

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΕΛΑΧΙΣΤΟΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (FFT)

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης
Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
e-mail: billmass@central.ntua.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται συγκριτικά τα αποτελέσματα αναλύσεων καταγραφών δύο παλιρροιογράφων από το δίκτυο που έχει εγκατεστημένο στον Ελλαδικό χώρο το Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας και το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Ε.Μ.Π.. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ετών δεδομένα (ωριαίες τιμές) από τους παλιρροιογράφους του Γαλαξιδίου (Κορινθιακός κόλπος) και του Παλαίικαστρου Λασιθίου Κρήτης. Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Αρμονική ανάλυση που υπολογίζει απευθείας τα εύρη και τις φάσεις αρκετών παλιρροιακών συνιστωσών χρησιμοποιώντας ελαχιστοτετραγωνική συνόρθωση (Least Squares Adjustment - LSA). Η δεύτερη μέθοδος είναι η φασματική ανάλυση με γενικευμένες εφαρμογές μετασχηματισμών Fourier (Fast Fourier Transform - FFT). Η σύγκριση γίνεται στις βασικές ημερήσιες συνιστώσες O1, K1 και στις ημι-ημερήσιες M2, S2.

Λέξεις-Κλειδιά: Παλιρροιογράφος, Αρμονική ανάλυση, Φασματική ανάλυση, Fast Fourier Transform

Abstract

This paper presents the results of comparative analyses of two tide gauges records of the network that is established in Greece by the Higher Geodesy Laboratory and the Dionysos Satellite Observatory of the NTUA. Two years data (hourly values) of the tide gauges in Galaxidi (Gulf of Corinth) and in Palekastro, Lassithi (Crete), have been used. The first method used is Harmonic Analysis, which calculates directly the amplitudes and phases of several tidal components using Least Squares Adjustment (LSA). The second method is the Spectral Analysis with complex Fast Fourier Transform (FFT) applications. The comparison is made on daily basic components O1, K1 and semi - daily M2, S2.

Key – Words: Tide Gauge, Harmonic analysis, Spectral analysis, Fast Fourier Transform

1. Εισαγωγή

Με την εξέλιξη των δορυφορικών τεχνολογιών η λεπτομερής καταγραφή της στάθμης της θάλασσας είναι αναγκαία σε πολλούς κλάδους της επιστήμης, όπως η διαστημική γεωδαισία, δορυφορική αλτιμετρία, υδρογραφία, ωκεανογραφία, γεωφυσική και άλλοι (Μήλας και συν., 2012).

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστοτετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

Συνήθως, η καταγραφή γίνεται κοντά στις ακτές όπου δεν ενδιαφέρει η καταγραφή του κυματισμού (πολύ υψηλές συχνότητες) αλλά όλη η υπόλοιπη μεταβολή της. Σε κάποιες περιπτώσεις ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη να γίνεται ανοικτά στη θάλασσα (π.χ. ωκεανογραφία), επικεντρώνοντας ίσως στην καταγραφή του κυματισμού.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της, οι λεγόμενοι παλιρροιογράφοι ή σταθμηγράφοι, ποικίλουν ως προς την αρχή λειτουργίας τους και διαφοροποιούνται ως προς τη θέση τοποθέτησης τους. Υπάρχουν όργανα που τοποθετούνται μέσα στο νερό και βασικά καταγράφουν την υδροστατική πίεση του υπερκείμενου όγκου νερού και τα οποία είναι ευαίσθητα στο αλμυρό και πολλές φορές μολυσμένο νερό των λιμανιών.

Η καταγραφή της στάθμης πραγματοποιείται πιο συχνά σε λιμάνια, όπου υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την ναυσιπλοΐα ενώ αρμόδια είναι κάποια κρατική υπηρεσία (Intergovernmental Oceanographic Commission - IOC 1985). Στην χώρα μας υπεύθυνη είναι η Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού (ΥΥΠΝ). Για το φυσικό φιλτράρισμα του κυματισμού χρησιμοποιούνται βαριές κατασκευές - οικίσκοι με πηγάδια που επικοινωνούν με τη θάλασσα υπογείως και είναι τοποθετημένοι σε προβλήτες λιμανιών. Ως επί το πλείστον τοποθετείται άλλος σωλήνας μέσα στο πηγάδι για την πλήρη αποκοπή του κυματισμού, όπου και τοποθετούνται τα όργανα καταγραφής (Μήλας 2010).

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάλυσης των καταγραφών δύο ολοκληρωμένων συστημάτων παλιρροιογράφων μηχανικού τύπου (Thalimedes της OTT), με δύο τρόπους: την Αρμονική Ανάλυση εφαρμόζοντας ελαχιστοτετραγωνική συνόρθωση (Least Squares Adjustment - LSA) και τη χρήση φασματικής ανάλυσης με γενικευμένες εφαρμογές μετασχηματισμών Fourier (Fast Fourier Transform - FFT). Τα συστήματα αυτά είναι εγκατεστημένα και λειτουργούν στο Γαλαξίδι (Κορινθιακός κόλπος) και στο Παλαίκαстро, Λασιθίου της Κρήτης ενώ αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα από το δίκτυο παλιρροιογράφων που έχει εγκατεστημένο στον Ελλαδικό χώρο το Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας και το Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου του Ε.Μ.Π..

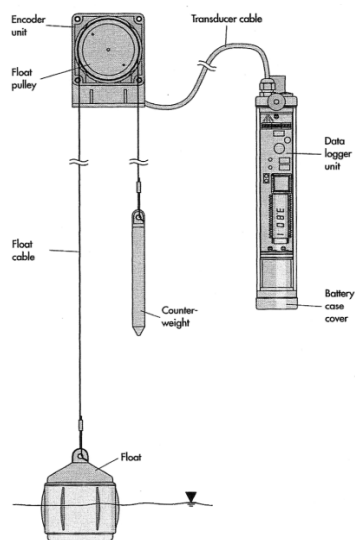
Έχουν χρησιμοποιηθεί τα δεδομένα καταγραφής δύο ετών (2009 - 2010) από τα οποία έχει γίνει εξομάλυνση και έχουν εξαχθεί οι ωριαίες τιμές πάνω στις οποίες πραγματοποιούνται οι δύο μέθοδοι ανάλυσης (LSA & FFT), που αναπτύσσονται σε αυτή την εργασία.

2. Σύστημα καταγραφής - συλλογής δεδομένων των διαχρονικών μεταβολών της στάθμης της θάλασσας

Η αρχή λειτουργίας των οργάνων που έχουν χρησιμοποιηθεί και στους δύο παλιρροιογράφους βασίζεται στην μηχανική διάταξη του Σχήματος 1. Το βασικό όργανο καταγραφής της στάθμης της θάλασσας είναι ο Thalimedes της OTT (Σχήμα 1) που λειτουργεί με μηχανική αρχή (πλωτήρας - αντίβαρο). Ο περιστρεφόμενος αισθητήρας που συνδέει τον πλωτήρα με το αντίβαρο τοποθετείται πάνω στη μεταλλική βάση στο πάνω μέρος του σωλήνα (Μήλας 2010).

Ο πλωτήρας συνδέεται με το αντίβαρο με ειδικό πλαστικό νήμα με μπίλιες, έτσι που να θηλυκώνει στις αντίστοιχες εγκοπές του περιστρεφόμενου αισθητήρα. Η κατακόρυφη μετατόπιση του πλωτήρα λόγω της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας καταγράφεται μέσω του αισθητήρα στο καταγραφικό του οργάνου.

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστοτετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»



Σχήμα 1. Το βασικό όργανο καταγραφής με την καταγραφική μονάδα

Η διακριτική ικανότητα του οργάνου είναι 1 mm και έχει την δυνατότητα να καταγράφει τιμές κάθε 1 λεπτό. Η μέγιστη δυνατότητα καταχώρησης στη μνήμη του είναι 30000 τιμές που σημαίνει ότι για καταγραφή κάθε 1 λεπτό υπάρχει αυτονομία περίπου 20 ημερών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η βαθμονόμηση του συστήματος είναι η πιο σημαντική διαδικασία αφού το όργανο μετράει σχετικές τιμές όπου πρέπει να συσχετισθούν με απόλυτες τιμές στάθμης της θάλασσας.

3. Αρμονική Ανάλυση των παρατηρήσεων με χρήση LSA

Κατά την μελέτη του φαινομένου των θαλάσσιων παλιρροιών αυτό που ενδιαφέρει ιδιαίτερος είναι ο απευθείας υπολογισμός του εύρους (πλάτους: amplitude) της κάθε συνιστώσας σε απόλυτο ύψος νερού (Μήλας, 1999). Πρακτικά όμως αυτός ο υπολογισμός δεν μπορεί να γίνει για όλες τις συνιστώσες του αστρονομικού παλιρροιακού αναπτύγματος κατά Cartwright - Tayler - Edden (505 συνιστώσες), διότι θα απαιτούνταν καταγραφές πάρα πολλών χρόνων για τον διαχωρισμό πολλών, αλλά και πάλι όχι όλων των συνιστωσών. Στην πράξη επιβάλλεται να πραγματοποιείται μια επιλογή συνιστωσών ανάλογα με το χρονικό διάστημα της καταγραφής που πρέπει να αναλυθεί.

Ένας βέλτιστος ελάχιστος χρόνος καταγραφής μπορεί να είναι ο ένας χρόνος για τον οποίο μπορούν να διαχωριστούν οι βασικότερες συνιστώσες. Το πλήθος των κυμάτων που διαχωρίζονται σε αυτή την περίπτωση είναι 39 (συνιστώσες). Λαμβάνεται όμως, υπόψη στον υπολογισμό και η επίδραση των πολύ γειτονικών και αδιαχώριστων συνιστωσών στο υπολογιζόμενο εύρος και στη διαφορά φάσης της κάθε συνιστώσας (Godin 1972), η λεγόμενη δεσμική παραμόρφωση - διαμόρφωση (Nodal Modulation), (Μήλας 1999).

Στην παρούσα εργασία, έχουμε καταγραφές δύο ετών (2009 – 2010) για τους δύο σταθμούς στο Γαλαξίδι (Κορινθιακός κόλπος) και στο Παλαίκαстро (Λασιθί Κρήτης). Τα δεδομένα των καταγραφών έχουν εξομαλυνθεί (Μήλας 2003) και έχουν εξαχθεί οι αντίστοιχες ωριαίες τιμές για καθένα παλιρροιογράφο.

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
 «Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

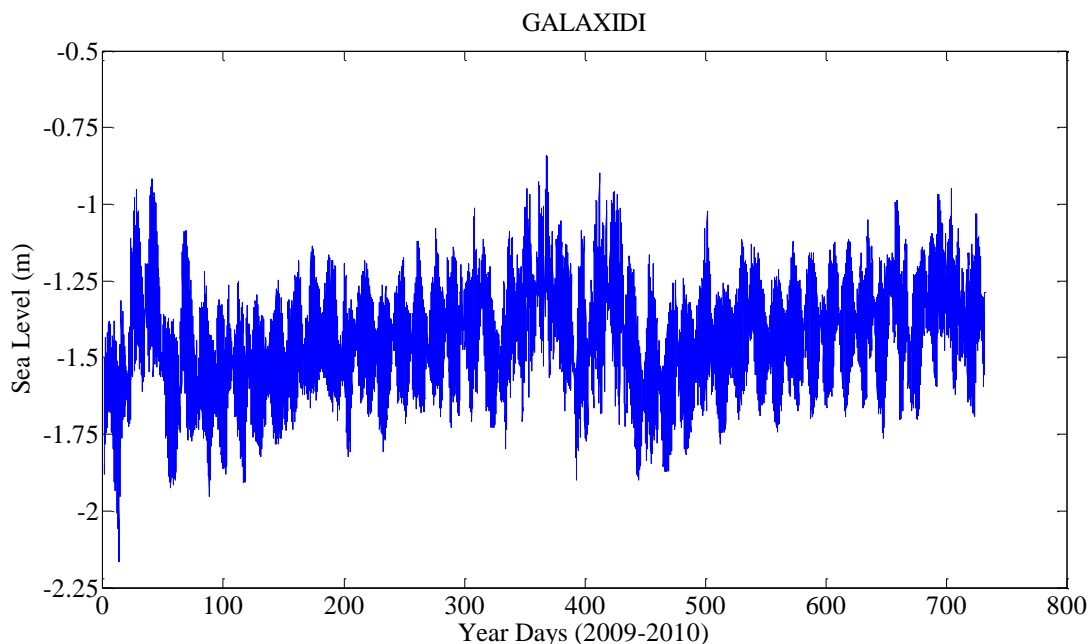
Μετά την Αρμονική ανάλυση των ωριαίων τιμών - δεδομένων με τη χρήση ενός ειδικού λογισμικού που αναπτύχθηκε για το σκοπό αυτό (Μήλας 1999) και το οποίο υπολογίζει απευθείας τα πλάτη και τις φάσεις των παλιρροιακών συνιστώσων χρησιμοποιώντας ελαχιστοτετραγωνική συνόρθωση (Milas et al., 2011), προέκυψαν τα αποτελέσματα που αφορούν τις 4 κύριες βασικές συνιστώσες O1, K1, M2, S2 που διεθνώς είναι αποδεκτές για την εφαρμογή μοντέλων ανασύνθεσης της αστρονομικής παλιρροιακής συνιστώσας στην μεταβολή της στάθμης της θάλασσας (Μήλας 2007), και τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 1):

TG codes	O1		K1		M2		S2	
	ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)
PLKS	8.7	270.8	15.5	306.1	35.9	244.8	24.8	256.5
GALA	8.0	340.5	18.9	5.7	136.1	92.3	88.9	105.7

Πίνακας 1. Αποτελέσματα Αρμονικής Ανάλυσης - LSA

4. Φασματική ανάλυση των παρατηρήσεων με χρήση FFT

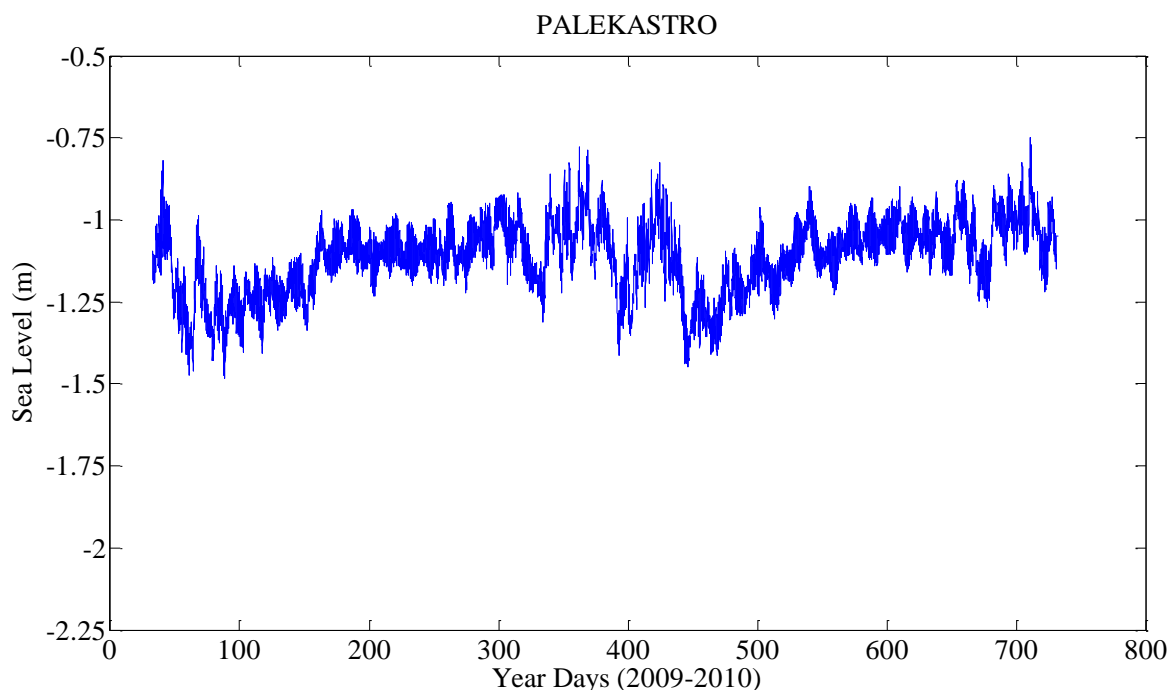
Τα δεδομένα που αναλύθηκαν με τη χρήση γενικευμένων μετασχηματισμών Fourier (FFT) είναι 14^{11} δύναμη του δύο (2), δηλαδή: $2^{14} = 16.384$ (τιμές), αριθμός που προσεγγίζει πάρα πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα των ωριαίων τιμών των δύο ετών (2009 - 2010) των παλιρροιογράφων που χρησιμοποιήθηκαν στην Αρμονική ανάλυση κατά την συνόρθωση με την μέθοδο των Ελαχίστων τετραγώνων (LSA). Συνεπώς, είναι άμεσα συγκρίσιμα τα δεδομένα και για τις δύο μεθόδους ανάλυσης (FFT & LSA).



Διάγραμμα 1. Καταγραφή ωριαίων μεταβολών στάθμης θάλασσας – Γαλαξίδι

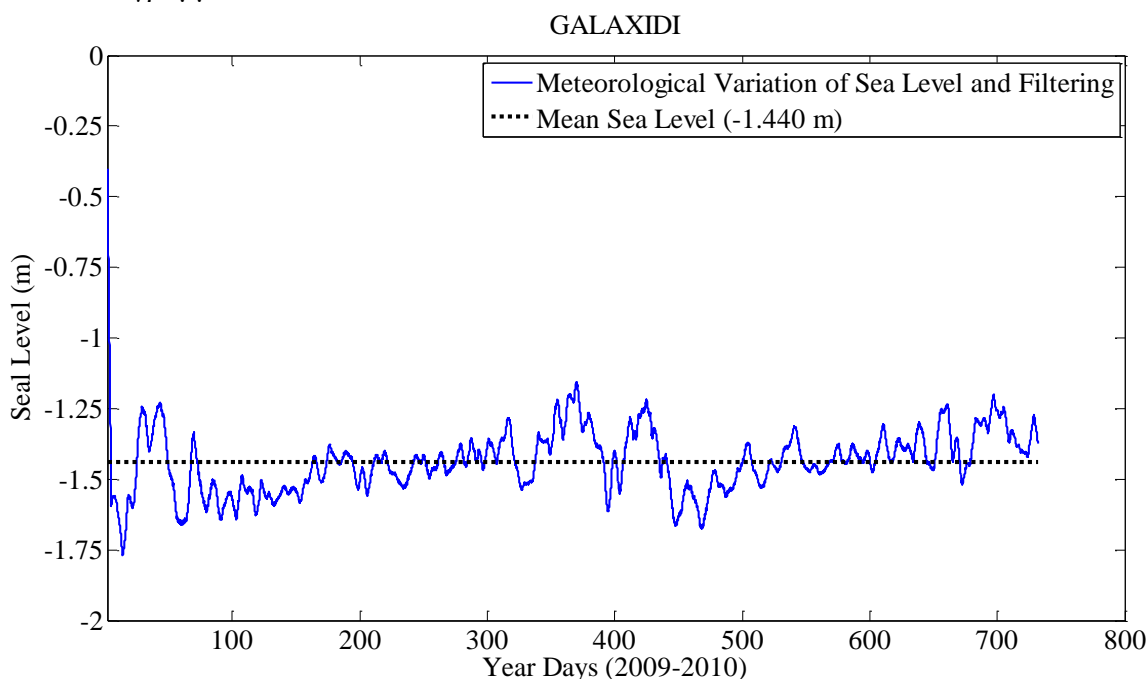
Β. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
 «Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστοτετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

Τα Διαγράμματα 1 και 2 παρουσιάζουν την καταγραφή των ωριαίων μεταβολών της στάθμης της θάλασσας στους δύο σταθμούς Γαλαξίδι και Παλαίικαστρο σε ένα εύρος παρατηρήσεων καταγραφών δύο ετών (2009 - 2010).



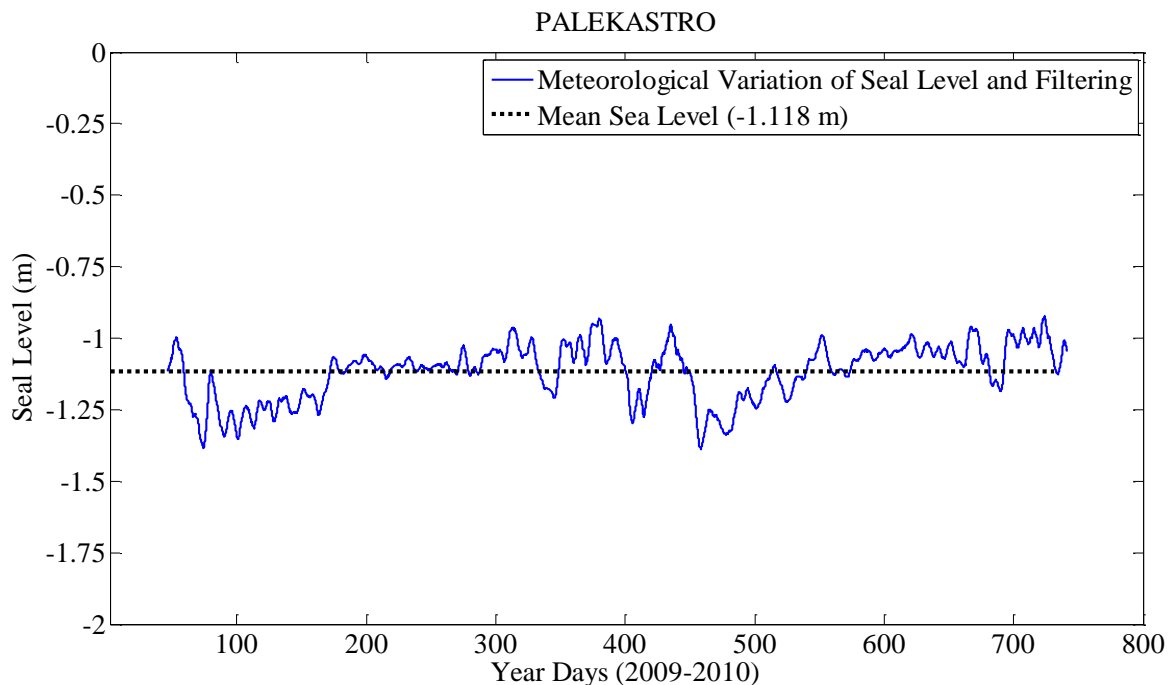
Διάγραμμα 2. Καταγραφή ωριαίων μεταβολών στάθμης θάλασσας – Παλαίικαστρο

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαχρονικές αργές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στα Διαγράμματα 3 και 4.



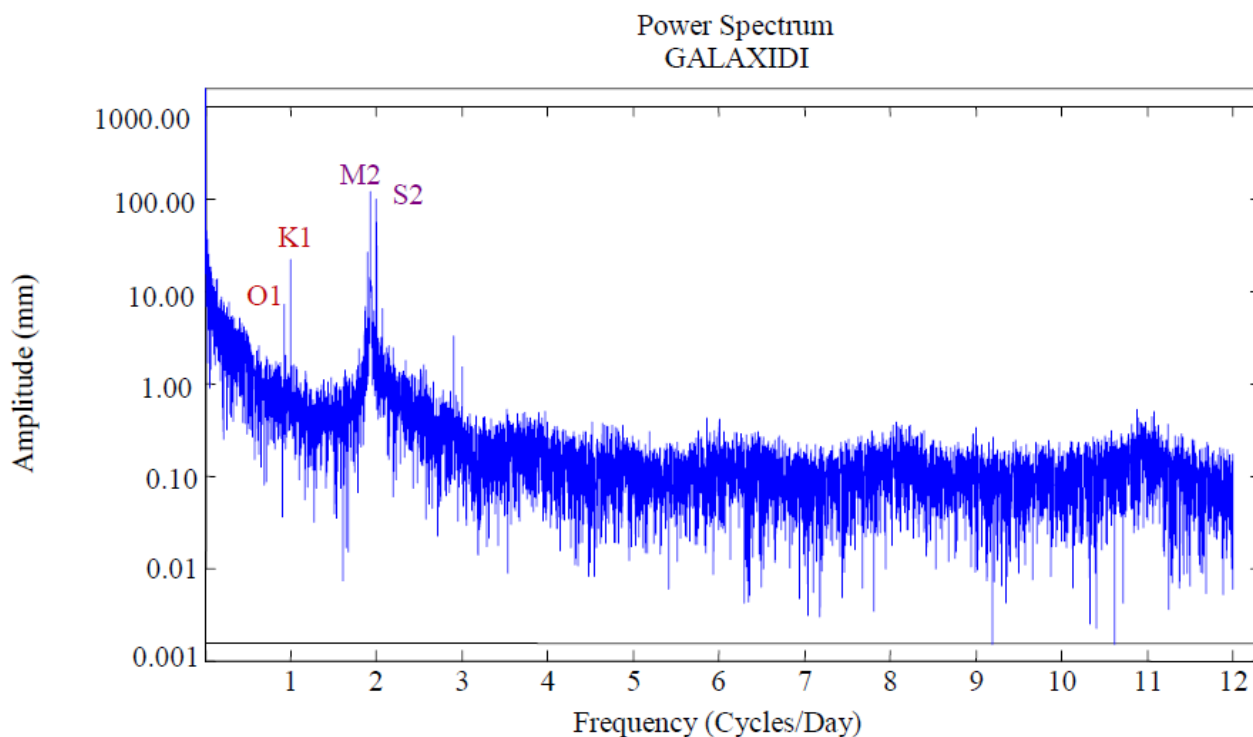
Διάγραμμα 3. Διαχρονικές μεταβολές στάθμης θάλασσας μετά την αφαίρεση των παλιρροιακών συνιστωσών – Σταθμός Γαλαξιδίου

Β. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»



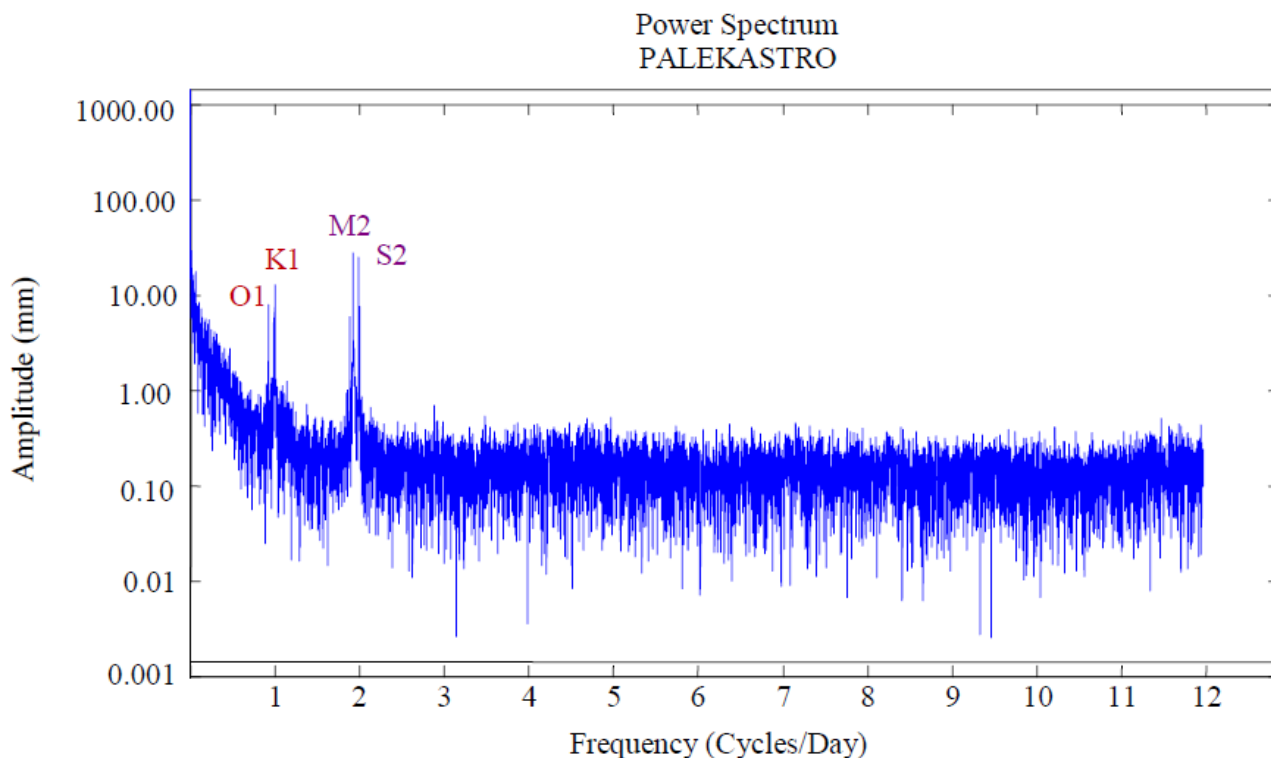
Διάγραμμα 4. Διαχρονικές μεταβολές στάθμης θάλασσας μετά την αφαίρεση των παλιρροιακών συνιστωσών – Σταθμός Παλαίικαστρο

Οι μεταβολές οφείλονται σε καθαρά μετεωρολογικά φαινόμενα, δηλαδή στην ημερήσια μεταβολή της πίεσης και στην επίδραση του ανέμου καθώς και σε άλλες παραμέτρους (θερμοκρασία, αλατότητα κλπ). Τα διαγράμματα προέκυψαν από την αφαίρεση των παλιρροιακών συνιστωσών (ημερήσιες, ημι-ημερήσιες, τριτοημερήσιες) με φιλτράρισμα απομονώνοντας τις παλιρροιακές συχνότητες με περίοδο από μία ημέρα και κάτω.



Διάγραμμα 5. Φασματική ανάλυση Fourier για τα δεδομένα του Σταθμού Γαλαξιδίου Β. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ «Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

Εφαρμόζοντας φασματική ανάλυση με τη χρήση γενικευμένων μετασχηματισμών Fourier (FFT), προκύπτουν τα Διαγράμματα 5 και 6.



Διάγραμμα 6. Φασματική ανάλυση Fourier για τα δεδομένα του Σταθμού Παλαίικαστρου

Τα αποτελέσματα όπως προέκυψαν από τις δύο μεθόδους ανάλυσης FFT & LSA, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

Methods	TG codes	O1		K1		M2		S2	
		ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)	ampl. (mm)	phase (deg)
LSA	PLKS	8.7	270.8	15.5	306.1	35.9	244.8	24.8	256.5
	GALA	8.0	340.5	18.9	5.7	136.1	92.3	88.9	105.7
FFT	PLKS	8.4	269.5	15.1	327.2	34.8	217.1	24.6	279.1
	GALA	7.9	347.5	18.7	3.9	134.9	93.8	87.6	99.9

Πίνακας 2. Συγκριτικά αποτελέσματα των μεθόδων ανάλυσης LSA & FFT

Β. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

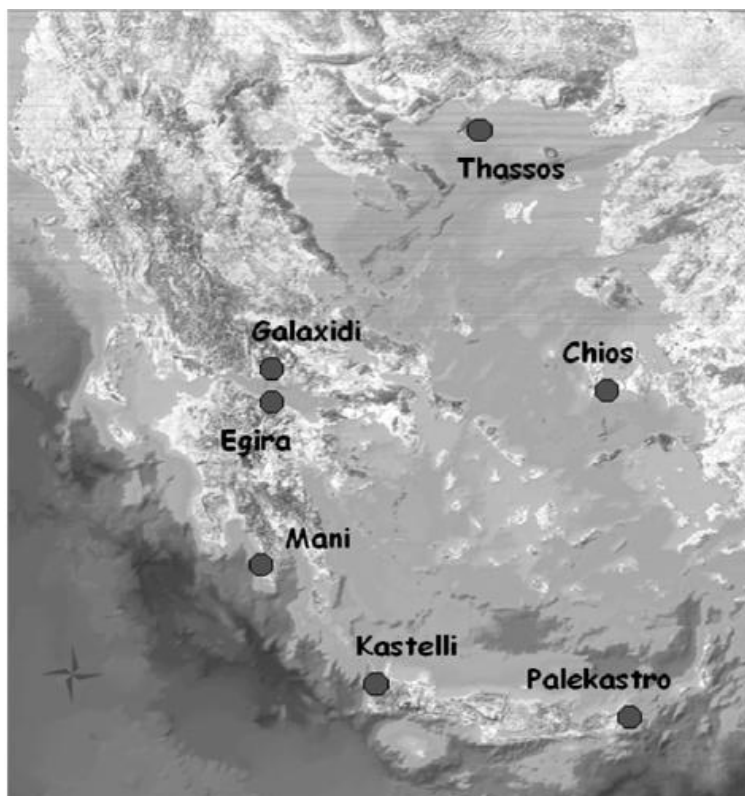
5. Αξιολόγηση - Συμπεράσματα

Παρατηρώντας συγκριτικά τα αποτελέσματα (Πίνακας 2), προκύπτει ότι τα εύρη των βασικών συνιστωσών προσδιορίζονται με πολύ ικανοποιητική ακρίβεια με την μέθοδο FFT και ειδικότερα η απόκλιση της μεθόδου με χρήση γενικευμένων μετασχηματισμών Fourier ως προς την Αρμονική ανάλυση (LSA), είναι της τάξεως των δεκάτων του χιλιοστού, γεγονός που σημαίνει ότι η απόκλιση της FFT ως προς την LSA βρίσκεται στο επίπεδο του θορύβου των παρατηρήσεων.

Στον ελληνικό χώρο εν γένει επικρατούν οι ημι-ημερήσιες συνιστώσες M2, S2. Τα εύρη στον Κορινθιακό κόλπο είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τα εύρη που παρατηρούνται στο Αιγαίο (Τσίμπλης 1992, Spatalas 2001, Milas et al. 2011). Εν τούτοις, το παλιρροιακό εύρος του Παλαίικαστρου είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση με τα παλιρροιακά εύρη που παρατηρούνται στο υπόλοιπο Αιγαίο και τα οποία τείνουν αυξανόμενα από το Βόρειο τμήμα της Κρήτης μέχρι το Βόρειο Αιγαίο.

Όσον αφορά στις φάσεις εμφανίζονται σε κάποιες συνιστώσες διαφορές αρκετών μοιρών, οι οποίες πρέπει πιθανά να οφείλονται στο γεγονός ότι στην μέθοδο FFT δε λαμβάνονται υπόψη οι δεσμικές παραμορφώσεις λόγω διαμόρφωσης (Nodal Modulation) των πολύ γειτονικών αστρονομικών συνιστωσών, σε αντίθεση με την Αρμονική ανάλυση που τις λαμβάνει υπόψη στον υπολογισμό.

Από τα Διαγράμματα 3 & 4 παρατηρούμε μια ομοιόμορφη συμπεριφορά όσον αφορά στις μετεωρολογικές επιδράσεις και στους δύο παλιρροιογράφους παράλο που βρίσκονται σε πολύ μεγάλη απόσταση μεταξύ τους: Κορινθιακός κόλπος με Παλαίικαστρο Λασιθίου Κρήτης (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Δίκτυο παλιρροιογράφων του ΕΜΠ

Β. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ

«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

Συνεπώς, με την μέθοδο Φασματικής ανάλυσης, με τη χρήση γενικευμένων μετασχηματισμών Fourier (FFT), μπορούμε να προσδιορίσουμε με ικανοποιητική ακρίβεια τα εύρη των τεσσάρων (4) πιο βασικών αστρονομικών παλιρροιακών συνιστωσών με τις οποίες είναι δυνατή η ανασύνθεση της αστρονομικής παλιρροιακής συνιστώσας της θαλάσσιας παλίρροιας, σε ένα ποσοστό της τάξεως του 70 – 80 %.

Βιβλιογραφία

Μήλας Π, “*Αρμονική Ανάλυση Θαλάσσιων Παλιρροιακών Δεδομένων*”, ΕΜΠ Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, 1999, Αθήνα

Μήλας Π, “*Ανάλυση δεδομένων Παλιρροιογράφων Εργαστηρίου*”, ΕΜΠ Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας ΕΜΠ, 2003, Αθήνα

Μήλας Π, “*Αναγωγές Γεωμετρικών Υπομέτρων Στιγμαίας Στάθμης Θάλασσας σε Γεωμετρικά Υψόμετρα Μέσης Επιφάνειας Θάλασσας Εφαρμογή : Ιόνιο Πέλαγος και Κορινθιακός Κόλπος*”, 5^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο ΕΜΠ, 27-30 Σεπτεμβρίου 2007, Μέτσοβο

Μήλας Π., “*Ένα αξιόπιστο, λιτό και οικονομικό τηλεχειριζόμενο σύστημα καταγραφής της στάθμης της θάλασσας*”, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας ΕΜΠ, 3^ο Τακτικό Εθνικό συνέδριο Μετρολογίας, 5-6 Φεβρουαρίου 2010, Κύπρος

Μήλας Π., Μασσίνας Β., Παραδείσης Δ., “*Συγκριτική μελέτη καταγραφών παλιρροιογράφου τύπου Radar και μηχανικού παλιρροιογράφου με χρήση μετασχηματισμών Fourier (FFT)*”, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας ΕΜΠ, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, 4^ο Τακτικό Εθνικό συνέδριο Μετρολογίας, 3-4 Φεβρουαρίου 2012, Αθήνα

Τσίμπλης Μ. Ν., “*Αρμονική Ανάλυση Παλιρροιών Ελληνικών Λιμένων*”, Υ.Υ.Π.Ν. ΩΚ. Μελέτη Νο 17, 1992

Godin G., “*The Analysis of Tides*”, Liverpool University Press, 1972

Hunter, M., “*Efficient FFT-based spectral analysis using polynomial-based filters for next generation test systems*”, Autotestcon, IEEE, 2007, Baltimore, MD, USA

I.O.C., “*Manual on Sea Level Measurement and Interpretation*”, Vol I, UNESCO 1985

Manzano-Agugliaro F., Corchete V., Lastra X. B., “*Spectral analysis of tide waves in the Strait of Gibraltar*”, Scientific Research and Essays Vol. 6(2), pp. 453-462, 18 January, 2011, Academic Journals

Milas P., Karamanou A., Papazissi K. and Paradissis D, “*The Tide Gauge Network of N.T.U.A.: Development and First Results*”, Volume in Honour of Emeritus Professor D. Vlachos, 2011, AUTH

Milas P., Karamanou A., Paradissis D, Palamartchouk K., “*Tide Gauges and Continuous GPS in Crete: On The Way To Detect Vertical Movements*”, IGS Workshop and Vertical Rates Symposium, 28 June - 2 July 2010, Newcastle, England

Pavlis E.C., Mertikas S., Milas P., Paradissis D., “*Results from the Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, OSTM Meeting, 10-15 November 2008 Nice, France

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D., Frantzis X. , “*OSTM/JASON-2 CALVAL Results From The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, Ocean Surface Topography From Space, June 22 -24 2009, Seattle Washington

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

5^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα, 9-10 Μαΐου 2014

Pavlis E.C., Evans K., Milas P, Massinas B. A., Paradissis D., “*Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, ILRS Technical Workshop on SLR Tracking of GNSS Constellations, September 14-19, 2009, Metsovo, Greece

Pavlis E.C., Evans K., Beckley B., Frantzis X., Mertikas S. P., Milas P., Paradissis D., “*OSTM/JASON-2 Cal/Val Results From The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-6608, 2009, Vienna

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Massinas B., Paradissis D., Frantzis X., “*The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-11494, 2010, Vienna

Pavlis E.C., Milas P., Evans K., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., “*The Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, Geophysical Research Abstracts Vol. 13, EGU2011-9054, 2011, Vienna

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., “*Eastern Mediterranean Tide Gauge Network – eMACnet*”, 5th Coastal Altimetry Workshop, 16-18 October 2011, San Diego, USA

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., “*Eastern Mediterranean Calibration Network-eMACnet*”, Ocean Surface Topography Science Team Meeting, 19-21 October, 2011, San Diego, CA, USA

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., “*Aegean Sea Level Network: Eastern Mediterranean Altimeter Calibration Network – eMACnet*”, Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-6811-1, 2012, EGU General Assembly 2012

Pavlis E.C., Evans K., Milas P., Paradissis D, Massinas B., Frantzis X., “*Altimeter Calibration and Tectonics Inference Oceanographic Network (ACTION) for OSTM, SWOT, and the Tsunami Warning System in Eastern Mediterranean*”, AvH8-39, 8th Alexander von Humboldt International Conference Cusco, Peru, 12 – 16 November 2012

Pavlis E.C., Evans K., Paradissis D, Milas P., Massinas B. A., Capt. Evangelidis D., Lt. Cmdr. Papachristos A., “*Implementation of a Real-time Oceanographic Network for the Aegean Sea and Eastern Mediterranean Regions: ACTION*”, GODAE OceanView Symposium, 4 - 6 November 2013 Baltimore, Maryland, USA

Pawlowicza R., Beardsley B., Lentz S., “*Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE*”, Computers & Geosciences 28, 929–937, 2002, Pergamon Press

Spatalas S., “*A new Tidal Model for the Aegean Sea*”, International Geoid Service, Bulletin N.13, Special Issue, 2001

B. Μασσίνας, Π. Μήλας, Δ. Παραδείσης, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ
«Συγκριτικές αναλύσεις θαλάσσιων παλιρροιακών δεδομένων χρησιμοποιώντας μεθόδους ελαχιστο-τετραγωνικής και φασματικής ανάλυσης (FFT)»

5^ο Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα, 9-10 Μαΐου 2014