039434.1100 | 3912625.9812 | 0.0063         | 0.0048         | 0.0052         |
| DYNG257            | 4595220.0156       | 2039434.1095 | 3912625.9791 | 0.0065         | 0.0048         | 0.0053         |
| DYNG258            | 4595220.0154       | 2039434.1109 | 3912625.9759 | 0.0064         | 0.0046         | 0.0053         |
| DYNG263            | 4595220.0166       | 2039434.1126 | 3912625.9792 | 0.0064         | 0.0047         | 0.0052         |

Παρατηρείται ότι στα τριγωνομετρικά σημεία που η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 1 έως 2 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι 10-20cm, ενώ στους μόνιμους σταθμούς TEIA και DYNG η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 24 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι της τάξης των χιλιοστών.

Επίσης για την εποχή 2012, για όλα τα αρχεία των παρατηρήσεων, δεν έχει γίνει επίλυση των ασαφειών φάσης, καθώς έτσι ήταν αναπτυγμένος ο αλγόριθμος του απόλυτου εντοπισμού για εκείνη την εποχή.

Για να γίνει η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις υπόλοιπες επιλύσεις θα πρέπει όλες οι συντεταγμένες να είναι στο ίδιο σύστημα αναφοράς. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε το ITRF2014. Για την εποχή 2012 η υπηρεσία CSRS-PPP πραγματοποιεί τις επιλύσεις στο ITRF2008. Για τον μετασχηματισμό των συντεταγμένων

χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι μετασχηματισμού όπως δημοσιεύονται από την IERS (Altamimi, et al., 2017) (Εικόνα 6.1).

Transformation parameters from ITRF2014 to past ITRFs.

| SOLUTION UNITS | Tx<br>mm            | Ty<br>mm            | Tz<br>mm            | D<br>ppb           | Rx<br>.001"            | Ry<br>.001"            | Rz<br>.001"            | EPOCH  |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| RATES UNITS    | $\dot{T}_x$<br>mm/y | $\dot{T}_y$<br>mm/y | $\dot{T}_z$<br>mm/y | $\dot{D}$<br>ppb/y | $\dot{R}_x$<br>.001"/y | $\dot{R}_y$<br>.001"/y | $\dot{R}_z$<br>.001"/y |        |
| ITRF2008       | 1.6                 | 1.9                 | 2.4                 | -0.02              | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                   | 2010.0 |
| rates          | 0.0                 | 0.0                 | -0.1                | 0.03               | 0.00                   | 0.00                   | 0.00                   |        |

Εικόνα 6.1 Παράμετροι μετασχηματισμού ITRF2014 σε ITRF2008

Για τον υπολογισμό των συντεταγμένων στο σύστημα αναφοράς ITRF2014 χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή ETRF/ITRF Transformation που έχει αναπτυχθεί από την υπηρεσία EUREF (EUREF, 2022). Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο PPP (εποχή 2012) στο ITRF2014

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | Estimated-ITRF2014 |              |              | Sigma 95%      |                |                |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | X(m)               | Y(m)         | Z(m)         | $\sigma_X$ (m) | $\sigma_Y$ (m) | $\sigma_Z$ (m) |
| AR01            | 4598325.3659       | 2022702.7169 | 3917609.7889 | 0.1918         | 0.4936         | 0.2093         |
| AR02            | 4597228.3083       | 2025479.0843 | 3917234.6685 | 0.0654         | 0.1006         | 0.0595         |
| AR03            | 4591750.0981       | 2012634.3401 | 3929840.6463 | 0.1262         | 0.2679         | 0.1157         |
| AR04            | 4590575.6307       | 2021108.7840 | 3927088.3527 | 0.1966         | 0.1215         | 0.1257         |
| AR05            | 4585142.8779       | 2019477.0504 | 3933839.2357 | 0.2275         | 0.2058         | 0.0991         |
| AR06            | 4587973.0305       | 2027855.6240 | 3927308.4058 | 0.4812         | 0.2018         | 0.2202         |
| AR07            | 4586413.6791       | 2038336.3418 | 3923156.9266 | 0.3756         | 0.1345         | 0.1546         |
| AR08            | 4588934.1982       | 2039213.0182 | 3919371.5212 | 0.3476         | 0.127          | 0.1708         |
| AR09            | 4595913.1214       | 2044840.3913 | 3908392.0033 | 0.0976         | 0.0783         | 0.0578         |
| AR10            | 4624209.0010       | 1981217.6140 | 3908358.0674 | 0.1048         | 0.0435         | 0.0583         |
| AR11            | 4616154.6460       | 1979489.1823 | 3918081.6237 | 0.2364         | 0.0993         | 0.1249         |
| AR12            | 4622964.2214       | 1976765.8099 | 3911403.4997 | 0.2311         | 0.1112         | 0.1563         |
| AR13            | 4618222.6642       | 2058828.3372 | 3874789.3679 | 0.0990         | 0.2233         | 0.1253         |
| AR14            | 4607522.1642       | 2027124.1928 | 3904262.4668 | 0.2279         | 0.1115         | 0.0826         |
| TEIA244         | 4608775.4809       | 2020762.0929 | 3905753.0655 | 0.0102         | 0.0072         | 0.0077         |
| TEIA248         | 4608775.4813       | 2020762.0881 | 3905753.0627 | 0.0102         | 0.0072         | 0.0077         |
| TEIA249         | 4608775.4820       | 2020762.0895 | 3905753.0626 | 0.0107         | 0.0074         | 0.0079         |
| TEIA250         | 4608775.4810       | 2020762.0899 | 3905753.0618 | 0.0103         | 0.0073         | 0.0077         |
| TEIA251         | 4608775.4880       | 2020762.0944 | 3905753.0671 | 0.0103         | 0.0074         | 0.0078         |
| TEIA257         | 4608775.4835       | 2020762.0949 | 3905753.0670 | 0.0108         | 0.0076         | 0.0081         |
| TEIA258         | 4608775.4837       | 2020762.0923 | 3905753.0624 | 0.0108         | 0.0074         | 0.0081         |
| TEIA263         | 4608775.4855       | 2020762.0907 | 3905753.0631 | 0.0101         | 0.0072         | 0.0077         |
| DYNG244         | 4595220.0179       | 2039434.1121 | 3912625.9791 | 0.0062         | 0.0046         | 0.0051         |
| DYNG248         | 4595220.0217       | 2039434.1111 | 3912625.9829 | 0.0063         | 0.0046         | 0.0051         |
| DYNG249         | 4595220.0172       | 2039434.1121 | 3912625.9795 | 0.0064         | 0.0047         | 0.0053         |
| DYNG250         | 4595220.0154       | 2039434.1089 | 3912625.9751 | 0.0063         | 0.0047         | 0.0052         |
| DYNG251         | 4595220.0181       | 2039434.1080 | 3912625.9788 | 0.0063         | 0.0048         | 0.0052         |
| DYNG257         | 4595220.0138       | 2039434.1075 | 3912625.9767 | 0.0065         | 0.0048         | 0.0053         |
| DYNG258         | 4595220.0136       | 2039434.1089 | 3912625.9735 | 0.0064         | 0.0046         | 0.0053         |
| DYNG263         | 4595220.0148       | 2039434.1106 | 3912625.9768 | 0.0064         | 0.0047         | 0.0052         |

## 6.2 Σχετικός προσδιορισμός εποχή 2012

Για την υλοποίηση του συστήματος αναφοράς ITRF2014 στην επίλυση του σχετικού προσδιορισμού και για τις δύο εποχές, χρησιμοποιήθηκε ο σταθμός DYNG. Ο σταθμός DYNG αποτελεί μέρος του δικτύου της IGS και του έχουν δοθεί συντεταγμένες και ταχύτητες μετακίνησης στο ITRF2014. Επίσης ο σταθμός DYNG έχει διαθέσιμα δεδομένα και για τις δυο εποχές παρατηρήσεων. Επομένως για εποχή παρατηρήσεων υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες DYNG στο ITRF2014 (Πίνακας 6.3) ώστε να χρησιμοποιηθεί ως σταθμός αναφοράς για την υλοποίηση του συστήματος αναφοράς.

Πίνακας 6.3 Συντεταγμένες DYNG στο ITRF2014 για κάθε εποχή μετρήσεων

| ΕΠΟΧΗ   | ΣΗΜΕΙΟ | X            | Y            | Z            |
|---------|--------|--------------|--------------|--------------|
| 2012.7  | DYNG   | 4595220.0150 | 2039434.1096 | 3912625.9816 |
|         |        |              |              |              |
| 2021.85 | DYNG   | 4595220.0349 | 2039434.2016 | 3912625.9011 |

Αρχικά οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση των βάσεων είναι η γωνία αποκοπής 10°. Οι συχνότητες L1/L2 και L5 αντίστοιχα, ρυθμός καταγραφής 30sec, ως σύστημα δορυφόρων το GPS, τύπος τροχιών δορυφόρων Broadcast και βαθμονόμηση κεραιών τα μοντέλα NGS Absolute. Ο τύπος επίλυσης για όλες τις βάσεις είναι Phase Fixed. Επίσης όλες οι βάσεις έχουν διάρκεια μετρήσεων πάνω από 45 λεπτά και επομένως σε όλες έγινε υπολογισμός ιονοσφαιρικού μοντέλου. Τέλος για το τροποσφαιρικό μοντέλο έγινε υπολογισμός για τις βάσεις DYNG-ΤΕΙΑΤΗ1 που έχουν 24ωρη διάρκεια παρατηρήσεων, ενώ για τις βάσεις DYNG-AR-XX που είναι 1-2ωρών χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο VMF with GPT2 όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.4 Παράμετροι επίλυσης βάσεων

| DYNG-ΤΕΙΑΤΗ1            |              | DYNG-AR-XX              |                     |
|-------------------------|--------------|-------------------------|---------------------|
| Data                    | Used         | Data                    | Used                |
| Cut off Angle           | 10°          | Cut off Angle           | 10°                 |
| Frequency               | L1/L2        | Frequency               | L1/L2/L5            |
| Sapling Rate            | 30,00 sec    | Sapling Rate            | 30,00 sec           |
| Staelite System         | GPS          | Staelite System         | GPS                 |
| Ephemeris Type          | Broadcat     | Ephemeris Type          | Broadcat            |
| Antenna Calibration Set | NGS Absolute | Antenna Calibration Set | NGS Absolute        |
|                         |              |                         |                     |
| Processing Strategy     |              | Processing Strategy     |                     |
| SolutionType            | Phase Fixed  | SolutionType            | Phase Fixed         |
| Tropospheric Model      | Copmuted     | Tropospheric Model      | VMF with GPT2 model |
| Ionospheric Model       | Computed     | Ionospheric Model       | Computed            |



Πίνακας 6.5 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης για κάθε συχνότητα

| Epoch | Baseline  | Ambiguity Statistics |        |
|-------|-----------|----------------------|--------|
|       |           | L1[%]                | L2[%]  |
| 2012  |           |                      |        |
|       | DYNG-AR01 | 56,72                | 59,93  |
|       | DYNG-AR02 | 87,34                | 85,79  |
|       | DYNG-AR03 | 87,07                | 88,19  |
|       | DYNG-AR04 | 99,69                | 100,00 |
|       | DYNG-AR05 | 95,76                | 95,63  |
|       | DYNG-AR06 | 98,17                | 98,28  |
|       | DYNG-AR07 | 99,90                | 100,00 |
|       | DYNG-AR08 | 99,52                | 100,00 |
|       | DYNG-AR09 | 96,10                | 96,01  |
|       | DYNG-AR10 | 100,00               | 100,00 |
|       | DYNG-AR11 | 99,44                | 99,92  |
|       | DYNG-AR12 | 100,00               | 100,00 |
|       | DYNG-AR13 | 0,00                 | 6,93   |
|       | DYNG-AR14 | 99,84                | 99,84  |

Πίνακας 6.6 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης των βάσεων DYNG-TEIATH-AR13

| Epoch | Baseline     | Ambiguity Statistics |       |
|-------|--------------|----------------------|-------|
|       |              | L1[%]                | L2[%] |
| 2012  |              |                      |       |
|       | DYNG-TEIATH1 | 89,70                | 86,46 |
|       | TEIATH1-AR13 | 98,88                | 98,29 |

Στην περίπτωση της βάσης DYNG-AR01 το ποσοστό επίλυσης ασαφειών φάσης είναι αρκετά μικρό (~ 50% Πίνακας 6.5), διότι όπως φαίνεται από το έντυπο παρατηρήσεων γύρω από το σημείο υπήρχαν αρκετά εμπόδια (ψηλά δέντρα), που προφανώς δημιουργούσαν πρόβλημα στη σωστή καταγραφή του σήματος των δορυφόρων.

Στην περίπτωση της βάσης DYNG-AR13 το ποσοστό επίλυσης ασαφειών φάσης είναι σχεδόν μηδενικό (Πίνακας 6.6), παρόλο που δεν υπάρχουν εμπόδια και στα δύο σημεία. Πιθανώς το πρόβλημα να προκύπτει από το μικρό χρονικό διάστημα παρατηρήσεων σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη απόσταση του AR13 με το DYNG. Για την αντιμετώπιση χρησιμοποιήθηκε η βάση TEIATH1-AR13 ως μικρότερη βάση, για την οποία το ποσοστό επίλυσης ασαφειών φάσης είναι σχεδόν 100%.

Για την εποχή 2012 και την επίλυση με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού, δίνονται τα αποτελέσματα στον παρακάτω Πίνακα 6.7, οι συντεταγμένες X, Y, Z στο σύστημα αναφοράς ITRF2014 καθώς και τα τυπικά σφάλματα σX, σY και σZ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας 6.7 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z από τη μέθοδο σχετικού εντοπισμού (εποχή 2012) στο ITRF2014

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | Estimated-ITRF2014 |              |              | Sigma 95%      |                |                |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | X(m)               | Y(m)         | Z(m)         | $\sigma_X$ (m) | $\sigma_Y$ (m) | $\sigma_Z$ (m) |
| AR01            | 4598325.1560       | 2022702.0836 | 3917609.5398 | 0.0042         | 0.0023         | 0.0025         |
| AR02            | 4597228.3101       | 2025479.1649 | 3917234.6630 | 0.0041         | 0.0023         | 0.0037         |
| AR03            | 4591750.1664       | 2012634.3957 | 3929840.6911 | 0.0023         | 0.0012         | 0.0021         |
| AR04            | 4590575.6079       | 2021108.7713 | 3927088.3248 | 0.0041         | 0.0020         | 0.0026         |
| AR05            | 4585142.8491       | 2019476.9843 | 3933839.2218 | 0.0025         | 0.0015         | 0.0020         |
| AR06            | 4587972.9833       | 2027855.6805 | 3927308.3998 | 0.0012         | 0.0009         | 0.0008         |
| AR07            | 4586413.5416       | 2038336.3004 | 3923156.8574 | 0.0010         | 0.0005         | 0.0008         |
| AR08            | 4588934.2835       | 2039213.0655 | 3919371.5938 | 0.0008         | 0.0005         | 0.0006         |
| AR09            | 4595913.0911       | 2044840.3937 | 3908391.9926 | 0.0010         | 0.0006         | 0.0012         |
| AR10            | 4624209.0615       | 1981217.6378 | 3908358.1049 | 0.0035         | 0.0015         | 0.0027         |
| AR11            | 4616154.5669       | 1979489.1840 | 3918081.6361 | 0.0024         | 0.0011         | 0.0019         |
| AR12            | 4622964.2688       | 1976765.8343 | 3911403.5534 | 0.0019         | 0.0009         | 0.0015         |
| AR13            | 4618222.6719       | 2058828.3242 | 3874789.3894 | 0.0015         | 0.0008         | 0.0010         |
| AR14            | 4607522.1448       | 2027124.1887 | 3904262.4553 | 0.0015         | 0.0008         | 0.0010         |
| TEIA244         | 4608775.4806       | 2020762.0867 | 3905753.0670 | 0.0011         | 0.0005         | 0.0010         |
| TEIA248         | 4608775.4790       | 2020762.0869 | 3905753.0692 | 0.0010         | 0.0005         | 0.0009         |
| TEIA249         | 4608775.4881       | 2020762.0919 | 3905753.0717 | 0.0009         | 0.0005         | 0.0008         |
| TEIA250         | 4608775.4812       | 2020762.0850 | 3905753.0672 | 0.0009         | 0.0004         | 0.0008         |
| TEIA251         | 4608775.4882       | 2020762.0940 | 3905753.0738 | 0.0012         | 0.0005         | 0.0010         |
| TEIA257         | 4608775.4905       | 2020762.0923 | 3905753.0698 | 0.0009         | 0.0004         | 0.0008         |
| TEIA258         | 4608775.4876       | 2020762.0911 | 3905753.0692 | 0.0009         | 0.0004         | 0.0008         |
| TEIA263         | 4608775.4945       | 2020762.0929 | 3905753.0745 | 0.0009         | 0.0004         | 0.0008         |

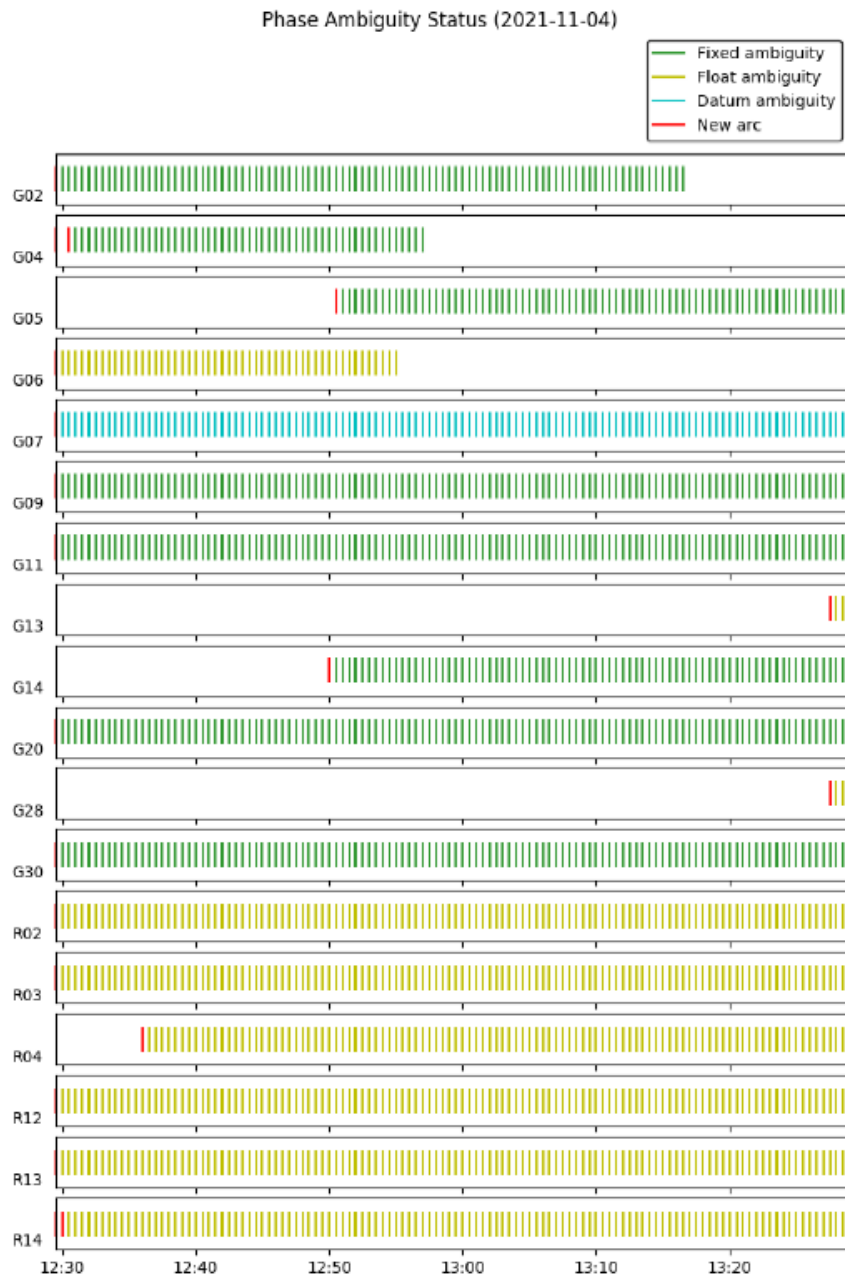
Στα τριγωνομετρικά σημεία όπου η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 1 έως 2 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι της τάξης των χιλιοστών, καθώς και για τον μόνιμο σταθμό TEIA η διάρκεια των παρατηρήσεων που ήταν 24 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι επίσης της τάξης των χιλιοστών.

### 6.3 Απόλυτος προσδιορισμός εποχή 2021

Για την εποχή 2021 και την επίλυση με τη μέθοδο του απόλυτου εντοπισμού τα αρχεία των παρατηρήσεων είναι 14 (AR01-AR14), με επιπλέον 8 όπου αφορούν τον μόνιμο σταθμό του ΤΕΙΑ (ΤΕΙ Αθήνας) και άλλα 8 αρχεία όπου αφορούν τον μόνιμο σταθμό DYNG (Διονύσου).

Πίνακας 6.8 Ποσοστά επίλυσης ασαφειών φάσης με τη μέθοδο PPP (εποχή 2021)

| Epoch | Sites | Fixed Amb. | Stations | Fixed Amb. |
|-------|-------|------------|----------|------------|
| 2021  |       |            |          |            |
|       | AR01  | 54.23%     | DYNG305  | 99.03%     |
|       | AR02  | 87.43%     | DYNG308  | 99.61%     |
|       | AR03  | 97.37%     | DYNG315  | 99.64%     |
|       | AR04  | 99.39%     | DYNG316  | 99.87%     |
|       | AR05  | 94.81%     | DYNG334  | 96.33%     |
|       | AR06  | 92.80%     | DYNG336  | 98.77%     |
|       | AR07  | 95.27%     |          |            |
|       | AR08  | 95.20%     | TEI305   | 98.49%     |
|       | AR09  | 93.70%     | TEI308   | 98.52%     |
|       | AR10  | 99.80%     | TEI315   | 98.86%     |
|       | AR11  | 100.00%    | TEI316   | 98.84%     |
|       | AR12  | 87.36%     | TEI334   | 97.51%     |
|       | AR13  | 100.00%    | TEI336   | 97.64%     |
|       | AR14  | 97.97%     |          |            |



Εικόνα 6.2 Γράφημα ασαφειών φάσης για κάθε δορυφόρο την 04-11-2021

Στον παρακάτω Πίνακα 6.9 δίνονται τα αποτελέσματα της μεθόδου PPP, οι συντεταγμένες  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  στο σύστημα αναφοράς ITRF2014 καθώς και τα τυπικά σφάλματα  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  και  $\sigma_Z$  για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Στα τριγωνομετρικά σημεία όπου η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 1 έως 2 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι της τάξης των εκατοστών, ενώ στους μόνιμους σταθμούς ΤΕΙΑ

και DYNG η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 24 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι της τάξης των χιλιοστών.

Το σύστημα αναφοράς των παρατηρήσεων για την εποχή 2021 είναι το ITRF2014.

Πίνακας 6.9 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z της μεθόδου PPP (την εποχή 2021) στο ITRF2014

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | Estimated    |              |              | Sigma 95% |        |        |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------|--------|
|                 | X(m)         | Y(m)         | Z(m)         | σX(m)     | σY(m)  | σZ(m)  |
| AR01            | 4598325.7599 | 2022702.2950 | 3917609.5348 | 0.0800    | 0.0471 | 0.0629 |
| AR02            | 4597228.3485 | 2025479.2452 | 3917234.5718 | 0.1195    | 0.0583 | 0.0725 |
| AR03            | 4591750.1598 | 2012634.5027 | 3929840.5807 | 0.0407    | 0.0185 | 0.0389 |
| AR04            | 4590575.5940 | 2021108.8801 | 3927088.2236 | 0.0553    | 0.0260 | 0.0395 |
| AR05            | 4585142.9213 | 2019477.1312 | 3933839.1865 | 0.0518    | 0.0242 | 0.0334 |
| AR06            | 4587973.0025 | 2027855.7852 | 3927308.3198 | 0.0393    | 0.0194 | 0.0390 |
| AR07            | 4586413.5977 | 2038336.4078 | 3923156.8025 | 0.0548    | 0.0250 | 0.0352 |
| AR08            | 4588934.3202 | 2039213.1523 | 3919371.5038 | 0.0443    | 0.0246 | 0.0346 |
| AR09            | 4595911.1120 | 2044843.7974 | 3908392.2624 | 0.0313    | 0.0159 | 0.0301 |
| AR10            | 4624209.0662 | 1981217.7429 | 3908358.0163 | 0.0439    | 0.0203 | 0.0331 |
| AR11            | 4616154.5232 | 1979489.2196 | 3918081.5434 | 0.0352    | 0.0196 | 0.0287 |
| AR12            | 4622964.3060 | 1976765.9297 | 3911403.4944 | 0.0321    | 0.0156 | 0.0258 |
| AR13            | 4618222.6885 | 2058828.4173 | 3874789.2620 | 0.0280    | 0.0166 | 0.0225 |
| AR14            | 4607522.2069 | 2027124.2992 | 3904262.3677 | 0.0531    | 0.0315 | 0.0541 |
| TEIA305         | 4608775.5151 | 2020762.1882 | 3905752.9863 | 0.0084    | 0.0042 | 0.0068 |
| TEIA308         | 4608775.5086 | 2020762.1864 | 3905752.9816 | 0.0085    | 0.0042 | 0.0069 |
| TEIA315         | 4608775.5060 | 2020762.1843 | 3905752.9817 | 0.0084    | 0.0042 | 0.0067 |
| TEIA316         | 4608775.5105 | 2020762.1862 | 3905752.9850 | 0.0084    | 0.0042 | 0.0067 |
| TEIA334         | 4608775.5154 | 2020762.1906 | 3905752.9862 | 0.0086    | 0.0043 | 0.0068 |
| TEIA336         | 4608775.5208 | 2020762.1899 | 3905752.9885 | 0.0086    | 0.0043 | 0.0068 |
| DYNG305         | 4595220.0483 | 2039434.2032 | 3912625.8945 | 0.0061    | 0.0033 | 0.0051 |
| DYNG308         | 4595220.0430 | 2039434.2023 | 3912625.8883 | 0.0059    | 0.0032 | 0.0050 |
| DYNG315         | 4595220.0486 | 2039434.2038 | 3912625.8995 | 0.0060    | 0.0033 | 0.0051 |
| DYNG316         | 4595220.0470 | 2039434.2036 | 3912625.8959 | 0.0059    | 0.0033 | 0.0051 |
| DYNG334         | 4595220.0422 | 2039434.2032 | 3912625.8891 | 0.0061    | 0.0033 | 0.0052 |
| DYNG336         | 4595220.0566 | 2039434.2034 | 3912625.8947 | 0.0061    | 0.0033 | 0.0052 |

#### 6.4 Σχετικός προσδιορισμός εποχή 2021

Για την εποχή 2021 και την επίλυση με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού, δίνονται τα αποτελέσματα στον παρακάτω Πίνακα 6.11, οι συντεταγμένες X, Y, Z στο σύστημα αναφοράς ITRF2014 καθώς και τα τυπικά σφάλματα σX, σY και σZ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Στο Πίνακα 6.11 παρατηρείται ότι στα τριγωνομετρικά σημεία όπου η διάρκεια των παρατηρήσεων ήταν 1 έως 2 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι της τάξης των χιλιοστών,

καθώς και στους μόνιμους σταθμούς TEIA και DYNG η διάρκεια των παρατηρήσεων που ήταν 24 ώρες τα τυπικά σφάλματα είναι επίσης της τάξης των χιλιοστών.

Πίνακας 6.10 Ποσοστά επιλυμένων ασαφειών φάσης για κάθε συχνότητα με τη μέθοδο του σχετικού εντοπισμού την (εποχή 2021)

| Epoch | Baseline  | Ambiguity Statistics |        |        |
|-------|-----------|----------------------|--------|--------|
|       |           | L1[%]                | L2[%]  | L5[%]  |
| 2021  |           |                      |        |        |
|       | DYNG-AR01 | 87,65                | 85,24  | 83,02  |
|       | DYNG-AR02 | 99,46                | 99,70  | 99,37  |
|       | DYNG-AR03 | 95,50                | 95,50  | 100,00 |
|       | DYNG-AR04 | 100,00               | 100,00 | 100,00 |
|       | DYNG-AR05 | 100,00               | 100,00 | 100,00 |
|       | DYNG-AR06 | 99,45                | 99,45  | 99,77  |
|       | DYNG-AR07 | 100,00               | 100,00 | 100,00 |
|       | DYNG-AR08 | 97,95                | 98,36  | 100,00 |
|       | DYNG-AR09 | 96,50                | 96,40  | 100,00 |
|       | DYNG-AR10 | 99,90                | 99,90  | 99,77  |
|       | DYNG-AR11 | 91,37                | 91,30  | 91,40  |
|       | DYNG-AR12 | 93,29                | 98,86  | 98,47  |
|       | DYNG-AR13 | 100,00               | 100,00 | 100,00 |
|       | DYNG-AR14 | 99,57                | 99,57  | 100,00 |

Πίνακας 6.11 Γεωκεντρικές συντεταγμένες X,Y,Z με τη μέθοδο του σχετικού εντοπισμού (εποχή 2021) στο ITRF2014

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | Estimated    |              |              | Sigma 95%     |               |               |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | X(m)         | Y(m)         | Z(m)         | $\sigma_X(m)$ | $\sigma_Y(m)$ | $\sigma_Z(m)$ |
| AR01            | 4598325.1099 | 2022702.1195 | 3917609.3806 | 0.0072        | 0.0035        | 0.0056        |
| AR02            | 4597228.3079 | 2025479.2352 | 3917234.5809 | 0.0020        | 0.0010        | 0.0011        |
| AR03            | 4591750.1252 | 2012634.4881 | 3929840.5705 | 0.0013        | 0.0008        | 0.0012        |
| AR04            | 4590575.5678 | 2021108.8655 | 3927088.2228 | 0.0013        | 0.0008        | 0.0012        |
| AR05            | 4585142.8834 | 2019477.1254 | 3933839.1928 | 0.0014        | 0.0006        | 0.0010        |
| AR06            | 4587972.9910 | 2027855.7759 | 3927308.3367 | 0.0013        | 0.0008        | 0.0010        |
| AR07            | 4586413.5587 | 2038336.3954 | 3923156.8078 | 0.0014        | 0.0006        | 0.0008        |
| AR08            | 4588934.3194 | 2039213.1619 | 3919371.5225 | 0.0009        | 0.0006        | 0.0006        |
| AR09            | 4595911.0783 | 2044843.7933 | 3908392.2823 | 0.0006        | 0.0004        | 0.0005        |
| AR10            | 4624209.0551 | 1981217.7396 | 3908358.0364 | 0.0015        | 0.0008        | 0.0011        |
| AR11            | 4616154.4927 | 1979489.2081 | 3918081.5318 | 0.0008        | 0.0004        | 0.0006        |
| AR12            | 4622964.2906 | 1976765.9316 | 3911403.4965 | 0.0011        | 0.0007        | 0.0009        |
| AR13            | 4618222.7144 | 2058828.4175 | 3874789.2986 | 0.0010        | 0.0007        | 0.0008        |
| AR14            | 4607522.1617 | 2027124.2837 | 3904262.3689 | 0.0013        | 0.0008        | 0.0010        |
| TEIA305         | 4608775.4936 | 2020762.1823 | 3905752.9844 | 0.0007        | 0.0003        | 0.0006        |
| TEIA308         | 4608775.4931 | 2020762.1792 | 3905752.9865 | 0.0008        | 0.0004        | 0.0007        |
| TEIA315         | 4608775.4813 | 2020762.1791 | 3905752.9812 | 0.0007        | 0.0003        | 0.0006        |
| TEIA316         | 4608775.4910 | 2020762.1786 | 3905752.9852 | 0.0006        | 0.0003        | 0.0005        |
| TEIA334         | 4608775.4989 | 2020762.1812 | 3905752.9872 | 0.0009        | 0.0004        | 0.0008        |
| TEIA336         | 4608775.4914 | 2020762.1814 | 3905752.9873 | 0.0007        | 0.0004        | 0.0006        |

## 7 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία των μετρήσεων. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις διαφορετικές μεθόδους επίλυσης, ο υπολογισμός και η σύγκριση των μετατοπίσεων από τις δύο αυτές μεθόδους που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5. Τέλος γίνεται σύγκριση των μετατοπίσεων με αποτελέσματα άλλων δημοσιευμένων εργασιών.

Οι χάρτες του συγκεκριμένου κεφαλαίου δημιουργήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού The Generic Mapping Tools (Wessel, et al., 2019), και τις ρουτίνες που αναπτύχθηκαν από την Ερευνητική Μονάδα Γεωδαισίας – Τοπογραφίας και GNSS και είναι διαθέσιμες στο αποθετήριο [https://github.com/LabGeoTopo/gmt\\_pyplots](https://github.com/LabGeoTopo/gmt_pyplots)

### 7.1 Σύγκριση συντεταγμένων μεταξύ των δύο μεθόδων

Για τη σύγκριση συντεταγμένων μεταξύ των δύο μεθόδων, οι μετρήσεις αναφέρονται κάθε φορά στην ίδια εποχή (2012.7, 2021.9), έχει υλοποιηθεί στο ίδιο σύστημα αναφοράς (ITRF2014) και συγκρίνονται τα αποτελέσματα των διαφορετικών μεθόδων απόλυτου και σχετικού προσδιορισμού. Στους Πίνακες 7.1 και 7.2 δίνονται οι διαφορές των γεωκεντρικών συντεταγμένων ΔX, ΔY, ΔZ και αντίστοιχα και σε ένα τοποκεντρικό σύστημα τα δNorth, δEast και δUp για κάθε σημείο.

Παρατηρείται ότι το σημείο AR01 έχει μεγάλες διαφορές. Πιθανώς οφείλεται στα εμπόδια που υπήρχαν επειδή ήταν κάτω από δέντρα και η επίλυση δεν είναι τόσο καλή με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού και στις δυο εποχές, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες.

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται οι διαφορές των συντεταγμένων την εποχή 2012 μεταξύ των δύο μεθόδων, εκτός του σημείου AR01, οι οποίες κυμαίνονται:

δNorth: -25.4 έως 54.2 mm

δEast: -48.9 έως 73 mm

δUp: -154.7 έως 121.3 mm

Πίνακας 7.1 Διαφορές γεωκεντρικών συντεταγμένων ΔΧ, ΔΥ, ΔΖ και σε τοποκεντρικό σύστημα δNorth, δEast, δUp μεταξύ των δύο μεθόδων την εποχή 2012

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | EPOCH 2012 |        |        | δNorth      | δEast  | δUp    |      |
|-----------------|------------|--------|--------|-------------|--------|--------|------|
|                 | ΔΧ         | ΔΥ     | ΔΖ     |             |        |        |      |
|                 | (mm)       |        |        | (mm)        |        |        |      |
| AR01            | -209.9     | -633.3 | -249.1 | 80.2        | -495.2 | -505.5 |      |
| AR02            | 1.8        | 80.6   | -5.5   | -25.4       | 73.0   | 23.5   |      |
| AR03            | 68.3       | 55.6   | 44.8   | -17.4       | 23.5   | 94.4   |      |
| AR04            | -22.8      | -12.7  | -27.9  | -5.8        | -2.4   | -37.7  |      |
| AR05            | -28.8      | -66.1  | -13.9  | 22.0        | -48.9  | -50.2  |      |
| AR06            | -47.2      | 56.5   | -6.0   | 7.9         | 70.8   | -19.7  |      |
| AR07            | -137.5     | -41.4  | -69.2  | 33.7        | 18.0   | -154.7 |      |
| AR08            | 85.3       | 47.3   | 72.6   | -2.9        | 8.6    | 121.3  |      |
| AR09            | -30.3      | 2.4    | -10.7  | 8.0         | 14.5   | -27.6  |      |
| AR10            | 60.5       | 23.8   | 37.5   | -10.5       | -1.9   | 74.3   |      |
| AR11            | -79.1      | 1.7    | 12.4   | 54.2        | 32.7   | -49.0  |      |
| AR12            | 47.4       | 24.4   | 53.7   | 9.5         | 3.8    | 75.0   |      |
| AR13            | 7.7        | -13.0  | 21.5   | 16.0        | -15.0  | 14.5   |      |
| AR14            | -19.4      | -4.1   | -11.5  | 2.9         | 4.1    | -22.4  |      |
| TEIA244         | -0.3       | -6.2   | 1.5    | 2.9         | -5.6   | -1.3   |      |
| TEIA248         | -2.3       | -1.2   | 6.5    | 6.7         | -0.2   | 2.0    |      |
| TEIA249         | 6.1        | 2.4    | 9.1    | 3.1         | -0.3   | 10.8   |      |
| TEIA250         | 0.2        | -4.9   | 5.4    | 5.4         | -4.6   | 1.9    |      |
| TEIA251         | 0.2        | -0.4   | 6.7    | 5.3         | -0.4   | 4.1    |      |
| TEIA257         | 7.0        | -2.6   | 2.8    | -1.1        | -5.2   | 6.0    |      |
| TEIA258         | 3.9        | -1.2   | 6.8    | 3.5         | -2.7   | 6.6    |      |
| TEIA263         | 9.0        | 2.2    | 11.4   | 3.4         | -1.6   | 14.2   |      |
|                 |            |        |        | <b>AR</b>   | 16.6   | 24.4   | 58.8 |
|                 |            |        |        | <b>TEIA</b> | 3.9    | 2.6    | 5.9  |



Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζονται οι διαφορές των συντεταγμένων την εποχή 2021 μεταξύ των δύο μεθόδων, εκτός του σημείου AR01, οι οποίες κυμαίνονται:

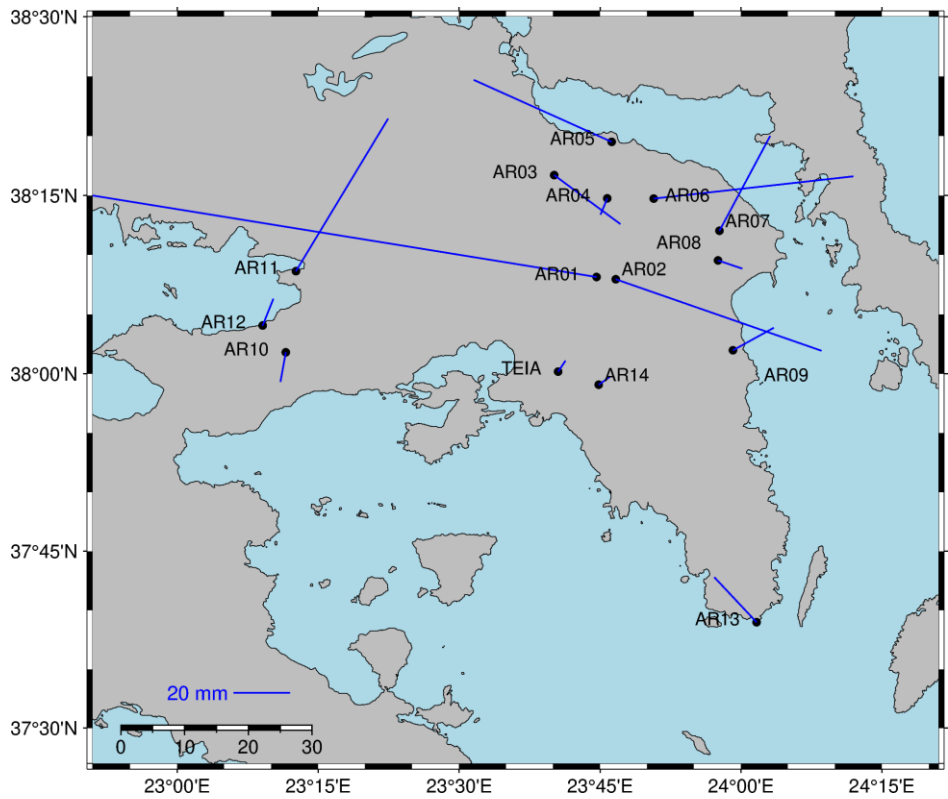
δNorth: -35.7 έως -9.9 mm

δEast: -10.0 έως 10.4 mm

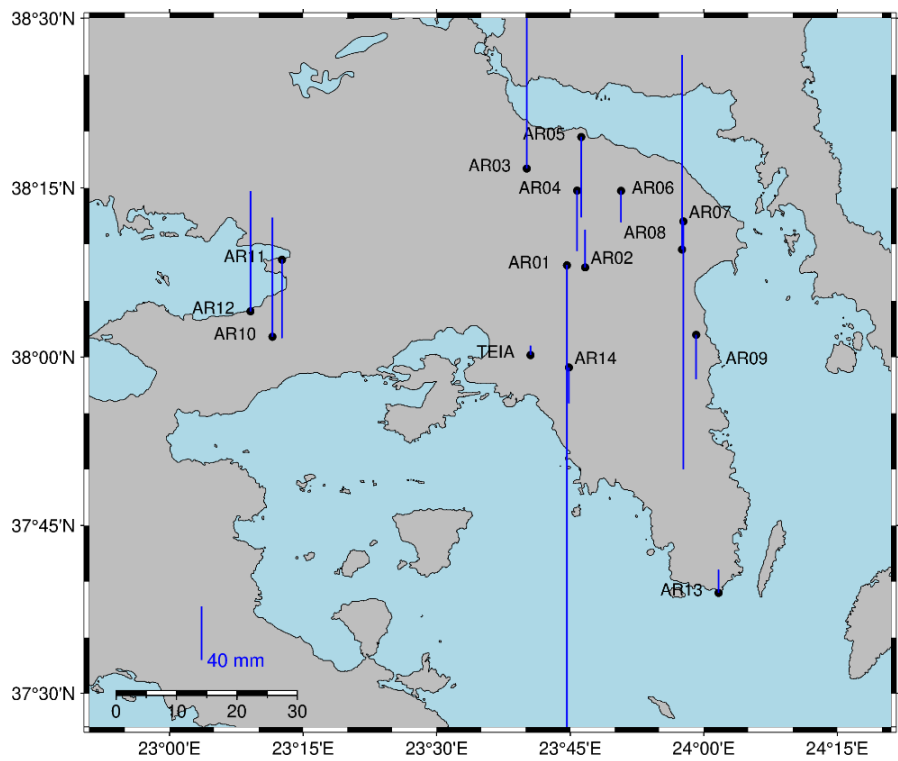
δUp: -41.2 έως 36.8 mm

Πίνακας 7.2 Διαφορές γεωκεντρικών συντεταγμένων ΔX, ΔY, ΔZ και σε τοποκεντρικό σύστημα δNorth, δEast, δUp μεταξύ των δύο μεθόδων την εποχή 2021

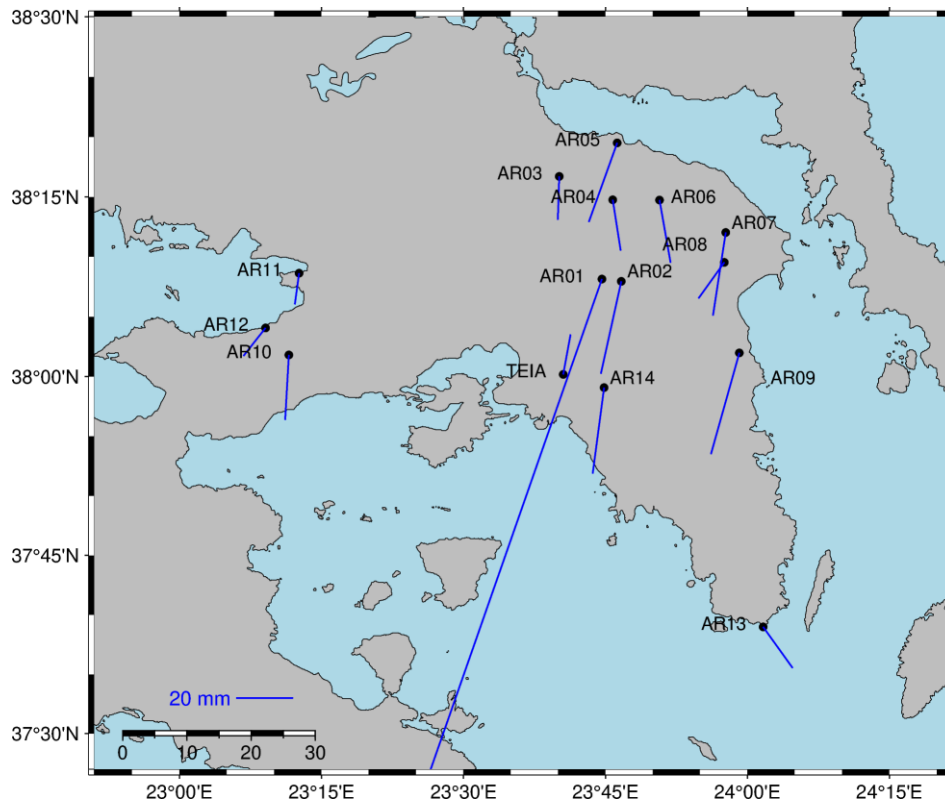
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ | EPOCH 2021 |       |       | δNorth | δEast  | δUp   |      |
|-----------------|------------|-------|-------|--------|--------|-------|------|
|                 | ΔX         | ΔY    | ΔZ    |        |        |       |      |
|                 | (mm)       |       |       | (mm)   |        |       |      |
| AR01            | 650.0      | 175.5 | 154.2 | -289.8 | -101.1 | 618.8 |      |
| AR02            | 40.6       | 10.0  | -9.1  | -32.6  | -7.2   | 26.8  |      |
| AR03            | 34.6       | 14.6  | 10.2  | -15.3  | -0.5   | 35.8  |      |
| AR04            | 26.2       | 14.6  | 0.8   | -17.9  | 2.8    | 23.9  |      |
| AR05            | 37.9       | 5.8   | -6.3  | -27.9  | -10.0  | 25.1  |      |
| AR06            | 11.5       | 9.3   | -16.9 | -22.1  | 3.9    | 0.8   |      |
| AR07            | 39.0       | 12.4  | -5.3  | -29.3  | -4.5   | 28.7  |      |
| AR08            | 0.8        | -9.6  | -18.7 | -12.7  | -9.1   | -14.0 |      |
| AR09            | 33.7       | 4.1   | -19.9 | -35.7  | -10.0  | 13.3  |      |
| AR10            | 11.1       | 3.3   | -20.1 | -22.9  | -1.3   | -3.3  |      |
| AR11            | 30.5       | 11.5  | 11.6  | -11.0  | -1.5   | 32.8  |      |
| AR12            | 15.4       | -1.9  | -2.1  | -9.9   | -7.8   | 9.3   |      |
| AR13            | -25.9      | -0.2  | -36.6 | -14.5  | 10.4   | -41.2 |      |
| AR14            | 45.2       | 15.5  | -1.2  | -30.3  | -4.0   | 36.8  |      |
| TEIA305         | 21.5       | 5.9   | 1.9   | -12.1  | -3.2   | 18.6  |      |
| TEIA308         | 15.5       | 7.2   | -4.9  | -14.4  | 0.4    | 10.4  |      |
| TEIA315         | 24.7       | 5.2   | 0.5   | -14.8  | -5.2   | 19.8  |      |
| TEIA316         | 19.5       | 7.6   | -0.2  | -13.0  | -0.9   | 16.4  |      |
| TEIA334         | 16.5       | 9.4   | -1.0  | -12.4  | 2.0    | 14.3  |      |
| TEIA336         | 29.4       | 8.5   | 1.2   | -17.7  | -4.0   | 24.6  |      |
|                 |            |       |       |        |        |       |      |
|                 |            |       |       | AR     | 21.7   | 5.6   | 22.4 |
|                 |            |       |       |        |        |       |      |
|                 |            |       |       | TEIA   | 14.1   | 2.6   | 17.3 |



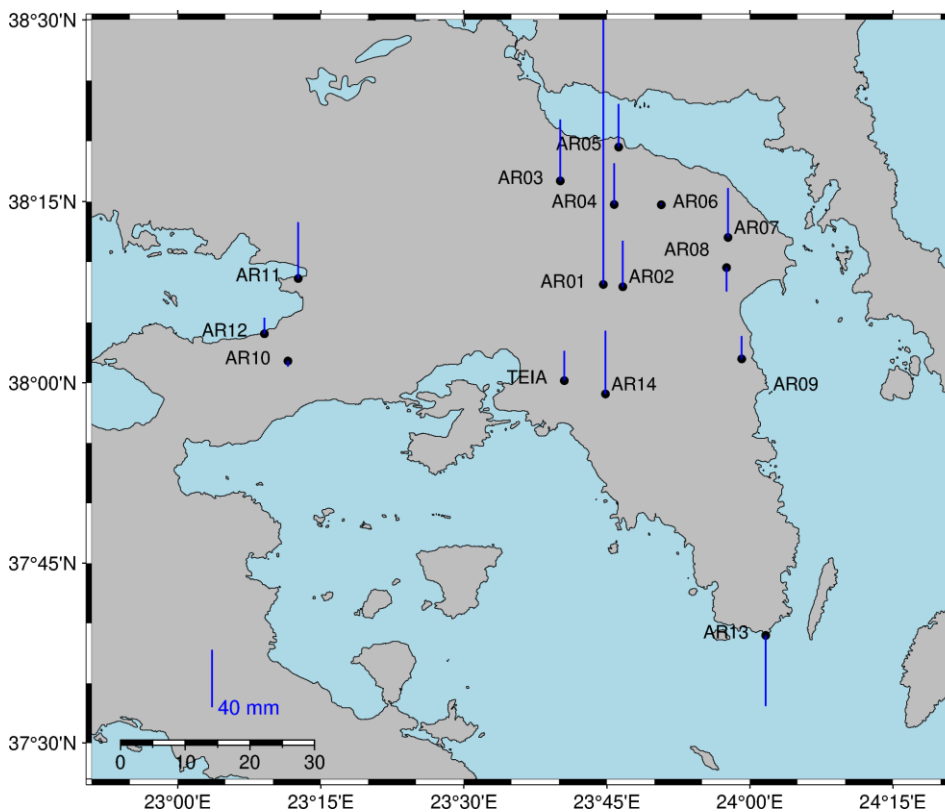
Εικόνα 7.1 Χάρτης με τις διαφορές δNorth,, δEast για την εποχή 2012



Εικόνα 7.2 Χάρτης με τις διαφορές δUpr για την εποχή 2012



Εικόνα 7.3 Χάρτης με τις διαφορές  $\delta\text{North}$ ,  $\delta\text{East}$  για την εποχή 2021



Εικόνα 7.4 Χάρτης με τις διαφορές  $\delta\text{Upr}$  για την εποχή 2021

## 7.2 Υπολογισμός μετατοπίσεων από τις διαφορετικές μεθόδους

Για κάθε μέθοδο επίλυσης έγινε ο υπολογισμός των μετατοπίσεων μεταξύ των δύο εποχών παρατηρήσεων. Καταρχήν υπολογίστηκαν οι μετατοπίσεις  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  στο ITRF2014. Στη συνέχεια έγινε η μετατροπή σε τοποκεντρικό σύστημα  $\delta North$ ,  $\delta East$ ,  $\delta Up$  για κάθε σημείο. Τέλος υπολογίστηκαν οι ταχύτητες  $vNorth$ ,  $vEast$ ,  $vUp$  χρησιμοποιώντας ως  $\Delta t = 2021.9 - 2012.7 = 9.2$  yr. Στους Πίνακες 7.3 και 7.4 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετατοπίσεων για κάθε μέθοδο επίλυσης.

Στον πίνακα 7.3 για την επίλυση του απόλυτου προσδιορισμού, εξαιρουμένου των σημείων AR01 - A09 - AR11, οι ταχύτητες κυμαίνονται:

$vNorth$ : -15.1 έως -7.4 mm/yr

$vEast$ : 6.1 έως 17.2 mm/yr

$vUp$ : -12.4 έως 13 mm/yr

Στον πίνακα 7.4 για την επίλυση του σχετικού προσδιορισμού, όπου έχει απομακρυνθεί το σημείο AR09, οι ταχύτητες κυμαίνονται:

$vNorth$ : -12.8 έως -5 mm/yr

$vEast$ : 5.6 έως 12.5 mm/yr

$vUp$ : -13.1 έως 5.6 mm/yr

Παρατηρείται από τον Πίνακα 7.3 ότι τα σημεία AR01-AR09 έχουν μεγαλύτερη διαφορά στον απόλυτο προσδιορισμό. Στον σχετικό προσδιορισμό στα σημεία αυτά παρατηρείται ότι το AR09 έχει μετακινηθεί ενώ το AR01 έχει καλύτερη λύση. Ακόμη το σημείο AR02 στον σχετικό προσδιορισμό έχει διαφορά μετατόπισης λόγω του ότι στην περιοχή παλαιότερα υπήρχαν δέντρα.

Στον απόλυτο προσδιορισμό (Εικόνα 7.5 και 7.6) όλες οι ταχύτητες έχουν κατεύθυνση NNA εκτός των προαναφερθέντων σημείων καθώς και του σημείου AR11 σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Στον σχετικό προσδιορισμό (Εικόνα 7.7 και 7.8) οι ταχύτητες έχουν ίδια κατεύθυνση NNA εκτός του σημείου AR09, ενώ το AR01 κινείται ομοιόμορφα με τα άλλα σημεία.

Συγκριτικά στην Εικόνα 7.9 και με τις δυο μεθόδους το σημείο AR11 συμβαδίζει με τα υπόλοιπα σημεία ενώ το AR02 έχει διπλάσιο μέτρο αλλά ίδια κατεύθυνση. Στα υπόλοιπα

σημεία οι μετακινήσεις φαίνονται ομοιόμορφες. Τα σημεία AR10 – AR02 – AR11 είχαν επίσης εμπόδια, κυρίως δέντρα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

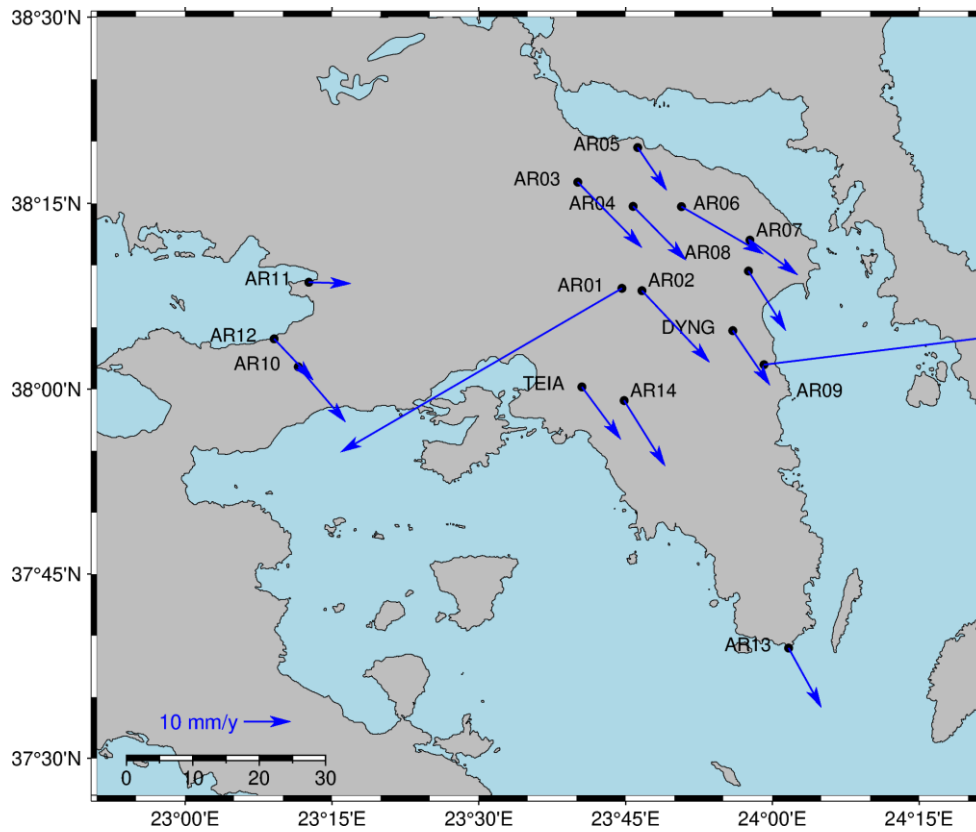
Τα σημεία ΤΕΙΑ-AR13-AR12-AR08-AR07-AR03-AR06 και AR04 παρουσιάζουν ομοιόμορφη κίνηση, με μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δύο μεθόδων.

Πίνακας 7.3 Υπολογισμός μετατοπίσεων και ταχυτήτων με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού

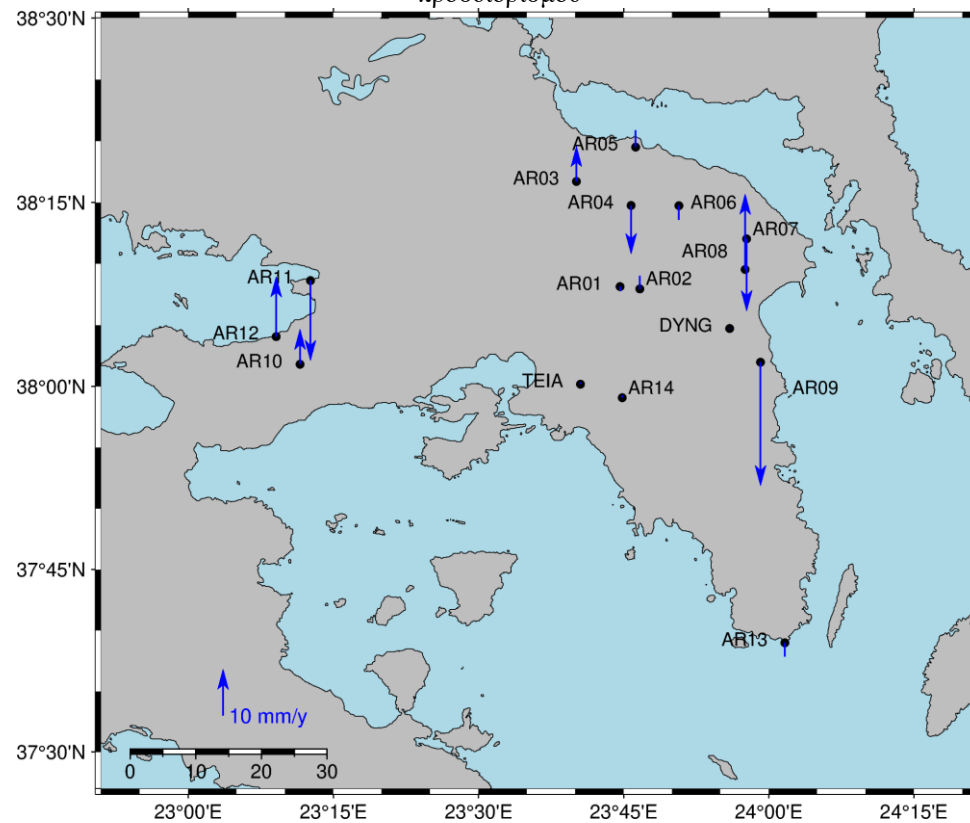
| ΑΠΟΛΥΤΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ |         |         |         |          |          |          |         |         |         |  |  |
|------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--|--|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ        | ΔΧ      | ΔΥ      | ΔΖ      | δNorth   | δEast    | δUp      | vNorth  | vEast   | vUp     |  |  |
|                        | (m)     |         |         | (m)      |          |          | (m/yr)  |         |         |  |  |
| AR01                   | 0.3940  | -0.4219 | -0.2541 | -0.3176  | -0.5448  | -0.0068  | -0.0345 | -0.0592 | -0.0007 |  |  |
| AR02                   | 0.0402  | 0.1609  | -0.0967 | -0.1388  | 0.1310   | 0.0202   | -0.0151 | 0.0142  | 0.0022  |  |  |
| AR03                   | 0.0617  | 0.1626  | -0.0656 | -0.1269  | 0.1241   | 0.0549   | -0.0138 | 0.0135  | 0.0060  |  |  |
| AR04                   | -0.0367 | 0.0961  | -0.1291 | -0.1045  | 0.1027   | -0.0758  | -0.0114 | 0.0112  | -0.0082 |  |  |
| AR05                   | 0.0434  | 0.0808  | -0.0492 | -0.0834  | 0.0564   | 0.0261   | -0.0091 | 0.0061  | 0.0028  |  |  |
| AR06                   | -0.028  | 0.1612  | -0.086  | -0.0920  | 0.1587   | -0.0221  | -0.0100 | 0.0172  | -0.0024 |  |  |
| AR07                   | -0.0814 | 0.066   | -0.1241 | -0.0680  | 0.0933   | -0.1141  | -0.0074 | 0.0101  | -0.0124 |  |  |
| AR08                   | 0.122   | 0.1341  | -0.0174 | -0.1162  | 0.0730   | 0.1197   | -0.0126 | 0.0079  | 0.0130  |  |  |
| AR09                   | -2.0094 | 3.4061  | 0.2591  | 0.4821   | 3.9288   | -0.1958  | 0.0524  | 0.4270  | -0.0213 |  |  |
| AR10                   | 0.0652  | 0.1289  | -0.0511 | -0.1084  | 0.0928   | 0.0557   | -0.0118 | 0.0101  | 0.0061  |  |  |
| AR11                   | -0.1228 | 0.0373  | -0.0803 | -0.0025  | 0.0826   | -0.1267  | -0.0003 | 0.0090  | -0.0138 |  |  |
| AR12                   | 0.0846  | 0.1198  | -0.0053 | -0.0811  | 0.0768   | 0.0950   | -0.0088 | 0.0083  | 0.0103  |  |  |
| AR13                   | 0.0243  | 0.0801  | -0.1059 | -0.1166  | 0.0642   | -0.0221  | -0.0127 | 0.0070  | -0.0024 |  |  |
| AR14                   | 0.0427  | 0.1064  | -0.0991 | -0.1285  | 0.0801   | 0.0035   | -0.0140 | 0.0087  | 0.0004  |  |  |
| ΤΕΙΑ                   | 0.0295  | 0.0960  | -0.0791 | -0.10273 | 0.076087 | 0.002939 | -0.0112 | 0.0083  | 0.0003  |  |  |
| DYNG                   | 0.0311  | 0.0934  | -0.0841 | -0.1071  | 0.072754 | 0.000333 | -0.0116 | 0.0079  | 0.0000  |  |  |

Πίνακας 7.4 Υπολογισμός μετατοπίσεων και ταχυτήτων με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού

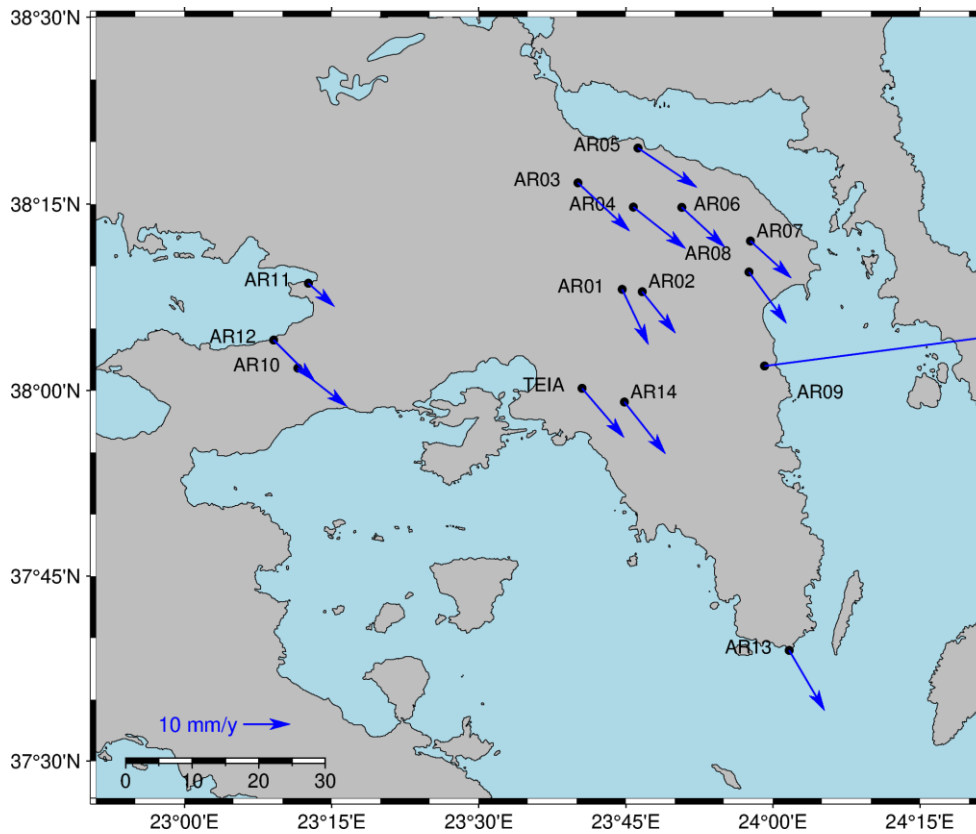
| ΣΧΕΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ |         |        |         |         |        |         |         |        |         |  |  |
|------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--|--|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ        | ΔΧ      | ΔΥ     | ΔΖ      | δNorth  | δEast  | δUp     | vNorth  | vEast  | vUp     |  |  |
|                        | (m)     |        |         | (m)     |        |         | (m/yr)  |        |         |  |  |
| AR01                   | -0.0461 | 0.0359 | -0.1592 | -0.1081 | 0.0514 | -0.1201 | -0.0117 | 0.0056 | -0.0131 |  |  |
| AR02                   | -0.0022 | 0.0703 | -0.0821 | -0.0808 | 0.0652 | -0.0300 | -0.0088 | 0.0071 | -0.0033 |  |  |
| AR03                   | -0.0412 | 0.0924 | -0.1206 | -0.0944 | 0.1011 | -0.0751 | -0.0103 | 0.0110 | -0.0082 |  |  |
| AR04                   | -0.0401 | 0.0942 | -0.1020 | -0.0809 | 0.1023 | -0.0621 | -0.0088 | 0.0111 | -0.0067 |  |  |
| AR05                   | 0.0343  | 0.1411 | -0.0290 | -0.0772 | 0.1154 | 0.0511  | -0.0084 | 0.0125 | 0.0056  |  |  |
| AR06                   | 0.0077  | 0.0954 | -0.0631 | -0.0778 | 0.0841 | -0.0032 | -0.0085 | 0.0091 | -0.0004 |  |  |
| AR07                   | 0.0171  | 0.0950 | -0.0496 | -0.0725 | 0.0799 | 0.0119  | -0.0079 | 0.0087 | 0.0013  |  |  |
| AR08                   | 0.0359  | 0.0964 | -0.0713 | -0.1005 | 0.0735 | 0.0125  | -0.0109 | 0.0080 | 0.0014  |  |  |
| AR09                   | -2.0128 | 3.3996 | 0.2897  | 0.5098  | 3.9243 | -0.1815 | 0.0554  | 0.4265 | -0.0197 |  |  |
| AR10                   | -0.0064 | 0.1018 | -0.0685 | -0.0750 | 0.0961 | -0.0153 | -0.0082 | 0.0104 | -0.0017 |  |  |
| AR11                   | -0.0742 | 0.0241 | -0.1043 | -0.0458 | 0.0514 | -0.1106 | -0.0050 | 0.0056 | -0.0120 |  |  |
| AR12                   | 0.0218  | 0.0973 | -0.0569 | -0.0807 | 0.0809 | 0.0108  | -0.0088 | 0.0088 | 0.0012  |  |  |
| AR13                   | 0.0425  | 0.0933 | -0.0908 | -0.1181 | 0.0692 | 0.0044  | -0.0128 | 0.0075 | 0.0005  |  |  |
| AR14                   | 0.0169  | 0.0950 | -0.0864 | -0.1012 | 0.0802 | -0.0108 | -0.0110 | 0.0087 | -0.0012 |  |  |
| ΤΕΙΑ                   | 0.013   | 0.0956 | -0.0826 | -0.0961 | 0.0823 | -0.0112 | -0.0104 | 0.0089 | -0.0012 |  |  |



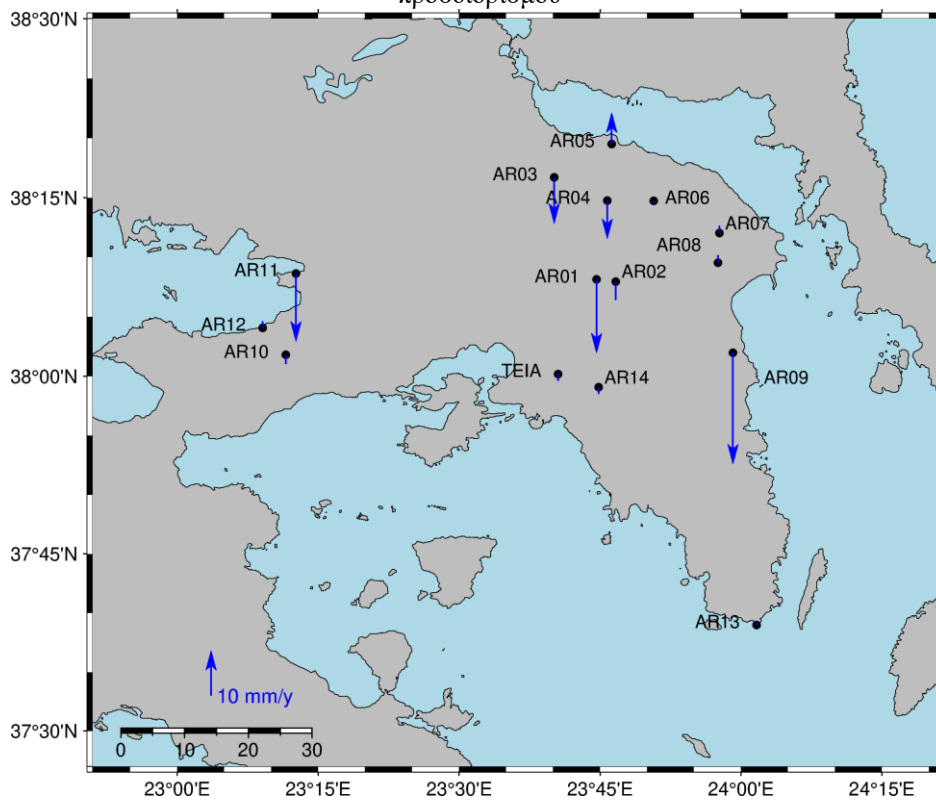
Εικόνα 7.5 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού



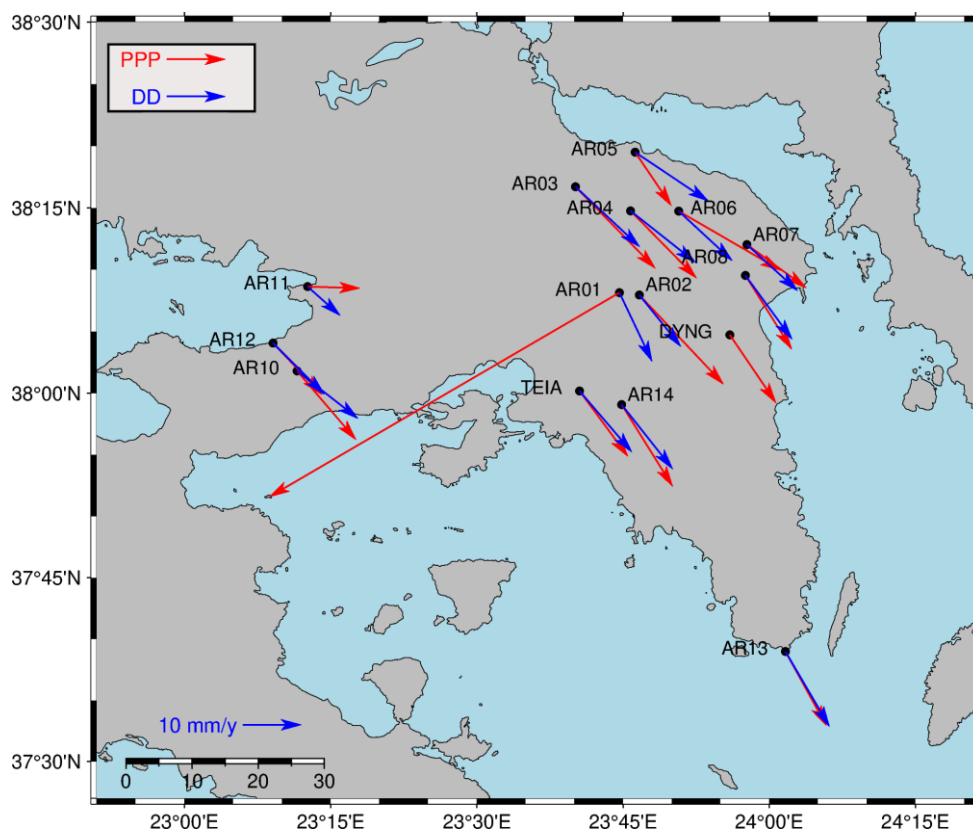
Εικόνα 7.6 Χάρτης κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού



Εικόνα 7.7 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού



Εικόνα 7.8 Χάρτης κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού



Εικόνα 7.9 Συγκριτικός χάρτης ταχυτήτων στο ITRF2014

### 7.2.1 Σύγκριση ταχυτήτων με την EUREF

Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση των ταχυτήτων των σημείων AR08 και DYNG. Επιλέχθηκαν τα δυο σημεία γιατί για το σταθμό DYNG, υπάρχουν επίσημες επιλύσεις από την υπηρεσία EUREF και το AR08 είναι το πιο κοντινό σημείο στο σταθμό DYNG. Η σύγκριση γίνεται για να αξιολογηθούν οι λύσεις που έχουν προκύψει από τις δυο διαφορετικές μεθόδους.

Στον παρακάτω Πίνακα 7.5 παρατηρείται ότι οι ταχύτητες του σημείου AR08 και του DYNG σε σύγκριση με τις ταχύτητες της υπηρεσίας EUREF στο σύστημα αναφοράς IGB14, έχουν αποκλίσεις της τάξης δέκατων του χιλιοστού ανά χρόνο. Επομένως οι λύσεις των δύο μεθόδων φαίνεται να είναι πολύ κοντά με τις επίσημες επιλύσεις της EUREF.



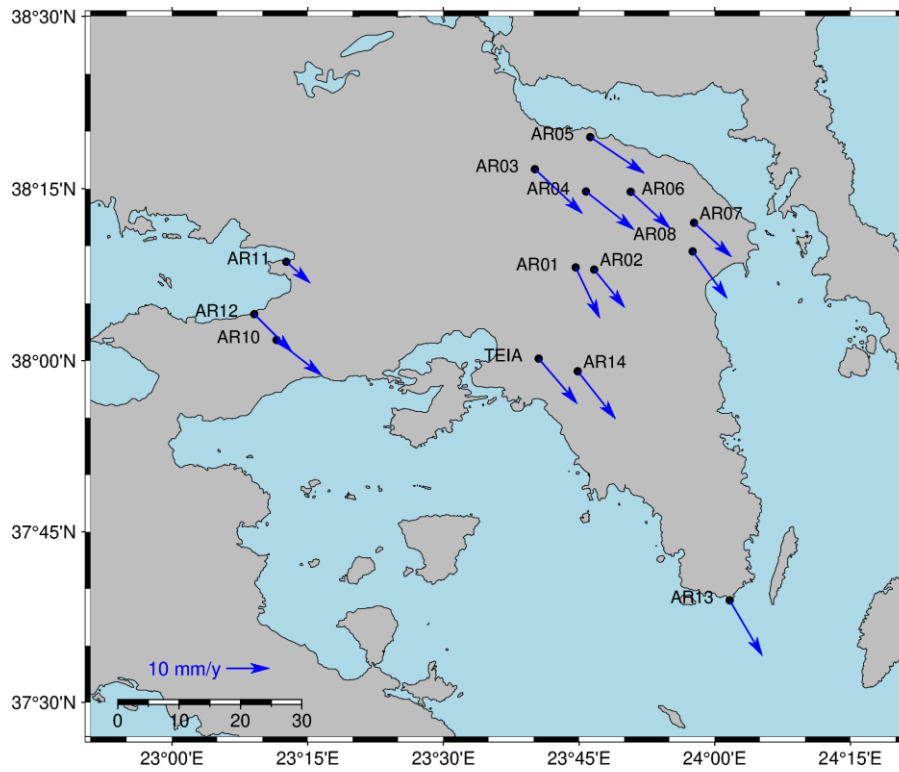
Πίνακας 7.5 Σύγκριση ταχυτήτων με τις επίσημα δημοσιευμένες ταχύτητες του σταθμού DYNG από την EUREF

| ΚΩΔΙΚΟΣ<br>ΣΗΜΕΙΟΥ              |  | vNorth<br>(mm/yr) | vEast<br>(mm/yr) | vUp<br>(mm/yr) |
|---------------------------------|--|-------------------|------------------|----------------|
| <b>ΑΠΟΛΥΤΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ</b>   |  |                   |                  |                |
| AR08                            |  | -12.6             | 7.9              | 13.0           |
| DYNG                            |  | -11.6             | 7.9              | 0.0            |
| <b>ΣΧΕΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ</b>   |  |                   |                  |                |
| AR08                            |  | -10.9             | 8.0              | 1.4            |
| <b>ΕΠΙΣΗΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ EUREF</b> |  |                   |                  |                |
| DYNG                            |  | -11.6             | 8.2              | 0.1            |

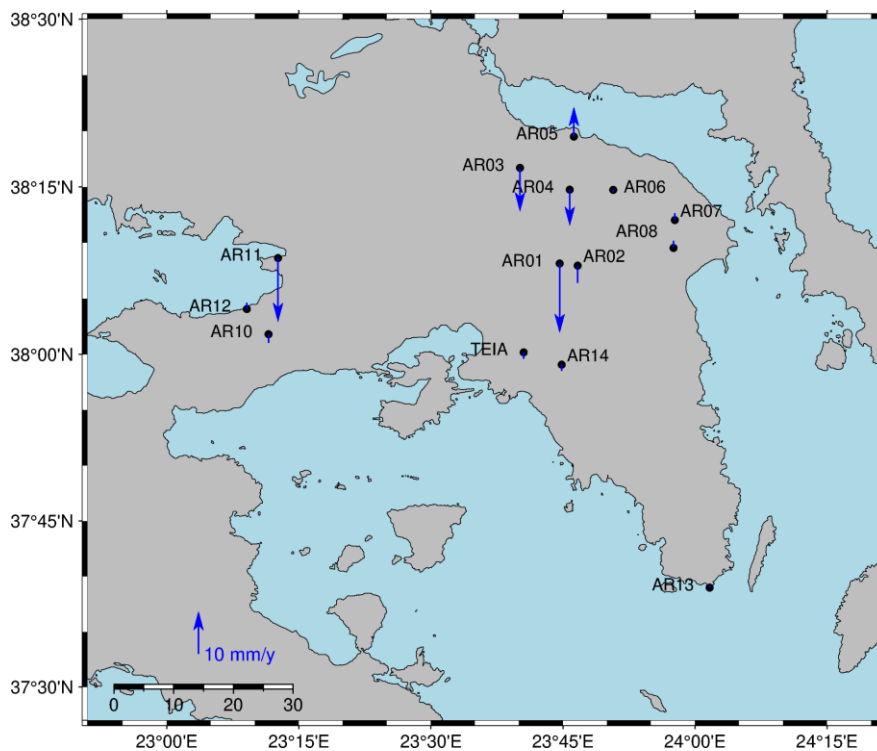
### 7.3 Τελικό πεδίο ταχυτήτων ως προς ITRF2014

Για το τελικό πεδίο ταχυτήτων της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των επιλύσεων με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού θέσης. Από τα αποτελέσματα απορρίφθηκε το σημείο AR09 γιατί από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι έχει επανιδρυθεί. Στις Εικόνες 7.10 και 7.11 παρουσιάζονται τα τελικά πεδία ταχυτήτων για τις οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις αντίστοιχα, ως προς το ITRF2014.

Στην Εικόνα 7.10 η περιοχή παρουσιάζει ομοιόμορφη μετακίνηση NNA ως προς το ITRF2014, ενώ κατακόρυφα στην Εικόνα 7.11 οι μετακινήσεις είναι πολύ μικρές σχεδόν σε όλη την περιοχή.



Εικόνα 7.10 Χάρτης τελικού πεδίου οριζόντιων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού στο ITRF2014



Εικόνα 7.11 Χάρτης τελικού πεδίου κατακόρυφων ταχυτήτων που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού στο ITRF2014

#### 7.4 Πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη

Στο παρόν υποκεφάλαιο υπολογίστηκε το πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη. Καταρχήν υπολογίστηκαν οι οριζόντιες ταχύτητες της Ευρωπαϊκής πλάκας για κάθε σημείο που έγιναν οι μετρήσεις, αξιοποιώντας την διαδικτυακή εφαρμογή Plate Motion Calculator της υπηρεσίας Unavco (<https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>).

Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο GSRM v2.1 (Kreemer, et al., 2014). Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 7.6.

Πίνακας 7.6 Οριζόντιες ταχύτητες της Ευρωπαϊκής πλάκας για κάθε σημείο με το μοντέλο GSRM v2.1

| <b>Code</b> | <b>Long</b>  | <b>Lat</b> | <b>vEast</b>   | <b>vNorth</b> |
|-------------|--------------|------------|----------------|---------------|
|             | <b>(deg)</b> |            | <b>(mm/yr)</b> |               |
| <b>AR01</b> | 23.74        | 38.14      | 24.65          | 14.93         |
| <b>AR02</b> | 23.78        | 38.13      | 24.65          | 14.92         |
| <b>AR03</b> | 23.67        | 38.28      | 24.61          | 14.94         |
| <b>AR04</b> | 23.76        | 38.25      | 24.63          | 14.93         |
| <b>AR05</b> | 23.77        | 38.33      | 24.62          | 14.92         |
| <b>AR06</b> | 23.85        | 38.25      | 24.65          | 14.91         |
| <b>AR07</b> | 23.96        | 38.20      | 24.67          | 14.90         |
| <b>AR08</b> | 23.96        | 38.16      | 24.67          | 14.90         |
| <b>AR10</b> | 23.19        | 38.03      | 24.57          | 15.01         |
| <b>AR11</b> | 23.21        | 38.14      | 24.56          | 15.00         |
| <b>AR12</b> | 23.15        | 38.07      | 24.56          | 15.01         |
| <b>AR13</b> | 24.03        | 37.65      | 24.76          | 14.89         |
| <b>AR14</b> | 23.75        | 37.98      | 24.67          | 14.93         |
| <b>TEIA</b> | 23.68        | 38.00      | 24.65          | 14.94         |

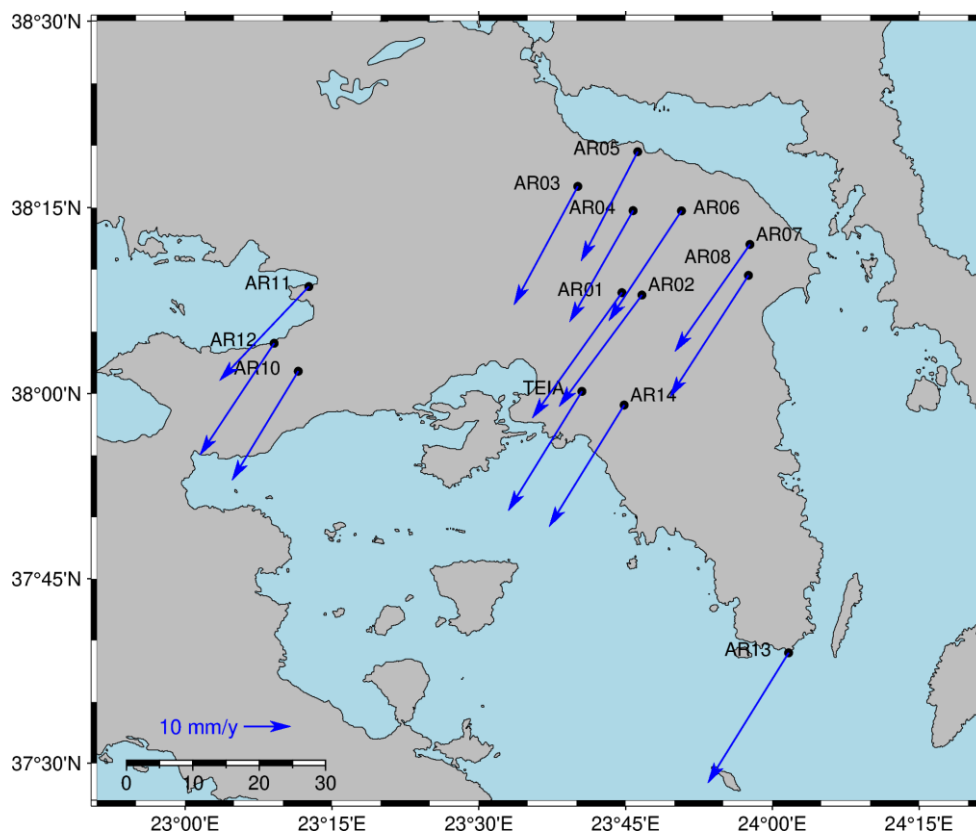
Στη συνέχεια για κάθε σημείο αφαιρέθηκαν οι ταχύτητες της Ευρώπης από ταχύτητες που είχαν υπολογιστεί με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού. Στον Πίνακα 7.7 δίνονται οι τιμές των ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη.

Παρατηρείται ότι ταχύτητες κυμαίνονται από -20 έως -27 mm/yr στη διεύθυνση Βορράς-Νότος και από -12 έως -19 mm/yr στη διεύθυνση Ανατολή-Δύση.

Πίνακας 7.7 Οριζόντιες ταχύτητες σημείων ως προς σταθερή Ευρώπη

| wrt Stable Europe |        |       |
|-------------------|--------|-------|
| Code              | vNorth | vEast |
| (mm/yr)           |        |       |
| AR01              | -26.7  | -19.1 |
| AR02              | -23.7  | -17.6 |
| AR03              | -25.2  | -13.6 |
| AR04              | -23.7  | -13.5 |
| AR05              | -23.3  | -12.1 |
| AR06              | -23.4  | -15.5 |
| AR07              | -22.8  | -16.0 |
| AR08              | -25.8  | -16.7 |
| AR10              | -23.2  | -14.1 |
| AR11              | -20.0  | -19.0 |
| AR12              | -23.8  | -15.8 |
| AR13              | -27.7  | -17.2 |
| AR14              | -25.9  | -16.0 |
| TEIA              | -25.4  | -15.7 |

Στην παρακάτω Εικόνα 7.12 παρουσιάζονται οι ταχύτητες των σημείων που υπολογίστηκαν ως προς σταθερή Ευρώπη. Παρατηρείται ότι ο προσανατολισμός των ταχυτήτων είναι σε ΝΔ κατεύθυνση και η περιοχή παρουσιάζει ομοιόμορφη κίνηση.



Εικόνα 7.12 Χάρτης οριζόντιων ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη

Στον Πίνακα 7.8 συγκρίνονται οι ταχύτητες του σημείου AR08 ως προς σταθερή Ευρώπη, με τις ταχύτητες που δίνονται από την υπηρεσία EUREF για τον σταθμό DYNG στο ETRF2014. Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται είναι της τάξης των δέκατων του χιλιοστού ανά χρόνο.

Πίνακας 7.8 Σύγκριση ταχυτήτων του σημείου AR08 με τις επίσημες ταχύτητες του σταθμού DYNG ως προς σταθερή Ευρώπη

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ                 |  | vNorth<br>(mm/yr) | vEast<br>(mm/yr) | vUp<br>(mm/yr) |
|---------------------------------|--|-------------------|------------------|----------------|
| <b>ΣΧΕΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ</b>   |  |                   |                  |                |
| <b>AR08</b>                     |  | -25.8             | -16.7            | 1.4            |
| <b>ΕΠΙΣΗΜΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ EUREF</b> |  |                   |                  |                |
| <b>DYNG</b>                     |  | -25.5             | -16.1            | 0.2            |

### 7.5 Πεδίο ταχυτήτων σε σύγκριση με άλλες εργασίες

Στο υποκεφάλαιο 2.2 παρουσιάζονται προγενέστερες εργασίες που αφορούν στο πεδίο ταχυτήτων της περιοχής της Αττικής και στην ευρύτερη της περιοχή.

Στην εργασία του (Χατζηνίκος, 2013) παρουσιάζεται το πεδίο ταχυτήτων στο IGS14 και γίνεται η σύγκριση ταχυτήτων με το ITRF2014 από την παρούσα εργασία. Η κατεύθυνση των ταχυτήτων είναι NNA και έχει μικρές διαφορές με την εργασία που πιθανώς να οφείλονται στην χρήση διαφορετικού συστήματος αναφοράς καθώς και διαφορετικών μεθόδων επίλυσης.

Οι εργασίες (Nyst & Thatcher, 2004), (Reilinger, et al., 2010), (Chousianitis, et al., 2015) και (Serpelloni, et al., 2022), αφορούν στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και οι ταχύτητες έχουν κατεύθυνση ΝΔ ως προς σταθερή Ευρώπη. Αντίστοιχα και στην παρούσα εργασία η κατεύθυνση του πεδίου ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη είναι ΝΔ. Παρατηρούνται μικρές διαφορές που μπορεί να οφείλονται στην υλοποίηση διαφορετικού συστήματος αναφοράς ή διαφορετικού μοντέλου για τον υπολογισμό ταχυτήτων της Ευρασιατικής πλάκας.

Στις εργασίες (Φουμέλης, 2009) όπου αφορά συγκεκριμένα την περιοχή της Αττικής και (Μαρίνου, 2014) όπου αφορά το βόρειο κυρίως τμήμα της Αττικής, η κατεύθυνση των ταχυτήτων είναι ΝΔ ως προς σταθερή Ευρώπη. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση με τη χρήση διαφορετικού συστήματος αναφοράς όπως και στη διπλωματική εργασία.

## 8 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στην εργασία έγινε επαναμέτρηση του δικτύου σημείων GNSS από το ερευνητικό πρόγραμμα ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ στα οποία είχαν πραγματοποιηθεί οι πρώτες παρατηρήσεις το Φθινόπωρο του 2012. Έγινε επίλυση των παρατηρήσεων με δύο διαφορετικούς μεθόδους, με τη μέθοδο του απόλυτου προσδιορισμού θέσης (PPP) και την μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού θέσης. Στη συνέχεια έγινε η σύγκριση των δύο μεθόδων και παρατηρείται ότι τα σημεία AR01 και AR09 έχουν μεγαλύτερη διαφορά στον απόλυτο προσδιορισμό. Στον σχετικό προσδιορισμό στα σημεία αυτά παρατηρείται ότι το AR09 έχει μετακινηθεί ενώ το AR01 έχει καλύτερη λύση. Παρατηρείται γενικότερα ότι σε σημεία όπου υπάρχουν εμπόδια στην περιοχή η λύση του απόλυτου προσδιορισμού έχει μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με αυτή του σχετικού προσδιορισμού.

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση μεταξύ των συντεταγμένων των δύο μεθόδων. Τα περισσότερα σημεία είχαν καλή επίλυση εκτός του σημείου AR01, όπου οι διαφορές και στις δύο εποχές μετρήσεων ήταν της τάξης των 30-50 cm.

Οι διαφορές των συντεταγμένων την εποχή 2012 μεταξύ των δύο μεθόδων, εκτός του σημείου AR01 κυμαίνονται:

δNorth: -25.4 έως 54.2 mm

δEast: -48.9 έως 73 mm

δUp: -154.7 έως 121.3 mm

Οι διαφορές των συντεταγμένων την εποχή 2021 μεταξύ των δύο μεθόδων, εκτός του σημείου AR01 κυμαίνονται:

δNorth: -35.7 έως -9.9 mm

δEast: -10.0 έως 10.4 mm

δUp: -41.2 έως 36.8 mm

Οι μεγάλες διαφορές παρατηρούνται σε σημεία που είχαν εμπόδια (κυρίως δέντρα) στον ορίζοντα των μετρήσεων.

Για κάθε μέθοδο επίλυσης έγινε ο υπολογισμός των μετατοπίσεων μεταξύ των δύο εποχών παρατηρήσεων.

Στον απόλυτο προσδιορισμό όλες οι ταχύτητες έχουν κατεύθυνση NNA εκτός των προαναφερθέντων σημείων καθώς και του σημείου AR11 σε σχέση με τα υπόλοιπα.

Στον σχετικό προσδιορισμό οι ταχύτητες έχουν ίδια κατεύθυνση NNA εκτός του σημείου AR09, ενώ το AR01 κινείται ομοιόμορφα με τα άλλα σημεία.

Για την επίλυση του απόλυτου προσδιορισμού, εξαιρουμένου των σημείων AR01 - A09 - AR11, οι ταχύτητες κυμαίνονται:

vNorth: -15.1 έως -7.4 mm/yr

vEast: 6.1 έως 17.2 mm/yr

vUp: -12.4 έως 13 mm/yr

Για την επίλυση του σχετικού προσδιορισμού, όπου έχει απομακρυνθεί το σημείο AR09, οι ταχύτητες κυμαίνονται:

vNorth: -12.8 έως -5 mm/yr

vEast: 5.6 έως 12.5 mm/yr

vUp: -13.1 έως 5.6 mm/yr

Έγινε σύγκριση των ταχυτήτων των σημείων AR08 και DYNG. Επιλέχθηκαν τα δυο σημεία γιατί για το σταθμό DYNG, υπάρχουν επίσημες επιλύσεις από την υπηρεσία EUREF και το AR08 είναι το πιο κοντινό σημείο στο σταθμό DYNG. Παρατηρείται ότι οι ταχύτητες του σημείου AR08 και του DYNG σε σύγκριση με τις ταχύτητες της υπηρεσίας EUREF στο σύστημα αναφοράς IGB14, έχουν αποκλίσεις της τάξης δέκατων του χιλιοστού ανά χρόνο. Επομένως οι λύσεις των δύο μεθόδων φαίνεται να είναι πολύ κοντά με τις επίσημες επιλύσεις της EUREF. Άρα για την εκτίμηση μετακινήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σχετική αξιοπιστία και η μέθοδος PPP.

Για το τελικό πεδίο ταχυτήτων στο ITRF2014 χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των επιλύσεων με τη μέθοδο του σχετικού προσδιορισμού θέσης. Από τα αποτελέσματα απορρίφθηκε το σημείο AR09 γιατί από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι έχει επανιδρυθεί. Η περιοχή μελέτης παρουσιάζει ομοιόμορφη μετακίνηση NNA ως προς το ITRF2014, ενώ κατακόρυφα οι μετακινήσεις είναι πολύ μικρές σχεδόν σε όλη την περιοχή.

Επίσης υπολογίστηκε το πεδίο ταχυτήτων ως προς σταθερή Ευρώπη. Παρατηρείται ότι ταχύτητες κυμαίνονται από -20 έως -27 mm/yr στη διεύθυνση Βορράς-Νότος και από -12 έως -19 mm/yr στη διεύθυνση Ανατολή-Δύση.

Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σε σχέση με τις άλλες εργασίες που προαναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 7.5, δείχνουν παρόμοια κίνηση του στερεού φλοιού στην περιοχή της Αττικής σε ΝΔ κατεύθυνση ως προς σταθερή Ευρώπη.

Για την συνέχιση της εργασίας θα προτεινόταν καταρχήν η πύκνωση του δικτύου, όπου γίνονται οι μετρήσεις κυρίως στην Δυτική και Νότια Αττική, όπου έχουν μετρηθεί λίγα σημεία και παρουσιάζονται κενά. Η πραγματοποίηση μετρήσεων GNSS στα σημεία του δικτύου σε πιο τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να υπάρχει καλύτερη εκτίμηση των μετακινήσεων που παρουσιάζει η περιοχή. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων GNSS με παλαιότερες μετρήσεις του τριγωνομετρικού δικτύου. Η εκτίμηση του πεδίου ανηγμένων παραμορφώσεων στην περιοχή.



## Βιβλιογραφία

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L. & Collilieux, X., 2017. Analysis and results of ITRF2014 (IERS Technical Note no 38). *Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie*, p. 76.
- Ambraseys, N., 1996. Material for investigation of the seismicity of Central Greece, In: *Archaeoseismology*, S. Sitros & R. E. Jones (eds.). Στο: Athens: Publication of the British Archaeological School at Athens, Fitch Laboratory Occasional , pp. 7, 23-26.
- Andritsanos, V. D. και συν., 2016. Comparison of Various GPS Processing Solutions toward an Efficient Validation of the Hellenic Vertical Network: The ELEVATION Project. *Journal of Surveying Engineering*, February.
- Ayhan, M. E. & al., e., 2002. Interseismic strain accumulation in the Marmara Sea region. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, pp. 92, 216-229.
- Chousianitis, K., Ganas, A. & Evangelidis, P. C., 2015. Strain and rotation rate patterns of mainland Greece from continuous GPS data and comparison between seismic and geodetic moment release. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, pp. 3909-3931.
- Clarke, P. J. & al, e., 1998. Crustal strain in central Greece from repeated GPS measurements in the interval 1989–1997,. *Geophys. J. Int*, pp. 135, 195-214.
- Cocard, M. & e. a., 1999. New constraints on the rapid crustal motion of the Aegean region: Recent results inferred from GPS measurements(1993-1998) across the West Hellenic Arc, Greece. *Earth Planet. Sci. Lett*, pp. 172, 39-47.
- Collier, R. E. L. και συν., 1998. Paleoseismicity of the 1981 Corinth earthquake fault: seismic contribution to extensional strain in central Greece and implications for seismic hazard.. *Journal of Geophysical Research*, 1003 (B12), pp. 30001-30019.
- Comninakis, P. & Papazachos, B., 1986. A catalogue of earthquakes in the Aegean and surrounding area for the period 1901-1985. Στο: Univerist of Thessaloniki: Publication of the Geophysical laboratory, , pp. 1, 167.
- CSRS-PPP, 2022. *CSRS-PPP*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://webapp.csrscs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>
- EUREF, 2022. *EUREF Permanent GNSS Network*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at:  
<http://www.epncb.oma.be/products-services/timeseries/index.php?station=DYNG00GRC>
- Ganas, A. και συν., 2004. Active fault geometry and kinematics in Parnitha Mountain. *Journal of Structural Geology*, pp. 26, 2103-2118.
- Ganas, A., Pavlides, S. & Karastathis, V., 2005. DEM-based morphometry of range-front escarpments in Attica, central Greece and its relation to fault slip rates.. *Geomorphology*, pp. 65, 301-319.
- Ganas, A., Roberts, G. P. & Memou, 1998. Segment boundaries the 1894 ruptures and strain patterns along the Atalanti Fault, central Greece. *Journal of Geodynamics*, pp. 26, 461-486.
- IERS, 2016. <https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>

ITRF, 2022. *International Terrestrial Reference Frame ITRF*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://itrf.ign.fr/en/background>

Jackson, J. A. & P, M. D., 1988. The relationship between plate motions and seismic moment tensors and the rates of active deformation in the Mediterranean and the Middle East.. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, pp. 93, 45-73.

Kotzev, V. και συν., 2001. GPS study of active tectonics in Bulgaria: Results from 1996 to 1998. *J. Geodyn*, pp. 31, 189-200.

Koukouvelas, I. K., Stamatopoulos, L., Katsanopoulou, D. & Pavlides, S., 2001. A palaeoseismological and geo archaeological investigation of the Eliki fault, Gulf of Corinth, Greece. 153(1). pp. 39-49.

Kreemer, C., Blewitt, G. & Klein, E. C., 2014. A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, pp. 3849-3889.

Leica, I., 2020. *Leica Infinity 3.6.1*. s.l.:Leica Infinity.

Makropoulos, K., Stavrakakis, G., Latoussakis, J. & Drakopoulos, J., 1989. Seismic zoning studies in the area of Greece based on the most perceptible earthquake magnitude.. *Geofizika*, pp. 5, 37- 48.

McClusky, S. R. και συν., 2003. GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophys. J. Int*, pp. 155, 126-138.

Meade, B. J. και συν., 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara Sea region from block models of secular deformation constrained by Global Positioning System measurements, *Bull. Seismol. Soc. Am* , pp. 92, 208-215.

Nyst, M. & Thatcher, W., 2004. New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical research*, 24 November, pp. 1-23.

Pantosti, D. και συν., 2001. A reappraisal of the 1894 Atalanti earthquake surface ruptures, central Greece.. *Bulletin of the Seismological Society of America*, pp. 91. 760-780.

Papanikolaou, D. J., Mariolakos, I. D., Lekkas, E. L. & Lozios, S. G., 1988b. Morphotectonic observations on the Asopos Basin and the coastal zone of Oropos Contribution to the Neotectonics of northern Attica. pp. XX, 251-267.

Papanikolaou, D. & Papanikolaou, I., 2007. Geological geomorphological and tectonic structure of NE Attica and seismic hazard implications for the northern edge of Athens plain.. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, pp. XXXX/1, 425-438.

Reilinger, R. και συν., 2010. Geodetic constraints on the tectonic evolution of the Aegean region and strain accumulation along the Hellenic subduction zone. *Tectonophysics*, pp. 22-30.

Seepersad, S., Gurthner, W. & Feltens, J., 1998. *The Inosphere Map Exchange Format Version 1*. Darmstadt Germany: IGS Analysis Centres Workshop.

Serpelloni, E. και συν., 2022. Surface Velocities and Strain-Rates in the Euro-Mediterranean Region From Massive GPS Data Processing. *frontiers in Earth Science*, 01 June, pp. 1-21.

Wessel, P. και συν., 2019. The Generic Mapping Tools version 6.. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*,, p. 5556–5564.

Αναστασίου, Δ., Παπανικολάου, Ξ., Μαρίνου, Α. & Παραδείσης, Δ., 2014. *Εισαγωγικές σημειώσεις στο Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Global Positioning System (GPS)*. Αθήνα: Εισαγωγή στη Γεωπληροφορική.

Ατσόνιος, Σ. Μ., 2019. *Πειραματικός έλεγχος PPP και εφαρμογή σε σεισμό της Ζακύνθου*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Βέης, Γ. & συνεργάτες, ( . υ. κ., 2003. Τεκτονικές μετατοπίσεις κατά μήκος του Αιγαίου και στο τρίγωνο Αλκυονίδες νήσοι- Πάρνηθα - Αταλάντη . Τεχν. Χρον. Επιστ.. Στο: s.l.:ΤΕΕ , pp. I()3, 45-55.

Γαλανόπουλος, Α., 1988. Ο σεισμικός κίνδυνος στη μείζονα και ελάσσονα Αττική.. Στο: s.l.:Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, pp. 63Α, 378-387.

Καγιαδάκης, Β., 1999. *Γεωδαιτικός προσδιορισμός τεκτονικών μετατοπίσεων στην περιοχή της Πάρνηθας*. s.l., Δελτίο Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού , pp. 148, 85-107.

Μαρίνου, Α. Α., 2014. *Μελέτη παραμορφώσεων σε περιοχή της κεντρικής Ελλάδας από μετρήσεις GPS εικοσαετίας*. Αθήνας: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μαριολάκος, Δ. & Παπανικολάου, Η., 1987. Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης σεισμικότητας στο Ελληνικό τόξο.. Στο: s.l.:Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας., pp. XIX, 59-76.

Ο.Α.Σ.Π., 2001. *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://www.oasp.gr/userfiles/EAK2000.pdf>

Παπανικολάου, Δ. & Λόζιος, Σ., 1990. *Εισαγωγή στην τεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων της Ελλάδας*.. Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,, pp. Πρ. 2, 1030-1044.

Παπανικολάου, Δ. και συν., 1989. *Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός χάρτης Σαρωνικού κόλπου Κλίμακα 1:100.000*. Αθήνα: Ο.Α.Σ.Π.-Ε.Κ.Θ.Ε. Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας (Ε.Κ.Π.Α.).

Φουμέλης, Μ., 2009. *Μελέτη επιφανειακής παραμόρφωσης ευρύτερης περιοχής Αθηνών βάσει διαφορικών μετρήσεων GPS και συμβολομετρίας ραντάρ*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Φωτίου, Α. & Πικριδάς, Χ., 2012. *GPS κα ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.

Χατζηνίκος, Μ. Α., 2013. *Μελέτη των μετακινήσεων του γήινου φλοιού στον Ελλαδικό χώρο με ανάκλαση δορυφορικών δεδομένων GNSS*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ψύχας, Δ.-. Β., 2015. *Διερεύνηση και ανάλυση τεχνικών βελτίωσης της ακρίβειας της μεθόδου εντοπισμού PPP με τη χρήση πολλαπλών συστημάτων GNSS*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Παράρτημα Ι: Έντυπα μετρήσεων υπαίθρου

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>161014   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΑΤΥΓ): 11/11/2009  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 14:00<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 15:01 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Κατένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΤΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βιτόφρο<br><input type="checkbox"/> Μπασιλόνα<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.229 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κονοειδής   |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAWO 05109<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b>   | <b>ΠΡΟΣΑΝΕΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Ο/ρ<br><input type="checkbox"/> Νω<br><input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>051110_05   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΓΝΩΣΤΗ  |  |   |
| <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |  |  |   |
|   |  |  |   |
|   |  |  |   |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>32041  | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΑΤΥΓ): 12/11/2009  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 09:50<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 11:09 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΤΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βιτόφρο<br><input type="checkbox"/> Μπασιλόνα<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.266 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κονοειδής   |  |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAWO 05109<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> ΤΡΙΠΟΔΑ   | <b>ΠΡΟΣΑΝΕΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Ο/ρ<br><input type="checkbox"/> Νω<br><input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |  |  |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>051110_05   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΓΝΩΣΤΗ  |  |  |
| <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |  |  |  |
|   |  |  |  |
|   |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>131035   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΜΜ/ΛΥΥ): 12/11/200  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 12:19<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 13:39 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Διαμορφωμένη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.354 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα  |  |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAPR 05109<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> Τετμο 1   | <b>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα  |  |  |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>131119b_005   | <b>ΟΝΟΜΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΓΝ 2-14   |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |  |  |  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>132014  | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΜΜ/ΛΥΥ): 12/11/200  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 14:24<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 15:40 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.365 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα   |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAPR 05108<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> Τετμο 1  | <b>ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα  |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>131119a_005  | <b>ΟΝΟΜΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΓΝ 2-14   |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:  |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>   |  |  |   |

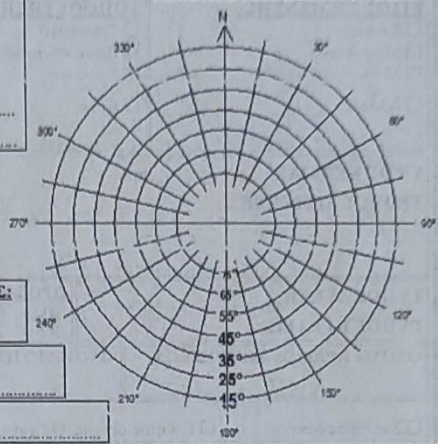
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>161105  | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΘΔΔΜΜ/ΥΥΥ): 11/11/2001  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 1038<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 1043   | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΙΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένει εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μεταλλικό σκελετό από άσφαλτο<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.565 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα   |  |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JADAR 05108  | <b>ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα  |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> γαλβανική  |  |  |  |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>kallias.jpg  | <b>ΟΝΟΜΑΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΠΙΣ-ΤΗ   | <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο: |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b><br><br><br>   |  |  |  |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>516109.0145F  | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΘΔΔΜΜ/ΥΥΥ): 11/11/2001  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 1048<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 1052  | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΙΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένει εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input checked="" type="checkbox"/> Άλλο: Αγκυροβύτιο | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |   |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 1.612 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα   |  |   |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JADAR 05108  | <b>ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |   |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> JADAR  |  |   |  |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>1091109.0145F  | <b>ΟΝΟΜΑΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΠΙΣ-ΤΗ   | <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο: |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b><br><br><br>   |  |   |  |

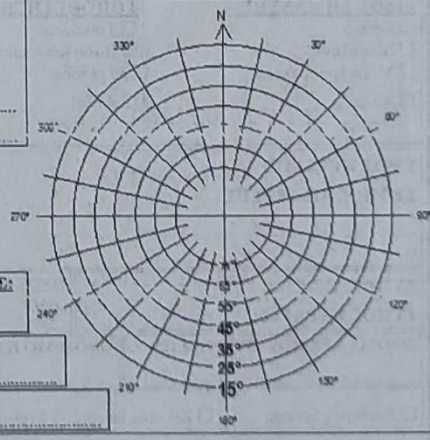
|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>017064   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΕΤΡΗΣΗ): 02/11/2001  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 10:26<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 10:40 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένευε εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια άνω στο σκίσιμο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βέθο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμαρινή πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.362 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα  |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAVAD 05105<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> ΓΕΙΟΥΡΗ 1  | <b>ΠΡΟΣΑΝΕΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιλόδα  |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>021101b-ips   | <b>ΟΝΟΜΑΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΠΙΟΤΗ  |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |  |  |   |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>161064   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΕΤΡΗΣΗ): 02/11/2001  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 12:01<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 12:10 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένευε εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια άνω στο σκίσιμο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βέθο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμαρινή πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόγλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόγλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.364 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφα  |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAVAD 05108<br><b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> ΓΕΙΟΥΡΗ 1  | <b>ΠΡΟΣΑΝΕΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Όχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιλόδα  |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>021101b-ips   | <b>ΟΝΟΜΑΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΠΙΟΤΗ  |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |  |  |   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>19609   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΑΓΝΗΤ): 30/11/2004   | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 11:24<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 12:11 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμαρίνη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόχλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.363 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφο   |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAWP 05109   | <b>ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> ΓΕΙΩΜΕΝΗ   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b> ΑΣΠΙΕΤΗ   |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>10213020.ios   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b> ΑΣΠΙΕΤΗ   |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:  |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>   |  |  |   |

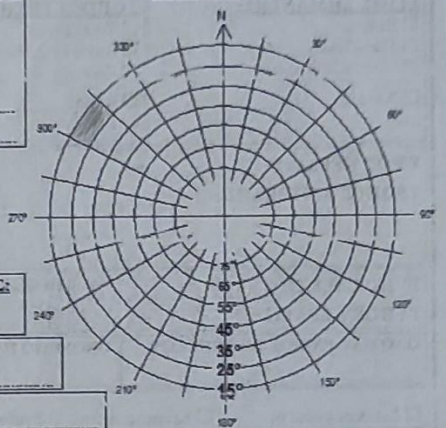


|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>19653   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(ΦΩΤΟΜΑΓΝΗΤ): 02/12/2004   | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 13:54<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 14:37 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμαρίνη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόχλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόχλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.356 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> Κατακόρυφο   |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JAWP 05109   | <b>ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> ΓΕΙΩΜΕΝΗ   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b> ΑΣΠΙΕΤΗ   |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>10213020.ios   | <b>ΟΝΟΜ/ΜΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b> ΑΣΠΙΕΤΗ   |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:  |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>   |  |  |   |

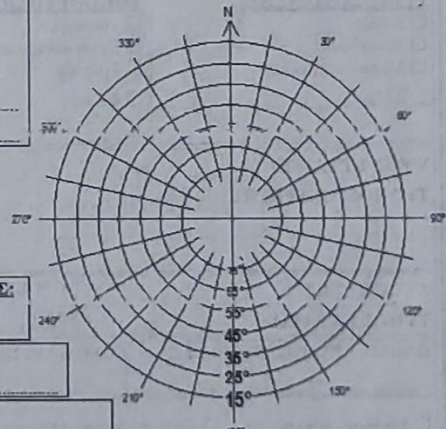




|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>256080  | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(DD/MM/YY): 04/11/2001   | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 10:59<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 14:24 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input type="checkbox"/> Κατένευ εμπόδιο άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόζλιο<br><input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόζλιο<br><input checked="" type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |   |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 1.389 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> χειρωνακία   |  |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JN100 05108  | <b>ΠΡΟΣΑΝΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα   |  |   |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> τριποδα  |  |  |   |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>256080.jpg   | <b>ΟΝΟΜΑ/ΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΤΡΟΤΗ   |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο:   |  |  |   |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b> το βάθος είναι παλιό με κλίση   |  |  |   |



|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:</b><br>261126   | <b>ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b><br>(DD/MM/YY): 04/11/2001  | <b>ΕΝΑΡΞΗ:</b> 14:28<br><b>ΛΗΞΗ:</b> 15:29 | <b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Κατένευ εμπόδια άνω των 15°<br><input type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| <b>ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:</b><br><input type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμάρινη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | <b>ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:</b><br><input type="checkbox"/> Τρικόζλιο<br><input type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τρικόζλιο<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |  |  |
| <b>ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> 0.369 m<br><b>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:</b> χειρωνακία  |   |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ:</b> JN100 05108   | <b>ΠΡΟΣΑΝΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Πιξίδα  |  |  |
| <b>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:</b> τριποδα   |   |  |  |
| <b>ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ</b><br>261126.jpg  | <b>ΟΝΟΜΑ/ΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:</b><br>ΑΣΤΡΟΤΗ  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης. Ο Σταθερός είναι στο:  |   |  |  |
| <b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:</b>  |   |  |  |



|   |   |                              |  |
|---|---|------------------------------|--|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:<br>319009  | ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ<br>(ΘΩΜΑΓΥΥ): 04/06/2009  | ΕΝΑΡΞΗ: 14:18<br>ΛΗΞΗ: 15:22 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ<br><input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Αιθαλιόφυνη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:<br><input type="checkbox"/> Τριπόδι<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τριπόδι<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |                              |  |
| ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.568 m<br>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Κατακόρυφα  |   |                              |  |
| ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: JWA0 05108<br>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 10101ΡΗ1  | ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:<br><input checked="" type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Γινύδα  |                              |  |
| ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ<br>02310101_0108  | ΟΝΟΜ/ΜΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:<br>ΑΣΠΙΟΤΗ   |                              |  |
| <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:  |   |                              |  |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: κλείστηκε και βρέχτηκε και δέκτης για συν δυνες<br>σε περιοχή 02310101_0108 και σε κατασκευαστικά   |   |                              |  |

|  |   |                              |  |
|--|---|------------------------------|--|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ:<br>151125   | ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ<br>(ΘΩΜΑΓΥΥ): 04/06/2009  | ΕΝΑΡΞΗ: 14:00<br>ΛΗΞΗ: 15:00 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ<br><input type="checkbox"/> Κανένα εμπόδιο άνω των 15°<br><input checked="" type="checkbox"/> Εμπόδια όπως στο σκίτσο |
| ΕΙΔΟΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ:<br><input type="checkbox"/> Βάθρο<br><input type="checkbox"/> Μπουλόνι<br><input type="checkbox"/> Μαρμαρίνη πλάκα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: | ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ ΣΕ:<br><input type="checkbox"/> Τριπόδι<br><input checked="" type="checkbox"/> Βάση κέντρωσης με τριπόδι<br><input type="checkbox"/> Τρίποδα<br><input type="checkbox"/> Άλλο: |                              |  |
| ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 0.562 m<br>ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: Κατακόρυφα   |   |                              |  |
| ΤΥΠΟΣ ΔΕΚΤΗ: JWA0 05108<br>ΤΥΠΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ: 10101ΡΗ1   | ΠΡΟΣΑΝ/ΣΜΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ:<br><input type="checkbox"/> Οχι<br><input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Με Γινύδα   |                              |  |
| ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ<br>02310101_0108   | ΟΝΟΜ/ΜΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ:<br>ΑΣΠΙΟΤΗ   |                              |  |
| <input type="checkbox"/> Σταθερός δέκτης <input type="checkbox"/> Κινητός δέκτης Ο Σταθερός είναι στο:   |   |                              |  |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:  |   |                              |  |