

## ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΒΑΛΛΑΡΙΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΝΕΣ ΣΕ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ GNSS

Μουρατίδης Αντώνιος<sup>1\*</sup> και Αλμπανάκης Κωνσταντίνος<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Διδάκτωρ Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Πανεπιστημιούπολη Α.Π.Θ., 54124, Θεσσαλονίκη, Τηλ. 2310 998521, Email: [amourati@geo.auth.gr](mailto:amourati@geo.auth.gr)

<sup>2</sup> Επίκουρος Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Πανεπιστημιούπολη Α.Π.Θ., 54124, Θεσσαλονίκη, Τηλ. 2310 998508, Email: [albanaki@geo.auth.gr](mailto:albanaki@geo.auth.gr)

### Περίληψη

Η υπολεκάνη Λαγκαδά (Κορώνειας) με την ομώνυμη λίμνη εντοπίζεται περίπου 15Km ΒΑ της Θεσσαλονίκης. Η άρδευση έχει αναμφισβήτητα την μεγαλύτερη συμβολή στην ποσοτική υποβάθμιση της λίμνης Κορώνειας, με την ύπαρξη 2.000 και πλέον, νόμιμων και παράνομων γεωτρήσεων περιφερειακά της λίμνης. Ένα από τα πολλά ερωτήματα που εγείρονται, είναι το εάν η αλόγιστη άντληση των υδροφόρων οριζόντων έχει οδηγήσει σε υψομετρικές μεταβολές (καθίζηση) στην περιοχή, οι οποίες να έχουν αποτυπωθεί και να είναι ανιχνεύσιμες σε σειρές ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων των τελευταίων 40 ετών. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση διαχρονικών Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (Digital Elevation Models/DEMs) και δεδομένων από τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems/GNSSs) για τον εντοπισμό ενδείξεων, οι οποίες να υποδεικνύουν φαινόμενα καθίζησης, για την περίοδο 1970-2010 στην ευρύτερη περιοχή Καβαλλαρίου-Λαγκαδά, εξαιτίας της υπερ-εκμετάλλευσης των υδροφόρων οριζόντων.

## HYPSONOMETRIC CHANGES NEAR KAVALLARI BASED ON MULTI-TEMPORAL DEMs AND EXTENSIVE GNSS MEASUREMENTS

Mouratidis Antonios<sup>1</sup> and Albanakis Konstantinos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dr. Geologist, Aristotle University of Thessaloniki, School of Geology, Department of Physical and Environmental Geography, Aristotle University Campus, Thessaloniki 54124, Greece, Tel. +30 2310 998521, Email: [amourati@geo.auth.gr](mailto:amourati@geo.auth.gr)

<sup>2</sup>Assist. Professor, Aristotle University of Thessaloniki, School of Geology, Department of Physical and Environmental Geography, Aristotle University Campus, Thessaloniki 54124, Greece, Tel. +30 2310 998508, Email: [albanaki@geo.auth.gr](mailto:albanaki@geo.auth.gr)

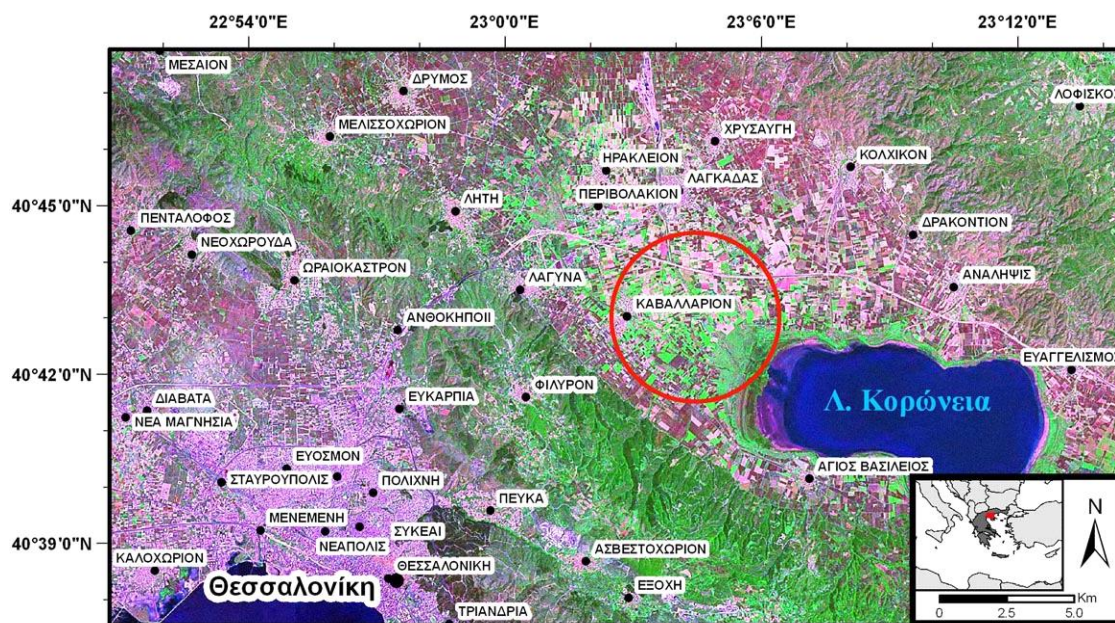
### Abstract

The Lagadas (or Koroneia) sub-basin and the homonymous Koroneia Lake is located approximately 15Km NE of the city of Thessaloniki, N. Greece. Irrigation has undoubtedly had a major contribution to the quantitative degradation of Koroneia Lake, through 2.000 or more, legal and illegal boreholes around the lake. One of many issues that arise is whether this over-exploitation of aquifers has led to hypsometric changes (subsidence) in the area that have left identifiable traces on digital elevation data series of the last 40 years. The purpose of this study is to use multi-temporal Digital Elevation Models (DEMs) and Global Navigation Satellite Systems (GNSSs), in order to search for evidence indicating subsidence phenomena during the period between 1970 and 2010 in the broader area of Kavallari-Lagada, due to the over-exploitation of aquifers.

**Λέξεις κλειδιά:** Γεωμορφολογία, Χαρτογράφηση, DEMs, GNSS, Καβαλλάρι  
**Key words:** Geomorphology, Mapping, DEMs, GNSS, Kavallari

## 1. Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης (Σχήμα 1) εντοπίζεται στο δυτικό άκρο της Μυγδονίας λεκάνης, ένα εκτεταμένο επίμηκες βύθισμα, το οποίο αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου βυθίσματος (Προμυγδονιακού), που περιλαμβάνει επίσης τις γειτονικές λεκάνες του Ζαγκλιβερίου και της Μαραθούσας. Το εν λόγω βύθισμα διαχωρίζει τη χερσόνησο της Χαλκιδικής από τον κεντρικό κορμό της Μακεδονίας και αποτελείται από δύο τμήματα: (1) την υπολεκάνη Βόλβης στα ανατολικά και (2) την υπολεκάνη Λαγκαδά (Κορώνειας) στα δυτικά (Ψιλοβίκος, 1977).



Σχήμα 1. Περιοχή μελέτης (κόκκινο πλαίσιο).

Η υπολεκάνη Κορώνειας με την ομώνυμη λίμνη εντοπίζεται περίπου 15Km ΒΑ της Θεσσαλονίκης. Αποτελεί μέρος της Ζώνης Ειδικής Προστασίας «Λίμνες Βόλβη και Λαγκαδά και Στενά Ρεντίνας» και περιλαμβάνεται στη Συνθήκη Ramsar.

Η άρδευση έχει αναμφισβήτητα την μεγαλύτερη συμβολή στην ποσοτική υποβάθμιση της λίμνης Κορώνειας. Η συμβολή αυτή οφείλεται στην ύπαρξη 2.000 και πλέον, νόμιμων και παράνομων γεωτρήσεων περιφερειακά της λίμνης. Οι περισσότερες από αυτές, αν και αρχικά κατασκευάστηκαν ρηχές για εκμετάλλευση μόνο του φρεατίου υδροφόρου, που εντοπίζεται μέχρι βάθος 60m, σήμερα αντλούν κατά μεγάλο ποσοστό νερό και από τον βαθύτερο υδροφορέα (Παπαδόπουλος κ.α., 2009) και έχουν οδηγήσει στην υποβάθμιση έως και στον περιοδικό (προς το παρόν) αφανισμό της λίμνης Κορώνειας.

Η λίμνη Κορώνεια είχε την περίοδο 1970-1980 έκταση 46.000 στρέμματα με μέγιστο βάθος 5m και όγκο νερού  $300 \times 106 \text{ m}^3$ . Το ισοζύγιο της λίμνης την περίοδο αυτή ήταν θετικό με αποτέλεσμα την υπερχείλιση ενός πλεονάσματος  $12 \times 106 \text{ m}^3$  νερού ετησίως στο Δερβένι ρέμα. Τον Αύγουστο του 2002 ολόκληρη σχεδόν η επιφάνεια της λίμνης αποτελούσε αποκαλυφθείσα έκταση. Τα επόμενα έτη, λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων που ακολούθησαν, η λίμνη εμφάνισε σημάδια ανάκαμψης με μεγάλο μέρος της να έχει βάθος νερού περίπου 1,40m και έκταση περίπου 30.000 στρέμματα (Παπαδόπουλος κ.α., 2009).

Σύμφωνα με τους Αποστολακάκη κ.α. (2004), κατά τη διάρκεια της περιόδου 1969-1986, η ακτογραμμή της λίμνης μειώθηκε κατά 1Km, η επιφάνειά της ελαττώθηκε περίπου κατά 3.000 στρέμματα και η λίμνη απώλεσε κατά προσέγγιση  $2.100 \text{ m}^3$  νερού. Στο επόμενο χρονικό διάστημα (1986-2001) η ακτογραμμή μειώθηκε κατά 9Km, ενώ αποξηράθηκαν 17.000 στρέμματα, εκ των οποίων τα 10.500 στρέμματα στο διάστημα 1997-2001.

Σε αυτά τα πλαίσια, ένα από τα πολλά ερωτήματα που εγείρονται, είναι το εάν η αλόγιστη άντληση των υδροφόρων οριζόντων έχει οδηγήσει σε υψομετρικές μεταβολές (καθίζηση) στην περιοχή, οι οποίες να έχουν αποτυπωθεί και να είναι ανιχνεύσιμες σε σειρές ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων των τελευταίων 40 ετών.

Έτσι, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιοποίηση διαχρονικών Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (Digital Elevation Models/DEMs) και δεδομένων από τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite Systems/GNSSs) για τον εντοπισμό ενδείξεων, οι οποίες να υποδεικνύουν φαινόμενα καθίζησης, για την περίοδο 1970-2010 στην ευρύτερη περιοχή Καβαλλαρίου-Λαγκαδά, εξαιτίας της υπερ-εκμετάλλευσης των υδροφόρων οριζόντων.

## 2. Δεδομένα και μεθοδολογία

Για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ., υψομετρικά δεδομένα SRTM και ASTER-GDEM, καθώς επίσης και πλήθος δεδομένων GNSS από εκτεταμένες μετρήσεις που έλαβαν χώρα αποκλειστικά για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης.

### 2.1 Υψομετρικά δεδομένα τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:50.000

Τα τοπογραφικά δεδομένα κλίμακας 1:50.000 της Γ.Υ.Σ. (ισοδιάσταση 20m) της περιοχής μελέτης είναι ηλικίας 40 ετών περίπου (Γ.Υ.Σ., 1970). Έτσι, δημιουργήθηκε υδρολογικά διορθωμένο DEM, με διάσταση ψηφίδας (μέγεθος εικονοστοιχείου) 30m, από τον αντίστοιχο τοπογραφικό χάρτη της περιοχής (φύλλο Θέρμη), με την αξιοποίηση των ψηφιοποιημένων ισοϋψών καμπυλών, των τριγωνομετρικών σημείων, του υδρογραφικού δικτύου και των λιμνών, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο «topogridtool» του λογισμικού ArcGIS™. Η υψομετρική ακρίβεια του εν λόγω DEM είναι  $-3,5 \pm 6,65\text{m}$  (Μουρατίδης, 2010).

### 2.2 Υψομετρικά δεδομένα SRTM

Το 2000, η αποστολή SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) έδωσε για πρώτη φορά ένα παγκόσμιο, υψηλής ποιότητας DEM, με διακριτική ικανότητα ενός και τριών δευτερολέπτων της μοίρας (1 και 3 arc second), χρησιμοποιώντας την τεχνική της διαστημικής συμβολομετρίας ραντάρ μονής διέλευσης (single-pass SAR Interferometry). Το DEM αυτό καλύπτει την επιφάνεια της Γης μεταξύ των γεωγραφικών πλατών  $60^\circ \text{ N}$  και  $57^\circ \text{ S}$ . Όλα τα δεδομένα συλλέχθηκαν σε διάστημα 11 ημερών (11-22 Φεβρουαρίου 2000), χρησιμοποιώντας δύο ζεύγη κεραιών ραντάρ, τα οποία λειτουργούσαν στις φασματικές ζώνες C και X, «φωτίζοντας» ταυτόχρονα την επιφάνεια της Γης και καταγράφοντας τα οπισθοσκεδαζόμενα σήματα ραντάρ, πάνω στο διαστημικό λεωφορείο Endeavour. Η αποστολή SRTM αποτέλεσε συνεργασία της NASA, του Κέντρου Αεροδιαστημικών Ερευνών της Γερμανίας (DLR) και της Ιταλικής Διαστημικής (ASI). Η απόλυτη και σχετική υψομετρική ακρίβεια του SRTM DEM δίνεται από τις προδιαγραφές ως  $\pm 16\text{m}$  για το 90% των δεδομένων και  $\pm 6\text{m}$  σε τοπική (50-100Km) κλίμακα αντίστοιχα (Farr and Kobrick, 2000; Werner, 2001; Rabus *et al.*, 2003; Farr *et al.*, 2007).

Εξαιτίας της πολύ πιο ομογενούς, από οποιαδήποτε προγενέστερα παγκόσμια δεδομένα, υψομετρικής ακρίβειας των περίπου 15m σε γεωγραφικές μονάδες των 30m ή 90m περίπου (1arcsec/3arcsec) και της διαθεσιμότητάς τους, τα δεδομένα SRTM έγιναν ιδιαίτερα δημοφιλή, ακόμα και με μειωμένη ακρίβεια και ανάλυση, με περιορισμούς για ορισμένες εφαρμογές (Massonnet and Elachi, 2006).

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα SRTM (3arcsec) που διατίθεται δωρεάν μέσω διαδικτύου από το Consultative Group on International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) (<http://srtm.csi.cgiar.org>) του International Center for Tropical Agriculture (CIAT).

Σύμφωνα με τους Mouratidis *et al.* (2010), το απόλυτο υψομετρικό σφάλμα των δεδομένων SRTM στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι περίπου  $\pm 6\text{m}$ , ενώ για μικρές ( $<3^\circ$ ) κλίσεις του αναγλύφου (όπως στην περιοχή του Καβαλλαρίου) η υψομετρική ακρίβεια των δεδομένων SRTM είναι καλύτερη από  $\pm 4\text{m}$ .

### 2.3 Υψομετρικά δεδομένα GDEM

Το ASTER-GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) αποτελεί το πλέον πρόσφατο (διάθεση των δεδομένων από τον Ιούνιο του 2009) παγκόσμιο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, το οποίο παράχθηκε με τη μέθοδο της στερεοσκοπίας δορυφορικών εικόνων ASTER (της περιόδου 1999-2008). Πρόκειται για μία συνεργασία του Υπουργείου Οικονομίας, Εμπορίου και Βιομηχανίας της Ιαπωνίας (METI) και της NASA (<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>).

Το GDEM καλύπτει τη γήινη επιφάνεια μεταξύ 83°N και 83°S και αποτελείται από 22.600 επιμέρους τμήματα των 1°x1°, καθένα από τα οποία περιέχει τουλάχιστον 0.01% ξηράς. Χρησιμοποιεί γεωγραφικές συντεταγμένες (WGS84/EGM96) και έχει μέγεθος εικονοστοιχείου 1 arc-second ( $\approx 30\text{m} \times 30\text{m}$ ). Η υψομετρική του ακρίβεια εκτιμάται στα 20m (95% επίπεδο εμπιστοσύνης), ενώ η οριζοντιογραφική του ακρίβεια υπολογίζεται στα 30m (95% επίπεδο εμπιστοσύνης).

Το GDEM αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα συμβολής της Τηλεπισκόπησης στην παραγωγή τοπογραφικών δεδομένων υψηλής ποιότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Μάλιστα είναι βελτιωμένο όσον αφορά στη παγκόσμια χωρική κάλυψη (99%) αλλά και στη χωρική του ανάλυση (30m παντού), σε σχέση με τα δεδομένα SRTM. Αν και η ονομαστική υψομετρική και οριζοντιογραφική του ακρίβεια είναι κατώτερη του SRTM, το GDEM αναμένεται να έχει ευρεία χρήση ανά την υφήλιο, για πολυάριθμες εφαρμογές και να τύχει της ίδιας αξιοποίησης με το SRTM από την επιστημονική κοινότητα, αφού η διάθεσή του είναι δωρεάν και γίνεται μέσω του διαδικτύου.

Στην περιοχή μελέτης, τα δεδομένα GDEM παρουσιάζουν μία ακρίβεια της τάξης των 11m  $\pm 5\text{m}$  (Μουρατίδης, 2010).

### 3. Μετρήσεις GNSS

Οι μετρήσεις GNSS έλαβαν χώρα τον Ιανουάριο του 2010, χρησιμοποιώντας δύο πανομοιότυπους γεωδαιτικούς δέκτες της εταιρίας Topcon™ (μοντέλο Hiper pro) διπλής συχνότητας (L1, L2), με δυνατότητα λήψης δεδομένων GPS και GLONASS και εφαρμόζοντας τη μέθοδο του κινηματικού προσδιορισμού θέσης, με εκ των υστέρων επεξεργασία των δεδομένων.

Η συχνότητα καταγραφής (sampling rate) ορίστηκε στο 1Hz (1 μέτρηση/sec). Ο σταθμός αναφοράς (Σχήμα 2) (reference/base station) επιλέχθηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα καλές συνθήκες λήψης (ανοικτός ορίζοντας, ελάχιστα δυνατά εμπόδια, όπως κτίρια και δέντρα) και σχετικά μικρή απόσταση από τον κινητό δέκτη (rover) για την ελαχιστοποίηση ατμοσφαιρικών επιδράσεων στο σήμα GNSS.



Σχήμα 2. Τοποθέτηση του σταθμού αναφοράς (βάσης/base) GNSS.

Η κεραία του κινητού δέκτη τοποθετήθηκε ασφαλώς στο πάνω τμήμα οχήματος, με το οποίο διεξήχθησαν όλες τις μετρήσεις (Σχήμα 3). Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, η μέση ταχύτητα

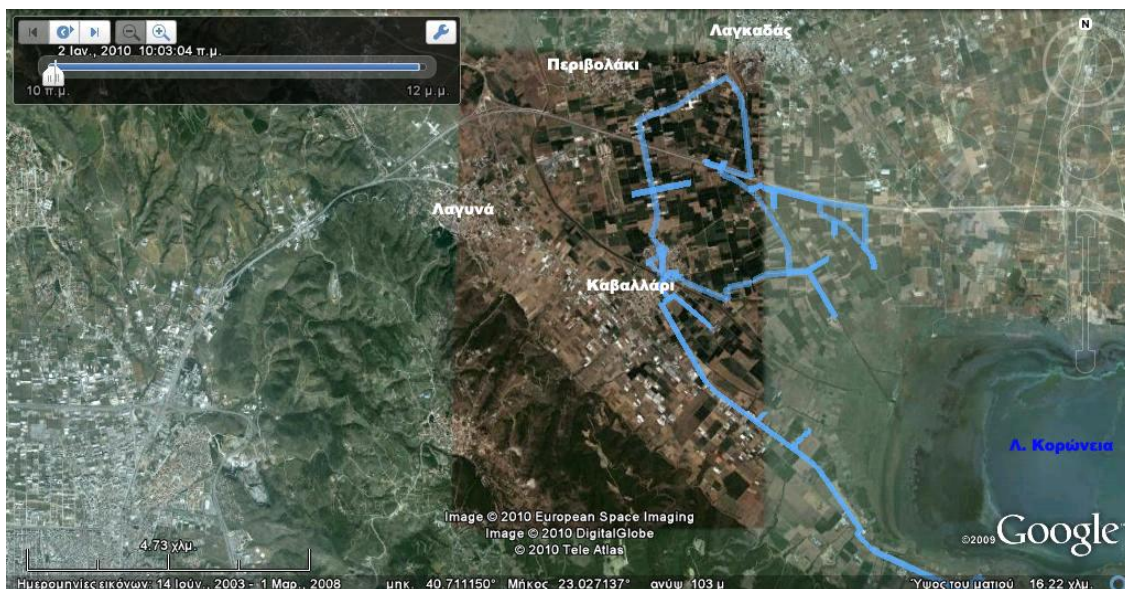
του οχήματος δεν ξεπέρασε τα 30km/h, παρέχοντας μεγάλη πυκνότητα δεδομένων (περίπου μία μέτρηση/8m).



Σχήμα 3. Τοποθέτηση του κινητού δέκτη (rover) GNSS στο όχημα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις.

Με τις παραπάνω ρυθμίσεις και προϋποθέσεις, συλλέχθηκαν περισσότερα από 9.000 σημεία, ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές εντός της περιοχής ενδιαφέροντος (Σχήμα 4).

Από την επεξεργασία των δεδομένων GNSS με το λογισμικό Torcon Tools™ και την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν τελικά 2.201 σημεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής ακρίβειας (τυπικής απόκλισης) καλύτερης των  $\pm 12\text{cm}$  και  $\pm 30\text{cm}$  αντίστοιχα.

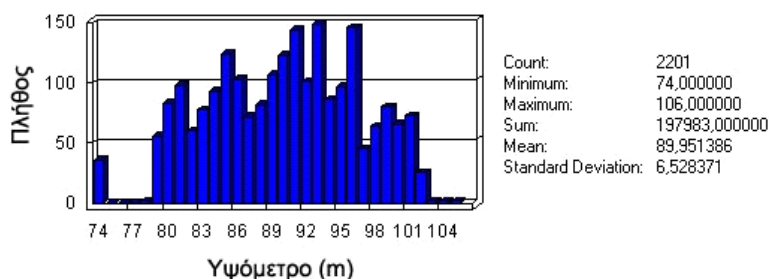


Σχήμα 4. Διαδρομές που ακολουθήθηκαν (γαλάζια γραμμή) για τη συλλογή δεδομένων GNSS (πηγή υποβάθρου: GoogleEarth™).

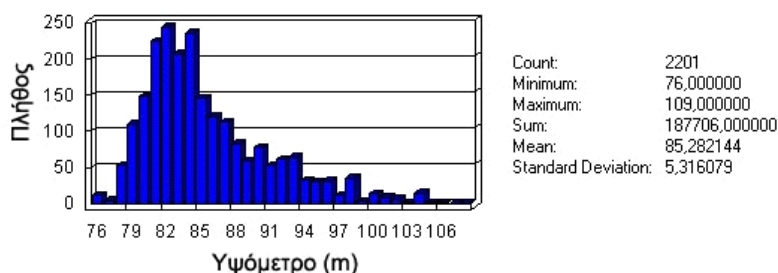
#### 4. Αποτελέσματα

Τα συγκριτικά αποτελέσματα των τεσσάρων διαθέσιμων διαχρονικών σειρών υψομετρικών δεδομένων (τοπογραφικός χάρτης, SRTM, GDEM, GNSS) παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.

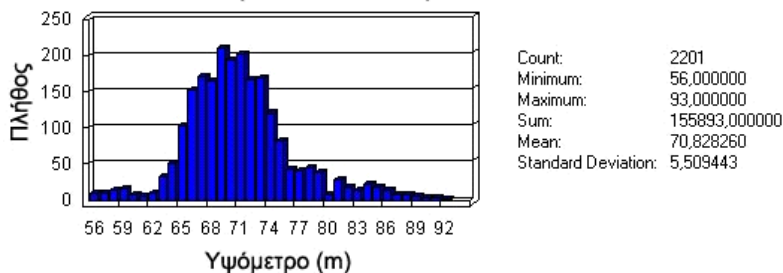
## ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ 1:50.000 (≈1970)



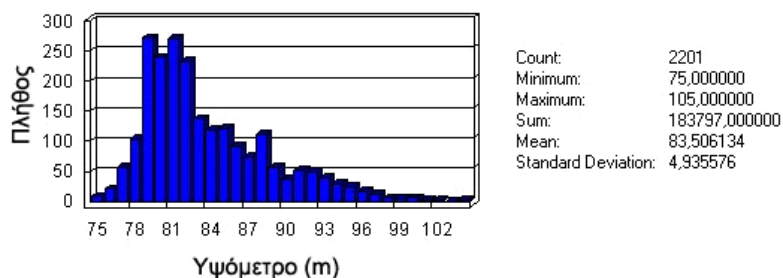
## SRTM (2000)



## GDEM (1999-2008)



## GNSS (2010)

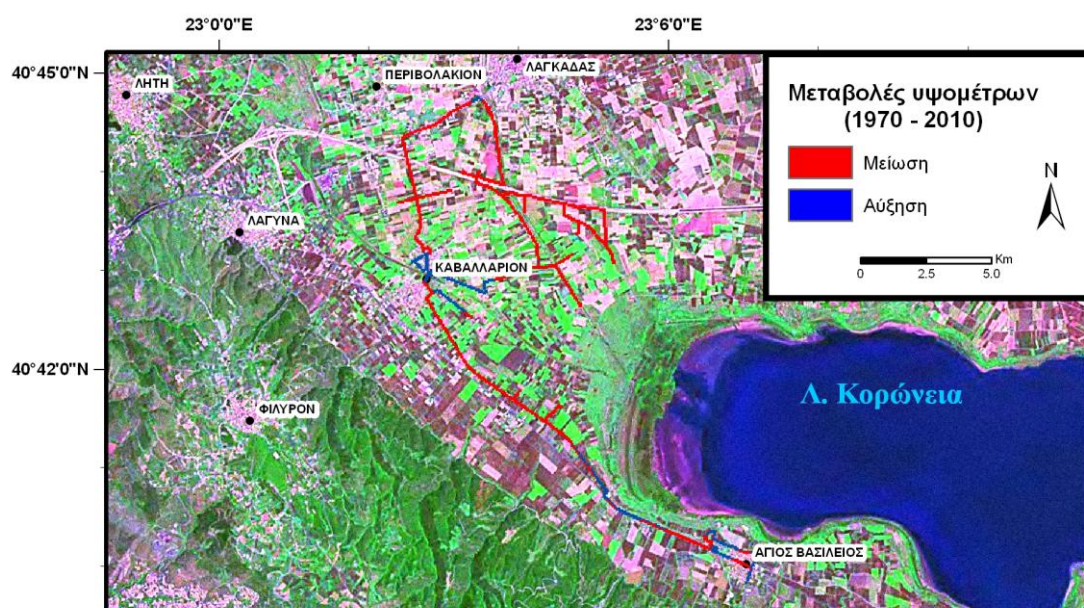


Σχήμα 5. Συγκριτικά στατιστικά στοιχεία των τεσσάρων σειρών υψομετρικών δεδομένων.

Το γεγονός ότι τα δεδομένα GDEM παρουσιάζουν μία σαφή υποτίμηση των υψομέτρων (Μουρατίδης, 2010) και η σχετικά χαμηλή τους ακρίβεια τα καθιστούν αναξιόπιστα για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης. Επίσης, η χρονολογία των δεδομένων που αφορούν την εκάστοτε περιοχή μελέτης είναι ασαφής, καθώς το μόνο στοιχείο που παρέχεται είναι, ότι οι αρχικές εικόνες ASTER, από τις οποίες προήλθε το GDEM, είναι της περιόδου 1999-2008.

Αντίθετα, τα δεδομένα SRTM, παρά τη σχετικά χαμηλή χωρική τους ανάλυση (3arcsec, ≈ 70m x 90m) είναι πολύ αξιόπιστα, ιδιαίτερα σε πεδινές περιοχές (Μουρατίδης, 2010), όπως είναι η προκειμένη και βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα δεδομένα GNSS.

Συνεπώς, οι πιο ενδιαφέρουσες συγκρίσεις αφορούν τα δεδομένα του τοπογραφικού χάρτη του 1970, σε σχέση με τα πλέον πρόσφατα (2010), υψηλής ακρίβειας δεδομένα GNSS (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Χωρική κατανομή των υψομετρικών μεταβολών στην περιοχή μελέτης, όπως προκύπτει από τη σύγκριση των συλλεχθέντων δεδομένων GNSS (2010) με τα δεδομένα του τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 (≈1970). Για το σύνολο των δεδομένων, η μέση τιμή της μεταβολής αυτής βρίσκεται στα επίπεδα των -6,4m.

## 5. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν συνοψίζονται στα εξής:

- Τα δεδομένα SRTM, τα οποία γενικά δίνουν πολύ ικανοποιητική υψομετρική ακρίβεια σε ομαλό ανάγλυφο, βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα δεδομένα GNSS, έχοντας χρονική απόσταση 10 ετών (2000-2010).
- Σε πρώτη ανάγνωση, με βάση τον τοπογραφικό χάρτη, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν μία καταρχήν διαχρονική μείωση των μέσων υψομέτρων κατά 6m περίπου, από το 1970 έως σήμερα.
- Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τα τυπικά υψομετρικά σφάλματα των διαθέσιμων σειρών δεδομένων για την ευρύτερη περιοχή μελέτης, όπως αυτά έχουν προσδιοριστεί από τον Μουρατίδη (2010) και τους Mouratidis *et al.* (2010), διαπιστώνεται ότι η παραπάνω απόκλιση μπορεί, εν μέρει, να δικαιολογηθεί.
- Συνολικά λοιπόν παρουσιάζονται ενδείξεις υψομετρικών αποκλίσεων, από το 1970 έως σήμερα, στην ευρύτερη περιοχή, οι οποίες αξίζει να ερευνηθούν περαιτέρω.
- Εξάλλου, παρόμοια φαινόμενα καθίζησης στην περιοχή του Λαγκαδά ενδέχεται να δικαιολογούν και ορισμένα υπερβολικά σφάλματα στα δεδομένα SRTM, τα οποία εντοπίστηκαν από τους Mouratidis *et al.* (2010).
- Σε κάθε περίπτωση καθίσταται σαφές, ότι οι σειρές δεδομένων ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου σε συνδυασμό με μετρήσεις GNSS μπορούν να οδηγήσουν στον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση διαχρονικών γεωμορφολογικών αλλαγών.
- Δεδομένου ότι η ακρίβεια και η αξιοπιστία των ψηφιακών μοντέλων αναγλύφου θα συνεχίσει να αυξάνεται (βλ. π.χ. αποστολή Tandem-X), είναι πολύ πιθανό στο άμεσο μέλλον να μπορούν να ανιχνευτούν κατά τον τρόπο αυτό μικρότερης κλίμακας ή μικρότερου χρονικού εύρους γεωμορφολογικές μεταβολές.

**Βιβλιογραφία**

- Αποστολακάκης Ι., Τσακίρη-Στρατή Μ., Γεωργούλα Ο., 2004: Λίμνη Κορώνεια και ΕΥ ΖΗΝ. Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου Χαρτογραφίας της Χαρτογραφικής Επιστημονικής Εταιρίας Ελλάδας (ΧΕΕΕ), Θεσσαλονίκη, 24-26 Νοεμβρίου 2004, 191-198.
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.), 1970: Τοπογραφικός χάρτης 1:50.000 (φύλλο: Θέρμη), Αθήνα.
- Μουρατίδης Α., 2010: Συμβολή της υποστηριζόμενης από GPS και GIS διαστημικής τηλεπισκόπησης στη μορφοτεκτονική έρευνα της Κεντρικής Μακεδονίας. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπαδόπουλος Φ., Παπαδόπουλος Α., Μεταξά Ε., 2009: Ποσοτική Αποκατάσταση της Λίμνης Κορώνειας μέσω της Αλλαγής του Συστήματος Άρδευσης. Υδρογαία, Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Χρήστο Τζιμόπουλο, Τμήμα Αγρονομων και Τοπογραφων Μηχανικων, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Ψιλοβίκος Α., 1977: Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας. Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Farr T. G., Kobrick M., 2000: Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. *Amer. Geophys. Union Eos*, **81**, 583-585.
- Farr T. G., Rosen P. A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank M. and Alsdorf D., 2007: The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys.*, **45**, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.
- Massonnet D., Elachi C., 2006: High-resolution land topography. *C. R. Geoscience* **338**, 1049-1062.
- Mouratidis A., Briole P. and Katsambalos K., 2010: SRTM 3'' (versions 1, 2, 3, 4) validation by means of extensive kinematic GPs measurements: a case study from North Greece. *International Journal of Remote Sensing*, (in press), DOI: 10.1080/01431160903401403.
- Rabus B., Eineder M., Roth A., Bamler R., 2003: The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, **57**, 241– 262.
- Werner M., 2001: Shuttle radar topography mission (SRTM), mission overview. *Journal of Telecommunication (Frequenz)*, **55**, 75–79.