

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ

Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α  
ΤΗΣ  
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

---

ΕΤΟΣ 2010: ΤΟΜΟΣ 85ος

---

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2010





ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΑΘΗΝΩΝ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΥΚΟΥΤΡΗΣ

12687/2011

# Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

## ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 2010: ΤΟΜΟΣ 85ος

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ  
ΤΑΞΙΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΓΡΑΦΕΙΟΝ ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

2010

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ISSN 0369-8106



# Π Ρ Α Κ Τ Ι Κ Α

ΤΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

## ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

του ΠΕ' – 2010 Τόμου των Πρακτικών

### ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

		Σελ.
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 19ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ	2010	9
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 26ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ	2010	23
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ	2010	41
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ	2010	43
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 2ΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ	2010	47
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ	2010	71
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 18ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ	2010	81
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ	2010	137
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 2ΑΣ ΜΑΡΤΙΟΥ	2010	153
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ	2010	175
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 18ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ	2010	177
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ	2010	199
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 15ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ	2010	203
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 4ΗΣ ΜΑΪΟΥ	2010	205
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΜΑΪΟΥ	2010	229
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 10ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ	2010	231
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 10ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ	2010	233
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ	2010	247
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 11ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ	2010	249
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ	2010	267
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ	2010	291
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 3ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ	2010	301
ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ	2010	323

ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ .....	345
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ .....	369
ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ .....	379
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ .....	381



ΑΚΑΔΗΜΙΑ

ΑΘΗΝΩΝ



ΔΙΑΔΟΧΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΔΡΙΑΣ\*

---

ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΠΟΧΩΡΟΥΝΤΟΣ ΠΡΟΕΔΡΟΥ κ. ΠΑΝΟΥ Α. ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗ

Ἀξιότιμοι συνάδελφοι,  
Κυρίες καὶ Κύριοι,

Συμπληρώνοντας τὴ θητεία μου στὴ θέση τοῦ Προέδρου τοῦ Ἀνωτάτου Πνευματικοῦ Ἰδρύματος τῆς χώρας μας, ἔχω τὴν ὑποχρέωση νὰ προβῶ σὲ σύντομο ἀπολογισμό τοῦ συνετελεσθέντος ἔργου ἀπὸ τὰ Κέντρα καὶ τὰ Γραφεῖα Ἑρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας.

Τὸ Κέντρον Ἑρεύνης τῶν Νεοελληνικῶν Διαλέκτων καὶ Ἰδιωμάτων-ΙΔΝΕ συνεχίζει τὴ σύνταξη τῆς σειρᾶς τῶν λημμάτων ποὺ περιλαμβάνει ὁ ὑπὸ προετοιμασία τόμος τοῦ Ἱστορικοῦ Λεξικοῦ.

Ἀποδελτιώθηκε σὲ ψηφιοποιημένη μορφή σημαντικὸς ἀριθμὸς χειρογράφων, λημματογραφήθηκε καὶ ἀρχειοθετήθηκε μεγάλος ἀριθμὸς νέων καὶ παλαιῶν προβληματικῶν δελτίων γλωσσικοῦ ὕλικου, ἐνῶ πραγματοποιήθηκαν ἐπιστημονικὲς ἀποστολὲς γιὰ συλλογὴ γλωσσικοῦ ὕλικου ἀπὸ ἐρευνητὲς τοῦ Κέντρου. Ἐμπλουτίσθηκε τὸ ἀρχειο τοῦ Κέντρου καὶ οἱ σχετικὲς βάσεις δεδομένων μὲ τὴν εἰσαγωγὴ συλλογῶν διαλεκτικοῦ ὕλικου, ποὺ προέρχονται ἀπὸ τίς γλωσσικὲς ἀποστολὲς τῶν ἐρευνητῶν τοῦ Κέντρου καὶ ἀπὸ τὸν γλωσσικὸ διαγωνισμό ποὺ προκηρύσσει κατ' ἔτος ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν. Ἐπίσης, ἡ βιβλιοθήκη τοῦ Κέντρου ἐμπλουτίσθηκε μὲ τὴν προμήθεια πολλῶν νέων βιβλίων καὶ συγκροτήθηκαν βάσεις βιβλιογραφικῶν δεδομένων.

---

\* Δημόσια Συνεδρία τῆς 19ης Ἰανουαρίου 2010.

Εγκρίθηκε από το Υπουργείο Παιδείας και το καθ' ύλην αρμόδιο Παιδαγωγικό Ίνστιτούτο ή χρήση, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, της πολυμεσικής διδακτικής εφαρμογής «Οί νεοελληνικές διαλεκτικές ποικιλίες και ή μελέτη τους στο Κέντρον Έρευνής τών Νεοελληνικῶν Διαλέκτων και Ίδιωμάτων – ΙΑΝΕ τής Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν», ή όποία είναι σέ μορφή CD-ROM και έντυπη συνοδευτική έκδοση. Η δημιουργία της εφαρμογής αὐτῆς ἦταν από τούς στόχους τοῦ ἔργου «Μνημεῖα Νεοελληνικοῦ Λόγου» πού ὑλοποίησε τό Κέντρον Έρευνής τών Νεοελληνικῶν Διαλέκτων και Ίδιωμάτων στο πλαίσιο τοῦ προγράμματος «Κοινωνία τής Πληροφορίας», και ἔχει σκοπό νά ἐξοικειώσει τόν χρήστη μέ βασικές έννοιες τής Διαλεκτολογίας, μέ τίς νεοελληνικές διαλέκτους και τὰ ιδιώματα και μέ τό ἀρχαϊκό γλωσσικό ὕλικό τοῦ Κέντρου.

Οί ἐρευνητές τοῦ Κέντρου ἔλαβαν μέρος μέ ανακοινώσεις σέ συνέδρια ἑλληνικά και διεθνή.

Τό Κέντρον Έρευνής τής Ἑλληνικῆς Λαογραφίας ὁλοκλήρωσε μέ ἐπιτυχία και παρουσίασε σέ εἰδική ἐκδήλωση στήν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν τό ἔργο «Ἀνάπτυξη Ἐθνικοῦ Κέντρου Τεκμηρίωσης τοῦ Λαϊκοῦ Πολιτισμοῦ». Ἐπίσης:

- Πραγματοποίησε μέ ἐπιτυχία τό 15ο Διεθνές Συνέδριο μέ θέμα *Narration across Time and Space*.

- Συμμετέσχε στο φεστιβάλ μέ θέμα *Παιχνίδια τοῦ Δρόμου*, πού ἔγινε στή Βερόνα τής Ἰταλίας τόν Σεπτέμβριο.

- Ἀνέλαβε και πραγματοποιήσε μέ ἐπιτυχία ἐπιστημονική ἡμερίδα και μουσική καλλιτεχνική ἐκδήλωση γιά τὰ 150 χρόνια από τή γέννηση τοῦ Κωστή Παλαμά στήν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν.

- Ἐξέδωσε στή σειρά Πηγές τοῦ Λαϊκοῦ Πολιτισμοῦ τό βιβλίό *Μῦθοι ζώων, παραμύθια και τραγούδια. Λαογραφικές καταγραφές από τό Βαλτεσινικό Ἀρκαδίας* (ἀρ. 3).

- Ὁλοκλήρωσε εκπαιδευτικό πρόγραμμα γιά τήν ἐλιά μέ χρηματοδότηση από τό Δῆμο Καμείρου Ρόδου.

- Συνεργάζεται μέ τό Μουσεῖο Φυσικῆς Ἱστορίας Γουλανδρῆ μέ θέμα *Δάσος, Ζωή, Πολιτισμός*.

- Προετοίμασε τή μεταφορά τής Ἐκθεσῆς Ἑλίας Ἐγκώμιον γιά μόνιμη ἐγκατάσταση στο Δῆμο Κερατέας Ἀττικῆς.

- Συνεργάστηκε μέ τό Λαογραφικό Μουσεῖο τής Κορίνθου γιά κοινή ἐκθεση τόν Ἀπρίλιο τοῦ 2010 μέ θέμα *Διακοσμημένα ἄβγά*, τής Συλλογῆς Ν. Παπαγεωργίου.

- Συνεργάζεται με τὸ Δῆμο Λεχαινῶν γιὰ τὴ δημιουργία Μουσείου Δρωμένων (Γενιτσαρέων) στὰ Λεχαινά Ἡλείας.

- Συμμετέχει δημιουργικὰ ἀπὸ τὸ 2009 στὸ Δίκτυο Μουσείων καὶ Πολιτιστικῶν Φορέων Ἱστορικοῦ Κέντρου Ἀθηνῶν.

Ἡ Σύγκλητος τῆς Ἀκαδημίας ἔκανε ἀποδεκτὲς δωρεὲς πρὸς τὸ Κέντρο Λαογραφίας, καὶ συγκεκριμένα:

- 6.450 ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν προσωπικὴ συλλογὴ τοῦ ἐθνολόγου κ. Νίκου Παπαγεωργίου, ἡ ὁποία περιλαμβάνει τελετουργικὲς μάσκες, διακοσμημένα ἀβγά, παραδοσιακὰ μουσικὰ ὄργανα, δίσκους βινυλίου καὶ ἄλλα.

- ἐνὸς χειρογράφου γιὰ τὴν ὑφαντικὴ τῆς Σκύρου, κεντημάτων ἀπὸ τὴ Σκύρο, κασετῶν ἤχου καὶ φωτογραφικοῦ ὕλικου γιὰ τὴν ὑφαντικὴ τῆς κ. Ἀλίκης Λάμπρου.

- ἀποκόμματα ἐφημερίδων τῶν δεκαετιῶν 1970-1990, λαογραφικοῦ περιεχομένου, τοῦ ἀειμνήστου Χρήστου Χειμῶνα ἀπὸ τὴ σύζυγό του κ. Στέλλα Χειμῶνα.

Τέλος, ἡ Διευθύντρια καὶ οἱ ἐρευνητὲς τοῦ Κέντρου Λαογραφίας πραγματοποιήσαν τὶς ἐντεταλμένες λαογραφικὲς ἀποστολὲς γιὰ ἐπιτόπια ἔρευνα, συμμετεῖχαν μὲ ἀνακοινώσεις σὲ δεκαπέντε διεθνῆ καὶ τοπικὰ συνέδρια καὶ προώθησαν τὴν ψηφιακὴ ταξινόμηση ὕλικου τοῦ Ἀρχείου.

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης τοῦ Μεσαιωνικοῦ καὶ Νέου Ἑλληνισμοῦ πραγματοποίησε ἐρευνητικὲς ἀποστολὲς στὴ Μόσχα καὶ στὸ Ἡράκλειο Κρήτης μὲ σκοπὸ τὴ μελέτη καὶ φωτογράφιση ἀρχεακοῦ ὕλικου καὶ παλαιῶν ἐντύπων. Οἱ ἐρευνητὲς ἔλαβαν μέρος σὲ ἐπιστημονικὰ συνέδρια καὶ δημοσίευσαν ἐργασίες σχετικὲς μὲ προγράμματα τοῦ Κέντρου.

Στὸ πλαίσιο τῆς συνεργασίας μὲ τὴν Αὐστριακὴ Ἀκαδημία Ἐπιστημῶν, συνεχίστηκε τὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα «Νεοελληνικὴ Ἐπιστολογραφία, 1500-1821», μὲ σκοπὸ τὴν ἀποδελτίωση τῶν ἐπιστολῶν τῆς ἀνωτέρω περιόδου καὶ τὴν εἰσαγωγὴ τοῦ σχετικοῦ ὕλικου σὲ ἠλεκτρονικὴ βάση.

Τέλος, ὁλοκληρώθηκαν καὶ παραδόθηκαν στὸ τυπογραφεῖο τὰ ἐξῆς βιβλία ἐρευνῶν καὶ συνεργατῶν τοῦ Κέντρου:

- Κώστα Λαμπρινοῦ (εἰσαγωγὴ καὶ ἔκδοση), *Michiel Gradenigo. Νοτάριος στὴ Δουκικὴ Γραμματεία τοῦ Χάνδακα. Libro 1593-1617.*

- Δημητρίου Σοφianoῦ, *Ἡ ἀνέκδοτη φαναριώτικη ποιητικὴ συλλογὴ τοῦ κώδικα 666 Μονῆς Μεγάλου Μετεώρου (ΙΗ' αἰώνας). Στιχοουργήματα 1-175.*

- Χαρίτωνα Καρανάσιου - Ἰωάννας Κόλλια, Ἀναστάσιος Γόρδιος (1654/5-1729). *Ἀλληλογραφία* (κριτικὴ ἔκδοση).



— Σοφίας Λαΐου, *Τὰ ὀθωμανικά ἔγγραφα τῆς Μονῆς Βαρλαάμ Μετεώρων.*

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Δικαίου κυκλοφόρησε τὸν 41ο τόμο τῆς Ἐπετηρίδος τοῦ Κέντρου, ὁ ὁποῖος περιέχει ἐπιστημονικὲς ἐργασίες μὲ θέματα ἀπὸ ὅλες τὶς περιόδους τῆς ἱστορίας τοῦ Ἑλληνικοῦ Δικαίου ἕως τὸν 19ο αἰῶνα, καθὼς καὶ τὸν 9ο αὐτοτελὴ τόμο τοῦ Παραρτήματος τῆς Ἐπετηρίδας, στὸν ὁποῖο δημοσιεύεται ἡ διδακτορικὴ διατριβὴ τῆς νομικοῦ κ. Χαρίκλειας Δημακοπούλου *Ἡ Πορεία πρὸς Σύνταξιν Ἑλληνικοῦ Ἀστικοῦ Κώδικος.*

Ὁλοκλήρωσε τὰ συλλογικὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα:

- «Περιγράμμα τῆς Ἱστορίας τοῦ Μεταβυζαντινοῦ Δικαίου», ἀποτελούμενο ἀπὸ δύο αὐτοτελεῖς τόμους ἐκ τῶν ὁποίων ὁ ἓνας περιλαμβάνει τὰ ἑλληνόγλωσσα κείμενα τοῦ ξενοκρατούμενου ἑλληνισμοῦ, ὁ δὲ ἄλλος τὰ λατινικὰ καὶ ἰταλικά κείμενα τοῦ λατινοκρατούμενου ἑλληνισμοῦ καί,

- «Βιβλιογραφικὴ ὀργάνωση καὶ τεκμηρίωση τῆς Βιβλιοθήκης καὶ τῶν Ἀρχείων τοῦ ΚΕΙΕΔ», μὲ τὴν ἀναταξινόμηση, μὲ βάση τὸ διεθνὲς ταξιθετικὸ σύστημα Dewey, ὅλων τῶν ἱστορικῶν καὶ νομικῶν βιβλίων, τῶν τόμων τῶν πηγῶν τῆς ἱστορίας τοῦ Δικαίου, τῶν σύμμικτων τόμων συνεδρίων, καθὼς καὶ τῶν λεξικῶν τῆς βιβλιοθήκης τοῦ Κέντρου.

Στὸ πλαίσιο τοῦ ἐπιχειρησιακοῦ προγράμματος «ΕΣΠΑ. Ψηφιακὴ Σύγκλιση. Προβολὴ τοῦ ἔργου τῶν Ἑρευνητικῶν Κέντρων τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν στὸν παγκόσμιον ἰστό», ἐνεκρίθησαν οἱ προτάσεις γιὰ ψηφιοποίηση α) τοῦ δίτομου δευτέρου μέρους τοῦ «Περιγράμματος τῆς Ἱστορίας τοῦ Μεταβυζαντινοῦ Δικαίου» καί, β) τῶν ἐκδόσεων τοῦ Κέντρου ἀπὸ τὴν ἰδρυσὴ του ἕως σήμερα.

Τέλος, ἡ Διευθύντρια καὶ οἱ ἐρευνητὲς συμμετεῖχαν σὲ διεθνή καὶ πανελλήνια συνέδρια.

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἱστορίας τοῦ Νεωτέρου Ἑλληνισμοῦ συνέχισε τὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα «Τὸ Γραφεῖο Στρατηγικῶν Ὑπηρεσιῶν στὴν κατεχόμενη Ἑλλάδα (1942-1944)», «Ἡ διαμόρφωση τοῦ γαιοκτητικοῦ συστήματος στὴν Ἑλλάδα καὶ ἡ βρετανικὴ διπλωματία (1833-1843)», «Διονυσίου Μαρκόπουλου: Ἐμπορίου ἀπομνημονεύματα (1829-1905)», «Ἑπτανησιακὴ Προσωπογραφία (19ος-20ὸς αἰῶνας)», «Ὁψεις τοῦ ἀστικοῦ καὶ ἀγροτικοῦ χώρου στὰ Ἐπτάνησα (μέσα 19ου-ἄρχὲς 20οῦ αἰῶνα)», «Περιγραφικὸς κατάλογος τοῦ Ἀρχείου τοῦ Ἀλεξάνδρου Λυκούργου, Ἀρχιεπισκόπου Σύρου (1827-1875)», «Περιγραφικὸς κατάλογος γερμανικῶν στρατιωτικῶν ἀρχείων



Β' Παγκοσμίου Πολέμου (Records of German Divisions 1940-1945)», και «Χρονολόγιο γεγονότων που αφορούν την Ελλάδα (1940-1944). Καταγραφή από τα έγγραφα της Βρετανικής Διεύθυνσης Ειδικών Επιχειρήσεων».

- Όλοκλήρωσε την προετοιμασία της έκδοσης του Β' τόμου του περιοδικού του Κέντρου *Νεοελληνικά Ιστορικά*. Επίσης, ολοκλήρωσε τον ανασχεδιασμό του δικτυακού του τόπου.

- Οργάνωσε την τριήμερη συνάντηση του ευρωπαϊκού προγράμματος «Preparing DARIAH» («Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities»).

- Συγκρότησε δίκτυο ερευνητικών φορέων με την επωνυμία ΔΥΑΣ (Δίκτυο Υποδομών για την Έρευνα στις Ανθρωπιστικές Επιστήμες).

- Όλοκλήρωσε την καταλογογράφηση των βιβλίων και ανατύπων της δωρεάς Μιχαήλ Σακελλαρίου.

Το Κέντρον Έρευνης της Ελληνικής και Λατινικής Γραμματείας δημοσίευσε κριτικές εκδόσεις των έργων: *Πλωτίνου Έννεās Τετάρτη* (εισαγωγή- αρχαίο κείμενο, μετάφραση και σχόλια Παῦλος Καλλιγᾶς), *Σχόλια του Γεωργίου Παχυμέρη στο Περί ζώων μορίων του Ἀριστοτέλους* (εισαγωγή, κείμενο και εύρετήρια Ἐλένη Παππᾶ), και *Πλουτάρχου Χαιρωνέως Ἠθικά* (τόμ. Β', φιλολογική επιμέλεια Παναγιώτης Βερναρδάκης και Heinz Gerd Ingenkamp).

Δημοσιεύθηκαν ἔξι ἄρθρα ἐρευνητῶν τοῦ Κέντρου σέ ἐπιστημονικά περιοδικά τῆς ἡμεδαπῆς καί τῆς ἀλλοδαπῆς καί σέ συλλογικό τόμο ὑπό τόν τίτλο *Mythe et justice dans la pensée grecque*. Ἐπίσης, ἐρευνήτριες τοῦ Κέντρου συμμετέσχον μέ ἐπιστημονικές ἀνακοινώσεις στό 13ο Συνέδριο τῆς Federation Internationale des Associations d'Études Classiques στό Βερολίνο καί στή διημερίδα πού διοργάνωσε στό Ρέθυμνο τὸ Τμήμα Φιλολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Κρήτης.

Ἡ βιβλιοθήκη τοῦ Κέντρου ἐμπλουτίσθηκε μέ 255 τίτλους βιβλίων καί βιβλιοδετήθηκαν 380 τόμοι βιβλίων καί περιοδικῶν.

Τὸ Κέντρον Ἐρευνῶν Ἀστρονομίας καί Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν συνέχισε τίς ἐργασίες του, μέ τὴ δημοσίευση εἰκοσιεπτᾶ ἄρθρων σέ διεθνή ἐπιστημονικά περιοδικά καί τεσσάρων σέ πρακτικά συνεδρίων. Ἐπίσης, κυκλοφόρησε ὁ τόμος τοῦ Συνεδρίου *Chaos in Astronomy*, μέ ἐπιμελητές τῆς ἐκδόσης τοὺς κ.κ. Γεώργιο Κοντόπουλο καί Πάνο Πάτση.

Ἰδιαίτερα σημαντικὴ ἦταν ἡ συμμετοχὴ τοῦ Κέντρου στὶς ἐκδηλώσεις γιὰ

τὸ Διεθνὲς Ἔτος Ἀστρονομίας, μὲ τὴν ἐπιτυχὴ διοργάνωσιν σειρᾶς ἐκλαϊκευτικῶν ὁμιλιῶν στὴν Ἀνατολικὴ Αἶθουσα τῆς Ἀκαδημίας, ἐνῶ, παράλληλα, μέλη του δίδαξαν σὲ θερινὰ σχολεῖα καὶ ἔδωσαν διαλέξεις γιὰ τὸ εὐρὺ κοινό.

Ἐπίσης, μέλη τοῦ Κέντρου ἦσαν βασικοὶ συνδιοργανωτὲς σὲ δύο διεθνή ἐπιστημονικὰ συνέδρια καὶ ἔλαβαν μέρος σὲ ἄλλα δεκατρία, σὲ πολλὰς περιπτώσεις ὡς προσκεκλημένοι ὁμιλητές.

Πραγματοποιήθηκαν ἐπιστημονικὲς ἀποστολὲς σὲ ἐρευνητικὰ ἰδρύματα καὶ πανεπιστήμια τοῦ ἐξωτερικοῦ. Συνέχισαν νὰ ἐκπονοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψιν μελῶν τοῦ Κέντρου διδακτορικὲς διατριβὲς καὶ ἐργασίες γιὰ ἀπόκτησιν μεταπτυχιακῶν διπλωμάτων εἰδίκευσης στὴν Ἀστροφυσικὴ. Τέλος, συνεχίσθηκε ἡ διδασκαλία τοῦ μεταπτυχιακοῦ μαθήματος «Μὴ Γραμμικὴ Δυναμικὴ» στὸν τόμ. Ἀστρονομίας, Ἀστροφυσικῆς καὶ Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης τῆς Ἑλληνικῆς Φιλοσοφίας ἐξέδωσε τὰ ἔργα:

1. Ε. Μουτσόπουλου, Μ. Πρωτοπαπᾶ-Μαρνέλη, *Ἡ ἔννοια τοῦ πολίτη στὴν ἀρχαία ἐλληνικὴ φιλοσοφία*.

2. Ἐπετηρίδα Φιλοσοφία, τόμ. 39.

3. G.P. Henderson, *Ἡ ἀναβίωσις τοῦ ἐλληνικοῦ στοχασμοῦ (1620-1830): Ἡ ἐλληνικὴ φιλοσοφία στὰ χρόνια τῆς Τουρκοκρατίας*.

4. Ε. Μουτσόπουλου, *Ἡ αἰσθητικὴ τῆς Ἠθικῆς (δοκίμιον)*.

5. W. G. Tennemann, *Σύνοψις τῆς Ἱστορίας τῆς Φιλοσοφίας*.

6. J. L. Veillard-Baron, G.W.F. Hegel. *Παραδόσεις πλατωνικῆς φιλοσοφίας (1825-1826)*.

7. Ἀ. Κελεσίδου-Γαλανοῦ, *Ἡ ἔννοια τῆς σωτηρίας στὴν πλατωνικὴ πολιτικὴ φιλοσοφία*.

8. J. M. Gabaude, *Ἡ λογοκρατία τοῦ Ἐπίκουρου*.

Στὶς λοιπὰς δραστηριότητες τοῦ Κέντρου περιλαμβάνονται ἡ συνέχισις τοῦ μηνιαίου σεμιναρίου Φιλοσοφίας διδασκόντων στὴ Φιλοσοφικὴ Βιβλιοθήκη Ἑλλης Λαμπρίδου, ἡ διάλεξις ποὺ πραγματοποιήθηκε στὴν Ἀνατολικὴ Αἶθουσα τῆς Ἀκαδημίας ἀπὸ τὸν καθηγητὴ Φιλοσοφίας τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Ὁξφόρδης κ. David Charles μὲ θέμα «Aristotle on Perception: Touch, Taste and Smell», καὶ ἡ ἐξυπηρέτησις καὶ ἐπιστημονικὴ καθοδήγησις φοιτητῶν, μεταπτυχιακῶν φοιτητῶν καὶ ὑποψηφίων διδασκόντων, προερχομένων ἀπὸ ἀνώτατα ἰδρύματα τῆς Ἑλλάδος καὶ τῆς ἀλλοδαπῆς. Ἐπίσης, συνεχίζεται ἡ ψηφιοποίησις τῶν τόμων τῆς Ἐπετηρίδας Φιλοσοφία τοῦ Κέντρου καὶ τὸ πρόγραμμα ἐπιστημονικῶν



ἀνταλλαγῶν μεταξύ Ρουμανικῆς Ἀκαδημίας καὶ Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν. Τὸ Κέντρο ἐντάχθηκε γιὰ πρώτη φορὰ στὸ πρόγραμμα τῶν ἐπιστημονικῶν ἀποστολῶν τῶν ἐρευνητῶν σὲ πανεπιστήμια καὶ βιβλιοθήκες τοῦ ἐξωτερικοῦ. Ἀξίζει νὰ μνημονευθεῖ ἡ συμμετοχὴ σὲ ἐκπομπὴ τοῦ τηλεοπτικοῦ σταθμοῦ ΣΚΑΪ «Οἱ μεγάλοι Ἕλληνες» τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ καὶ Προέδρου τῆς Ἐφορευτικῆς Ἐπιτροπῆς τοῦ Κέντρου κ. Κ. Δεσποτόπουλου καὶ τῆς Διευθύντριας τοῦ Κέντρου ἀναφορικῶς πρὸς τὴν πλατωνικὴ φιλοσοφία. Τέλος, ἡ βιβλιοθήκη τοῦ Κέντρου ἐμπλουτίσθηκε μὲ 150 νέους τίτλους βιβλίων.

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης Ἐπιστημονικῶν Ὁρῶν καὶ Νεολογισμῶν ὁλοκλήρωσε καὶ δημοσίευσε τὸ διπλὸ τόμο τοῦ Δελτίου Ἐπιστημονικῆς Ὁρολογίας καὶ Νεολογισμῶν (9ο-10ο τεῦχος), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτογενῆ ἔρευνα σὲ νεολογισμούς καὶ στὴν ἀπόδοση ἐνεργειακῆς ὁρολογίας.

Ὁλοκληρώθηκε ἡ πρώτη φάση τοῦ ἐρευνητικοῦ προγράμματος τοῦ Κέντρου γιὰ τὴ συλλογὴ καὶ ταξινόμηση νεολογισμῶν μὲ ὑπεύθυνο ἀκαδημαϊκὸ τὸν κ. Ν. Κονομῆ. Προωθείται ἡ ψηφιοποίησις τοῦ ἔργου Ἑλληνικὴ Ὁρολογία Ὀλυμπιακῶν Ἀθλημάτων, στὸ πλαίσιο εὐρωπαϊκοῦ προγράμματος, καθὼς καὶ ἡ ἐγκατάστασις ἡλεκτρονικοῦ προγράμματος αὐτόματης ἀναγνώρισης νεολογισμῶν ἀπὸ σώματα ψηφιοποιημένων ἐφημερίδων. Τὸ Κέντρο ἀνανέωσε, μὲ προγραμματισμένες συναντήσεις, τὴ διμερῆ συμφωνία γιὰ ἐπιστημονικὴ συνεργασία μὲ τὸ ἀντίστοιχο Κέντρο Γλωσσολογίας τῆς Ἀκαδημίας Ἐπιστημῶν τῆς Αὐστρίας.

Ἡ Διευθύντρια καὶ τὸ προσωπικὸ τοῦ Κέντρου συμμετεῖχαν σὲ συνέδρια καὶ ἔκαναν ἐπιστημονικὰς δημοσιεύσεις.

Τὸ Κέντρον Ἑρεῦνης Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαίρας καὶ Κλιματολογίας ἄρχισε νὰ συμμετέχει στὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἐπιτροπῆς IS-ENES, HEREPLUS καὶ EUCLIPSE, πού ἔχουν ὡς στόχο τὴ βελτίωσις τῶν προβλέψεων τῶν εὐρωπαϊκῶν κλιματικῶν μοντέλων, τὴ μελέτη τῶν ἐπιπτώσεων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς μόλυνσης στὴν ὑγεία καὶ τὴ μελέτη τῆς ἐπίδρασης τῶν νεφῶν στὴν κλιματικὴ ἀλλαγὴ. Ἐπίσης, συμμετεῖχε, μέσω τῶν συνεργατῶν του, στὴ δημοσίευσιν 17 ἄρθρων σὲ διεθνῆ ἐπιστημονικὰ περιοδικά, πραγματοποίησε ἀποστολὰς συνεργασίας στὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Ὁσλο, στὸ Πανεπιστήμιον τῆς Στοκχόλμης, στὸ Ἰνστιτοῦτο Goddard τῆς NASA, στὸ Κέντρο Max Planck τοῦ Ἀμβούργου καὶ στὸ Κέντρο IPSL τῆς Τουλούζης, ἐνῶ ἔλαβε μέρος σὲ διεθνῆ συνέδρια καὶ ἐπιτροπές, ὅπως τοῦ IPCC. Τέλος, τὸ Κέντρο συμμετέχει ὡς συντονιστὴς τῆς Ὁμάδας Κλίματος στὴν Ἐπιτροπὴ Μελέτης Ἐπι-

πτώσεων Κλιματικής Ἀλλαγῆς τῆς Τραπεζῆς τῆς Ἑλλάδος, στὸ πλαίσιο τῆς ὁποίας δημιούργησε μιὰ πλήρη βάση δεδομένων τῶν ἱστορικῶν κλιματικῶν συνθηκῶν καὶ μελλοντικῶν κλιματικῶν προβλέψεων γιὰ τὴν περιοχή τῆς Ἑλλάδος.

Τὸ Κέντρον Ἑρεύνης τῆς Ἀρχαιότητος συνέχισε τὴν ἐρευνητικὴν ἐργασία σὲ θέματα Προϊστορικῆς καὶ Κλασικῆς Ἀρχαιολογίας (δημοσίευση νεολιθικῶν εἰδωλίων Θεσσαλίας, σύνταξη βιβλιογραφικοῦ ἀρχείου τῆς προϊστορικῆς Ἑλλάδος, μελέτη ἀνασκαφικοῦ ὑλικοῦ ἀπὸ τὴν περιοχή τοῦ Θρησκευτικοῦ Κέντρου τῶν Μυκηνῶν, δημοσίευση τῶν ἐλληνιστικῶν γλυπτῶν τοῦ Μουσείου Ρόδου, μελέτη κεραμεικῆς ἀπὸ ἀνασκαφῆς στὸ Ἀκραίφνιον Βοιωτίας). Στὴ σειρά δημοσιευμάτων τοῦ Κέντρου ἐξεδόθη τιμητικὸς τόμος γιὰ τὸν καθηγητὴ Σπύρο Ἰακωβίδη, ἐπόπτη τοῦ Κέντρου ἀπὸ τὸ 1992.

Ὡς πρὸς τὰ διεθνῆ προγράμματα τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν τὰ ὁποῖα τελοῦν ὑπὸ τὴν ἐποπτεία τοῦ ΚΕΑ, κατὰ τὸ παρελθὸν ἔτος παραδόθηκε στὸ τυπογραφεῖο ἓνας νέος τόμος τῆς σειρᾶς *Corpus Vasorum Antiquorum* ποὺ περιλαμβάνει ἀγγεῖα τοῦ Μουσείου Κυκλαδικῆς Τέχνης-Ἰδρυμα Ν. Π. Γουλανδρῆ. Δημοσιεύονται 95 μελανόμορφα καὶ ἐρυθρόμορφα ἀγγεῖα διαφόρων ἐργαστηρίων ἀπὸ τὸν 6ο ἕως τὸν 4ο αἰῶνα π.Χ., πολλὰ ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι ἰδιαίτερα σημαντικά. Τὰ περισσότερα προέρχονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ συλλογὴ τῶν Νικολάου καὶ Ντόλλης Γουλανδρῆ, μερικὰ ἀγοράστηκαν ἀργότερα ἀπὸ τὸ Μουσεῖο σὲ δημοπρασίες ἢ ἀπὸ ἰδιωτικὲς συλλογές, καὶ πολλὰ ἄλλα εἶναι δωρεές ἰδιωτῶν.

Τὸ Κέντρον Ἑρεύνης τῆς Ἑλληνικῆς Κοινωνίας ὁλοκλήρωσε τὴν ποιοτικὴν ἔρευνα μὲ τίτλο «Ἡ δευτέρη γενιὰ μεταναστῶν μεταξὺ σχολείου καὶ ἐργασίας στὸν ἀστικό χῶρο», μὲ τὴν ἐκδοσὴ τοῦ ὁμότιτλου ἀφιερώματος τῆς Ἑπετηρίδος τοῦ Κέντρου στὸ διπλὸ τόμο 8-9.

Ἐξέδωσε ἐπίσης στὰ Δημοσιεύματα τοῦ Κέντρου Ἑρεύνης τῆς Ἑλληνικῆς Κοινωνίας τὴ μελέτη τοῦ κ. Γρηγόρη Γκιζέλη μὲ τίτλο *Τὸ πελατειακὸ σύστημα, ἡ ἐλληνικὴ γραφειοκρατία καὶ οἱ παράγοντες διαμόρφωσης τῆς ἐλληνικῆς ἰδιαιτερότητας* (τόμ. ἀρ. 11).

Διοργάνωσε μαζὶ μὲ τὴν Ἑλληνικὴ Ἑταιρεία Δημογραφικῶν Μελετῶν συνέδριο μὲ θέμα *Πληθυσμιακὲς τάσεις καὶ προοπτικὲς στὴν Ἑλλάδα καὶ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωση*.

Τέλος, οἱ ἐρευνητὲς καὶ συνεργάτες τοῦ ἐκπροσώπησαν τὸ Κέντρο σὲ διάφορα διεθνῆ καὶ ἐλληνικά συνέδρια, παρουσιάζοντας τίς ἔρευνες ποὺ διεξάγονται σὲ αὐτὸ μὲ τὸ γενικὸ τίτλο «Ἐπιπτώσεις τῆς οἰκονομικῆς μετανάστευσης στὴν



Ἑλλάδα». Ἰδιαιτέρως σημαντικὴ μνεῖα ἢ συμμετοχὴ τοῦ στοῦ Διεθνὲς Ἐπιστημονικὸ Συνέδριο μὲ θέμα *Migrations aus, in und nach Südosteuropa: Aktuelle und historische Perspektiven*, ποὺ διοργάνωσε ἡ Südosteuropa-Gesellschaft (SOG) στοῦ Μονάχο.

Τὸ Κέντρο Ἑρευνας τῆς Βυζαντινῆς καὶ Μεταβυζαντινῆς Τέχνης προήγαγε τὸ κύριο ἐρευνητικὸ πρόγραμμά τοῦ ποὺ ἀφορᾷ στὴ σύνταξη τοῦ Εὐρετηρίου Βυζαντινῶν Τοιχογραφιῶν Ἑλλάδος, μὲ ἔμφαση στὴ Σύμη, τὴν Τήλο, τὴ Χάλκη καὶ τὴ Ρόδο Δωδεκανήσου, στὴν Κεφαλονιά τῶν Ἰονίων Νήσων, στὴν Ἀνατολικὴ Μακεδονία, στὴ Θάσο καὶ τὴ Θράκη, ὅπως καὶ στὴν Κρήτη καὶ τὴν Εὐβοία. Ἐπίσης, συμμετεῖχε στίς ἀνασκαφές ποὺ διεξάγει τὸ Ἀρχαιολογικὸ Ἰνστιτοῦτο τῆς Ἀλβανικῆς Ἀκαδημίας στὴν περιοχὴ τῶν Ἀγίων Σαράντα μὲ πεδίο εὐθύνης τὴ μελέτη τῶν εὕρισκομένων τοιχογραφιῶν, καθὼς καὶ, ὕστερα ἀπὸ πρόσκληση, στὴν καταγραφὴ τοιχογραφιῶν ἄλλων περιοχῶν τῆς Ἀλβανίας. Ἐπιπλέον, γὰρ τὴν προαγωγὴ τῶν παραπάνω προγραμμάτων, πραγματοποιοῦσε ἐρευνητικὲς ἀποστολὲς ἐπὶ τόπου, μὲ σκοπὸ τὴν ἔρευνα, τὸν ἐντοπισμὸ, τὴν καταγραφὴ, καὶ κατὰ περίπτωσιν τὴν ἐπαγγελματικὴ φωτογράφηση καὶ ἀρχιτεκτονικὴ ἀποτύπωση τῶν τοιχογραφημένων ναῶν.

Ὁργάνωσε τὴν ἐτήσια διάλεξη τὴν ἀφιερωμένη στὴ μνήμη τοῦ ἰδρυτῆ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ Μανόλη Χατζηδάκη, κατὰ τὴν ὁποία μίλησε ἡ τμηματάρχης τῆς Δ' Ἐφορείας Βυζαντινῶν Ἀρχαιοτήτων (Δωδεκανήσου) καὶ διδάκτωρ τοῦ Πανεπιστημίου Ἰωαννίνων κ. Ἀγγελικὴ Κατσιώτη μὲ θέμα «Ὁ εἰκονογραφικὸς κύκλος τῆς Ἀποκάλυψης στοῦ Ναὸ τῆς Κοίμησις τῆς Θεοτόκου στοῦ Ἀσκληπείδ τῆς Ρόδου».

Συνέχισε τὴν καταγραφὴ καὶ ἐπεξεργασία τῆς δωρεᾶς τοῦ Φωτογραφικοῦ καὶ Σχεδιαστικοῦ Ἀρχείου Ἀγίου Ὁρους τοῦ ἐκλιπόντος ἀκαδημαϊκοῦ Παύλου Μυλωνᾶ.

Στὴν ἐκτέλεση τῶν παραπάνω προγραμμάτων τὸ Κέντρο ἐνισχύθηκε οἰκονομικὰ ἀπὸ τὴν Ἐπιτροπὴ Ἑρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ τὸ κληροδότημα Γ. Θ. Φωτεινοῦ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Τέλος, οἱ ἐρευνητὲς τοῦ Κέντρου, μὲ οἰκονομικὴ ἐνίσχυση τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, μετεῖχαν μὲ ἀνακοινώσεις σὲ ἐπιστημονικὰ συνέδρια.

Τὸ Κέντρον Ἑρευνῶν Θεωρητικῶν καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν ξεκίνησε τὸ ἐρευνητικὸ τοῦ ἔργο, τὸ ὁποῖο ἔχει κατ' ἀρχὰς ἐπικεντρωθεῖ στὴ δημιουργία ἀλγόριθμων ἀνακατασκευῆς ἱατρικῆς εἰκόνας (image

reconstruction), μιάς διαδικασίας απαραίτητης για τη δημιουργία τρισδιάστατης εικόνας στα σύγχρονα απεικονιστικά συστήματα PET, CT και SPECT. Πιο συγκεκριμένα, έχει ήδη αναπτυχθεί ένας αναλυτικός αλγόριθμος για την ανακατασκευή της εικόνας του τομογράφου έκπομπης ποζιτρονίων PET/CT, ο οποίος μπορεί να συναγωνιστεί αλλά και να υπερβεί σε ακρίβεια μερικούς από τους ήδη υπάρχοντες και κλινικά εφαρμόσιμους αλγόριθμους. Ο αλγόριθμος αυτός έχει δοκιμαστεί με κλινικά δεδομένα και έχει δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παράλληλα, αναπτύσσεται αναλυτικός αλγόριθμος για την ανακατασκευή της εικόνας του τομογράφου SPECT.

Το Γραφείο Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Μηχανικής ολοκλήρωσε έρευνητικό πρόγραμμα με έπιστημονικό υπεύθυνο τόν ακαδημαϊκό κ. Αντώνιο Κουνάδη με τίτλο «Τοιχώματα από όπλισμένο σκυρόδεμα. Ανάγκη για κανονιστικές βελτιώσεις». Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από την Ακαδημία Αθηνών και εκτελείται σε συνεργασία με το Έργαστήριο Όπλισμένου Σκυροδέματος του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου. Στόχος του είναι η πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς τοιχωμάτων όπλισμένου σκυροδέματος υπό στατική μονοτονική και ανακυκλιζόμενη πλευρική φόρτιση, με σκοπό τόν έλεγχο της έγκυρότητας των προβλέψεων των ύφιστάμενων κανονισμών.

Το Γραφείο Έρευνας της Έπιστήμης της Πληροφορικής και Ηλεκτρονικής επεξέτεινε την έρευνα επί της υπολογιστικά υποβοηθούμενης διάγνωσης του καρκίνου του μαστού σε τομείς όπως η αξιοποίηση του ιστορικού της ασθενούς («εύφυής ιατρικός φάκελος»), ή βελτιστοποίηση στη χρήση των μαθηματικών ταξινομητών, και η ενίσχυση της διαγνωστικής του αξίας από πληροφορίες βασιζόμενες σε επιδημιολογικά μοντέλα.

Προτάθηκε προς ευρωπαϊκή-έθνική χρηματοδότηση στο πλαίσιο της «Ψηφιακής Σύγκλισης» ή διαδικτυακή πλατφόρμα «e-Πρόληψη» για τη μαζική πληθυσμιακή προληπτική παρακολούθηση σε θέματα μαστού για τόν γυναικείο πληθυσμό της Ελλάδας.

Σχεδιάστηκε και έπαυξάνεται ο πιλοτικός κόμβος για τη διάδοση της γνώσης μέσα από τήν ιστοσελίδα του Γραφείου Έρευνας της Πληροφορικής.

Από τήν τρέχουσα έρευνα έχουν προκύψει μέσα στο 2009 έπτά έπιστημονικά δημοσιεύματα σε σχέση με τήν έρευνα για τήν υπολογιστική υποβοήθηση στην πρώιμη διάγνωση του καρκίνου του μαστού, σε διεθνή περιοδικά, θεματικούς τόμους και πρακτικά συνεδρίων.



Τὸ Γραφεῖο Πειραματικῆς Φυσικῆς συνέχισε τὶς ἐργασίες του στὴν προαγωγή τῆς Ἐπιστήμης καὶ τῆς Τεχνολογίας τῆς Ἑνέργειας στὴν Ἑλλάδα καὶ τὴν εἰς βάθος μελέτη τῶν ἐνεργειακῶν ἀναγκῶν τῆς χώρας. Ἐπιμελήθηκε τὴν ἔκδοση τοῦ βιβλίου τῆς Ἐπιτροπῆς Ἑνέργειας τῆς Ἀκαδημίας μὲ τίτλο *Πυρηνικὴ ἐνέργεια καὶ ἐνεργειακὲς ἀνάγκες τῆς Ἑλλάδος καί, σὲ συνεργασία μὲ ἐπιστήμονες ἄλλων ἐλληνικῶν ἰδρυμάτων, διοργάνωσε Ἡμερίδα μὲ θέμα Ὑλικά γιὰ ἐνεργειακὲς ἐφαρμογές.*

Τὸ Γραφεῖο συνέχισε, ἐπίσης, τὴν εἰς βάθος μελέτη θεμάτων ποὺ ἀφοροῦν στὴ σχέση τῆς Ἐπιστήμης καὶ τῆς Τεχνολογίας μὲ τὴν κοινωνία. Προσκλήθηκε ὡς «keynote speaker» σὲ δύο διεθνῆ συνέδρια —στὴν Ἑτήσια Συνάντηση τῶν Ἀκαδημῶν τῶν Εὐρωπαϊκῶν Χωρῶν-Μελῶν τοῦ ICSU καὶ στὸ Διεθνὲς Συνέδριο *Values and 21st Century*—, καὶ συμμετεῖχε, ἀντιστοίχως, μὲ τὶς ὁμιλίες «The Universality of Science: Limits and Needs» καὶ «Universal and Complementary Values».

Τὸ Γραφεῖο Στρατιωτικῶν καὶ Ἀμυντικῶν Θεμάτων δραστηριοποιήθηκε μὲ σχετικὴ ἀρθρογραφία σὲ ἐφημερίδες καὶ ἐπιστημονικὰ περιοδικά, ὁμιλίες καὶ συμμετοχὴ στὸ Διεθνὲς Συνέδριο μὲ γενικὸ θέμα *Στρατηγικὴ 2009* τῆς Ἑλληνικῆς Ἐταιρείας Στρατηγικῶν Μελετῶν. Ἐξέδωσε ἐπίσης τὴν ἐργασία *Δημογραφία καὶ Ἀμυνα*.

Τὸ Γραφεῖο Διαστημικῆς Ἑρευνας καὶ Τεχνολογίας δημοσίευσε περισσότερες ἀπὸ 35 ἐργασίες σὲ περιοδικὰ μὲ κριτές, μὲ σημαντικότερες τὶς ἑξῆς:

- Παρατηρήσεις μαγνητικῆς ἐπανασύνδεσης στὴ μαγνητόσφαιρα τοῦ Ἑρμῆ μὲ τὸ διαστημόπλοιο MESSENGER, καί,

- Ἀνακάλυψη μιᾶς νέας εἰκόνας κίνησης τοῦ ἡλιακοῦ συστήματος στὸ Γαλαξία μὲ τὸ διαστημόπλοιο Cassini. Καὶ οἱ δύο παρουσιάστηκαν στὸ περιοδικὸ *Science*.

Ἐπίσης, ἐξέδωσε τὸ βιβλίο *Saturn from Cassini-Huygens*.

Τὸ Γραφεῖο Τεχνικῆς Σεισμολογίας ὁλοκλήρωσε τὶς ἐργασίες:

- Συντήρηση καὶ διατήρηση ἱστορικῶν μνημείων σὲ σεισμικὲς περιοχές: Ἐκτίμηση τοῦ σεισμικοῦ κινδύνου τῶν κίωνων καὶ τῶν ἀγαλμάτων τοῦ Ἀπόλλωνος καὶ τῆς Ἀθηνᾶς.

- Ὑπολογισμὸς φάσματος ἀντισεισμικοῦ σχεδιασμοῦ κατασκευῶν γιὰ τὸ κέντρο τῶν Ἀθηνῶν, καί,

- Έγκατάσταση σειсмоγραφικού ὀργάνου στὸ Μέγαρο τῆς Ἀκαδημίας.  
Ὁ ἀπολογισμὸς τῶν ἐργασιῶν αὐτῶν εἶναι ὑπὸ δημοσίευσιν.

Τὸ Γραφεῖο Ἑρευνας τῆς Νεοελληνικῆς Τέχνης ἐξέδωσε τὸ δι-  
βλίο τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Χρῦσανθου Χρήστου *Ἡ ἱστορία ὡς τοπιογραφία. Τὰ  
ἐλληνικὰ τοπία τοῦ Κάρλ Ρότμαν*.

Ἐπίσης, στὸ πλαίσιο ἐρευνητικοῦ προγράμματος ποὺ ἐνισχύεται οἰκονομικὰ  
ἀπὸ τὴν Ἐπιτροπὴν Ἑρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας καὶ τὸ ὁποῖο ἀφορᾷ στὴν κατάρτι-  
σιν εὐρετηρίου ἔργων ὑπαίθριας γλυπτικῆς σὲ δημόσιους χώρους τῆς Ἑλλάδος,  
ἐκτελέστηκαν ἐρευνητικὲς ἀποστολὲς ποὺ εἶχαν ὡς στόχον τὸν ἐντοπισμὸν, τὴν κα-  
ταγραφὴν καὶ τὴν φωτογραφικὴν ἀποτύπωσιν μνημείων στὴ δυτικὴ Κρήτη καὶ τὴ  
Θράκη.

Τὸ Γραφεῖο Ἑρευνῶν τῆς Ἀρχιτεκτονικῆς συνεχίζει τὴν ἔρευνα  
ἀρχαικοῦ ὕλικου γιὰ τὴν ἐκπόνησιν τῆς μονογραφίας τοῦ ἐκλιπόντος μέλους καὶ  
εὐεργέτη τῆς Ἀκαδημίας Βασιλείου Κουρεμένου.

Τὸ Γραφεῖο Διεθνῶν καὶ Συνταγματικῶν Θεσμῶν συνέχισε τὴν  
ἐρευνητικὴν του δραστηριότητα γιὰ τὸ καθεστῶς τοῦ Ἑλλήνα ναυτικοῦ σύμφω-  
να μὲ τις ρυθμίσεις διεθνoῦς, κοινοτικῆς καὶ ἐθνικῆς προέλευσης, καὶ τὸ πρό-  
γραμμα γιὰ τοὺς τίτλους κυριαρχίας τῆς Ἑλλάδος.

Στὴ σειρά δημοσιευμάτων τοῦ Γραφείου ἐξέδωσε μελέτη τοῦ Ἰ. Στριμπὴ μὲ  
τίτλον *La manifestation des lacunes en droit international*.

Τὸ Γραφεῖο Οἰκονομικῶν Μελετῶν ὁλοκλήρωσε τὴν ἔκδοσιν τῆς  
ἔρευνας μὲ θέμα «Τὸ παρὸν καὶ τὸ μέλλον τῆς ἐλληνικῆς ἐμπορικῆς ναυτιλίας».  
Συνεχίζει τὴ μελέτη μὲ θέμα «Στατιστικὲς τῶν ἐλληνικῶν ἀνωνύμων ἐταιρειῶν  
(1909-1929)», καὶ πέτυχε τὴν ἔγκρισιν διεξαγωγῆς ἔρευνας μὲ θέμα «Πρώ-  
τησι τῶν μεταρρυθμίσεων στὴν ἐλληνικὴ οἰκονομία».

Τὸ Ἰδρυμα Ἰατροβιολογικῶν Ἑρευνῶν συνεχίζει τὴν ἀνοδικὴ πο-  
ρεία του.

Κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ ἔτους δημοσιεύθηκαν 103 ἐργασίες — 71 στὴ βασικὴ  
καὶ 32 στὴν κλινικὴ ἔρευνα — σὲ διεθνή ἐπιστημονικὰ περιοδικά. Ἑρευνητὲς τοῦ  
Ἰδρύματος ὄλων των βαθμίδων συμμετεῖχαν σὲ περισσότερα ἀπὸ 150 διεθνή καὶ  
ἐλληνικὰ ἐπιστημονικὰ συνέδρια. Ἐπίσης, πέτυχαν νέες χρηματοδοτήσεις ἀπὸ

διεθνῇ ανταγωνιστικά ἐρευνητικά προγράμματα, συνολικοῦ ὕψους ἄνω τῶν 5.500.000 εὐρώ.

Στὸ Ἰδρυμα ιδρύθηκε Μονάδα Μεταγονιδιωματικῆς Ἑρευνας μετὰ τὴν ἐγκατάσταση τοῦ συστήματος μικροσυστοιχιῶν DNA, γιὰ ἐφαρμογὴ προωθημένων μοριακῶν τεχνικῶν.

Τὸ Ἰδρυμα ἔχει ἐπιλεγεῖ ὡς βασικὸς συνεργάτης δύο μεγάλων εὐρωπαϊκῶν ἐρευνητικῶν ὑποδομῶν, τῆς Βιοτράπεζας γιὰ τὴν κάλυψη τῶν ἀναγκῶν ὅλης τῆς χώρας, καὶ τῆς Βιολογίας Συστημάτων. Ἐπίσης, ἡ ἐλληνικὴ ἐπιστημονικὴ κοινότητα τὸ ἔχει ἐπιλεξεῖ ὡς συντονιστὴ τῆς ἐθνικῆς ὑποδομῆς μεταφραστικῆς ἔρευνας (ἀλληλεπίδραση βασικῆς καὶ κλινικῆς ἔρευνας).

Ὁ οἶκος τῶν πειραματόζωων ἐπεκτάθηκε σὲ νέες κτιριακὲς ἐγκαταστάσεις, κατάλληλα διαμορφωμένες ὥστε νὰ μποροῦν νὰ φιλοξενήσουν 8.000 πειραματόζωα γενετικά τροποποιημένα γιὰ διερεύνηση κακοήθων καὶ ἄλλων παθήσεων.

Ὁ Τομέας Καρδιάς-Ἀγγείων ἐνίσχυσε τὴν ὑποδομὴ του μὲ νέα σύγχρονα μηχανήματα. Ὁ ἐξοπλισμὸς αὐτός, συνολικῆς ἀξίας 120.000 εὐρώ, προσφέρθηκε πρὸς τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ δωρεές μέσω τοῦ καθηγητοῦ κ. Δ. Κόκκινου.

Τέλος, ὁλοκληρώθηκε ἡ δημοπράτηση νέου κτιρίου ἐκτάσεως 22.000 τ.μ., τὸ ὁποῖο θὰ στεγάσει νέα ἐρευνητικὰ κέντρα ὅπως Βιοτράπεζα, Κέντρο Βιολογίας τοῦ Καρκίνου, Κέντρο Βιολογίας Συστημάτων καὶ Κέντρο Νανοϊατρικῆς.

Ἡ Ἐπιτροπὴ Ἑρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν ὁλοκλήρωσε τὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα «Μετανάστευση στὴν Ἑλλάδα: Διεθνὲς καὶ Κοινοτικὸ Δίκαιο», μὲ ὑπεύθυνο τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Γεώργιο Μητσόπουλο, καὶ κατατέθηκε ἡ τελικὴ ἔκθεση μὲ τὰ ἀποτελέσματα.

Χρηματοδοτήθηκαν 5 νέα ἐρευνητικὰ προγράμματα καὶ 4 συνεχιζόμενα, τὰ ὁποῖα θὰ ὁλοκληρωθοῦν στὰ ἐπόμενα ἔτη. Ἐπίσης, μὲ ἀπευθείας χρηματοδότηση ἀπὸ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωσὴ ἢ μέσω Εὐρωπαϊκῶν Κοινοτικῶν Ταμείων, ἡ Ἐπιτροπὴ ἐνέκρινε τὴ διαχείριση 4 νέων ἔργων. Ἐπιπλέον ἀνέλαβε τὴ διαχείριση 18 ἐρευνητικῶν προγραμμάτων, τὰ ὁποῖα χρηματοδοτήθηκαν ἀπὸ ἄλλους φορεῖς.

Τέλος, ἡ Ἐπιτροπὴ ἐνέκρινε τὴν ἔκδοση ἐνὸς βιβλίου μὲ τὰ ἀποτελέσματά του στὸ πλαίσιο τοῦ ἐρευνητικοῦ προγράμματος «Ἡ ἐπιχειρηματικότητα στὴν ἀρχαία ἐλληνικὴ οἰκονομία», μὲ ὑπεύθυνο ἀκαδημαϊκὸ τὸν κ. Κωνσταντῖνο Δρακάτο.

Ὁλοκληρώνοντας τὸν ἀπολογισμὸ τῆς δραστηριότητος τῶν Κέντρων καὶ



τῶν Γραφείων, θεωρῶ σκόπιμο νὰ ἀναφέρω τὴ σύσταση, κατόπιν ἐγκρίσεως τῆς Ὀλομέλειας, δύο νέων ἐρευνητικῶν φορέων στὴν Ἀκαδημία: Τοῦ Κέντρου Διαστημικῆς Ἑρευνας καὶ Τεχνολογίας, καθὼς καὶ τοῦ Γραφείου Ἐπιδημιολογικῶν Ἑρευνῶν, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία θὰ συμβάλλει στὴν περαιτέρω προαγωγή τοῦ ἐρευνητικοῦ ἔργου τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν.

Ἐκφράζω τὶς θερμὲς μου εὐχαριστίες καὶ τὴν εὐγνωμοσύνη μου σὲ ὅλα τα μέλη τῆς Ἀκαδημίας γιὰ τὴν τιμὴ ποὺ μοῦ ἔκαναν νὰ μοῦ ἀναθέσουν τὸ σημαντικό τοῦτο λειτούργημα. Ἰδιαίτερα εὐχαριστῶ τὰ μέλη τῆς Συγκλήτου καὶ τὸν Γενικὸ Γραμματέα κ. Νικόλαο Μαρσανιώτη γιὰ τὴ στήριξη καὶ τὴ συμπαράστασή τους στὴν ἐκπλήρωση τοῦ ἔργου μου. Ἐγκάρδιες εὐχαριστίες ἀπευθύνω ἐπίσης πρὸς ὅλο το προσωπικὸ τοῦ Ἰδρύματος γιὰ τὴν πρόθυμη καὶ γόνιμη συνεργασία του.

Ἀποτελεῖ γιὰ μένα μεγάλη χαρὰ ὅτι παραδίδω τὴν προεδρία στὸν ἀγαπητὸ καὶ ἐκλεκτὸ συνάδελφο ἀκαδημαϊκὸ κ. Κωνσταντῖνο Σβολόπουλο. Τὸν καλῶ νὰ προσέλθει γιὰ νὰ τὸν περιβάλω μὲ τὸ μεγάλο διάστημα τῆς Ἀκαδημίας καὶ νὰ καταλάβει τὴ θέση του στὸ Προεδρεῖο. Καλῶ ἐπίσης τὸν ἀκαδημαϊκὸ κ. Ἀπόστολο Γεωργιάδη νὰ καταλάβει τὴ θέση τοῦ Ἀντιπροέδρου. Τοὺς εὐχομαι ὁλόψυχα υἱεῖα, δύναμη καὶ ἐπιτυχία στὸ ἔργο τὸ ὁποῖο ἀναλαμβάνουν.

---

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 26ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010

## Η ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ ΔΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ Κ. ΑΡΤΕΜΙΑΔΗ

Πολλά έχουν ειπωθεί και πάρα πολλά έχουν δημοσιευθεί για τὸν καθοριστικὸ ρόλο τὸν ὁποῖον παίζει ἡ ἐπιστήμη τῶν Μαθηματικῶν στὴν ἐξερεύνηση καὶ τὴν κατανόηση τοῦ Σύμπαντος. Ἀναφέρω μερικὰ ἀπὸ αὐτά.

«Ἡ βαθύτερη γνώση καὶ κατανόηση τοῦ φυσικοῦ κόσμου κατέστη δυνατὴ χάρις στὴν ἐπιστήμη τῶν Μαθηματικῶν, ἡ ὁποία [ἐπιστήμη] ἀποτελεῖ μία ἀπὸ τίς σπουδαιότερες ὀψεις τῆς πλέον χαρακτηριστικῆς ικανότητος τοῦ ἀνθρωπίνου εἶδους».

«Ἡ πλέον σαφὴς καὶ ωραία ἔκφραση κάθε ἀλήθειας ἐπιτυγχάνεται τελικὰ ὅταν ἡ ἔκφραση αὐτὴ λάβει τὴ μαθηματικὴ της μορφή».

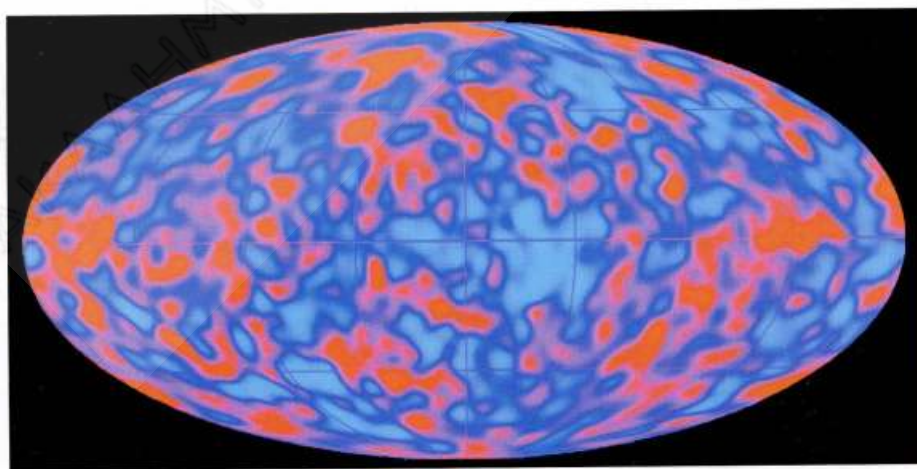
Κατὰ τὸν Albert Einstein «τὰ καθαρὰ Μαθηματικὰ ἀποτελοῦν [μὲ τὸν τρόπο τους] τὴν ποίηση τῶν λογικῶν ἰδεῶν».

Ἡ σημερινὴ ὁμιλία, ἐκείνῃ τῆς 19.05.2009, καθὼς καὶ μερικὲς ὁμιλίες ἐξ ἐκείνων ποὺ περιλαμβάνονται στὰ ὑπὸ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν ἐκδοθέντα συγγράμματα *Ἱστορία τῶν Μαθηματικῶν καὶ Λόγοι ἀπὸ τοῦ Βήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν*, εὐρίσκονται ὅλες στὸ ἴδιο μῆκος κύματος. Ἦτοι προσπαθοῦν νὰ παρουσιάσουν στὸ εὐρὺ κοινὸ τί ἀκριβῶς ἐννοοῦμε ὅταν λέμε ὅτι ἡ κατανόηση τοῦ φυσικοῦ κόσμου κατέστη δυνατὴ χάρις στὴν ἐπιστήμη τῶν Μαθηματικῶν.

Μὲ ἄλλα λόγια, ἐλπίζω ὅτι θὰ γίνῃ ἀντιληπτὴ ἡ διπλὴ φύση τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης: Τὸ ἐσωτερικὸ της κάλλος καὶ ἡ δύναμη ποὺ ἔχει νὰ ἀποκαλύπτει τὴ δομὴ τοῦ ἔξω κόσμου.

Θὰ ξεκινήσουμε μὲ ἓνα γεγονός τὸ ὁποῖο θεωρεῖται ὅτι ἀποτελεῖ μία ἀπὸ τίς μεγαλύτερες ἀνακαλύψεις τοῦ 20οῦ αἰ.

Τὴν 24ῃ Ἀπριλίου 1992 ὁ παγκόσμιος Τύπος, ὅλοι οἱ ραδιοφωνικοὶ καὶ τηλεοπτικοὶ σταθμοὶ παρουσίασαν τὴ μεγάλη αὐτὴ ἀνακάλυψη ὑπὸ μορφὴ μιᾶς «εἰκόνας», ἐνὸς στιγμιότυπου τοῦ Σύμπαντος, μιᾶς «φωτογραφίας» θὰ λέγαμε, τῆς στιγμῆς ποὺ τὸ Σύμπαν ἄρχισε νὰ ἐξελισσεται, τῆς στιγμῆς ποὺ ἄρχισε νὰ γεννᾶται ὁ «χῶρος». Πρὶν νὰ ὑπάρξει ἡ εἰκόνα, αὐτὴ ἀναφέρεται ὅτι ὑπῆρχε μόνο μία συμπύκνωση στοιχειωδῶν σωματιδίων σὲ μία κατάσταση πλάσης καὶ ἐκμηδένισης. Στὴ συνέχεια, πρωτόνια καὶ ἠλεκτρόνια ἄρχισαν νὰ συνδυάζονται μεταξύ τους γιὰ νὰ ἀποτελέσουν ἄτομα τῆς ὕλης. Γιὰ πρώτη φορὰ ὑπῆρξε «χῶρος» μεταξύ των ἀτόμων, ἐπιτρέποντας στὸ φῶς καὶ σὲ ἄλλες μορφές ἀκτινοβολίας νὰ ὁδεύουν ἐλεύθερα. Τὸ ἐν λόγω «στιγμιότυπο» ἀπεικονίζει τὸ «ἄχνάρι» τῶν ἀκτίνων, τὸ ὁποῖο ἔφτασε σὲ ἐμᾶς ἀφοῦ ταξίδεψε στὸ χῶρο ἀπὸ τὴ στιγμή ποὺ ἀναφέραμε παραπάνω μέχρι τώρα (Εἰκ. 1). Αὐτὸ ποὺ κυριολεκτικὰ συγκλόνισε τοὺς ἐπιστήμονες οἱ ὁποῖοι μελετοῦσαν τὶς ἀκτίνες αὐτές, οἱ ὁποῖες φέρουν τὴν ὀνομασία «κοσμικὴ μικροκυματικὴ θεμελιώδης ἀκτινοβολία» («cosmic microwave background radiation»), ἦταν ὅτι στὴν εἰκόνα αὐτὴ διέκριναν τὴν ὕπαρξη κάποιας δομῆς (pattern). Πιο συγκεκριμένα, ἐνῶ ἐπὶ δεκαετίες προσπαθοῦσαν αὐτοὶ νὰ διακρίνουν κάποια μεταβολὴ στὴ μονότονα ὁμοιόμορφη αὐτὴ κοσμικὴ θεμελιώδη μικροκυματικὴ ἀκτινοβολία, ἐπέτυχαν ἐπιτέλους νὰ βροῦν ἓνα «συνδετικὸ κρίκο» μεταξύ τῆς θεωρίας Big Bang, ἡ ὁποία περιγράφει τὴ δημιουργία τοῦ Σύμπαντος, καὶ μὲ ὅσα οἱ ἐπιστήμονες διεπίστωσαν καὶ κατέγραψαν μέχρι σήμερα γιὰ τοὺς γαλαξίες καὶ γιὰ τὴν ἐξέλιξη τῶν ἀστέρων.



Εἰκ. 1.



“Όμως, παρά τὸ γεγονός ὅτι ἡ ἐν λόγῳ εἰκόνα θεωρεῖται ὄντως μία πολὺ μεγάλη ἀνακάλυψη, πρέπει νὰ τονίσουμε ὅτι οἱ ἀρμόδιοι ἐπιστήμονες, στὴν προσπάθειά τους νὰ ἐρμηνεύσουν τὴν ἀκριβὴ φύση τῆς εἰκόνας αὐτῆς, ἀντιμετώπισαν ἀνυπέρβλητες δυσκολίες. Ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, ἡ πλήρης ἐρμηνεία τῆς κοσμικῆς μικροκυματικῆς φωτογραφίας τοῦ 1992 δίδεται ἂν ληφθεῖ ὑπόψη ὅτι ὄντως ὁ χῶρος εἶναι κυρτός.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ θὰ κάνουμε μία ἀναδρομὴ στὸ παρελθόν, ἃς ὑποθέσουμε στὸ 1000 μ.Χ. Οἱ κάτοικοι τότε τῆς Εὐρώπης πίστευαν ὅτι ἡ Γῆ ἦταν ἐπίπεδη, χρειάστηκε δὲ νὰ καταβληθοῦν μεγάλες προσπάθειες, ἐπὶ πολλές δεκαετίες, γιὰ νὰ γίνει ἀντιληπτὸ ὅτι ἡ Γῆ δὲν ἦταν ἐπίπεδη ἀλλὰ σφαιρική, καὶ νὰ ἐρμηνευθεῖ ἐν συνεχείᾳ γιατί τὰ ἄτομα τὰ εὐρισκόμενα στὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετη θέση στὴ Γῆ καὶ κρέμονταν ἀνάποδα, δὲν «ἔπεφταν» στὸ κενό. Τὰ ταξίδια τοῦ Κολόμβου καὶ τῶν διαδόχων του βοήθησαν στὸ νὰ ἐδραιωθεῖ πλέον ἡ πίστη ὅτι ἡ Γῆ εἶναι σφαιρική. Στὴν ἐποχὴ μας, στὸν 21ο αἰ., ἐλάχιστοι βέβαια εἶναι ἐκεῖνοι —ἂν ὑπάρχουν— ποὺ πιστεύουν ὅτι ἡ Γῆ εἶναι ἐπίπεδη, ὅμως τὸ μεγαλύτερο μέρος τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς πιστεύει ὅτι τὸ σχῆμα τοῦ Σύμπαντος εἶναι ἐπίπεδο. Ὅπως στὸ παρελθόν ἡ καθημερινὴ ἐμπειρία μᾶς ἔπειθε ὅτι ἡ Γῆ εἶναι ἐπίπεδη, ἔτσι καὶ τώρα ἡ καθημερινὴ ἐμπειρία μᾶς κάνει νὰ πιστεύουμε ὅτι τὸ Σύμπαν εἶναι ἐπίπεδο, ἢ ὅπως λέγεται «εὐκλείδειο». Θὰ χρειασθεῖ καὶ ἐδῶ μεγάλη προσπάθεια καὶ φαντασία γιὰ νὰ πεισθοῦμε ὅτι ὁ χῶρος εἶναι κυρτός. Τὸ πρῶτο λοιπὸν ἐρώτημα ποὺ παρουσιάζεται εἶναι: «Ποιὸ εἶναι τὸ σχῆμα τοῦ Σύμπαντος, καὶ τί ἐννοοῦμε ὅταν λέμε κυρτότητα τοῦ Σύμπαντος;». Καὶ ἐδῶ ἀκριβῶς ἐμφανίζονται τὰ Μαθηματικά γιὰ νὰ ἀπαντήσουν στὸ ἐρώτημα αὐτό. Πράγματι, διὰ τῶν Μαθηματικῶν ἀποδεικνύεται ὅτι ὁ χῶρος ὄντως εἶναι κυρτός, καὶ ὅτι ἡ κυρτότητα τοῦ χώρου εἶναι ἐκεῖνη ποὺ ἐρμηνεύει πλήρως τὸ παράδοξο φαινόμενο ποὺ ἀναφέραμε, καὶ ποὺ ἀφορᾷ τὴν «cosmic microwave background radiation» τῆς φωτογραφίας τοῦ 1992. Θὰ προσπαθήσουμε νὰ εἰσέλθουμε μὲ ὑπομονή, σταδιακά, στὸ ἔργο αὐτὸ τῶν Μαθηματικῶν.

Εἶναι γνωστὸ ὅτι τὸ πρόβλημα τοῦ ὑπολογισμοῦ τῶν διαστάσεων καὶ τοῦ σχήματος τῆς Γῆς ἀπασχολοῦσε ἔντονα τοὺς φιλοσόφους καὶ τοὺς ἐπιστήμονες τῆς ἀρχαίας Ἑλλάδας, καὶ ὅτι οἱ προσπάθειες αὐτῶν γιὰ τὴν ἐπίλυσή του τοὺς ὁδήγησαν στὴν ἐπινόηση ἐνὸς νέου κλάδου τῶν Μαθηματικῶν, τῇ Γεωμετρίᾳ. Ἐνὰ ἀπὸ τὰ πλέον γνωστὰ ὀνόματα στὴν ἱστορία τῆς Γεωμετρίας εἶναι τὸ ὄνομα Πυθαγόρας. Ὅμως πρέπει νὰ τονίσουμε ὅτι πολὺ πρὶν ἀπὸ τὸν Πυθαγόρα, οἱ Αἰγύπτιοι εἶχαν ἀνακαλύψει μία ἀπλὴ μέθοδο κατασκευῆς καθέτων πρὸς ἀλλήλας εὐθειῶν: Ἐπὶ ἐνὸς νήματος δημούργησαν κόμβους ἐπὶ ἴσων διαστημάτων, ἔτσι ὥστε τὸ νῆμα νὰ διαιρεθεῖ σὲ τρία μέρη μήκους 3,4 καὶ 5 διαστημάτων.

Όταν με τὰ τρία αὐτὰ τμήματα κατασκεύασαν ἓνα τρίγωνο, παρατήρησαν ὅτι ἡ γωνία πού σχηματίζουν τὰ τμήματα μήκους 3 καὶ 4 διαστημάτων ἦταν μία γωνία ὀρθή (Εἰκ. 2). Ἡ κατασκευὴ αὐτὴ θυμίζει βέβαια τὸ πυθαγόρειο θεώρημα ( $3^2 + 4^2 = 5^2$ ), τὸ ὁποῖο οἱ Αἰγύπτιοι ἐγνώριζαν. Τὸ θεώρημα ὅμως ὀνομάσθηκε «πυθαγόρειο», διότι ὁ Πυθαγόρας πρῶτος ἔδωσε τὴν ἀπόδειξή του. Τόσο οἱ Αἰγύπτιοι ὅσο καὶ οἱ Βαβυλώνιοι δὲν φαίνεται νὰ ἐγνώριζαν τὴν ἔννοια «ἀπόδειξη» μιᾶς μαθηματικῆς πρότασης.

Ὁ Εὐκλείδης, ὁ ὁποῖος γεννήθηκε 200 χρόνια μετὰ τὸν Πυθαγόρα, ὑπῆρξε ὁ διασημότερος τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων μαθηματικῶν. Τὸ μνημειῶδες ἔργο του, τὰ *Στοιχεῖα*, ἐπέδρασε σὲ τεράστιο βαθμὸ στὴν ψυχὴ τοῦ δυτικοῦ κόσμου. Τὸ



Εἰκ. 2.

ἔργο αὐτὸ κατέστη ἡ βάση τῆς σύγχρονης Ἐπιστήμης καὶ πρότυπο γιὰ ὁλόκληρη τὴν ἐπιστὴμὴ τῶν Μαθηματικῶν.

Τὰ *Στοιχεῖα* τοῦ Εὐκλείδη ἐμπνέουν ἓνα αἶσθημα σιγουριᾶς. Μολονότι κατὰ τὴ διάρκεια τῶν αἰώνων πού παρήλθαν μερικὰ ἐξ ὧσων περιέχονται σὲ αὐτὰ ἀμφισβητήθηκαν, αὐτὸ πού προξενεῖ κατάπληξη εἶναι ὅτι ὕστερα ἀπὸ 2.000 χρόνια, δὲν βρέθηκε κανένα «λάθος» σὲ αὐτά, ὑπὸ τὴν ἔννοια ὅτι κάποια πρόταση δὲν προκύπτει λογικὰ ἀπὸ τὶς ὑποθέσεις οἱ ὁποῖες ἔχουν δοθεῖ ὅτι ἰσχύουν. Οἱ μέθοδοι πού χρησιμοποιοῦνται στὰ *Στοιχεῖα* εἶναι ἐξαιρετικῆς ἰσχύος.

Τὰ ἀντικείμενα ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ Εὐκλείδης ἐφαρμόζει τοὺς συλλογισμούς



του στα πρώτα βιβλία τῶν Στοιχείων εἶναι γεωμετρικά σχήματα μὲ ιδιαίτερα αἰσθητικὴ χροιά. Τὸ γεγονός αὐτὸ ὁδήγησε τὴν Edna St. Vincent Millay νὰ ἐκφράσει τὰ συναισθήματά της στὸ ποίημά της μὲ τίτλο *Euclid alone has looked on beauty bare*.

Μεταξὺ ὅλων των σχημάτων ποὺ μελέτησαν καὶ μελετοῦν οἱ μαθηματικοί, ὁ κύκλος ἐπαιξε τὸ σπουδαιότερο ρόλο στὴν προσπάθεια νὰ ἀπαντηθεῖ τὸ ἐρώτημα ποῖο εἶναι τὸ σχῆμα τῆς Γῆς.

Πῶς ὅμως ἡ ἔννοια τοῦ κύκλου, τοῦ κυκλικοῦ σχήματος, ἔτυχε τῆς ιδιαίτερης προσοχῆς τοῦ ἀνθρώπου; Παραδείγματα κυκλικοῦ σχήματος μᾶς παρέχει ἡ ἴδια ἡ φύση. Εἶναι ὁ ἥλιος, ἡ πανσέληνος, ἡ κυκλικὴ κίνηση τῶν ἀστέρων, οἱ κύκλοι ποὺ σχηματίζονται ὅταν ρίχνουμε ἓνα βότσαλο σὲ μία ἡρεμὴ ὑδάτινη ἐπιφάνεια, ὁ ὀρίζοντας, οἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης, κ.ἄ.

Στοὺς ἀρχαίους χρόνους, ἡ πρώτη σαφὴς ἔνδειξη τῆς σφαιρικότητος τῆς Γῆς φαίνεται νὰ προῆλθε ἀπὸ παρατηρήσεις δύο οὐράνιων φαινομένων. Ἡ πρώτη παρατήρηση ἀναφέρεται στὶς ἐκλείψεις τῆς Σελήνης, κατὰ τίς ὁποῖες ἡ σκιά τῆς Γῆς εἶναι κυκλική. Ἡ δευτέρη παρατήρηση ἦταν ὅτι, ὅταν κάποιος ταξιδεύει πρὸς νότον, οἱ γνωστοὶ ἀστερισμοὶ τοῦ βορρᾶ φαίνονται σιγὰ σιγὰ νὰ κατεβαίνουν χαμηλότερα στὸν οὐρανὸ, ἐνῶ οἱ ἀστερισμοὶ τοῦ νότου φαίνονται νὰ ἀνέρχονται ὁλοένα πρὸ ψηλὰ στὸν οὐρανόν. Καὶ τὰ δύο αὐτὰ φαινόμενα εἶχαν γίνει ἀντιληπτά ἀπὸ τὸν Ἀριστοτέλη τὸν 4ο αἰ. π. Χ. Συνεπῶς, πρὸ 2.000 ἀκόμα ἐτῶν, ἡ ἰδέα ὅτι ἡ Γῆ εἶναι ἐπίπεδη ἔπρεπε νὰ ἀπορριφθεῖ, διότι δὲν ἐναρμονιζόταν μὲ τὰ δεδομένα τῶν παρατηρήσεων.

Ὅμως, τὸ πρὸ ἄμεσο ἐρώτημα ποὺ ἀπασχολοῦσε τοὺς ἐρευνητὲς δὲν ἀφοροῦσε τὸ σχῆμα τῆς Γῆς ἀλλὰ τὸ μέγεθός της. Μία ἄκρως εὐφυὴς ἀπάντηση στὸ τελευταῖο αὐτὸ ἐρώτημα δόθηκε ἀπὸ τὸν μεγάλο Ἑλληνα ἐπιστήμονα Ἐρατοσθένη τῆς Ἀλεξάνδρειας (275-195 π.Χ.).

Ἡ ἀρχαία Ἀλεξάνδρεια συγκέντρωνε τὴν ἐποχὴ ἐκείνη τοὺς σπουδαιότερους ἐπιστήμονες, τὰ μεγαλύτερα ἐπιστημονικὰ ταλέντα τοῦ κόσμου, λόγω τῆς βιβλιοθήκης της, τῆς σπουδαιότερης τῆς ἐποχῆς ἐκείνης. Διευθυντὴς τῆς βιβλιοθήκης τῆς Ἀλεξάνδρειας, τὸ δεύτερο ἡμῶς τοῦ 3ου αἰ. π.Χ. ὑπῆρξε ὁ Ἐρατοσθένης.

Ἡ μέθοδος ποὺ χρησιμοποίησε ὁ Ἐρατοσθένης γιὰ νὰ ὑπολογίσει τὸ μέγεθος (τὴν περιφέρεια) τῆς Γῆς στηρίχθηκε στὰ ἑξῆς τρία στοιχεῖα:

1. Μερικὰ θεωρήματα τῆς Στοιχειώδους Γεωμετρίας.

2. Τὴν πλεονεκτικὴ γεωγραφικὴ θέση τῆς πόλης Aswan (Syene) στὴ νότια Αἴγυπτο.

3. Τὸ ὄργανο γνώμων.

Ὁ γνώμων ἀποτελεῖται ἀπὸ μία κατακόρυφη ράβδο τοποθετημένη ἐπὶ τοῦ

εδάφους, τῆς ὁποίας ἡ σκιά, ὅταν ὑπάρχει ἡλιοφάνεια, ἐπιτρέπει νὰ παρακολουθοῦμε τὴν πορεία τοῦ Ἡλίου στὸν οὐρανὸ καὶ μᾶς παρέχει χρήσιμες πληροφορίες. Π.χ. ὁ γνώμων δίδει τὴν ἀκριβῆ ὥρα μία φορὰ τὴν ἡμέρα, ὅταν ὁ Ἡλιος εὐρίσκεται στὸ ὑψηλότερο σημεῖο τοῦ οὐρανοῦ, ὁπότε ἡ σκιά τοῦ γνώμονος εἶναι ἡ ἐλαχίστη, δηλαδὴ τὸ μεσημέρι, καὶ δείχνει τὸ βορρᾶ. Ἡ σκιά τοῦ γνώμονος τὸ μεσημέρι μεταβάλλεται, ἐντὸς 6 μηνῶν, ἀπὸ ἐλαχίστη (Θερινὸ Ἡλιοστάσιον) σὲ μεγίστη (Χειμερινὸ Ἡλιοστάσιον).

Ἡ πλεονεκτικὴ γεωγραφικὴ θέσις τῆς πόλεως Aswan, νοτίως τῆς Ἀλεξάνδρειας, εἶναι ὅτι ὁ Ἡλιος διέρχεται ἀκριβῶς ἐπάνω ἀπὸ αὐτὴν μία φορὰ τὸ χρόνο, τὸ μεσημέρι, κατὰ τὸ θερινὸ ἡλιοστάσιον (23 Ἰουνίου, 23½ μοῖρες ἄνω τοῦ Ἰσημερινοῦ), ὁπότε ἡ σκιά τοῦ γνώμονος ἔχει μῆκος μηδέν (ὁ Ἡλιος εὐρίσκεται στὸν Τροπικὸ τοῦ Καρκίνου).

Συνδυάζοντας τὰ δεδομένα αὐτὰ καὶ χρησιμοποιώντας στοιχειώδη γεωμετρικὰ ἀποτελέσματα, ὁ Ἐρατοσθένης ὑπολόγισε τὴν περιφέρεια τῆς Γῆς καὶ βρῆκε ὅτι ἰσοῦται μὲ 50 φορὲς τὴν ἀπόστασις μεταξὺ Aswan καὶ Ἀλεξάνδρειας, ἧτοι 45.000 χλμ. (25.000 μίλια). Ὁ ὑπολογισμὸς αὐτὸς θεωρεῖται ἐντυπωσιακὰ ἀκριβὴς γιὰ τὰ δεδομένα τῆς ἐποχῆς, διότι τὸ ἀκριβὲς μῆκος τῆς περιφέρειας τῆς Γῆς εἶναι 40.000 χλμ.

Τὸ ἐπίτευγμα αὐτὸ τοῦ Ἐρατοσθένους, δηλαδὴ ὁ ὑπολογισμὸς τῆς περιφέρειας τῆς Γῆς, ἔθεσε ἐπὶ τάπητος τὸ πρόβλημα τοῦ ὑπολογισμοῦ τῆς διαμέτρου τῆς Γῆς. Καὶ στὸ πρόβλημα αὐτὸ ἡ ἀπάντησις δόθηκε μὲ τὰ Μαθηματικά. Ἦταν γνωστὸ ὅτι σὲ κάθε κύκλῳ ὁ λόγος τῆς περιφέρειας πρὸς τὴν διάμετρο παραμένει σταθερὰ ὁ ἴδιος καὶ σημειώνεται μὲ τὸ γράμμα π, τὸ πρῶτο γράμμα τῆς λέξεως περιφέρεια. Ἡ πρώτη προσεκτικὴ καὶ ἀκριβέστερη τιμὴ τοῦ π δόθηκε ἀπὸ τὸν μέγιστο θετικὸ ἐπιστήμονα τῆς ἀρχαιότητος, τὸν Ἀρχιμήδη, ὁ ὁποῖος ἀπέδειξε ὅτι ὁ π κεῖται μεταξὺ των ἀριθμῶν  $3 \frac{10}{71}$  καὶ  $3 \frac{1}{7}$ . Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ διάμετρος τῆς Γῆς ἔχει μῆκος μεταξὺ 7.955 καὶ 7.960 μιλίων.

Τὰ παραπάνω ἐκτεθέντα μᾶς ὁδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες, πρὸ 2.000 ἐτῶν, ἐγνώριζαν ἤδη τὸ σχῆμα καὶ τὸ μέγεθος τῆς Γῆς. Δυστυχῶς, ὅμως, ἐπακολούθησε ἡ κατάρρευσις τοῦ ἀρχαίου πολιτισμοῦ καὶ μαζί μὲ αὐτὸν ἡ μακρόχρονη σοφία τῶν τόσων αἰώνων χάθηκε γιὰ τὴν Εὐρώπην. Τὴν κατάρρευσις, ὅμως, τοῦ ἀρχαίου πολιτισμοῦ ἀκολούθησε ἡ ἀνοδος τοῦ ἀραβικοῦ πολιτισμοῦ, στὸν ὁποῖο διοχετεύθηκε ἓνα μεγάλο μέρος τῆς μέχρι τότε ἀποκτηθείσας γνώσεως. Κατὰ τὴν νέα αὐτὴ περίοδο ἔγινε προσπάθεια περαιτέρω ἐπεξεργασίας τῆς γνώσεως αὐτῆς. Ἡ Samarkand, πόλις κείμενη νοτίως τοῦ Uzbekistan, ὑπῆρξε μεγάλο πολιτισμικὸ κέντρο, ἔκανε δὲ αὐτὴν πρωτεύουσά του ὁ Μογγόλος κατακτητὴς Ταμερλάνος.



Στήν πόλη αὐτὴ ἔζησε ὁ διαπρεπὴς ἐπιστῆμων al-Kashi, ὁ ὁποῖος τὸ 1424 ὑπολόγισε δεκαεῖς ἀκόμα ψηφία τοῦ ἀριθμοῦ π, ἐργαζόμενος στὸ ἀστεροσκοπεῖο τῆς πόλης ὅπου καὶ καταρτίσθηκε ὁ μεγαλύτερος κατάλογος ἀστερισμῶν τῆς ἐποχῆς ἐκείνης.

Δύο μεγάλες προσωπικότητες τῆς ἐποχῆς προέρχονται ἀπὸ τὴν περιοχὴ ποὺ κεῖται νοτίως τῆς θάλασσας Ἀράλ καὶ ὀνομάζεται Khwarism. Οἱ προσωπικότητες αὐτὲς ἦσαν ὁ al-Biruni (γεννήθηκε τὸ 973) καὶ ὁ ἄλλος, ὁ πλέον διαπρεπὴς, ὁ al-Khwarismi, ὁ ὁποῖος πῆρε τὸ ὄνομα τῆς γενέτειράς του. Παραφθορὰ τοῦ ὀνόματος τοῦ τελευταίου ἀποτελεῖ ἡ λέξη ἀλγόριθμος, ἡ δὲ λέξη ἀλγεβρα προῆλθε ἀπὸ ἓνα ἀπὸ τὰ βιβλία του. Ὁ al-Khwarismi συνέγραψε τὸ πρῶτο σύγγραμμά του στὰ ἀραβικά (*Hindu Arithmetic*), ἀπὸ δὲ τὴ λατινικὴ μετάφραση τοῦ συγγράμματος αὐτοῦ ἄρχισε, βαθμιαίως, ἡ εἰσαγωγή τῶν «ἀραβικῶν ἀριθμῶν-ψηφίων» στὴ Δύση. Γιὰ λόγους οἰκονομίας χώρου θὰ ἀναφέρουμε μόνο ὅτι οἱ ὡς ἄνω δύο μαθηματικοὶ ἀνέπτυξαν μεγάλη δραστηριότητα.

Ὁ Πτολεμαῖος Κλαύδιος (108-168 μ.Χ.) ὑπῆρξε ἀστρονόμος, γεωγράφος καὶ μαθηματικός. Δὲν πρέπει νὰ συγχέεται αὐτὸς μὲ κανέναν ἀπὸ τοὺς Πτολεμαῖους βασιλεῖς τῆς Αἰγύπτου. Μὲ τὸ ἔργο του σταθεροποίησε τίς μέχρι τότε ἀποκτηθεῖσες γνώσεις. Ἡ ἀπώλεια ἐνὸς μεγάλου μέρους τοῦ ἀρχαίου ἔργου τῶν Ἑλλήνων στὴν Ἀστρονομία εἶναι πιθανὸν νὰ ὀφείλεται στὸ γεγονὸς ὅτι ὁ Πτολεμαῖος συνέγραψε ἓνα πλήρες σύγγραμμα τὸ ὁποῖο ἐπεσκίασε καὶ κατέστησε περιττὲς τίς προγενέστερες ἐργασίες. Τὸ σύγγραμμα αὐτὸ παρουσίασε ὁ Πτολεμαῖος περίπου τὸ 150 μ.Χ., καὶ ἀποτελεῖ τὸ μέγα πλήρες ἔργο στὴν Ἀστρονομία. Τὸ σύγγραμμα ὀνομάζεται *Μαθηματικὴ Σύνταξις* καὶ διακρίνεται γιὰ τὴν πληρότητα, τὴ συντομία καὶ τὴν κομψότητά του, ἀποτελεῖ δὲ κορυφαῖο ἐπίτευγμα στὴν ἱστορία τῶν Μαθηματικῶν. Πρὸς διάκριση τοῦ ἔργου αὐτοῦ ἀπὸ ἄλλες ὑποδεέστερες ἐργασίες, οἱ μετέπειτα σχολιαστὲς προσδῶσανε σὲ αὐτὸ τὸ χαρακτηριστικὸ «μεγίστη» (*Μεγίστη Μαθηματικὴ Σύνταξις*). Ἀκόμα ἀργότερα, οἱ Ἀραβες μεταφραστὲς προέταξαν τὸ ἄρθρο αλ στὴ λέξη *μεγίστη*, καὶ ἔκτοτε τὸ ἔργο εἶναι γνωστὸ μὲ τὸ ὄνομα *Ἀλμαγέστη*, καὶ ἀποτελεῖ γιὰ τὴν Ἀστρονομία ὅτι τὰ *Στοιχεῖα* τοῦ Εὐκλείδη ἀποτελοῦν γιὰ τὴ Γεωμετρία.

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπο, τὸ ἔργο *Γεωγραφία* τοῦ Πτολεμαίου κατέστη ἡ κλασικὴ ἀναφορὰ ἄλλων συγγραφέων γιὰ αὐτὸ τὸ ἀντικείμενο μελέτης. Ἀναφερόμενος στὰ δύο αὐτὰ ἔργα του ὁ Πτολεμαῖος γράφει: «Ἀποτελεῖ τὸ μέγα καὶ ἐξαιρετὸ ἐπίτευγμα τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης τὸ ὅτι ἐξηγεῖ καὶ θέτει ὅλα αὐτὰ τὰ πράγματα στὴ διάθεσιν τῆς ἀνθρώπινης νοημοσύνης».

Ἀς προχωρήσουμε ὅμως ἀκόμα περισσότερο/πρὸς τὴν κατεύθυνση ὅπου διερευνᾶται ἡ κυριότητα τοῦ Σύμπαντος. Ὁδεύοντας πρὸς τὴν κατεύθυνση αὐτή,

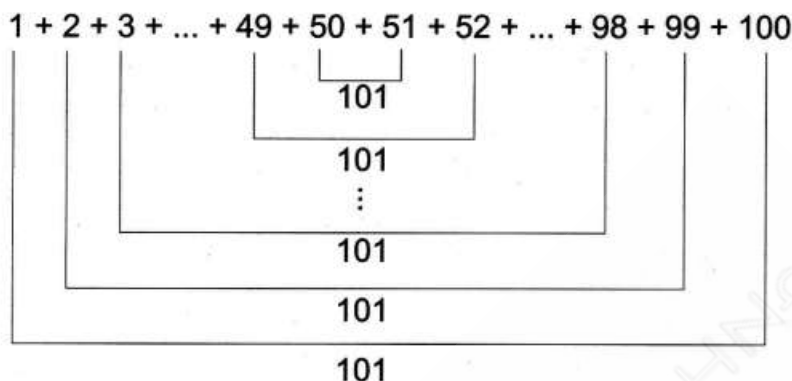
εἶναι ἀδύνατον νὰ μὴ συναντήσουμε τὸν Carl Friedrich Gauss (1777, Brunswick). Διακόσια χιλιόμετρα ἀπὸ τὸ Brunswick, στὴν πόλη Bonn, εἶχε γεννηθεῖ ὁ Ludwig van Beethoven τὸ 1770. Ἀμφότεροι εἶχαν ἰσχυρὴ σωματικὴ δομὴ, ἦσαν κοντοῦ ἀναστήματος, εὐτραφεῖς καὶ μέλη φτωχῶν οἰκογενειῶν. Οἱ πατέρες καὶ τῶν δύο ὑπῆρξαν σκληροὶ καὶ τυραννικοί. Οἱ δύο ἄνδρες δὲν συναντήθηκαν ποτὲ κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ βίου των. Καὶ οἱ δύο δοξάσθηκαν γιὰ τὰ σχεδὸν ὑπεράνθρωπα ἐπιτεύγματά τους ἀπὸ τοὺς συγχρόνους τους καὶ ἀπὸ τὶς ἐπόμενες γενεές. Κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ βίου του, ὁ Gauss ἀπέκτησε τὸν τίτλο «*princeps mathematicorum*» ποὺ στὴ Λατινικὴ σημαίνει «Πρίγκιψ τῶν Μαθηματικῶν», μὲ ἄλλα λόγια ὁ πρῶτος μεταξὺ τῶν μαθηματικῶν. Τὰ θεμελιώδους σημασίας ἐπιτεύγματα τοῦ Gauss ἐκτείνονται στὰ καθαρὰ καὶ στὰ ἐφαρμοσμένα Μαθηματικά, καθὼς καὶ στὴ μελέτῃ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ μαγνητισμοῦ. Στὴν περιοχὴ τῆς Ἀστρονομίας, ὑπῆρξε ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἔτυχε διεθνοῦς ἀναγνώρισης. Ὁ ἀνακαλυφθεὶς ἀπὸ τὸν G. Piazzi τὴν 1.1.1801 ἀστεροειδὴς Ceres ἐξαφανίσθηκε κατὰ τὸν μῆνα Φεβρουάριο γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο. Ἡ ἐπανεμφάνισή τοῦ Ceres, ὑπολόγισε ὁ Gauss ὅτι θὰ γινόταν κατὰ τὸ τέλος τοῦ ἔτους μὲ μεγάλη ἀκρίβεια. Ὁ Gauss εἰσήγαγε νέες μεθόδους στὸν τομέα τῆς Θεωρίας τῶν Πιθανοτήτων καὶ τῆς Στατιστικῆς. Ὑπενθυμίζουμε τὴν περίφημη καμπύλη ποὺ φέρει τὴν ὀνομασίαν «Gaussian distribution», ἡ ὁποία παίζει κεντρικὸ ρόλο στὴν ἀνάλυση τῶν δεδομένων παντὸς εἶδους. Στὴν ἡλικία τῶν 29 ἐτῶν, ὁ Gauss ἀνέλαβε τὴ διεύθυνση τοῦ Ἀστεροσκοπεῖο τοῦ Göttingen, ὅπου παρέμεινε μέχρι τὸ τέλος τοῦ βίου του, διαγράφοντας μία λαμπρὴ σταδιοδρομίαν.

Τὸ χαρακτηριστικὸ γνώρισμα ποὺ ἀναδεικνύει τὸν Gauss σὲ μία σπάνια φυσιογνωμία στὸ χῶρο τῶν Μαθηματικῶν καὶ τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν ὑπῆρξε ἡ ικανότητά του νὰ διεισδύει κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια κάθε προβλήματος καὶ νὰ ἀποκαλύπτει τὶς βαθύτερες αἰτίες τῶν φαινομένων.

Γνωστὴ εἶναι μία μικρὴ ἱστορία τῶν παιδικῶν χρόνων τοῦ Gauss, τὴν ὁποία ὁ ἴδιος συνήθιζε νὰ διηγεῖται ἀργότερα. Ἡ ἱστορία ἀναφέρεται στὴν ἐποχὴ ποὺ ὁ Gauss ἦταν μαθητὴς στὸ Δημοτικὸ Σχολεῖο. Ὁ δάσκαλος εἶχε ζητήσει ἀπὸ τοὺς μαθητὲς νὰ βροῦν τὸ ἄθροισμα τῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν ἀπὸ τὸ 1 ἕως τὸ 100 (Εἰκ. 3).

Ὁ Gauss σὲ λίγα λεπτά ἔδωσε τὴν ἀπάντησιν, ὅτι τὸ ἄθροισμα αὐτὸ ἦταν 5.050, ἐνῶ οἱ συμμαθητὲς του ἀσχολήθηκαν μὲ τὸν ὑπολογισμό τοῦ ἁθροίσματος ἐπὶ μεγάλο χρονικὸ διάστημα. Ὁ τρόπος ποὺ χρησιμοποίησε ὁ Gauss γιὰ νὰ φθάσει στὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ ἦταν ὁ ἀκόλουθος: Χώρισε τοὺς ἀριθμοὺς στὰ ζεύγη (1, 100), (2, 99), (3, 98) κ.ο.κ. (50, 51), καὶ παρατήρησε ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν ἀριθμῶν κάθε ζεύγους ἦταν 101 καὶ ὅτι ὑπῆρχαν 50 ζεύγη. Ἄρα τὸ ἄθροισμα





$$50 \times 101 = 5050$$

Είκ. 3.

σμα όλων των άκεραίων από 1 έως 100 ήταν  $50 \times 101 = 5.050$ .

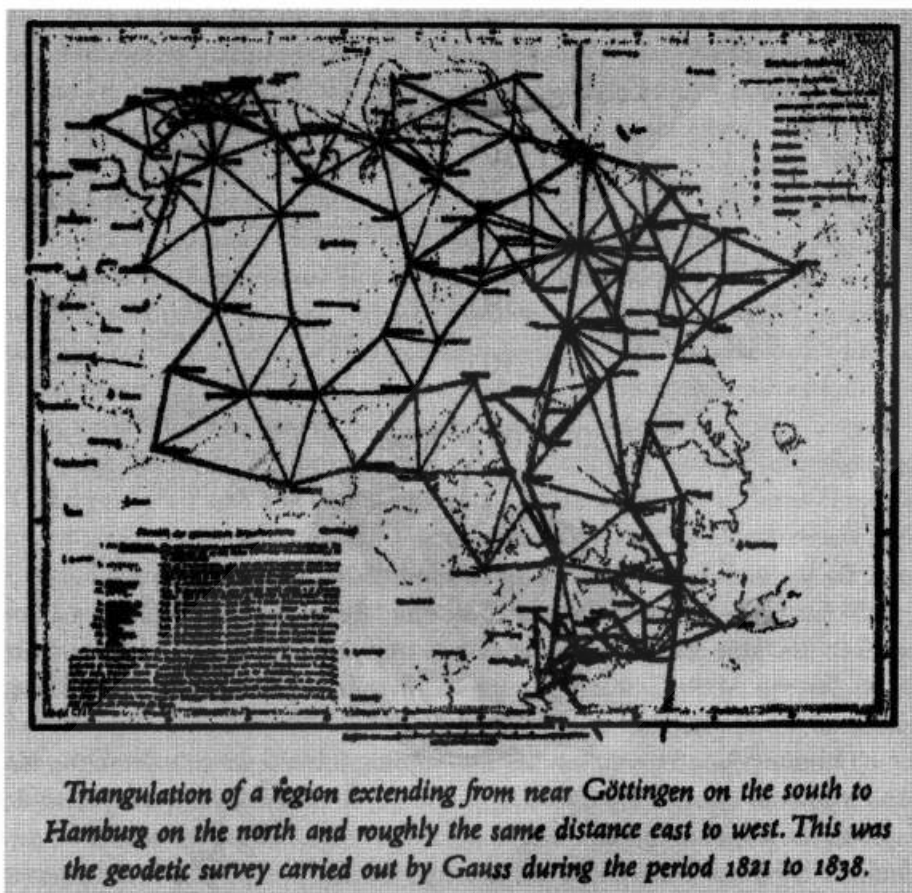
Τί όμως μάς διδάσκει ή ιστορία αυτή; Κατ' αρχήν δείχνει την εύφυια του μικρού Gauss. Μας λέει επίσης τί σημαίνει «κομψή λύση» ενός προβλήματος. Μας λέγει ότι στα Μαθηματικά έχει σημασία, όχι μόνο ή λύση του προβλήματος, αλλά και τὸ πῶς λύνουμε τὸ πρόβλημα.

Ὁ ὑπολογισμὸς ἀποστάσεων μεγάλου μήκους, ὁ ὁποῖος ἀποτελοῦσε μέρος τῶν ἐπιστημονικῶν ἐρευνῶν τοῦ Gauss, ὁδηγοῦσε συχνά στην ἐκτέλεση μακρᾶς σειρᾶς προσθέσεων τυχαίων ἀριθμῶν, ἄσχετων μεταξύ τους, ὁπότε ἦταν φυσικὸ νὰ μὴν ὑπάρχει τέχνασμα ὑπολογισμοῦ τοῦ ἀθροίσματος παρόμοιο μὲ αὐτὸ ποὺ ἐφήρμοσε στὴν ἱστορία ποὺ ἀναφέραμε. Παρὰ ταῦτα, καὶ σὲ αὐτὲς τίς δύσκολες περιπτώσεις, ὁ Gauss ἔβρισκε λογικὲς διεξόδους ποὺ ὁδηγοῦσαν σὲ ἀξιόλογα συμπεράσματα.

Ὡς παράδειγμα θὰ ἀναφέρω τὴ Γεωδαισία, δηλαδὴ τὴ θεωρητικὴ μελέτη ὑπολογισμοῦ ἀποστάσεων μεγάλου μήκους ἐπὶ τῆς Γῆς (Είκ. 4).

Ὁ κλασικὸς τρόπος τὸν ὁποῖο χρησιμοποιεῖ ή Γεωδαισία γιὰ νὰ ὑπολογίσει ἀποστάσεις εἶναι ὁ «τριγωνισμός», γίνεται δηλαδὴ ἐπιλογή ὀρισμένων τριγωνομετρικῶν σημείων ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ καταγράφονται οἱ ἀκριβεῖς αὐτῶν θέσεις. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ή ὑπὸ μελέτη περιοχή καλύπτεται ἀπὸ ἓνα δίκτυο ἀποτελούμενο ἀπὸ τρίγωνα, τῶν ὁποίων οἱ ἀποστάσεις καὶ οἱ μεταξύ των γωνίες ἔχουν καταγραφῆ μὲ ἀκρίβεια. Βάσει τοῦ δικτύου αὐτοῦ μποροῦν νὰ ὑπολογισθοῦν ἄλλα στοιχεῖα ὅπως ή ἀπόσταση μεταξύ δύο τριγωνομετρικῶν σημείων. Ἐδῶ, ὅταν λέμε ἀπόσταση, ἐννοοῦμε τὸ μήκος τοῦ εὐθύγραμμου τμήματος ποὺ ἐνώνει τὰ σημεῖα αὐτά. Ὁ τρόπος μὲ τὸν ὁποῖο τὰ τρίγωνα ἐναρμονίζονται μεταξύ τους





Εἰκ. 4.

ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα καὶ τὸ μέγεθος τῆς  $\Gamma\etaς$ . Ἄν ἡ  $\Gamma\eta$  ἦταν ἐπίπεδη, τότε θὰ ἴσχυε ἡ Εὐκλείδειος Γεωμετρία. Ἄν ἡ  $\Gamma\eta$  ἦταν τέλεια σφαῖρα, τότε θὰ ἴσχυε ἡ «σφαιρική γεωμετρία».

Στὴν πραγματικότητα, ὅμως, ὁ Newton μᾶς βεβαιώνει ὅτι τὸ σχῆμα τῆς  $\Gamma\etaς$  εἶναι ἐλαφρῶς ἐλλειψοειδές, ἥτοι εἶναι αὐτὴ πεπλατυσμένη στοὺς πόλους καὶ ἐξογκωμένη στὸν Ἰσημερινό. Εἶναι προφανές ὅτι ἡ ἐλλειψοειδὴς μορφή τῆς  $\Gamma\etaς$  ἐπιδρᾷ στὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων πού ἔχουν γίνει, ὅπως εἶναι ἐκεῖνο τοῦ Ἐρατοσθένους. Μὲ ἄλλα λόγια, ἐνῶ οἱ ἀκριβεῖς παρατηρήσεις καὶ μετρήσεις χρησιμεύουν γιὰ νὰ καθορίσουμε τὸ ἀκριβές σχῆμα τῆς  $\Gamma\etaς$ , ἡ ἀκριβὴς γνώση τοῦ σχήματος τῆς  $\Gamma\etaς$  χρησιμεύει στὸ νὰ ἐρμηνεύσουμε σωστὰ τὶς μετρήσεις πού λαμβάνουμε διὰ τῶν μεθόδων τῆς Γεωδαισίας.

Ο Gauss υποστήριζε πώς ο ύπολογισμός των στοιχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορισθεί το σχήμα της Γῆς. Τελικά, για να μη μακρηγορώ, θα αναφέρω ότι η συμβολή του Gauss στο θέμα αυτό υπῆρξε ένα σύνολο τύπων, οι οποίοι ισχύουν σε κάθε είδους επιφάνεια, εφαρμόζόμενοι δὲ οἱ τύποι αὐτοὶ ἐπὶ τῶν δεδομένων παρέχουν μία ποσότητα πὺν φέρει τὴν ὀνομασία «καμπυλότητα τοῦ Gauss».

Ἄς σημειωθεῖ ὅτι ὁ Gauss δὲν ἐφηῦρε τὴν ἔννοια τῆς καμπυλότητας πὺν σῆμερα φέρει τὸ ὄνομά του. Ὑπῆρξαν καὶ ἄλλοι οἱ ὁποῖοι ἀσχολήθηκαν μὲ τὴν ἴδια ποσότητα. Ἡ σπουδαία ἀνακάλυψη τοῦ Gauss ἔγκειται στὸ ὅτι ἡ καμπυλότητα πὺν φέρει τὸ ὄνομά του ἀποτελεῖ μία ἀπὸ τίς ποσότητες πὺν μποροῦν νὰ καθορισθοῦν μὲ γεωδαιτικὸ ὑπόλογισμό· ἀπλῶς σημειώνονται μετρήσεις ἐπὶ τῆς μελετώμενης ἐπιφάνειας.

Στὴν ἱστορία τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης παρατηρεῖται συχνὰ τὸ φαινόμενο μία ἰδέα, μία ἔννοια ἡ ὁποία εἶχε ἀρχικὰ ἀπορριφθεῖ ὡς πολὺ ἀφηρημένη, ὡς ἀφύσικη, ὡς διαισθητικὰ ἀπαράδεκτη, νὰ γίνεται βαθμιαία ἀποδεκτὸ ὅτι ἀποτελεῖ ἓνα ἀπαραίτητο ἐφόδιο γιὰ τὴν πρόοδο τῆς ἐπιστήμης. Παράδειγμα τέτοιας ἔννοιας εἶναι ἡ ἔννοια τοῦ «ἀρνητικοῦ ἀριθμοῦ», ἡ ὁποία ἐπὶ αἰῶνες ἐθεωρεῖτο παράλογη, στερούμενη περιεχομένου: Δὲν ὑπάρχουν ἐπιφάνειες μὲ ἀρνητικὸ ἐμβαδόν, δὲν ὑπάρχει οἰκογένεια μὲ ἀρνητικὸ ἀριθμὸ παιδιῶν. Πολὺ ἀργὰ ἐγίνε ἀντιληπτὸ ὅτι ἡ ἔννοια τοῦ ἀρνητικοῦ ἀριθμοῦ ἔπρεπε ὅπωςδήποτε νὰ γίνει δεκτὴ χωρὶς νὰ ἐρμηνευθεῖ αὐτὴ μὲ τὸν ἴδιο τρόπο πὺν ἐρμηνεύουμε τοὺς ἀκέραιους καὶ θετικούς ἀριθμούς.

Ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀριθμοῦ «i» ἀποτελεῖ ἓνα δεῦτερο παράδειγμα ἔννοιας, παρόμοιας μὲ ἐκείνη τοῦ ἀρνητικοῦ ἀριθμοῦ. Τὸ θέμα αὐτὸ τὸ εἶχαμε θίξει καὶ στὴν ὁμιλία τῆς 19.5.2009. Γνωρίζουμε ὅτι οἱ γνωστοὶ μας ἀριθμοὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα ἂν  $a$  εἶναι ἓνας ἀριθμός, θετικὸς ἢ ἀρνητικὸς, τότε τὸ γινόμενο  $a \cdot a$  εἶναι πάντα θετικὸς ἀριθμός, εἶναι δὲ μηδὲν μόνο ὅταν  $a = 0$ . Ἡ νεοεισαχθεῖσα ἔννοια, τὸ  $i$ , ἔχει τὴν ιδιότητα  $i \cdot i = -1$ , καὶ ὀνομάζεται «φανταστικὴ μονάδα». Τὴν ἀρχικὴ ἀπόρριψη τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ «i» ἀκολούθησε ἡ ἀποδοχὴ του κατὰ τὸν 19ο αἰ., καὶ ἀποδείχθηκε ὅτι οἱ φανταστικοὶ ἀριθμοὶ εἶναι τόσο πραγματικοὶ ὅσο καὶ οἱ μέχρι τότε ὀνομαζόμενοι πραγματικοί, καὶ ὅτι εἶναι ἀπολύτως ἀπαραίτητοι γιὰ τὴ μαθηματικὴ ἐπιστήμη.

Τρίτο παράδειγμα εἰσαγωγῆς νέας ἔννοιας στὴν ἐπιστήμη τῶν Μαθηματικῶν ἀποτελεῖ ἡ «μὴ εὐκλείδειος γεωμετρία». Ἡ ἔννοια αὐτὴ ἀπορρίφθηκε στὴν ἀρχὴ μὲ τέτοια σφοδρότητα, ὅσο πολὺ ὀλίγες ποτὲ στὴν ἱστορία τῶν Μαθηματικῶν.

Τὸν 19ο αἰ. ἡ Εὐκλείδειος Γεωμετρία εἶχε κλείσει τὰ 2.000 χρόνια της, καὶ υπῆρξε αὐτὴ ἐπὶ αἰῶνες τὸ κυριότερο μέρος τῆς γενικῆς παιδείας, καθὼς καὶ τὸ πρότυπο κάθε λογικῆς καὶ φαινής σκέψης. Ὁ Immanuel Kant θεωροῦσε τὴν



Εὐκλείδεια Γεωμετρία σάν ἓνα ἀναπόσπαστο, ἄρρηκτα συνδεδεμένο, μέρος τοῦ ἐγκεφάλου μας, τὸ ὁποῖο καὶ ἀποτελεῖ τὴν πεμπτουςία τοῦ τρόπου μὲ τὸν ὁποῖο «βλέπουμε» τὸν ἔξω κόσμο.

Τὸ 1829 ὁ Ρῶσος μαθηματικὸς Nikolai Ivanovich Lobachevsky δημοσίευσε ἐργασία του, ὅπου παρουσίαζε μία νέα γεωμετρία διαφορετικὴ τῆς Εὐκλείδειου. Στὴ νέα αὐτὴ γεωμετρία, οἱ ἐκφωνήσεις καὶ οἱ ἀποδείξεις τῶν πρώτων 28 προτάσεων τοῦ συγγράμματος τοῦ Εὐκλείδη Στοιχεῖα ἰσχύουν χωρὶς καμιά ἀλλαγὴ. Ὅμως μερικὰ ἀπὸ τὰ πιὸ γνωστὰ ἀποτελέσματα τῆς Εὐκλείδειας Γεωμετρίας, ὅπως εἶναι τὸ Πυθαγόρειο Θεώρημα, καὶ τὸ ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν γωνιῶν παντὸς τριγώνου ἰσοῦται μὲ  $180^\circ$ , δὲν ἀληθεύουν στὴ γεωμετρία τοῦ Lobachevsky. Τὸ ἄθροισμα τῶν γωνιῶν τριγώνου εἶναι μεταβλητὸ στὴ νέα γεωμετρία, παραμένει ὅμως πάντα μικρότερο τῶν  $180^\circ$ . Ὁ Lobachevsky ὀνόμασε τὴ γεωμετρία του «imaginary geometry», διότι σὲ πολλὲς ἐκφράσεις τῆς σφαιρικῆς γεωμετρίας ἀντιστοιχοῦν πανομοιότυπες προτάσεις τῆς δικῆς του γεωμετρίας, ἂν στὶς προτάσεις τῆς σφαιρικῆς γεωμετρίας ἀντικαταστήσουμε τοὺς πραγματικοὺς ἀριθμοὺς μὲ φανταστικούς.

Ὅπως ἀνέφερα προηγουμένως, ἡ ἀντίδραση τῆς μαθηματικῆς κοινότητος στὴν ἀνακοίνωση τῆς γεωμετρίας τοῦ Lobachevsky ὑπῆρξε τελείως ἀρνητικὴ. Ἐπίσης, ἀπολύτως ἀρνητικὴ ὑπῆρξε ἡ ἀντίδραση στὴν ἐργασία τοῦ νεαροῦ Οὐγγρου μαθηματικοῦ Janos Bolyai, ὁ ὁποῖος, ἀνεξάρτητα, εἶχε καὶ αὐτὸς εφεύρει τὴ «μὴ εὐκλείδεια γεωμετρία».

Ὁ Gauss, ὅπως ὅφιν τοῦ ὁποίου εἶχε τεθεῖ ἡ ἐργασία τοῦ Janos Bolyai ἀπὸ τὸν Wolfgang Bolyai, πατέρα τοῦ τελευταίου καὶ συμφοιτητὴ τοῦ Gauss στὸ παρελθόν, ἀπάντησε ὅτι τὸ θέμα αὐτὸ τοῦ ἦταν γνωστὸ, τὸ εἶχε ἀνακαλύψει πρὸ ἐτῶν ὁ ἴδιος ἀλλὰ δὲν τὸ εἶχε δημοσιεύσει!

Οἱ Lobachevsky, Bolyai καὶ Gauss ἀνέπτυξαν τὴ νέα γεωμετρία ξεκινώντας μὲ τὰ ἀξιώματα τῆς Εὐκλείδειας Γεωμετρίας, στὰ ὁποῖα τὸ ἀξίωμα τῆς παραλληλίας τὸ ἀντικατέστησαν μὲ ἓνα νέο ἀξίωμα: Ἀπὸ σημεῖο ἐκτὸς εὐθείας ἄγονται περισσότερες τῆς μᾶς παραλλήλου πρὸς τὴν εὐθεῖα. Αὐτό, ὅπως εἶπαμε, εἶχε ὡς συνέπεια πολλὰ —ὄχι ὅλα— ἀπὸ τὰ θεωρήματα τῆς Εὐκλείδειου Γεωμετρίας νὰ μὴν ἰσχύουν στὴ νέα γεωμετρία.

Ἔτσι ἓνα μεγάλο μέρος τῆς μαθηματικῆς κοινότητος τῆς ἐποχῆς ἐκείνης δίσταζε νὰ ἀποδεχθεῖ τὴ νέα γεωμετρία (Εἰς. 5).

Δὲν εἶναι δυνατόν στὰ πλαίσια τῆς σημερινῆς ὁμιλίας νὰ παρουσιάσουμε μὲ περισσότερες λεπτομέρειες τίς ἀπόψεις ἐξεχουσῶν προσωπικοτήτων ὅπως τῶν David Hilbert, Henri Poincaré, Ferdinand Minding, Johann Lambert καὶ ἄλλων. Θὰ ἀναφέρω μόνο ὅτι ἡ συμβολὴ τῶν ὡς ἄνω μαθηματικῶν ἐπὶ τοῦ θέ-



N. I. Lobachevsky

«Μὴ Εὐκλείδειος Γεωμετρία» (1829).



Janos Bolyai

«Μὴ Εὐκλείδειος Γεωμετρία».

Εἰκ. 5.

ματος εἶχε ὡς τελικὸ ἀποτέλεσμα νὰ ἐξαλειφθεῖ κάθε ἀμφιβολία ὡς πρὸς τὴν βιωσιμότητα τῆς γεωμετρίας τοῦ Lobachevski. Μὲ τὴν εὐκαιρία αὕτη θὰ ἤθελα νὰ προσθέσω ὅτι ἡ ἔλλειψη ἀμοιβαίας ἐνημέρωσης μεταξὺ τῶν ἐπιστημόνων ἐπηρέασε ἀρνητικὰ τὴν πρόοδο τοῦ ἐρευνητικοῦ ἔργου.

Βαθμιαίως ἡ νέα γεωμετρία ἔγινε γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασία «ὑπερβολικὴ γεωμετρία», σὲ ἀντιπαράθεση μὲ τὴν Εὐκλείδεια Γεωμετρία καὶ μὲ μία ἄλλη μὴ εὐκλείδεια γεωμετρία ποὺ φέρει τὴν ὀνομασία «ἐλλειπτικὴ γεωμετρία», καὶ ἡ ὁποία ἔχει στενὴ σχέση μὲ τὴ λεγόμενη σφαιρικὴ γεωμετρία. Ἡ «ὑπερβολικὴ γεωμετρία» ὑπῆρξε πάρα πολὺ χρήσιμη σὲ εὐρύτατες περιοχὲς τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης.

Ὅμως, παρέμενε πάντα ἀναπάντητο τὸ μέγα ἐρώτημα: Ποιὰ ἦταν ἡ ἀξία τῆς μὴ εὐκλείδειας γεωμετρίας; Ὁ χῶρος στὸν ὁποῖον ζοῦμε εἶναι εὐκλείδειος ἢ ἰσχύει σὲ αὐτὸν ἡ μὴ εὐκλείδεια γεωμετρία; Γιὰ νὰ ἀπαντηθεῖ τὸ ἐρώτημα αὐτὸ ἔπρεπε νὰ κάνει τὴν ἐμφάνισή του ὁ κορυφαῖος μαθηματικὸς Bernhard Riemann.

Ὁ Georg Friedrich Bernhard Riemann γεννήθηκε τὸ 1826, ἥτοι πενήντα χρόνια μετὰ τὸν Gauss.

Οἱ Euler, Gauss καὶ Riemann ἐκπροσωποῦν μία χρυσὴ ἐποχὴ τῶν μαθη-



ματικῶν, ὅπως οἱ Bach, Beethoven καὶ Brahms ἐκπροσωποῦν κάτι ἀνάλογο στὴν κλασικὴ μουσικὴ (Εἰκ. 6).

Ὁ Euler καὶ ὁ Bach ἔζησαν τὸν 18ο αἰ., ὑπῆρξαν δὲ ἀμφότεροι ἄκρως παραγωγικοί, μὲ πολυμελεῖς οἰκογένειες, τὰ δὲ τελευταῖα χρόνια τοῦ βίου τους κατέληξαν σὲ πλήρη τύφλωση.

Ὁ Beethoven καὶ ὁ Gauss ὑπῆρξαν οἱ ρομαντικοὶ τοῦ 19ου αἰ. καὶ τελειομανεῖς στὰ ἔργα τους. «Λίγα ἀλλὰ ὥριμα», συνήθιζε νὰ λέγει ὁ Gauss.

Ὁ Brahms καὶ ὁ Riemann ἦσαν ἐκ φύσεως μετριοπαθεῖς καὶ τελειομανεῖς καὶ αὐτοί.

Σὲ σύγκριση μὲ τὸ ὀγκωδέστατο ἔργο τοῦ Euler, τὸ ἔργο τοῦ Riemann συνοψίζεται σὲ ἓνα μικρὸ χαρτόδετο τόμο. Ὅμως ὁ Riemann ὑπῆρξε αὐτὸς ποὺ τὸ ἔργο του ἀλλαξε ἄρδην τὸν ροῦν ὅχι μόνο τῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης ἀλλὰ καὶ τὴν εἰκόνα τοῦ κόσμου στὸν ὁποῖο ζοῦμε. Ὅταν ἡ διδακτορικὴ διατριβὴ τοῦ



Carl Friedrich Gauss



Ludwig van Beethoven



Georg Friedrich Bernhard Riemann



Leonard Euler

Riemann ἐτέθη ὑπόψη τοῦ Gauss, ἡ ἀντίδραση τοῦ τελευταίου ὑπῆρξε ἐκρηκτική: «Πρόκειται γιὰ ἕναν δημιουργό ἐξαιρετικά δραστήριο, μία μαθηματική διάνοια προικισμένη μὲ μεγάλη γονιμότητα».

Ἡ οὐσία, τὸ βαθύτερο νόημα τῆς νέας ἀντίληψης ποὺ εἰσήγαγε ὁ Riemann σχετικὰ μὲ τὸ «χῶρο», ἦταν ὅτι πρέπει νὰ ἐξετάσουμε, νὰ μελετοῦμε τὸ χῶρο ποὺ ὑπάρχει γύρω μας, κατὰ τὸν ἴδιο ἀκριβῶς τρόπο ὅπως ὁ Gauss ὑπέδειξε νὰ γίνεται ἡ μελέτη μιᾶς ἐπιφάνειας, ἥτοι ἀκολουθώντας ἄμεσα μονοπάτια, κάνοντας μετρήσεις καὶ καταγράφοντας τὰ προκύπτοντα ἀποτελέσματα, ἀπαλλαγμένοι ἀπὸ κάθε προκατάληψη.

Στὴ συνέχεια θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ μία ἔννοια ποὺ ὁ Einstein, ἀργότερα, συνήθιζε νὰ ὀνομάζει «thought experiment» («νοερὸ πείραμα»), δηλαδὴ ἕνα πείραμα τὸ ὁποῖο ἐκτελεῖται ἐξ ὁλοκλήρου στὴ φαντασία μας. Γιὰ νὰ γίνει καλύτερα ἀντιληπτὴ ἡ ἔννοια «νοερὸ πείραμα», θὰ παραθέσουμε αὐτὰ ποὺ ἀναφέρει ὁ καθηγητὴς Robert Osserman μὲ ἀπαράμιλλη κομψότητα καὶ σαφήνεια\*.

Ἕνα πολὺ καλὸ παράδειγμα τοῦ ρόλου τὸν ὁποῖον παίξει τὸ «νοερὸ πείραμα» στὸ νὰ ἀντιληφθοῦμε τὸ φυσικὸ κόσμον εἶναι ὁ «νόμος τῆς ἀδράνειας», τὸν ὁποῖον πρῶτος διετύπωσε ὁ Γαλιλαῖος καὶ τὸν ἀπεδέχθη ὁ Newton ὡς τὸν πρῶτον ἀπὸ τοὺς τρεῖς περίφημους «Νόμους τοῦ Νεύτωνος» στὴ Φυσική. Ὁ Γαλιλαῖος παρατήρησε προσεκτικὰ καὶ ἔκανε μετρήσεις τῆς κινήσεως τῶν ἀντικειμένων ὑπὸ ποικίλες συνθῆκες, καὶ τελικὰ ἔφτασε στὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ σωστὴ περιγραφή τῆς κίνησης ἦταν ἀκριβῶς ἡ ἀντίθετη ἀπὸ ἐκείνη ποὺ δογματικὰ εἶχε γίνει ἀποδεκτὴ ἐπὶ 2.000 σχεδὸν χρόνια. Ἡ δογματικὴ ἀντίληψη τὴν ὁποίαν ὑποστήριζε ὁ Ἀριστοτέλης ἦταν ὅτι γιὰ νὰ διατηρηθεῖ ἕνα σῶμα ἐν κινήσει, πρέπει μία δύναμη νὰ δρᾷ ἐπ' αὐτοῦ συνεχῶς, ὅταν δὲ ἡ δύναμη αὐτὴ παύσει νὰ δρᾷ, τότε ἡ κίνηση σταματᾷ.

Ὁ Γαλιλαῖος, ἀντιθέτως, ὑποστήριζε ὅτι ἕνα κινούμενο σῶμα θὰ ἐξακολουθήσει νὰ κινεῖται γιὰ πάντα ἐκτὸς ἂν κάποια δύναμη ἀσκηθεῖ ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὸ σταματήσει. Ἡ ἄποψη τοῦ Ἀριστοτέλη ἴσχυσε ἐπὶ τόσο μακρὸ χρονικὸ διάστημα γιὰ τὸν ἀπλούστατον λόγο ὅτι δὲν ὑπῆρχε τρόπος νὰ ἀποδειχθεῖ πειραματικὰ ἡ ἄποψη τοῦ Γαλιλαίου. Διότι ὑπάρχουν πάντα δυνάμεις οἱ ὁποῖες ἐνεργοῦν ἐπὶ ἐνὸς ἀντικειμένου, βαρύτης, τριβῆς, κ.ἄ. Ὁ Γαλιλαῖος ἔπρεπε νὰ «φαντασθεῖ» μία κατάσταση στὴν ὁποία ὅλες οἱ δυνάμεις εἶχαν σταματήσει νὰ δρῶν, καὶ ἔτσι συμπέρανε ὅτι, ὑπὸ τὶς συνθῆκες αὐτές, ἕνα ἀντικείμενο θὰ συνεχίσει νὰ κινεῖται πρὸς τὴν ἴδια κατεύθυνση καὶ μὲ τὴν ἴδια ταχύτητα ἐπ' ἄπειρον. Ἐφτασε στὸ

\* Osserman, R. *Poetry of the Universe*. Anchor Books 1996.

συμπέρασμα αυτό παρατηρώντας ότι, ελαττώνοντας σταδιακά τις εξωτερικές δυνάμεις, ή κατάσταση προσεγγίζει την προβλεφθείσα από το νοερό πείραμα κατάσταση.

Παραθέτουμε, τώρα, ένα ισοδύναμο νοερό πείραμα με εκείνο που έδωσε ο Riemann για να αναλύσει το σχήμα του χώρου.

“Ας υποθέσουμε ότι επιθυμούμε να εξετάσουμε το σχήμα του χώρου πλησίον της Γης. Επιλέγουμε πρώτα μία κατεύθυνση, π.χ. την κατεύθυνση προς το Βόρειο Πόλο, και εξετάζουμε το «σχήμα του χώρου» στο επίπεδο το κάθετο προς την κατεύθυνση αυτή. “Ας φαντασθούμε ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός πυραύλων επί του Ίσημερινοῦ, τοποθετημένων σε ίσα διαστήματα ο ένας από τον άλλο. Σε δεδομένη στιγμή και συγχρόνως, οι πύραυλοι αυτοί εκτοξεύονται προς βορρά. Κάθε πύραυλος είναι προγραμματισμένος να διανύσει την ίδια δεδομένη απόσταση προς τα άνω και στη συνέχεια να εκραγεί εκλύοντας μία ισχυρή αναλαμπή. Το αποτέλεσμα πρέπει να είναι ένας γιγαντιαῖος φωτοστέφανος (κύκλος), ο οποίος περιβάλλει τον πλανήτη σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια της Γης. Για να συνεχίσουμε το νοερό μας πείραμα ας υποθέσουμε ότι μπορούμε να μετρήσουμε την περιφέρεια του κύκλου αυτού. “Αν ο χώρος μας ήταν ευκλείδειος, τότε το μήκος της περιφέρειας του φωτοστέφανου θα ήταν 2π φορές το μήκος της ακτίνας. “Ομως, ή άποψη του Riemann ήταν ότι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων ποιό θα είναι το μήκος της περιφέρειας, αφού δεν γνωρίζουμε αν ὄντως ο χώρος μας είναι ευκλείδειος. “Εξάλλου, την άποψη αυτή είχαν εκφράσει ήδη ο Gauss και ο Lobachevsky. Στη δεκαετία του 1820 ο Lobachevsky είχε υπολογίσει όλους τους τύπους της μη ευκλείδειας γεωμετρίας, μεταξύ των οποίων ήταν και ο τύπος που δίδει το μήκος της περιφέρειας κύκλου δοθείσας ακτίνας, ὅπως είναι ο φωτοστέφανος στην περίπτωση του παρόντος νοερού πειράματος. Στη γεωμετρία του Lobachevsky (την «υπερβολική γεωμετρία») το μήκος της περιφέρειας θα ήταν μεγαλύτερο από εκείνο που θα είχε στην ευκλείδεια γεωμετρία, ήτοι 2π φορές επί την ακτίνα του κύκλου, αυξημένο το γινόμενο αυτό κατά μία ποσότητα ή οποία παριστάνει την «καμπυλότητα του χώρου». “Ο Riemann είχε την άποψη ότι και στην περίπτωση αυτή δεν μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο χώρος είναι ευκλείδειος ή χώρος του Lobachevsky, διότι μπορεί κάλλιστα ο φωτοστέφανος να έχει μήκος μικρότερο εκείνου που έχει στην ευκλείδεια γεωμετρία, και μάλιστα έδωσε ένα παράδειγμα όπου αληθεύει ή τελευταία περίπτωση, ὁπότε ή αντίστοιχη γεωμετρία λέγεται «ἐλλειπτική» ή «μη ευκλείδειος γεωμετρία του Riemann».

“Ο Riemann, ὅμως, προχώρησε περισσότερο εξετάζοντας και την ακόλουθη άποψη: Καί στις τρεις γεωμετρίας, Riemann, Lobachevsky και Ευκλείδειο, το



μήκος της περιφέρειας ενός κύκλου με δεδομένη ακτίνα είναι το ίδιο σέ όποιο μέρος του χώρου καί ἂν εὑρίσκεται ὁ κύκλος, κοντά στή Γῆ ἢ μακριά ἀπό αὐτήν. Ὁ Riemann ἀπέρριψε τήν ὡς ἄνω ἄποψη, λέγοντας ὅτι δέν ὑπάρχουν ἐπιχειρήματα ὑπέρ αὐτῆς. Διότι ἡ καμπυλότητα τοῦ χώρου κοντά στή Γῆ μπορεῖ νά διαφέρει ἀπό τήν καμπυλότητα κοντά σέ ἓνα μακρινό γαλαξία. Ἐν πάσει περιπτώσει συνεχίζοντας τὸ ἴδιο νοερό πείραμα, θά μᾶς δώσει αὐτὸ μία ἐνδειξη τῆς καμπυλότητας τοῦ χώρου διὰ τῆς συγκρίσεως τοῦ μήκους τῆς περιφέρειας τοῦ φωτοστέφανου μέ τήν ἀκτίνα αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο, ὁ τύπος ὁ ὁποῖος ὑπάρχει, καί ὁ ὁποῖος ὀφείλεται στοὺς Bertrand καί Puiseux, καί συνδέει τὸ μήκος περιφέρειας κύκλου κείμενου ἐπὶ μιᾶς ἐπιφάνειας μέ τήν καμπυλότητα τῆς ἐπιφάνειας, μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ γιὰ νά «ὀρισθεῖ» ἡ καμπυλότητα τοῦ χώρου. Ἡτοι:

«Καμπυλότητα μηδέν» σημαίνει ὅτι τὸ μήκος ενός κύκλου ἀκτίνας  $\rho$  εἶναι  $2\pi\rho$ .

«Καμπυλότητα θετική» σημαίνει ὅτι τὸ μήκος τοῦ κύκλου ἀκτίνας  $\rho$  εἶναι μικρότερο τοῦ  $2\pi\rho$ .

«Καμπυλότητα ἀρνητική» σημαίνει ὅτι τὸ μήκος τοῦ κύκλου ἀκτίνας  $\rho$ , εἶναι μεγαλύτερο τοῦ  $2\pi\rho$ .

Μέ ἄλλα λόγια ὅσο πιὸ ἀρνητικὴ εἶναι ἡ καμπυλότητα, τόσο πιὸ μεγάλο εἶναι τὸ μήκος τῆς περιφέρειας.

Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἔννοια τῆς κυρτότητας τοῦ χώρου κατὰ τὸν Riemann, καταλήγει νά σημαίνει τήν περιγραφή τοῦ πόσο οἱ γενόμενες μετρήσεις ἀποκλίνουν ἀπὸ ἐκεῖνες πού θά βρῖσκαμε ἂν ὁ χώρος ἦταν εὐκλείδειος.

Ὁ Riemann, ὅχι μόνο ἐφηῦρε τήν ιδέα τοῦ καμπύλου χώρου καί ἐξήγησε πῶς νά ὑπολογίζουμε τήν καμπυλότητά του, ἀλλὰ ἐπρότεινε ἓνα ριζικὰ διαφορετικό πρότυπο ἀπὸ τὸ σύνηθες εὐκλείδειο πρότυπο ὁλόκληρου τοῦ Σύμπαντος. Πιὸ συγκεκριμένα μᾶς πληροφορεῖ ὅτι μεταξὺ πολλῶν ἄλλων ιδιοτήτων πού μπορεῖ νά ἔχει τὸ Σύμπαν, ἔχει σφαιρικό σχῆμα, ἂν ἡ καμπυλότητά του εἶναι ἓνας σταθερὸς θετικὸς ἀριθμός.

Νομίζω ὅτι παρουσιάζει μεγάλο ἐνδιαφέρον ἡ πληροφορία πού μᾶς παρέχει ὁ καθηγητὴς R. Osserman, ὅτι ἀποτελεῖ ἓνα παράδειγμα πολὺ σπάνιας σύμπτωσης ποιητικῆς καί μαθηματικῆς φαντασίας τὸ γεγονός ὅτι ὁ ποιητὴς Dante Alighieri, στὸ ἔργο του *Θεῖα Κωμωδία* (*Divine Comedy*), περιγράφει μία ὄψη τοῦ Σύμπαντος ἡ ὁποία παρουσιάζει ἐκπληκτικὲς ὁμοιότητες μέ ἐκεῖνο πού περιγράφει ὁ Riemann.

Καί διερωτᾶται κανεῖς πόσο βαθύτερα θά ἐξελίσσονταν οἱ ιδέες αὐτὲς τοῦ Riemann, ἂν αὐτὸς δέν εἶχε πεθάνει πρὶν νά κλείσει τὰ σαράντα του χρόνια.

Ἡ σημερινή ὁμιλία τελειώνει κατ' ἀνάγκην ἐδῶ. Δὲν τελειώνει ὅμως καὶ ἡ ἱστορία ποὺ ἀρχίσαμε νὰ διηγούμαστε. Θὰ μπορούσε νὰ ἀκολουθήσει μία ἀτελείωτη σειρά ἀνακαλύψεων φυσικῶν νόμων ἐκ τῶν ὁποίων ὁ καθένας γίνεται ἀντιληπτὸς μόνο ὅταν μᾶς δοθεῖ μὲ μία σαφὴ μαθηματικὴ ἔκφραση. Ὅμως, ἔστω καὶ μὲ ὅσα ἀναπτύξαμε σήμερα, θέλω νὰ πιστεύω ὅτι ἔγινε ἐμφανὴς ὁ καταλυτικὸς ρόλος τῶν Μαθηματικῶν στὸ νὰ γνωρίσουμε τὸ φυσικὸ κόσμο, τὸ λεγόμενον «παρατηρήσιμο» σύμπαν.

Ἐπιπλέον θὰ ἤθελα νὰ τονίσω ὅτι στὶς τρεῖς τελευταῖες ὁμιλίες μου καὶ σὲ ἄλλες προγενέστερες, ὅπως αὐτὴ ποὺ ἀναφέρεται στὴν Ἰσχυρὴ Τεχνητὴ Νοημοσύνη, σκοπὸς μου ἐκ παραλλήλου ἦταν νὰ πείσω τὸν ἀκροατὴ (ἀναγνώστη) γιὰ τὴν ἀλήθεια τῶν ἐξῆς ἀπόψεων οἱ ὁποῖες ὀφείλονται στὸν Albert Einstein. Εὐκόλα ὁ ἀναγνώστης θὰ μπορέσει νὰ ἐντοπίσει τὰ σημεῖα ὅπου γίνεται ἡ σχετικὴ ἀναφορά.

Ἡ φύση τῆς «πραγματικότητας» δὲν μπορεῖ νὰ γίνει πλήρως ἀντιληπτὴ μὲ μόνη τὴν ἐφαρμογὴ τῆς ἀνθρώπινης λογικῆς.

Ἡ Θρησκεία χωρὶς τὴν Ἐπιστὴμὴ εἶναι τυφλή.

Ἡ Ἐπιστὴμὴ χωρὶς τὴν Θρησκεία εἶναι χωλὴ.

Τέλος, οἱ ὡς ἄνω ἀπόψεις ἀπαντοῦν ἐμμέσως καὶ στὸ ἐξῆς ἐρώτημα ποὺ συχνὰ ἀνακύπτει κατὰ τὴ μελέτη θεμάτων τοῦ εἵδους αὐτοῦ, ἦτοι: «Ἡ πρόοδος τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν καὶ τῆς Τεχνολογίας ὁδηγεῖ ἢ μπορεῖ νὰ ὁδηγήσει τὸν ἄνθρωπο στὴν ἀμφισβήτηση τῶν μεταφυσικῶν ἀληθειῶν καὶ τῆς ὑπάρξεως τοῦ Θεοῦ;».

Ἡ ἀπάντησις εἶναι ἀρνητικὴ. Λίγη ἐπιστὴμὴ μπορεῖ νὰ ἀπομακρύνει τὸν ἄνθρωπο ἀπὸ τὸν Θεό, περισσότερὴ ὅμως ἐπιστὴμὴ τὸν ἐπαναφέρει σὲ Αὐτόν. Διότι ἡ ταχύτητα, ἡ ὁρμὴ μὲ τὴν ὁποία εἶναι τότε ὁ ἄνθρωπος ἐφοδιασμένος, τοῦ ἐπιτρέπει νὰ κάνει τὸ ἀπαιτούμενο ἐκεῖνο μικρὸ ἄλμα γιὰ νὰ «μεταβεῖ» στὸ ὄριο.

Ἡ Ἐπιστὴμὴ καὶ ἡ Θρησκεία εἶναι μοιραῖο νὰ δώσουν τὰ χέρια γιὰ τὴ δημιουργία μιᾶς ἀνθρώπινης κοινωνίας.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ἀρτεμιάδης, Ν. Κ. Ἱστορία τῶν Μαθηματικῶν, Ἀκαδημία Ἀθηνῶν 2000.

Ἀρτεμιάδης, Ν. Κ. Λόγοι ἀπὸ τοῦ Βήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, Ἀκαδημία Ἀθηνῶν 2001.

Osserman, R. *Poetry of the Universe*, Ancor Books 1996.

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΓΡΑΦΕΙΟΥ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΙΤΛΟ

*Δημογραφία και Άμυνα*

ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΔΗΜΗΤΡΙΟ ΣΚΑΡΒΕΛΗ

Κύριε Πρόεδρε,  
Κυρίες και Κύριοι Ἀκαδημαῖκοί,

Ἡ παρουσία μου στό βῆμα σκοπὸ ἔχει νὰ σᾶς πληροφορήσει γιὰ μία ἐργασία τοῦ Γραφείου Στρατιωτικῶν καὶ Ἀμυντικῶν Θεμάτων, τοῦ ὁποῖου τυγχάνω Ἐπόπτης, ἡ ὁποία ἐξεδόθη καὶ ἐκυκλοφόρησε προσφάτως ὑπὸ τὸν τίτλο *Δημογραφία καὶ Ἄμυνα*. Τὸ δημογραφικὸ πρόβλημα καὶ οἱ ἐπιπτώσεις του στὴν Ἐθνικὴ Ἄμυνα.

Ἀφορμὴ γιὰ τὴν ἐκπόνηση αὐτῆς τῆς ἐργασίας μᾶς ἔδωσε ἡ προσφάτως ἀποφασισθεῖσα μείωση τῆς διάρκειας τῆς στρατιωτικῆς θητείας σὲ ἑννέα μῆνες καὶ ἡ ἐξαγγελία γιὰ περαιτέρω μείωσή της σὲ ἕξι μῆνες στὸ μέλλον.

Λόγω τοῦ γνωστοῦ δημογραφικοῦ προβλήματος ἡ μείωση αὐτή, μαζὶ μὲ τὴν ποσοτικὴ μείωση τῆς ἀριθμητικῆς δυνάμεως τῶν καλούμενων πρὸς στράτευση κλάσεων τῆς τελευταῖας δεκαετίας, δημιουργεῖ, νομίζουμε, σοβαρὰ προβλήματα στὶς Ἐνοπλες Δυνάμεις τῆς χώρας, ὅσον ἀφορᾷ στὰ ἐπίπεδα τῆς ἐπάνδρωσής των.

Ἀπεφασίσθη, κατόπιν αὐτοῦ, ἡ διερεύνηση τοῦ θέματος καὶ κυρίως ἡ διερεύνηση τῶν ἐπιπτώσεων πού αὐτὸ μπορεῖ νὰ ἔχει στὴν Ἐθνικὴ Ἄμυνα. Ἀπεκαλύφθη ἀπὸ τὴν ἔρευνα καὶ μελέτη ὅτι, ἐφόσον δὲν ληφθοῦν μέτρα ἀναστροφῆς τῆς πτωτικῆς πορείας τοῦ δημογραφικοῦ προβλήματος, τὸ στρατεύόμενο δυναμικὸ δὲν θὰ ἐπαρκεῖ καὶ ἡ ἐπάνδρωση τῶν Ε.Δ., ἰδιαίτερα τοῦ Στρατοῦ Ξηρᾶς, θὰ προβληματίζει συνεχῶς τὶς στρατιωτικὲς ἡγεσίες. Τὸ ὀδυνηρὸ εἶναι ὅτι καὶ



σήμερα αν αρχίσουν τα μέτρα βελτίωσης της δημογραφικής κατάστασης, για το στράτευμα θα αρχίσουν να αποδίδουν μετά από είκοσι έτη, δεδομένου ότι οι άνδρες οι οποίοι θα στρατευθούν το 2028 είναι ήδη γεννημένοι και εγγεγραμμένοι στα μητρώα αρρένων. Έως τότε τίποτε δεν μπορεί να αλλάξει.

Από την άλλη πλευρά η μειωμένη παραμονή υπό τα όπλα, δηλαδή η μικρή διάρκεια θητείας, δεν επηρεάζει απλώς προς τα κάτω τη συνολική όροφή επάνδρωσης του στρατεύματος αλλά έχει πολλές άλλες σοβαρές επιπτώσεις σε θέματα ετοιμότητας, λειτουργικότητας των μονάδων, εκπαίδευσης, συγκρότησης, δομής κλπ.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις μας οδήγησαν λογικά στη διατύπωση διαφόρων σκέψεων και απόψεων, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν αν όχι στην πλήρη επίλυση του προβλήματος της επάνδρωσης των Ε.Δ., τουλάχιστον στο μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεών του στην Άμυνα.

Έτσι παρουσιάζονται σκέψεις και απόψεις πάνω σε θέματα όπως η στράτευση των γυναικών, ο επαγγελματικός στρατός, μία λογική διάρκεια θητείας, ή στράτευση στο 18ο έτος ηλικίας, ή επιστράτευση, ή ανθρωπογεωγραφική παράμετρος, ή ασφάλεια και η στράτευση μεταναστών, προκειμένου να γίνουν αφορμή συζητήσεων και μελέτης από τα Έπιτελεία των Κλάδων των Ε.Δ., τα οποία είναι και τα μόνα που έχουν στη διάθεσή τους όλα τα απαραίτητα στοιχεία—κάποια είναι βαθμού απορρήτου—ώστε να προωθηθούν προς τη στρατιωτική και πολιτική ιεραρχία κατάλληλες εισηγήσεις προς θεραπεία του κακού.

Δεν χρειάζεται, νομίζω, να ειπώ περισσότερα ώστε να γίνει αντιληπτός ο σκοπός αυτής της προσπάθειας που ανέλαβε το Γραφείο. Υπάρχει όντως πρόβλημα στην όλη άμυνα της χώρας, ως συνέπεια της κακής δημογραφίας μας και της συνεχούς μείωσης της διάρκειας της θητείας, και το αρμόδιο Γραφείο της Ακαδημίας θέλησε να το φέρει στην επιφάνεια, όπως και να παρουσιάσει κάποιες ιδέες για τη διόρθωση της κατάστασης.

Να μου επιτρέψετε να ευχαριστήσω τους πρώην συναδέλφους μου, τον Υποστράτηγο ε.ά. Ιωάννη Παρίση και τον Ταξίαρχο ε.ά. Βασίλειο Βάσιλα, οι οποίοι εργάστηκαν οικειοθελώς, ο μὲν πρώτος στο θέμα της άμυνας, ο δὲ δεύτερος στο θέμα της δημογραφίας, και έτσι έγινε εφικτή η ολοκλήρωση και η έκδοση της παρουσιαζόμενης σήμερα εργασίας.

Να ευχαριστήσω επίσης όλους εσάς που με προσοχή με ακούσατε και να σας παρακαλέσω για τα σχόλιά σας και την κριτική σας, διότι μας είναι πολύτιμα.

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 28ΗΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2010

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

Νικολάου Ἀμβράζη, Διεπιστημονική μελέτη τῶν σεισμῶν στὴν ἀνατολική Μεσόγειο καὶ τῇ Μέσῃ Ἀνατολῇ πρὸ τοῦ 1900,

ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΧΡΗΣΤΟ ΖΕΡΕΦΟ

Κυρία καὶ Κύριοι Συνάδελφοι,

Μὲ ιδιαίτερη χαρὰ ἔχω τὴν τιμὴ νὰ σᾶς παρουσιάσω τὸν πρῶτο τόμο-δίτομης ἐργασίας ἐκτάσεως 950 σελίδων μὲ μόνο συγγραφέα τὸν καθηγητὴ Νικόλαο Ἀμβράζη. Τὸ ὀγκῶδες καὶ σημαντικότατο αὐτὸ ἔργο ἐξετάζει λεπτομερῶς 4.148 μεγάλους σεισμοὺς πού συνέβησαν 2.000 χρόνια πρὸ τοῦ 1900 στὴν Ἀνατολική Μεσόγειο καὶ τῇ Μέσῃ Ἀνατολῇ, συμπεριλαμβανομένης φυσικὰ καὶ τῆς Ἑλλάδος. Ὁ πρῶτος τόμος δημοσιεύθηκε ἀπὸ τὸ Cambridge University Press καὶ φέρει τὸ λογότυπο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν γιὰ τὴ συμβολὴ τοῦ Μέλους τῆς στὴν ἔκδοσή του. Ἐκτὸς τοῦ ὅγκου του, περιέχει 170 φωτογραφίες, 19 χάρτες καὶ 2.900 ἀναφορές. Ὁ τόμος πωλεῖται ἔναντι 150 εὐρώ, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ Ἀκαδημία ἔχει λαμβάνειν μέρος ἐκ τῶν συγγραφικῶν δικαιωμάτων.

Θὰ πρέπει νὰ τονίσω σὲ αὐτὸ τὸ σημεῖο ὅτι ἡ ἐνδελεχὴς ἔρευνα τοῦ διακεκριμένου συναδέλφου κ. Νικολάου Ἀμβράζη χρησιμοποίησε ὄχι μόνον ἀρχαιολογικά καὶ πρωτογενῆ ἱστορικά στοιχεῖα ἀλλὰ καὶ σεισμοτεκτονικά, ὅπως καὶ πληροφορίες ἀπὸ ἐργασίες ὑπαίθρου πού ἔγιναν κατὰ τὴ διάρκεια τῶν τελευταίων 30 ἐτῶν στὴν Ἑλλάδα, τὴ νότια πρώην Γιουγκοσλαβία, τὴ Βουλγαρία, τὴν Τουρκία, τὴν Αἴγυπτο, τὴν Κύπρο καὶ τὴν Παλαιστίνη. Μάλιστα οἱ πηγές πληροφοριῶν ἐκτείνονται χρονικὰ ἀπὸ τὴν πρὸ δισχιλιετίας ἀσσυριακὴ ἀλληλογραφία μέχρι καὶ τὸν ἡμερήσιο Τύπο τοῦ 19ου αἰῶνος. Ὁ συγγραφέας, πρὸς ἀποφυγὴν πα-



ρανοήσεων στην έρμηνεία τῶν πληροφοριῶν, μετέφρασε στὰ ἀγγλικά ὅλα τὰ πρωτογενῆ κείμενα πού βρέθηκαν καί ἦταν γραμμένα σέ διάφορες γλῶσσες, με-  
ταξὺ ἄλλων στὴν Ἑλληνική, τὴ Λατινική, τὴν Ἀραβική, τὴν Τουρκική, τὴν  
Ἀρμενική καί τὴ Σλαβική.

Ἡ παραβολὴ μακροσεισμικῶν πληροφοριῶν ἱστορικῶν σεισμῶν μὲ σεισμούς  
τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἐπέτρεψε τὴ διαβάθμιση καί τὴν ἐκτίμηση τῆς τεκτονικῆς καί  
τῆς μακροχρόνιας σεισμικότητος τῆς περιοχῆς. Μεταξὺ τῶν ἄλλων σημαντικῶν  
εὐρημάτων, ὁ συγγραφέας ἀποδεικνύει ὅτι τὸ διάστημα τῶν ἑκατὸ χρόνων σει-  
σμολογικῶν παρατηρήσεων πού προσφέρεται σήμερα γιὰ τὴν ἐκτίμηση τῆς σει-  
σμικῆς ἐπικινδυνότητος τῆς χώρας, τὸ ὁποῖο χρησιμοποιεῖται καί γιὰ τοὺς ἀντι-  
σεισμικοὺς κανονισμούς, εἶναι πολὺ σύντομο καί ἀνεπαρκές γιὰ τὴν πραγματικὴ  
ἐκτίμηση τοῦ κινδύνου. Πράγματι, ὁ χρόνος ἐκτίμησης τοῦ σεισμικοῦ κινδύνου  
ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐξέλιξη αὐτῶν τῶν γεωφυσικῶν φαινομένων, ἐξέλιξη ἣ ὁποία  
μετρᾶται σέ γεωλογικὲς χρονικὲς κλίμακες πού διαρκοῦν ἑκατομμύρια ἔτη καί  
ὄχι σέ «ἀνθρώπινες» χρονικὲς κλίμακες. Καί τοῦτο διότι ἡ ἀνθρώπινη χρονικὴ  
κλίμακα τῶν ἑκατὸ περίπου ἐτῶν εἶναι μόλις ἓνα χιλιοστὸ τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ δευ-  
τερολέπτου, ἂν συγκριθεῖ μὲ τὴ γεωλογικὴ κλίμακα, π.χ. ἀπὸ τὴν Πλειόκαινο  
ἐποχὴ μέχρι σήμερα.

Ἡ ἔρευνα τοῦ κ. Ἀμβράζη δείχνει ὅτι οἱ διαρρήξεις τεκτονικῶν ρηγμάτων  
καί ἡ γένεση μεγάλων σεισμῶν πού ἔγιναν στὸ παρελθὸν δὲν θὰ μπορούσαν νὰ  
προβλεφθοῦν ἀπὸ τὴ σεισμικὴ δράση κατὰ τὰ τελευταῖα ἑκατὸ χρόνια, χρονικὴ  
διάρκεια ὅπως ἀναφέρθηκε πολὺ μικρὴ, ἐνῶ σέ ἄλλες περιοχὲς πού περιμένου-  
με ρηγμάτωση σήμερα, αὐτὴ δὲν ἔχει ἀκόμη παρουσιαστῇ. Στὴν ἐργασία ἀπο-  
δεικνύεται ἐπίσης ὅτι ὁ τεκτονικὸς κατακερματισμὸς τοῦ φλοιοῦ τῆς ἑλληνικῆς  
ξηρᾶς, ἐν σχέσει μὲ τὴ συνεχὴ καί μεγάλου μήκους τεκτονικὴ θραύση τοῦ ὑπο-  
λοίπου τοῦ φλοιοῦ τῆς Ἀνατολικῆς Μεσογείου, συμφωνεῖ μὲ τὰ μακροχρόνια  
σεισμικὰ δεδομένα καί ἐπιβεβαιώνει ὅτι στὴν Ἑλλάδα ἔχουμε πολλούς, σχετικὰ  
μικροὺς σεισμούς πού δὲν ὑπερβαίνουν τὸ μέγεθος τῶν 6 καί  $\frac{3}{4}$  τῆς κλίμακας  
Ρίχτερ, ἐνῶ ἀνατολικά τῆς χώρας μας ἔχουμε λιγότερους σεισμούς, οἱ ὁποῖοι  
ὅμως μποροῦν νὰ φτάσουν καταστροφικὰ μεγέθη κοντὰ στὸ 8 τῆς κλίμακας  
Ρίχτερ. Πρέπει νὰ σημειωθεῖ ἐδῶ ὅτι ἓνας σεισμὸς τῶν 8 τῆς κλίμακας Ρί-  
χτερ ἐκλύει ἐνέργεια ὅση 100 σειμοὶ τῶν 6 καί  $\frac{3}{4}$  τῆς κλίμακας Ρίχτερ. Οἱ  
μικροὶ ἀλλὰ συχνοὶ σειμοὶ στὴν Ἑλλάδα ἐπιφέρουν προοδευτικὰ τὸν πρόωρο  
γηρασμὸ τῶν κατασκευῶν, μὲ μιὰ συνεχιζόμενη αὐξηση τῆς τρωτότητάς τους.  
Ἀντίθετα, οἱ σειμοὶ στὴν Ἀνατολὴ κάνουν μεγάλες καταστροφὲς σέ ἐκτενεῖς



περιοχές, με μεγάλες απώλειες ζωής, συμβαίνουν, όμως, σε αραιότερα χρονικά διαστήματα.

Στην Ελλάδα, οι αντισεισμικοί κανονισμοί που ως γνωστόν βασίζονται σε στοιχεία μόνον εκατό ετών, για όρισμένες περιοχές υπερυπολογίζουν το σεισμικό κίνδυνο ενώ για άλλες σχεδόν τον αγνοούν. Αυτή η ανακρίβεια στην εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου και η μεγάλη και σε πολλές περιπτώσεις άγνωστη τρωτότητα των υπάρχουσων κατασκευών, ή οποία ποικίλλει, είναι υπεύθυνη για τις σχετικά μεγάλες υλικές απώλειες που παρατηρούνται από σεισμούς στον τόπο μας. Αποδεικνύεται ότι λόγω της έλλειψης μακροχρόνιων δεδομένων, η καθιερωμένη εκτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης στην Ελλάδα από βραχύχρονες παρατηρήσεις υπερβάλλει να υποτιμά σημαντικά το σεισμικό κίνδυνο, με σοβαρές επιπτώσεις για τον αντισεισμικό σχεδιασμό κατασκευών. Αποδεικνύεται ότι ο κίνδυνος από τσουνάμι στον ελληνικό χώρο, στατιστικώς, είναι ανύπαρκτος.

Η Σεισμολογία δέν μπορεί να μειώσει τη σεισμική επικινδυνότητα μιάς κατασκευής. Αντιθέτως, η Τεχνική Σεισμολογία μπορεί να μειώσει τη σεισμική επικινδυνότητα μειώνοντας την τρωτότητα, δηλαδή αυξάνοντας τη σεισμική αντοχή της κατασκευής.

Η εξαιρετική εργασία του καθηγητή Νικόλαου Αμβράζη απορροφά τον αναγνώστη, όχι μόνο με τις προκλήσεις που προσφέρει η σεισμολογική μελέτη παρελθόντος, παρόντος και μέλλοντος, αλλά και με την παράθεση εξαιρετικών και εν πολλοίς πρωτότυπων πληροφοριών από ιστορικές και άλλες πηγές του μακρινού παρελθόντος. Αυτό που θα πρέπει να τονισθεί επίσης είναι η εξαιρετική επιτυχία με την οποία παρατίθενται τα ιστορικά αρχεία μαζί με δεδομένα της σύγχρονης Σεισμολογίας σε μιά περιοχή ή οποία είναι από τις πιο εύάλωτες σεισμικά στον κόσμο. Το έλλειμμα πληροφορίας που υπάρχει από τα τελευταία εκατό χρόνια σε σχέση με τους περίπου δύο μεγάλους σεισμούς κατ' έτος που δίδουν τα ιστορικά δεδομένα των παρελθόντων 2.000 ετών θα πρέπει να μās προβληματίσει, όπως τονίζει ο συγγραφέας και όπως ανέφερα και προηγουμένως, στις προσεχείς εκτιμήσεις της σεισμικής επικινδυνότητας σε αυτήν την περιοχή του πλανήτη μας. Η σαφής διαφοροποίηση των καταστροφικών μεγεθών της τάξεως των 8 Ρίχτερ ανατολικά της Ελλάδος, με τα πλησίον των 6 Ρίχτερ στην Ελλάδα, δίνει έναν τόνο συγκρατημένης αισιοδοξίας, τον οποίο ο συγγραφέας έρχεται να μās τον αφαιρέσει προσθέτοντας την αυξημένη τρωτότητα και την πρόωρη γήρανση των κατασκευών στην Ελλάδα από τους μικρούς μέν αλλά συχνούς σεισμούς του ελληνικού χώρου.

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 2ΑΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010

## ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΓΔΟΥΤΟΥ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ἀντικείμενο τῆς παρούσας ἐργασίας ἀποτελεῖ ἡ μελέτη τῶν μηχανισμῶν ἀστοχίας δοκῶν σάντουιτς πού καταπονοῦνται σὲ καθαρὴ κάμψη ἢ σὲ συνδυασμὸ κάμψης καὶ διάτμησης, ἢ δοκῶν ὑπὸ μορφὴ προβόλου πού καταπονοῦνται μὲ συγκεντρωμένο φορτίο στὸ ἄκρο τους. Οἱ μηχανισμοὶ αὐτοὶ περιλαμβάνουν ἐφελκυστικὴ ἢ θλιπτικὴ ἀστοχία τῶν πελμάτων, ἀποκόλληση τῶν πελμάτων ἀπὸ τὸν κορμό, ἀστοχία λόγω διεισδύσεως συγκεντρωμένων φορτίων στὸν κορμό, διατμητικὴ ἀστοχία τοῦ κορμοῦ, ρυτίδωση τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος καὶ ὀλικὸ λυγισμό. Ἡ μελέτη τοῦ πεδίου τῶν τάσεων πραγματοποιεῖται μέσα στὸ πλαίσιο τῆς θεωρίας τῆς ἀντοχῆς τῶν ὑλικῶν, ἐνῶ γιὰ τὴν ἀστοχία τῶν δοκῶν σάντουιτς χρησιμοποιοῦνται κατάλληλα κριτήρια ἀστοχίας. Μελετᾶται μόνον ἡ ἀστοχία λόγω θλιπτικῆς ἢ ἐφελκυστικῆς ἀστοχίας τῶν πελμάτων, διατμητικῆς ἀστοχίας τοῦ κορμοῦ καὶ ρυτιδώσεως τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος. Δίδονται ἀποτελέσματα γιὰ τὴν ἐξάρτηση τοῦ κρίσιμου φορτίου ἀστοχίας ἀπὸ τὴ γεωμετρία τῆς δοκοῦ, τὶς μηχανικὲς ιδιότητες τῶν ὑλικῶν καὶ τὸν τύπο φορτίσεως καὶ συνάγονται σχετικὰ συμπεράσματα.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οἱ κατασκευὲς σάντουιτς χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα στὶς πρακτικὲς ἐφαρμογὲς λόγω τῶν σημαντικῶν πλεονεκτημάτων τῆς μεγάλης ἀντοχῆς καὶ ἀκαμψίας σὲ συνδυασμὸ μὲ τὸ μικρὸ βάρος πού παρουσιάζουν. Οἱ κατασκευὲς αὐτὲς ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο λεπτὰ πέλαματα μεγάλης ἀντοχῆς καὶ ἀκαμψίας μεταξύ



τῶν ὁποίων τοποθετεῖται ἐλαφρὺς κορμός, ὁ ὁποῖος ἐπικολλᾶται στὰ πέλματα. Τὰ πέλματα ἀναλαμβάνουν τὶς καμπτικές καὶ ἐπίπεδες δυνάμεις τῆς κατασκευῆς, ἐνῶ ὁ κορμός βοηθᾷ στὴ σταθεροποίηση τῶν πελμάτων καὶ ἀναλαμβάνει τὶς διατμητικές δυνάμεις. Διὰ τῆς τοποθετήσεως τῶν πελμάτων σὲ ἀρκετὴ ἀπόσταση μεταξύ τους μέσω τοῦ κορμοῦ ἐπιτυγχάνεται μεγάλη αὔξησις τῆς ροπῆς ἀδράνειας, πράγμα τὸ ὁποῖο ὁδηγεῖ σὲ αὐξημένη καμπτική ἀκαμψία. Συνήθη ὑλικά πού χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὰ πέλματα εἶναι τὰ μέταλλα καὶ τὰ σύνθετα ὑλικά ἐνισχυμένα μὲ ἴνες, ἐνῶ ὁ κορμός ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικά ἢ μὴ μεταλλικά κυψελώδη ὑλικά, ἀφρώδη ὑλικά, ἢ ξύλο.

Ἡ μηχανικὴ συμπεριφορὰ καὶ ἡ ἀστοχία τῶν κατασκευῶν σάντουιτς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς ιδιότητες τῶν πελμάτων, τοῦ κορμοῦ καὶ τῆς κόλλας μεταξύ τοῦ κορμοῦ καὶ τῶν πελμάτων, τὶς γεωμετρικὲς διαστάσεις τῆς κατασκευῆς καὶ τὴ μορφή φορτίσεως. Οἱ δοκοὶ σάντουιτς πού μελετῶνται στὴν παρούσα ἐργασία παρουσιάζουν διάφορους τύπους ἀστοχίας. Οἱ τύποι αὗτοι καὶ ἡ ἑναρξή τους εἶναι δυνατόν νὰ προβλεφθοῦν μὲ τὴ διεξαγωγὴ τῆς ἀναλύσεως τοῦ πεδίου τῶν τάσεων καὶ τὴν ἐφαρμογὴ κατάλληλων κριτηρίων ἀστοχίας στὶς κρίσιμες περιοχὲς τῆς δοκοῦ. Ἡ ἀνάλυση αὕτη παρουσιάζει σημαντικὲς δυσκολίες λόγῳ τῆς μὴ γραμμικῆς καὶ ἀνελαστικῆς συμπεριφορᾶς τῶν ὑλικῶν τῆς δοκοῦ καὶ τῶν ἀλληλεπιδράσεων τῶν διαφόρων τύπων ἀστοχίας. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἡ διεξαγωγὴ πειραμάτων ἀποκτᾷ ἰδιαίτερη σημασία.

Πιθανὲς μορφὲς ἀστοχίας τῶν κατασκευῶν σάντουιτς περιλαμβάνουν ἐφελκυστικὴ ἢ θλιπτικὴ ἀστοχία τῶν πελμάτων, ἀποκόλληση τῶν πελμάτων ἀπὸ τὸν κορμό, ἀστοχία λόγῳ διεισδύσεως τῶν ἐφαρμοσμένων συγκεντρωμένων φορτίων στὸν κορμό, διατμητικὴ ἀστοχία τοῦ κορμοῦ, ρυτίδωση τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος καὶ ὀλικὸ λυγισμό. Μετὰ τὴν ἑναρξὴ ἑνὸς τύπου ἀστοχίας, εἶναι δυνατόν νὰ ξεκινήσει ἕνας νέος τύπος ἀστοχίας, ὁ ὁποῖος νὰ ἀλληλεπιδράσει μὲ τὸν προηγούμενο τύπο καὶ ἡ τελικὴ ἀστοχία νὰ ἀκολουθήσει διαφορετικὴ τροχιά. Ἡ ἀστοχία τῶν κατασκευῶν σάντουιτς ἔχει μελετηθεῖ ἐκτενέστατα στὴ βιβλιογραφία [1-3]. Ὁ ὁμιλητής, μὲ συνεργάτες του [4-15], μελέτησε πρόσφατα μηχανισμοὺς ἀστοχίας δοκῶν σάντουιτς μὲ πέλματα ἀπὸ σύνθετα ὑλικά ἀποτελούμενα ἀπὸ συνεχεῖς ἴνες ἄνθρακα σὲ ἐποξειδικὴ ρητίνη.

Στὴν παρούσα ἐργασία μελετῶνται οἱ μηχανισμοὶ ἀστοχίας δοκῶν σάντουιτς πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ πέλματα ἀπὸ σύνθετα ὑλικά καὶ κορμὸ ἀπὸ ἀφρώδη πολυδινυλικὸ χλωρίδιο (PVC) ἢ κυψελοειδὲς ἀλουμίνιο καὶ καταπονοῦνται σὲ καθαρὴ κάμψη ἢ κάμψη τριῶν σημείων, ἢ προβόλων σάντουιτς πού καταπονοῦνται

μέ συγκεντρωμένο φορτίο στο άκρο του προβόλου. Οί τύποι άστοχίας πού παρατηρήθηκαν στα πειράματα και μελετήθηκαν είναι ή θλιπτική άστοχία του πέλματος της δοκού, ή άστοχία του κορμού λόγω διατμήσεως και ή ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος της δοκού.

## 2. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τά πέλματα τών δοκών σάντουιτς πού μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία αποτελούνται από σύνθετα υλικά τύπου AS4/3501-6, με συνεχείς ίνες γραφίτη τύπου AS4 σε μία κατεύθυνση και μήτρα από εποξειδική ρητίνη τύπου 3501-6. Για τόν προσδιορισμό τών μηχανικών ιδιοτήτων και της καταστατικής συμπεριφοράς του σύνθετου αυτού υλικού πραγματοποιήθηκαν πειράματα έφελκυσμού και θλίψεως. Τά πειράματα θλίψεως εκτελέστηκαν με ειδική συσκευή πού κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Northwestern τών ΗΠΑ [16]. Η άρχή της συσκευής είναι νά μεταφέρει το φορτίο στο δοκίμιο διά διατμητικών δυνάμεων μέσω επιθεμάτων πού επικολλώνται στα άκρα του δοκιμίου. Η διαμήκης έφελκυστική και θλιπτική καμπύλη τάσεων-παραμορφώσεων του σύνθετου υλικού φαίνεται στο Σχ. 1. Παρατηρούμε ότι το υλικό παρουσιάζει μία χαρακτηριστική μη γραμμική άκαμψία σε έφελκυσμό με αύξηση του μέτρου ελαστικότητας και μία χαρακτηριστική μη γραμμική άκαμψία σε θλίψη με μείωση του μέτρου ελαστικότητας μετά τη γραμμική περιοχή του υλικού.

Έξετάστηκαν τρία υλικά κορμού της δοκού σάντουιτς. Το πρώτο υλικό ήταν κυψελοειδές αλουμίνιο τύπου PAMG 8.1-3/16 001-P-5052 (Plascore Co.). Τά άλλα δύο υλικά ήταν αφρώδη πλαστικά από πολυβινυλικό χλωρίδιο (PVC) με κλειστές κυψέλες υπό την έμπορική όνομασία Divinycell H100 και H250, με πυκνότητα 100 και 250 kg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα. Το κυψελοειδές αλουμίνιο παρουσιάζει έντονη ανισοτροπική συμπεριφορά, με σημαντικά μεγαλύτερη άντοχή και άκαμψία στην εγκάρσια διεύθυνση (διά μέσου του πάχους, διεύθυνση τών κυψελών) άπ' ό,τι στην επίπεδη διεύθυνση. Τά τρία κύρια μέτρα ελαστικότητας E1, E2 στο επίπεδο, και E3 κατά την εγκάρσια διεύθυνση, προσδιορίστηκαν με πειράματα σε κάμψη τεσσάρων σημείων, τριών σημείων και καθαρή θλίψη [17]. Το μήκος τών δοκιμών ήταν 20.3 εκ. Η άπόσταση μεταξύ τών φορτίων στα πειράματα κάμψης τεσσάρων σημείων ήταν 10.2 εκ. Η διατομή τών δοκιμών ήταν διαστάσεων 2.54×2.54 εκ. Το υλικό Divinycell H100 παρουσιάζει σχεδόν ίσοτροπική συμπεριφορά, ενώ το υλικό με μεγαλύτερη πυκνότητα Divinycell



H250 παρουσιάζει ανισοτροπική συμπεριφορά με μεγαλύτερη άντοχή και άκαμψία στην εγκάρσια διεύθυνση (διεύθ. 3).

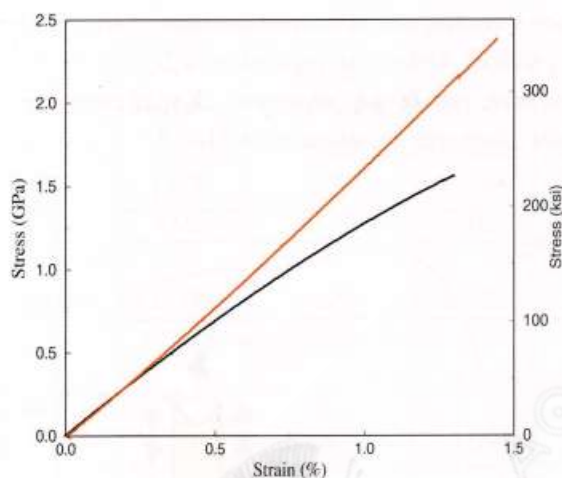
Για τόν προσδιορισμό της συμπεριφοράς τάσεων-παραμορφώσεων των υλικών σε θλίψη χρησιμοποιήθηκαν πρισματικά δοκίμια διαστάσεων  $25.4 \times 25.4 \times 76.2$  χιλ., τα όποια καταπονήθηκαν σε στατική φόρτιση σε μία σερβοϋδραυλική μηχανή τύπου Instron. Οί διαμήκεις και εγκάρσιες παραμορφώσεις μετρήθηκαν με έπιμηκυνσίόμετρα. Οί διαμήκεις παραμορφώσεις μετρήθηκαν και στις δύο αντίθετες πλευρές των δοκιμίων προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι δέν ύπείσέρχεται καμπτική ροπή κατά τη φόρτιση. Τα δοκίμια φορτίστηκαν μέχρι του σημείου που τó φορτίó άρχισε να μειώνεται. Παρατηρήθηκε ότι τó φορτίó παρέμεινε σταθερό μετά τη μέγιστη τιμή του.

Για τη μελέτη της συμπεριφοράς των υλικών σε θλίψη κατά την εγκάρσια διεύθυνση διά μέσου του πάχους, χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια των ιδίων διαστάσεων όπως και τα δοκίμια της μελέτης της συμπεριφοράς των υλικών κατά την επίπεδη διεύθυνση. Τα δοκίμια κατασκευάστηκαν διά συγκολλήσεως τριών κύβων του υλικού πλευράς 25.4 χιλ. κατά τη διεύθυνση του πάχους, χρησιμοποιώντας έποξειδική ρητίνη τύπου Hysol EA 9430. Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για πειράματα έφελκυσμού κατά την επίπεδη διεύθυνση είχαν διαστάσεις  $6.4 \times 25 \times 200$  χιλ. Στα δοκίμια επικολλήθηκαν επιθέματα από σύνθετα υλικά ύαλου-έποξειδικής ρητίνης για την προσαρμογή τους στις άρπάγες της μηχανής φορτίσεως.

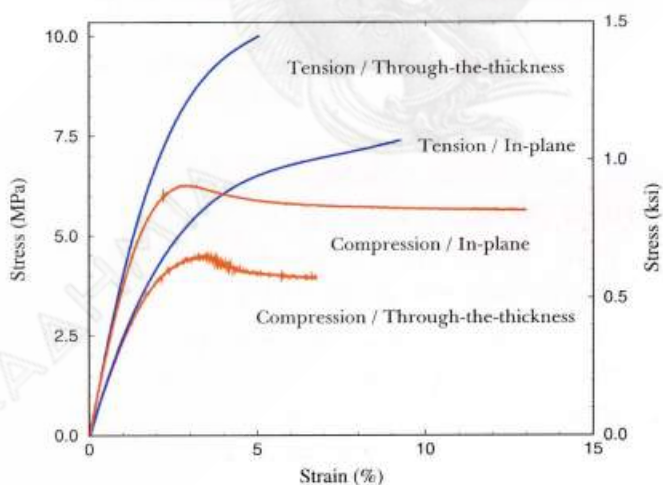
Για τα πειράματα σε έφελκυσμό κατά την εγκάρσια διεύθυνση διά μέσου του πάχους, κατασκευάστηκαν πρισματικά δοκίμια  $13 \times 25 \times 200$  χιλ. διά συγκολλήσεως δεκαπέντε τριγωνικών πρισματικών τμημάτων του υλικού. Στα άκρα των δοκιμίων τοποθετήθηκαν επιθέματα, όπως και προηγούμενα. Τα δοκίμια φορτίστηκαν σε σερβοϋδραυλική μηχανή φορτίσεως τύπου Instron, όπως και προηγούμενα. Οί παραμορφώσεις μετρήθηκαν με έπιμηκυνσίόμετρα.

Τó Σχ. 2 παρουσιάζει τίς καμπύλες τάσεων-παραμορφώσεων για τó υλικό Divinycell H250 σε μονοαξονικό έφελκυσμό και θλίψη κατά την επίπεδη και την εγκάρσια διεύθυνση (1 και 3 αντίστοιχα). Τó υλικό παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά σε έφελκυσμό και θλίψη, με την άντοχή σε έφελκυσμό σημαντικά μεγαλύτερη από την άντοχή σε θλίψη. Έ μονοαξονική συμπεριφορά τάσεων-παραμορφώσεων σε έφελκυσμό είναι μή γραμμική έλαστική, χωρίς έμφανή περιοχή διαρροής. Σε μονοαξονική θλίψη τó υλικό είναι σχεδόν έλαστικό, άπολύτως πλαστικό στην άρχική περιοχή παραμορφώσεώς του.



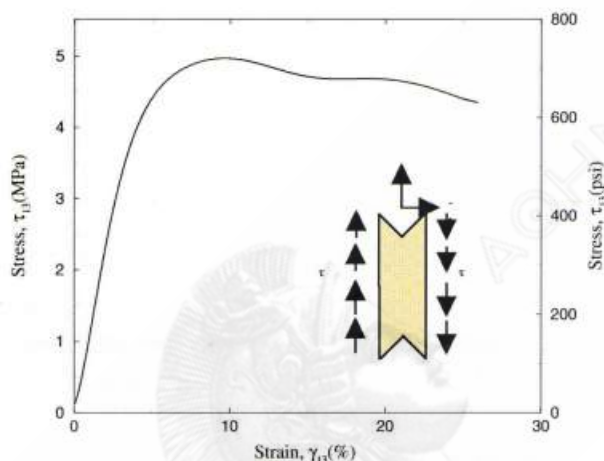


Σχ. 1. Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων σε εφελκυσμό και θλίψη σύνθετου υλικού από συνεχείς ίνες άνθρακα εντός εποξειδικής ρητίνης τύπου AS4/3501-6.



Σχ. 2. Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων σε εφελκυσμό και θλίψη κατά την επίπεδη και εγκάρσια –δια μέσου του πάχους– διεύθυνση αφρώδους PVC υπό την εμπορική ονομασία Divinycell H250.

Ἡ διατμητική συμπεριφορά τάσεων-παραμορφώσεων στὸ ἐπίπεδο 1-3 προσδιορίστηκε μὲ τὴ δοκιμὴ Arcan καὶ φαίνεται στὸ Σχ. 3. Ἡ διατμητικὴ συμπεριφορά εἶναι ἐλαστικὴ, ἀπολύτως πλαστικὴ. Χαρακτηριστικὲς ιδιότητες τῶν ὑλικῶν τῶν δοκῶν σάντουιτς φαίνονται στὸν Πίν. 1.



Σχ. 3. Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων σὲ διάτμηση κατὰ τὴ διεύθυνση 1-3 ἀφρώδους PVC ὑπὸ τὴν ἐμπορικὴ ὀνομασίᾳ Divinycell H250.

Μία συνήθης ἀστοχία τῶν κατασκευῶν σάντουιτς εἶναι ἡ ἐπονομαζομένη διατμητικὴ ἀστοχία τοῦ κορμοῦ, κατὰ τὴν ὁποία ὁ κορμὸς ἀστοχεῖ ὅταν ἡ διατμητικὴ τάση φτάσει τὴν κρίσιμη τιμὴ της. Ἐντούτοις, μολονότι ἡ διατμητικὴ τάση εἶναι ἡ κυρίαρχη τάση στὸν κορμό, ὑπάρχουν περιπτώσεις στὶς ὁποῖες οἱ κάθετες τάσεις στὸν κορμὸ εἶναι τῆς ἰδίας τάξεως μεγέθους ἢ καὶ μεγαλύτερες ἀπὸ τὶς διατμητικὲς τάσεις. Ὑπὸ αὐτὲς τὶς περιστάσεις, τὸ ὑλικὸ τοῦ κορμοῦ ὑπόκειται σὲ πολυαξονικὴ ἐντατικὴ κατάσταση. Ἐπομένως, γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῆς ἀστοχίας τοῦ κορμοῦ ἀπαιτεῖται ἡ μελέτῃ τῆς μηχανικῆς συμπεριφορᾶς τῶν ὑλικῶν τοῦ κορμοῦ σὲ πολυαξονικὴ ἐντατικὴ κατάσταση.

Πίν. 1. Ίδιότητες των συστατικών υλικών της δοκού σάντουιτς.

	Πέλματα	Κορμός κυψελοειδοῦς άλουμινίου	FM-73 Κόλλα	Κορμός H100	Κορμός H250
Πυκνότης, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	1,620	129	1,180	100	250
Πάχος, $h$ , mm	1.01	25.4	0.05	25.4	25.4
Διάμηκες μέτρο ελαστικότητας, $E_1$ , MPa	147,000	8.3	1,700	120	228
Έγκάρσιο μέτρο ελαστικότητας, $E_3$ , MPa	10,350	2,415		139	403
Έγκάρσιο διατμητικό μέτρο, $G_{13}$ , MPa	7,600	580	110	48	117
Διαμήκης θλιπτική άντοχή, $F_{1c}$ , MPa	1,930	0.2		1.7	4.5
Έγκάρσια θλιπτική άντοχή, $F_{3c}$ , MPa	240	11.8		1.9	6.3
Έγκάρσια διατμητική άντοχή, $F_{13}$ , MPa	71	3.5	33	1.6	5.0

Για τὸ σκοπὸ αὐτὸ προσδιορίστηκε ἡ μηχανικὴ συμπεριφορὰ τοῦ υἱικοῦ Divinycell H250 σὲ πολυαξονικὴ ἐντατικὴ κατάσταση διὰ ἐκτελέσεως σειρᾶς πειραμάτων [17, 18]. Τὰ πειραματικὰ ἀποτελέσματα βρίσκονται σὲ συμφωνία μὲ τὸ κριτήριο ἀστοχίας Tsai-Wu γιὰ ἀνισότροπα υἱικά, ὅπως φαίνεται στὸ Σχ. 4. Τὸ κριτήριο Tsai-Wu γιὰ διαξονικὴ ἐντατικὴ κατάσταση στὸ ἐπίπεδο 1-3 ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθη σχέση:

$$f_1 \sigma_1 + f_3 \sigma_3 + f_{11} \sigma_1^2 + f_{33} \sigma_3^2 + 2f_{13} \sigma_1 \sigma_3 + f_{55} \tau_5^2 = 1 \quad (1)$$

ὅπου:

$$f_1 = \frac{1}{F_{1t}} - \frac{1}{F_{1c}}, \quad f_3 = \frac{1}{F_{3t}} - \frac{1}{F_{3c}}$$

$$f_{11} = \frac{1}{F_{1t} F_{1c}}, \quad f_{33} = \frac{1}{F_{3t} F_{3c}}, \quad f_{13} = -\frac{1}{2} (f_{11} f_{33})^{1/2}, \quad f_{55} = \frac{1}{F_5^2}$$

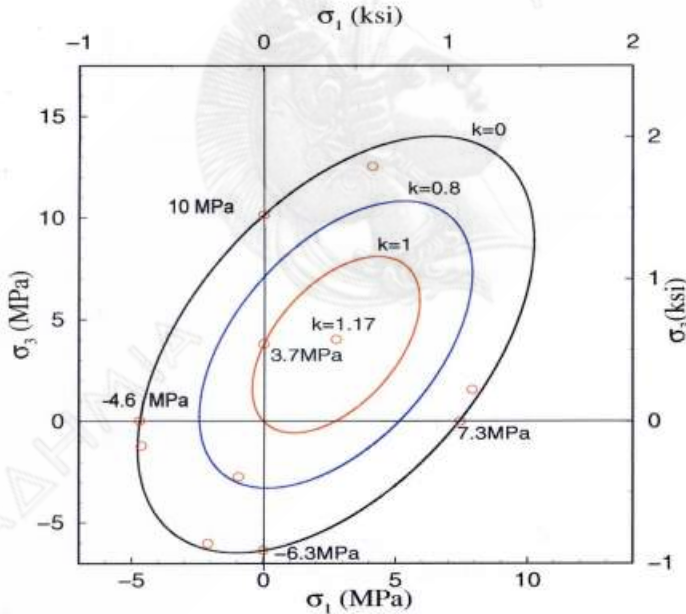
καὶ  $F_{1t}$ ,  $F_{1c}$ ,  $F_{3t}$ ,  $F_{3c}$  οἱ ἐφελκυστικὲς καὶ θλιπτικὲς ἀντοχὲς στὶς διευθύνσεις τοῦ ἐπιπέδου (1, 2) καὶ στὴν ἐγκάρσια διεύθυνση (3), καὶ  $F_5$  ἡ διατμητικὴ ἀντοχὴ στὸ ἐπίπεδο (1-3).



Θέτοντας  $\tau_5 = kF_5$ , η εξίσωση (1) γράφεται ως εξής:

$$f_1 \sigma_1 + f_3 \sigma_3 + f_{11} \sigma_1^2 + f_{33} \sigma_3^2 + 2f_{13} \sigma_1 \sigma_3 = 1 - k^2 \quad (2)$$

Η επιφάνεια διαρροής που περιγράφεται από το κριτήριο Tsai-Wu είναι ένα έλλειψοειδές στο επίπεδο  $\sigma_1, \sigma_3, \tau_{13}$  ( $\tau_5$ ), μετατοπισμένο προς το εφελκυστικό τεταρτημόριο των αξόνων. Παρατηρούμε ότι το υλικό μπορεί να φορτιστεί σε διατμητική τάση υπό διαξονική έντατική καταπόνηση μεγαλύτερη κατά 17% από την καθαρή διατμητική άντοχή του ( $F_5$ ). Η πλέον κρίσιμη περιοχή του υλικού είναι το θλιπτικό τεταρτημόριο των αξόνων. Ο πλέον δυσμενής συνδυασμός είναι ή ταυτόχρονη επιβολή θλίψεως και διατμήσεως.



Σχ. 4. Καμπύλες άστοχίας σύμφωνα με το κριτήριο Tsai-Wu για άφρώδες PVC υπό την έμπορική ονομασία Divinycell H250 για  $k = 0, 0.8$  και  $1$ , και πειραματικά άποτελέσματα ( $k = \tau_{13}/F_{13} = \tau_5/F_5$ ).

Ο κορμός των δοκών σάντουιτς είχε πάχος 2.54 εκ. και κόπηκε από επίπεδο φύλλο κυψελοειδούς αλουμινίου ή άφρώδους PVC τύπου Divinycell H100 ή Divinycell H250 των ίδιων διαστάσεων. Τα πέλματα κόπηκαν από πλάκες

από σύνθετα υλικά, ενισχυμένα με ίνες στη διεύθυνση του μήκους των δοκών, και συγκολλήθηκαν με το κυψελοειδές αλουμίνιο με συγκολλητικό λεπτό φιλμ. Οι δοκοί τοποθετήθηκαν υπό πίεση σε φούρνο όπου ακολουθήθηκε ο υποδεικνυόμενος από τον κατασκευαστή κύκλος θερμοκρασίας για στερεοποίηση του κολλητικού φιλμ. Στην περίπτωση των υλικών πυρήνα Divinycell H100 και Divinycell H250, οι δοκοί σάντουιτς κατασκευάστηκαν με συγκόλληση των πελμάτων στον κορμό με κόλλα τύπου Hysol EA 9430 [17]. Η κόλλα είχε πάχος 0.13 χιλ. και σταθεροποιήθηκε σε θερμοκρασία δωματίου με υποβολή των δοκών σάντουιτς σε υποπίεση κενού.

Ειδικές συσκευές κατασκευάστηκαν για τη φόρτιση των δοκών σε κάμψη τριών σημείων και τεσσάρων σημείων και για φόρτιση δοκών υπό μορφή προβόλων με συγκεντρωμένο φορτίο στο άκρο τους. Για την αποφυγή διεισδύσεως των συγκεντρωμένων φορτίων στον κορμό, στην φόρτιση σε κάμψη τεσσάρων σημείων ο κορμός ενισχύθηκε τοπικά στις θέσεις των φορτίων. Επίσης, στην περίπτωση της κάμψης τριών σημείων, τα πέλατα των δοκών στην περιοχή των συγκεντρωμένων φορτίων ενισχύθηκαν με επιπλέον στρώματα σύνθετου υλικού άνθρακα-εποξειδικής ρητίνης για την αποφυγή διεισδύσεως των συγκεντρωμένων φορτίων στον κορμό της δοκού σάντουιτς. Οι ενισχύσεις αυτές δεν χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση που μελετάται ή άστοχία λόγω διεισδύσεως των συγκεντρωμένων φορτίων.

Οι παραμορφώσεις στην εξωτερική και εσωτερική, μεταξύ πελμάτων και κορμού, επιφάνεια των πελμάτων μετρήθηκαν με ηλεκτρομηκυνσιόμετρα. Οι μετατοπίσεις της δοκού μετρήθηκαν με μετρητές παραμορφώσεων τύπου LVDT και με μέτρηση της μετατοπίσεως της άρπάγης της μηχανής φορτίσεως. Οι μετατοπίσεις μετρήθηκαν επίσης με ένα αραιό πλέγμα *moiré* των 31 γραμμών/έκ. Οι διαμήκεις και εγκάρσιες παραμορφώσεις στον κορμό των δοκών σάντουιτς μετρήθηκαν με πυκνό πλέγμα *moiré* των 118 γραμμών/έκ. ή 200 γραμμών/έκ.

Οι παραμορφώσεις του κορμού μετρήθηκαν επίσης και με τη μέθοδο των διπλοθλαστικών επικαλύψεων. Χρησιμοποιήθηκαν επικαλύψεις πάχους 0.5 χιλ. και 1 χιλ. (PS-4D coatings, Measurements Group). Οι επικαλύψεις κολλήθηκαν στον κορμό με ανακλαστικό τσιμέντο προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανάκλαση του φωτός στη διεπιφάνεια κορμού-επικάλυψης. Το πεδίο των λαμβανόμενων ισochρωματικών κροσσών καταγράφηκε με τη χρησιμοποίηση φωτογραφικής μηχανής. Η διαφορά των κυρίων παραμορφώσεων σχετίζεται με το λαμβανόμενο ισochρωματικό πεδίο με την ακόλουθη σχέση:

$$\varepsilon_1^c - \varepsilon_3^c = \varepsilon_1^s - \varepsilon_3^s = \frac{N\lambda}{2hK} \quad (3)$$

όπου  $N$  είναι η τάξη των ισοχρωματικών χροστών,  $\lambda$  το μήκος κύματος του φωτός,  $h$  το πάχος της επικαλύψεως και  $K$  ή σταθερά αντίσταθμίσεως για το υλικό της επικαλύψεως. Οι δείκτες  $s$  και  $c$  αναφέρονται στο δοκίμιο και την επικάλυψη αντίστοιχα. Το φαινόμενο ένισχύσεως της δοκού λόγω της επικαλύψεως δεν λαμβάνεται υπόψη.

### 3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

#### 3.1. ΣΤΥΛΟΙ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ ΥΠΟ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ

Στύλοι σάντουιτς, καταπονούμενοι με αξονικό φορτίο, είναι δυνατόν να αστοχήσουν σε αξονική θλίψη ή ρυτίδωση των πελμάτων, όλικο λυγισμό ή διατμητική αστάθεια του κορμού. Θλιπτική αστοχία του κορμού δεν είναι πιθανή λόγω της μικρής άκαμψίας και της μεγάλης τάσεως διαρροής του. Λόγω της πολύ μεγαλύτερης άκαμψίας των πελμάτων σχετικά με τον πυρήνα, η αξονική τάση στα πέλαμα δίδεται από τη σχέση:

$$\sigma_f = \frac{P}{2bh_f} \quad (4)$$

όπου  $P$  το εφαρμοσμένο θλιπτικό φορτίο,  $h_f$  το πάχος πελμάτων και  $b$  το πλάτος της διατομής.

Αστοχία των πελμάτων λόγω θλίψεως συμβαίνει όταν:

$$\sigma_f = \frac{P}{2bh_f} = F_{1c} \quad (5)$$

όπου  $F_{1c}$  είναι η θλιπτική αντοχή του υλικού των πελμάτων, στην προκειμένη περίπτωση ή θλιπτική αντοχή κατά τη διεύθυνση των ινών του σύνθετου υλικού ινών γραφίτου/εποξειδικής ρητίνης των πελμάτων.

Ρυτίδωση των πελμάτων συμβαίνει όταν η τάση στα πέλαμα φτάσει μία κρίσιμη τιμή. Η τιμή αυτή σύμφωνα με τον τύπο του Heath δίδεται από τη σχέση [19]:

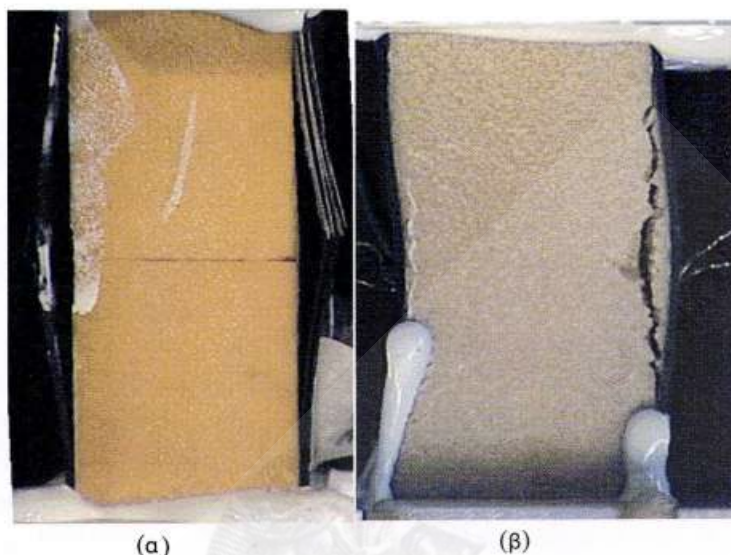


$$\sigma_{\sigma} = \left[ \frac{2}{3} \frac{h_f}{h_c} \frac{E_{c3} E_{f1}}{(1 - \nu_{13} \nu_{31})} \right]^{1/2} \quad (6)$$

όπου  $h_c$  τὸ πάχος τοῦ κορμοῦ,  $E_{f1}$  τὸ μέτρο ἐλαστικότητος τῶν πελμάτων κατὰ τὴν διαμήκη διεύθυνση,  $E_{c3}$  τὸ μέτρο ἐλαστικότητος τοῦ κορμοῦ κατὰ τὴν ἐγκάρσια διεύθυνση καὶ  $\nu_{ij}$  ( $i, j = 1, 3$ ) ὁ λόγος Poisson τοῦ ὑλικοῦ τῶν πελμάτων, ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ φόρτιση κατὰ τὴν  $i$ -διεύθυνση καὶ παραμόρφωση κατὰ τὴν  $j$ -διεύθυνση.

Στύλοι σάντουιτς μὲ κορμὸ ἀπὸ τρία διαφορετικὰ ὑλικά, κυψελοειδὲς ἀλουμίνιο, ἀφρώδες PVC τύπου Divinycell H100 καὶ ἀφρώδες PVC τύπου Divinycell H250 καταπονήθηκαν σὲ θλίψη. Οἱ στύλοι σάντουιτς εἶχαν ὕψος 76.2 χιλ. καὶ διατομὴ 25.4 x 25.4 χιλ. Οἱ ἐπιφανειακὲς τάσεις μετρήθηκαν καὶ συγκρίθηκαν μὲ τὶς κρίσιμες τιμὲς ποὺ δίδονται ἀπὸ τὶς ἐξισώσεις (5) ἢ (6). Τὸ Σχ. 5 παρουσιάζει εἰκόνες ἀστοχίας δύο δοκῶν μὲ κορμὸ ἀπὸ Divinycell H250 (Σχ. 5α) καὶ Divinycell H100 (Σχ. 5β). Στὴν περίπτωσι τοῦ κορμοῦ ἀπὸ κυψελοειδὲς ἀλουμίνιο, οἱ μετρηθεῖσες τάσεις ἀστοχίας καταδεικνύουν ὅτι ἡ ἀστοχία τοῦ στύλου ὀφείλεται στὴ θλιπτικὴ ἀστοχία τῶν πελμάτων σύμφωνα μὲ τὴν ἐξίσωσι (5). Ἡ συμπεριφορὰ αὐτὴ ἐξηγεῖται ἀπὸ τὴ μεγάλη ἀκαμψία τοῦ κυψελοειδοῦς ἀλουμινίου στὴν ἐγκάρσια διεύθυνση, ἡ ὁποία ὁδηγεῖ σὲ κρίσιμη τάση ρυτιδώσεως ποὺ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσι (6) μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν κρίσιμη τάση θλίψεως τῶν πελμάτων. Στὴν περίπτωσι τῶν ἀφρώδων πυρήνων, ἡ ἀστοχία προκαλεῖται ἀπὸ τὴ ρυτιδωσι τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος σύμφωνα μὲ τὴν ἐξίσωσι (6). Οἱ μετρηθεῖσες τάσεις ἀστοχίας εἶναι μικρότερες ἀπὸ τὶς προβλεπόμενες ἀπὸ τὴν ἐξίσωσι (6) λόγω ἀτελειῶν τῶν ὑλικῶν τοῦ κορμοῦ καὶ τῶν πελμάτων.

Ὁ λυγισμὸς τῆς δοκοῦ σάντουιτς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὶς συνθήκες στηρίξεως καὶ τὶς ιδιότητες τῶν ὑλικῶν τῆς δοκοῦ, ὅπως περιγράφεται ἀπὸ τὸν Vinson [20]. Ἡ διατμητικὴ ἀστοχία τοῦ πυρήνα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέτρο διατμήσεως τοῦ πυρήνα καὶ ἀπὸ τὸ πάχος τῶν πελμάτων [20]. Στὰ πειράματα ποὺ ἐκτελέστηκαν δὲν παρατηρήθηκε κανένας ἀπὸ τοὺς δύο αὐτοὺς τύπους ἀστοχίας.



Σχ. 5. Άστοχία στύλων σάντουιτς: (α) κορμός Divinycell H250, (β) κορμός Divinycell H100.

### 3.2. ΔΟΚΟΙ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ ΣΕ ΚΑΘΑΡΗ ΚΑΜΨΗ

Στήν περίπτωση φορτίσεως τῆς δοκοῦ σέ καθαρή κάμψη (κάμψη τεσσάρων σημείων), ἡ καμπτική ροπή ἀναλαμβάνεται βασικά ἀπὸ τὰ πέλματα πού παρουσιάζουν μεγάλη ἀκαμψία. Γιά σχετικὰ λεπτά πέλματα καὶ πυρήνα μὲ σχετικὰ μικρὴ ἀκαμψία, ἡ τάση τῶν πελμάτων δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωση:

$$\sigma_f \cong \frac{M}{bh_f(h_f + h_c)} \quad (7)$$

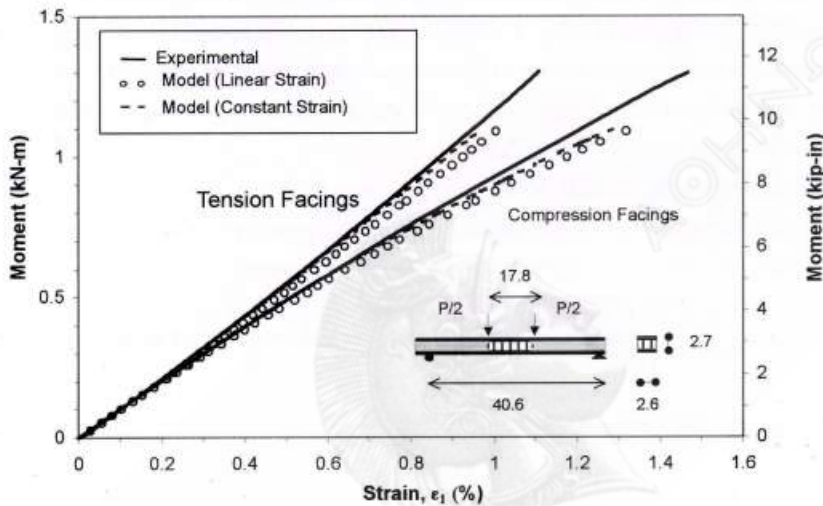
ὅπου  $M$  εἶναι ἡ ἐφρημοσμένη ροπή καὶ  $b$  τὸ πάχος τῆς δοκοῦ.

Θλιπτικὴ ἀστοχία τῶν πελμάτων λαμβάνει χώρα ὅταν:

$$\sigma_f \cong \frac{M}{bh_f(h_f + h_c)} = F_{fc} \quad (8)$$

ὅπου  $F_{fc}$  εἶναι ἡ θλιπτικὴ ἀντοχὴ τοῦ ὕλικου τῶν πελμάτων. Ὁ τύπος αὐτὸς ἀστοχίας λαμβάνει χώρα σὲ δοκοὺς μὲ σχετικὰ μεγάλη ἀκαμψία τοῦ κορμοῦ στὴν ἐγκάρσια διεύθυνση, ὅπως στὴν περίπτωσιν τοῦ κορμοῦ ἀπὸ κυψελοειδῆς

άλουμινιο. Τò Σχ. 6 παριστᾷ πειραματικὰ ἀποτελέσματα καὶ τὶς προβλεπόμενες καμπύλες καμπτικῶν ροπῶν-παραμορφώσεων γιὰ δοκοὺ σάντουιτς μὲ κορμὸ ἀπὸ κυψελοειδὲς ἄλουμινιο ποὺ ὑπόκειται σὲ κάμψη τεσσάρων σημείων. Ἡ ἀστοχία τῆς δοκοῦ ὀφείλεται στὴ θλιπτικὴ ἀστοχία τοῦ πέλματος, ὅπως προβλέπεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (8).



Σχ. 6. Πειραματικὲς καὶ ἀναλυτικὲς καμπύλες καμπτικῶν ροπῶν-παραμορφώσεων δοκοῦ σάντουιτς μὲ κορμὸ ἀπὸ κυψελοειδὲς ἄλουμινιο ποὺ ὑπόκειται σὲ κάμψη τεσσάρων σημείων (διαστάσεις σὲ ἐκ.).

Γιὰ δοκοὺς σάντουιτς μὲ πυρῆνες μικρῆς σχετικὰ ἀκαμψίας, ἕνας πιθανότερος τύπος ἀστοχίας εἶναι ἡ ρυτίδωση τῶν πελμάτων ὅπως εἶναι δυνατόν νὰ προβλεφθεῖ ἀπὸ τὴν τροποποιημένη ἔκφραση τοῦ Heath ποὺ δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (6). Ρυτίδωση τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος συμβαίνει, ὅταν ἡ προβλεπόμενη κρίσιμη τάση ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (6) εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴ θλιπτικὴ ἀντοχὴ τοῦ ὑλικοῦ τῶν πελμάτων.

Ἡ τιμὴ τοῦ μέτρου ἐλαστικότητος τοῦ πυρήνα γιὰ τὴ μετάβαση ἀπὸ ἀστοχία ρυτιδώσεως σὲ θλιπτικὴ ἀστοχία τοῦ θλιβομένου πέλματος λαμβάνεται ἀπὸ τὶς ἐξισώσεις (6) καὶ (8) ὡς:

$$E_{c3} = \frac{3}{2} \frac{h_c}{h_f} \frac{1 - \nu_{13} \nu_{31}}{E_{f1}} F_{fc}^2 \quad (9)$$

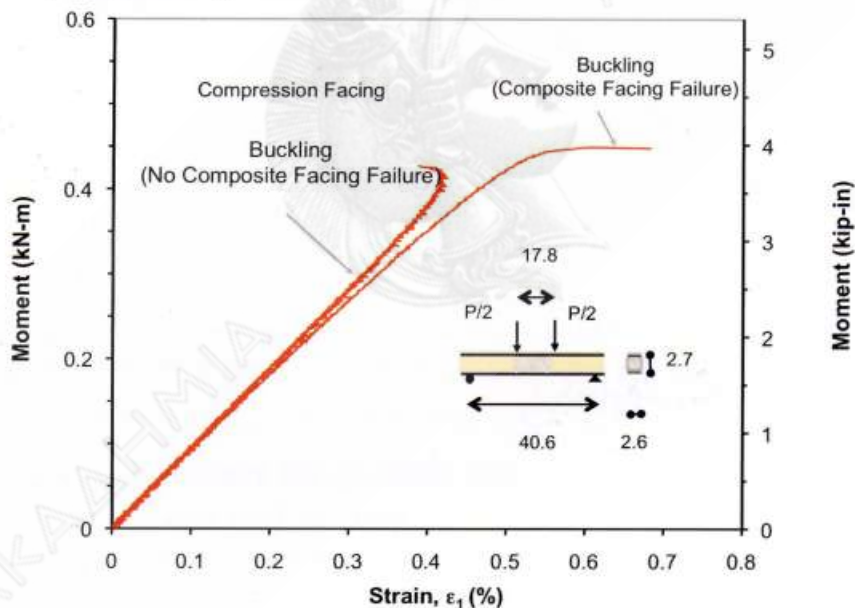


Για τιμές του μέτρου ελαστικότητας του κορμού μεγαλύτερες από αυτές που προσδιορίζονται από την εξίσωση (9), η αστοχία καθορίζεται από τη θλιπτική αντοχή των πελμάτων. Αντίθετα, για τιμές του μέτρου ελαστικότητας του κορμού μικρότερες από αυτές που προσδιορίζονται από την εξίσωση (9), η αστοχία λαμβάνει χώρα από τη ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος.

Το Σχ. 7 παριστὰ τις καμπύλες ροπών-παραμορφώσεων για δύο δοκούς με κορμό από Divinycell H100 σε κάμψη τεσσάρων σημείων. Η αστοχία και στις δύο περιπτώσεις οφείλεται σε ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος. Η μετρηθείσα τάση στα πέσματα είναι σχετικά κοντά στην προβλεπόμενη κρίσιμη τάση από τον τύπο του Heath εξίσωση (6):

Μετρηθείσα:  $\sigma_{cr} = 670 \text{ MPa}$

Προβλεφθείσα:  $\sigma_{cr} = 715 \text{ MPa}$



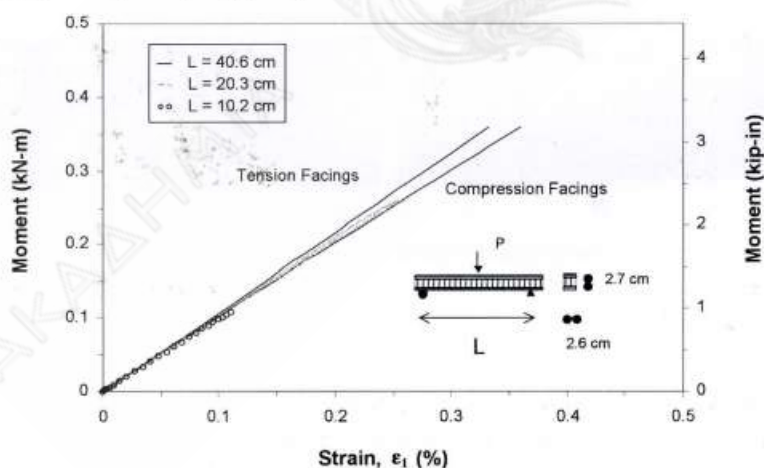
Σχ. 7. Αστοχία λόγω ρυτιδώσεως του θλιπτικού πέλματος δοκού σε κάμψη τεσσάρων σημείων (υλικό πυρήνα Divinycell H100, διαστάσεις σε εκ.).

### 3.3. ΔΟΚΟΙ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Δοκοί που φορτίζονται σε κάμψη τριών σημείων ή πρόβολοι που καταπονούνται σε συγκεντρωμένο φορτίο στο άκρο τους υπόκεινται σε συνδυασμό κάμ-

ψης και διάτμησης. Ο κορμός και τὰ πέλματα στὴν περιοχὴ ἐφαρμογῆς τῶν φορτίων ἐνισχύονται τοπικὰ γιὰ τὴν ἀποφυγὴ προκλήσεως ἀστοχίας λόγω διεισδύσεως τῶν φορτίων στὸν κορμό. Ἡ περίπτωση αὐτὴ ἀποτελεῖ ἀντικείμενο ἄλλης μελέτης [5, 9, 21]. Ἡ καμπτικὴ ροπὴ ἀναλαμβάνεται ἀπὸ τὰ πέλματα καὶ οἱ δυνάμεις διατμήσεως ἀπὸ τὸν κορμό. Ἐξαιρουμένης τῆς διεισδύσεως, πιθανοὶ τύποι ἀστοχίας περιλαμβάνουν ἀστοχία τοῦ κορμοῦ σὲ διάτμηση, ἢ συνδυασμὸ διάτμησης καὶ θλίψης, ἀστοχία ρυτιδώσεως τοῦ θλιβομένου πέλματος ἢ ἀστοχία τοῦ θλιβομένου πέλματος.

Δοκοὶ σάντουιτς μὲ πυρήνα ἀπὸ κυψελοειδὲς ἀλουμίνιο σὲ καταπόνηση τριῶν σημείων ἀστόχησαν λόγω συνθλίψεως τοῦ πυρήνα. Ἡ διατμητικὴ τάση κατὰ τὴν ἀστοχία παρέμεινε σταθερὴ γιὰ διάφορα μήκη δοκῶν. Μὲ τὴν αὔξηση τοῦ μήκους τῆς δοκοῦ, ἡ ἐφηρμοσμένη μέγιστη καμπτικὴ ροπὴ αὐξάνεται, καὶ κατὰ συνέπεια αὐξάνονται οἱ παραμορφώσεις τῶν πελμάτων κατὰ τὴν ἀστοχία (Σχ. 8). Τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ καταδεικνύουν ὅτι ἡ καμπτικὴ ροπὴ ἀναλαμβάνεται ἐξ ὁλοκλήρου ἀπὸ τὰ πέλματα. Ἀπὸ τὰ διεξαχθέντα πειράματα τοῦ Σχ. 8 προκύπτει ὅτι ἡ μέση διατμητικὴ τάση κατὰ τὴν ἀστοχία εἶναι  $\tau^u = 3.59 \text{ MPa}$ , ἡ ὁποία συγκρίνεται ἱκανοποιητικὰ μὲ τὴν μετρηθεῖσα διατμητικὴ ἀντοχὴ τοῦ κυψελοειδοῦς ἀλουμινίου, ἴση μὲ  $F_c = 3.59 \text{ MPa}$ .

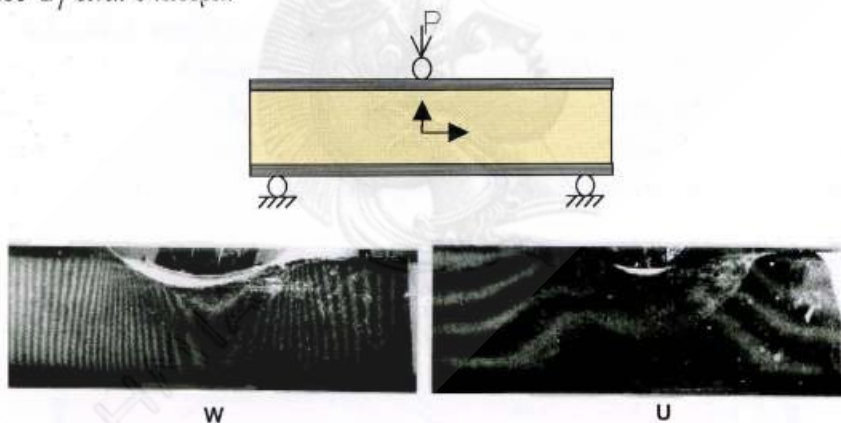


Σχ. 8. Μεταβολὴ τῆς ἐφηρμοσμένης καμπτικῆς ροπῆς συναρτῆσει τῆς μεγίστης παραμορφώσεως, γιὰ δοκοὺς διαφορετικῶν ἀνοιγμάτων μὲ κορμὸ ἀπὸ κυψελοειδὲς ἀλουμίνιο σὲ κάμψη τριῶν σημείων.

Οί μηχανισμοί παραμορφώσεως και άστοχίας στόν πυρήνα μελετήθηκαν με πλέγματα moiré και διπλοθλαστικές επικαλύψεις. Τò Σχ. 9 παριστᾶ πεδία κροσσῶν moiré για κατακόρυφες ( $w$ ) και ὀριζόντιες ( $u$ ) μετατοπίσεις τοῦ κορμού δοκοῦ σάντουιτς με κορμό ἀπὸ Divinycell H250 σὲ κάμψη τριῶν σημείων. Τὰ πεδία αὐτὰ ἐλήφθησαν με πλέγμα δοκιμίου 11.8 γραμμῶν/χιλ. καὶ κύριο πλέγμα τοῦ ἰδίου βήματος με γραμμὲς παράλληλες στὴν ὀριζόντια καὶ κατακόρυφη διεύθυνση. Τὰ πεδία τοῦ σχήματος ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὶς ὀριζόντιες μετατοπίσεις μακριὰ ἀπὸ τὸ ἐφηρμοσμένο φορτίο ἀποτελοῦνται ἀπὸ σχεδὸν παράλληλους καὶ ἰσαπέχοντες κροσσούς ἀπὸ τοὺς ὁποίους προκύπτει ὅτι:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \approx 0, \quad \frac{\partial u}{\partial z} \approx C_1 \quad (10)$$

ὅπου  $C_1$  εἶναι σταθερά.



Σχ. 9. Πεδία κροσσῶν moiré ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ ὀριζόντιες καὶ κατακόρυφες μετατοπίσεις σὲ δοκὸ σάντουιτς ποὺ ὑπόκειται σὲ κάμψη τριῶν σημείων (πλέγμα moiré 11.8 γραμμῶν/χιλ., ὑλικὸ κορμοῦ Divinycell H250).

Ὅμοια, τὸ πεδίο moiré ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ κατακόρυφες μετατοπίσεις ( $w$ ) μακριὰ ἀπὸ τὰ ἐφηρμοσμένα φορτία ἀποτελεῖται ἀπὸ σχεδὸν παράλληλους καὶ ἰσαπέχοντες κροσσούς, ἀπὸ τοὺς ὁποίους προκύπτει ὅτι:

$$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \approx 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} \approx C_2 \quad (11)$$

ὅπου  $C_2$  εἶναι σταθερά.



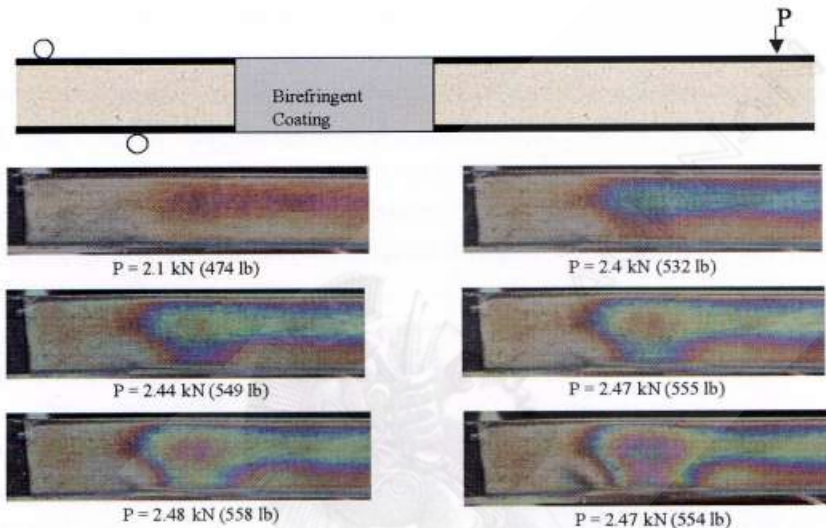
Ἀπὸ τὶς ἐξισώσεις (10) καὶ (11) προκύπτει ὅτι:

$$\gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \equiv \text{σταθερὸ} \quad (12)$$

Ἡ ἐξίσωση (12) καταδεικνύει ὅτι ὁ κορμὸς καταπονεῖται σὲ σχεδὸν ὁμοιόμορφη διατμητική παραμόρφωση καὶ ἐπομένως σὲ σχεδὸν ὁμοιόμορφη τάση. Ἐπιπλέον, οἱ ἐξισώσεις (10) καὶ (11) καταδεικνύουν ὅτι οἱ ὀρθές παραμορφώσεις  $\varepsilon_x$  καὶ  $\varepsilon_z$  στὸν πυρήνα εἶναι σχεδὸν μηδέν, ἢ πολὺ μικρὲς σχετικὰ μὲ τὴ διατμητική παραμόρφωση. Αὐτὸ εἶναι σὲ συμφωνία μὲ τὴν κλασικὴ θεωρία κάμψεως δοκῶν σάντουιτς. Ἡ καμπτική ροπή ἀναλαμβάνεται κυρίως ἀπὸ τὰ δύο πέλματα τῆς δοκοῦ. Αὐτὸ ὁδηγεῖ σὲ μεγάλες ὀρθές τάσεις τῶν πελμάτων μὲ μικρὲς παραμορφώσεις λόγω τοῦ μεγάλου μέτρου ἐλαστικότητος τῶν πελμάτων. Ἐξάλλου οἱ διατμητικές τάσεις ἀναλαμβάνονται κυρίως ἀπὸ τὸν κορμὸ, πράγμα ποὺ ὁδηγεῖ σὲ μεγάλες παραμορφώσεις τοῦ κορμοῦ λόγω τοῦ μικροῦ μέτρου διατμήσεως. Ἔτσι, ὁ κορμὸς διατελεῖ ὑπὸ καθαρὴ διάτμηση. Αὐτὸ εἶναι ἀληθές μόνο στὴν ἐλαστικὴ περιοχὴ, ὅπως καταδεικνύεται μὲ τὴ μέθοδο τῶν φωτοελαστικῶν ἐπικαλύψεων στὸ Σχ. 10. Στὴ μὴ γραμμικὴ καὶ πλαστικὴ περιοχὴ, ὁ κορμὸς ἀρχίζει νὰ ὑφίσταται διαρροή καὶ ἡ διατμητικὴ παραμόρφωση γίνεται ἀρκετὰ μὴ γραμμικὴ μὲ μέγιστη τιμὴ στὸ κέντρο. Ἀπὸ πεδία κροσσῶν ἀνάλογα μὲ αὐτὰ τοῦ Σχ. 10 συνάγεται ὅτι ἡ διατμητικὴ παραμόρφωση ἀρχίζει νὰ γίνεται μὴ γραμμικὴ γιὰ ἓνα ἐφρημοσμένο φορτίο ἴσο μὲ 3.29 kN, τὸ ὁποῖο ἀντιστοιχεῖ σὲ μία μέση διατμητικὴ τάση ἴση μὲ 2.55 MPa. Ἡ τάση αὕτη εἶναι πολὺ κοντὰ στὸ ὄριο ἀναλογίας τῆς καμπύλης τάσεων-παραμορφώσεων τοῦ Σχ. 3. Καθὼς τὸ φορτίο αὐξάνει, ἡ διατμητικὴ παραμόρφωση τοῦ κορμοῦ γίνεται μὴ ὁμοιόμορφη, παρουσιάζοντας μέγιστη τιμὴ στὸ κέντρο τοῦ κορμοῦ, ὅπως ἐξηγεῖται ἀπὸ τὸ Σχ. 4.

Ἡ ἀστοχία τοῦ κορμοῦ ἐπιταχύνεται ἀπὸ συνδυασμὸ θλιπτικῶν καὶ διατμητικῶν τάσεων. Ὁ κρίσιμος αὐτὸς συνδυασμὸς καταφαίνεται ἀπὸ τοὺς τόπους ἀστοχίας τοῦ Σχ. 4. Ἡ χρησιμότητα τῆς διαξονικότητος θλίψεως-διατμήσεως καταδεικνύεται ἀπὸ τὴν καταπὸνση προβόλου μὲ ἀκραῖο φορτίο στὸ ἄκρο του. Ὁ πρόβολος εἶχε μῆκος 25.4 ἐκ. Τὸ πεδίο τῶν ἰσοχρῶμων τῶν φωτοελαστικῶν ἐπικαλύψεων τοῦ Σχ. 10 καταδεικνύει ὅτι ἡ μεγαλύτερη διπλοθλαστικότητα μετακινεῖται πρὸς τὸ σημεῖο πακτώσεως τῆς δοκοῦ στὸ κάτω ἄκρο, ὅπου ἡ θλιπτικὴ παραμόρφωση εἶναι μέγιστη καὶ ἐπαλληλίζεται μὲ τὴ σχεδὸν σταθερὴ διατμητικὴ παραμόρφωση τοῦ κορμοῦ. Οἱ πλαστικὲς παραμορφώσεις στὸν κορμὸ

πού προκαλούνται από τις διατμητικές τάσεις ή συνδυασμό διατμητικών και θλιπτικών τάσεων μειώνουν το ρόλο του κορμού να υποστηρίξει τα πέλματα και μπορεί να οδηγήσουν στην έναρξη άλλων μηχανισμών αστοχίας, όπως π.χ. ρυτίδωση του θλιβομένου πέλματος.



Σχ. 10. Πεδία ισochρωματικών χροστών των φωτοελαστικών επικαλύψεων προβόλου σάντουιτς που καταπονείται με άκραιο συγκεντρωμένο φορτίο.

Στην παρούσα περίπτωση δοκών που υπόκεινται σε κάμψη και θλίψη, ή ρυτίδωση του θλιβομένου πέλματος επηρεάζεται από τη διατμητική και άξονική ακαμψία του κορμού στη διεύθυνση του πάχους. Η κρίσιμη τάση ρυτιδώσεως μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη σχέση των Hoff and Mautner [22]:

$$\sigma_{cr} = c \left( E_{f1} E_{c3} G_{c13} \right)^{1/3} \quad (13)$$

όπου  $c$  είναι σταθερά που συνήθως λαμβάνεται ίση με 0.5. Στη σχέση αυτή, τα μέτρα ελαστικότητας του κορμού είναι τα αρχικά μέτρα ελαστικότητας, όταν η ρυτίδωση συμβαίνει ενώ ο κορμός βρίσκεται στη γραμμική ελαστική περιοχή. Αυτό προϋποθέτει ότι η διατμητική δύναμη  $V$  κατά τη ρυτίδωση του κορμού είναι αρκετά μικρή και ικανοποιεί τη σχέση:

$$V < A_c F_{cs} \quad (14)$$

όπου  $A_c$  είναι η εγκάρσια διατομή της δοκού και  $F_{cs}$  η διατμητική αντοχή του κορμού.

Δοκοί σάντουιτς με κορμό από Divinycell H250 υποβλήθηκαν σε κάμψη τριών σημείων, ενώ πρόβολοι σάντουιτς υποβλήθηκαν σε άκραιο συγκεντρωμένο φορτίο. Μετρήθηκαν οι παραμορφώσεις στα σημεία των πελμάτων με τη μεγαλύτερη θλιπτική τάση. Καμπύλες ροπών-παραμορφώσεων για τρεις τέτοιες δοκούς φαίνονται στο Σχ. 11. Η μέγιστη καμπτική ροπή που καταγράφηκε αποτελεί ένδειξη της ρυτιδώσεως του θλιβομένου πέλματος. Για τις περιπτώσεις πρόβολου και δοκών καταπονουμένων σε κάμψη τριών σημείων, οι τάσεις ρυτιδώσεως στο θλιπτικό πέλμα που μετρήθηκαν από τα πειράματα είναι:

$$\sigma_{cr} = 910 \text{ MPa} \quad (\text{πρόβολος})$$

$$\sigma_{cr} = 715 \text{ MPa} \quad (\text{κάμψη τριών σημείων})$$

Η υπολογισθείσα τάση από την εξίσωση (11) είναι:

$$\sigma_{cr} = 945 \text{ MPa}$$

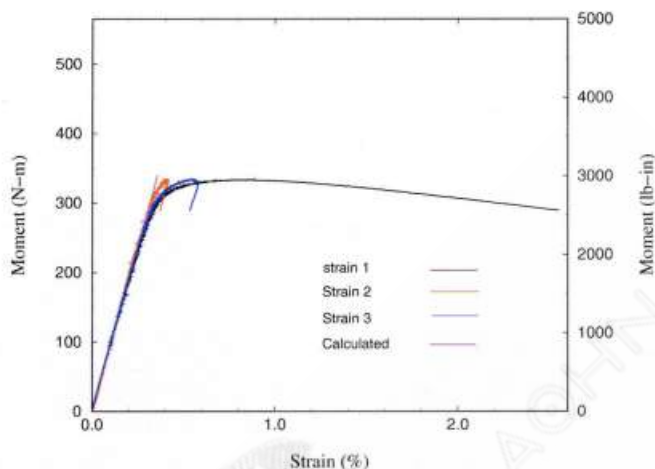
Στήν περίπτωση δοκών μικρού μήκους, η πειραματική κρίσιμη τάση ρυτιδώσεως είναι  $\sigma_{cr} = 500 \text{ MPa}$ .

Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την προβλεπόμενη από την εξίσωση (11). Τουτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η δύναμη διατμήσεως είναι αρκετά μεγάλη και η άστοχία του κορμού σε διάτμηση προηγείται της ρυτιδώσεως του θλιπτικού πέλματος. Η άστοχία αυτή του κορμού οδηγεί σε μείωση του μέτρου ελαστικότητας του κορμού, το οποίο συνεπάγεται μείωση της ικανότητας του κορμού να στηρίζει το θλιπτικό πέλμα, και επομένως η ρυτιδωση του πέλματος λαμβάνει χώρα σε μικρότερη τάση. Η κρίσιμη τάση στην περίπτωση αυτή μπορεί να προβλεφθεί από την ακόλουθη τροποποιημένη μορφή της εξίσωσης (13) ως:

$$\sigma_{cr} = 0.5 \left( E_{f1} E'_{c3} G'_{c13} \right)^{1/3} \quad (15)$$

όπου  $E'_{c3}$  και  $G'_{c13}$  είναι τα μειωμένα μέτρα ελαστικότητας. Για τον προσδιορισμό των μέτρων αυτών απαιτείται η ελαστοπλαστική ανάλυση των τάσεων της δοκού.

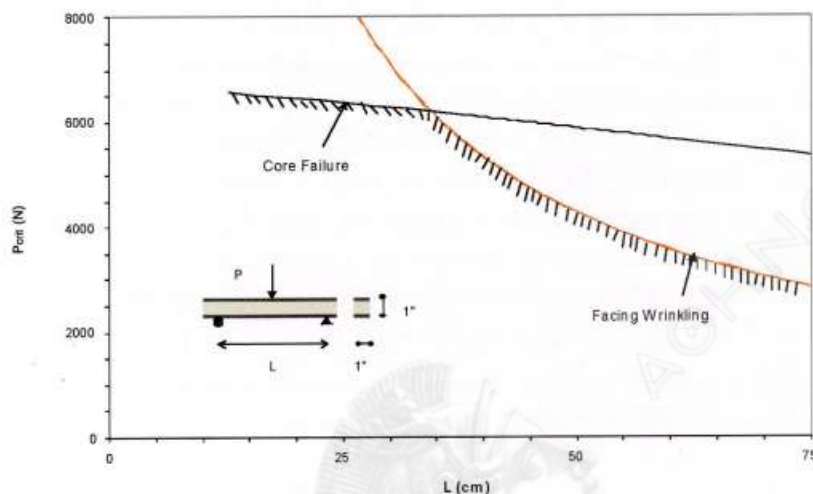




Σχ. 11. Καμπύλες καμπτικής ροπής-παραμορφώσεως για δοκούς με κορμό από Divinycell H250 σε κάμψη τριών σημείων.

Από την ανωτέρω ανάλυση είναι προφανές ότι οι τύποι άστοχίας, ή έναρξη, ή διάδοση και ή αλληλεπίδρασή τους εξαρτάται από τις συνθήκες φορτίσεως. Στην περίπτωση των δοκών σε κάμψη τριών σημείων αυτό είναι δυνατόν να εξηγηθεί μεταβάλλοντας το μήκος της δοκού. Για δοκούς μικρού μήκους, άστοχία του κορμού λαμβάνει χώρα πρώτα, και κατόπιν ακολουθεί ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος. Για δοκούς μεγάλου μήκους, ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος συμβαίνει πριν από την άστοχία του κορμού. Η έναρξη άστοχίας του κορμού είναι δυνατόν να περιγραφεί με τον υπολογισμό του τασικού πεδίου και την εφαρμογή του κριτηρίου άστοχίας Tsai-Wu. Αυτό οδηγεί σε μία καμπύλη του κρίσιμου φορτίου, για έναρξη άστοχίας του κορμού, συναρτήσει του μήκους της δοκού. Εξάλλου, απουσία άστοχίας του κορμού, ρυτίδωση του θλιπτικού πέλματος λαμβάνει χώρα σύμφωνα με την εξίσωση (13). Η κρίσιμη τάση ρυτιδώσεως μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει του μήκους της δοκού. Το Σχ. 12 παριστά τις καμπύλες του κρίσιμου φορτίου συναρτήσει του μήκους της δοκού για έναρξη άστοχίας λόγω διατμητικής άστοχίας του κορμού ή άστοχίας λόγω ρυτιδώσεως του θλιβομένου πέλματος. Η τομή των δύο καμπυλών όριζει τη μετάβαση από έναρξη διατμητικής άστοχίας του κορμού σε έναρξη άστοχίας ρυτιδώσεως του θλιβομένου πέλματος. Για δοκό σάντουιτς με πέλματα από σύνθετα υλικά ινών άνθρακα—όκτω στρώσεις φύλλων ινών άνθρακα—εποξειδικής ρητίνης τύπου AS4/3501—, και κορμού από PVC τύπου Divinycell H250 διατομής 2.5 x 2.5 εκ., το μήκος

δοκού για μετάβαση από τόν ένα τύπο άστοχίας στον άλλο είναι  $L = 35$  εκ.



Σχ. 12. Μεταβολή του κρίσιμου φορτίου συναρτήσει του μήκους της δοκού για έναρξη άστοχίας λόγω διατμητικής άστοχίας του κορμού (για δοκούς μήκους μικρότερου των 35 εκ.), ή άστοχίας ρυτιδώσεως του θλιπτικού πέλματος (για δοκούς μήκους μεγαλύτερου των 35 εκ.).

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εμφάνιση των διαφόρων τύπων άστοχίας δοκών σάντουιτς με πέλματα από σύνθετα και κορμό από κυψελοειδές αλουμίνιο ή αφρώδες υλικό από πολυβινύλιο που μελετήθηκε στην παρούσα εργασία, εξαρτάται από τις ιδιότητες των συστατικών υλικών (πέλματος, κορμού, κόλλας), τις γεωμετρικές διαστάσεις και τόν τύπο φορτίσεως της δοκού. Οί διάφοροι τύποι άστοχίας μελετήθηκαν για διάφορους τύπους εφαρμοσμένων φορτίων.

Σέ στύλους σάντουιτς καταπονούμενους σέ θλιπτικά φορτία, ή σέ δοκούς σέ καθαρή κάμψη, ή άστοχία της δοκού προκαλείται από τήν άστοχία του θλιβομένου πέλματος, εάν ο κορμός είναι επαρκώς άκαμπτος στην εγκάρσια διεύθυνση δια μέσου του πάχους. Διαφορετικά, λαμβάνει χώρα ρυτίδωση του θλιβομένου πέλματος, ή οποία μπορεί νά προβλεφθεί από τόν τύπο του Heath. Τά πειραματικά αποτελέσματα ήταν αρκετά κοντά στις θεωρητικές προβλέψεις.

Στὴν περίπτωση δοκῶν ποὺ ὑπόκεινται σὲ κάμψη καὶ διάτμηση, ὁ τύπος ἐνάρξεως ἀστοχίας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχετικὸ μέγεθος τῆς διατμητικῆς τάσεως. Ὅταν ἡ διατμητικὴ τάση εἶναι μικρὴ (δοκοὶ μεγάλου ἀνοίγματος), ἡ ἐνάρξη τῆς ἀστοχίας τῆς δοκοῦ προκαλεῖται ἀπὸ ρυτίδωση τοῦ θλιβομένου πέλματος, ἐνῶ ὁ κορμὸς εἶναι ἀκόμα στὴ γραμμικὴ ἐλαστικὴ περιοχὴ. Ἡ κρίσιμη τάση γιὰ ἀστοχία ρυτιδώσεως εἶναι δυνατὸ νὰ προβλεφεῖ ἱκανοποιητικὰ ἀπὸ τὸν τύπο τῶν Hoff καὶ Mautner καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ μέτρα ἐλαστικότητος τοῦ θλιβομένου πέλματος καὶ τοῦ κορμοῦ. Ὅταν ἡ διατμητικὴ τάση εἶναι σχετικὰ μεγάλη (δοκοὶ μικροῦ μήκους), διατμητικὴ ἀστοχία τοῦ κορμοῦ λαμβάνει χώρα πρῶτα καὶ ἀκολουθεῖ ἀστοχία λόγῳ ρυτιδώσεως τοῦ θλιπτικοῦ πέλματος. Ἡ κρίσιμη τάση ἀστοχίας εἶναι μικρότερη ἀπὸ αὐτὴ ποὺ προβλέπεται ἀπὸ τὰ ἀναλυτικὰ ἀποτελέσματα λόγῳ μειώσεως τῆς ἀκαμψίας τοῦ κορμοῦ ποὺ ὀφείλεται στὴν ἐμφάνιση πλαστικῶν παραμορφώσεων.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen, H. G. (1969), *Analysis and Design of Structural Sandwich Panels*. Pergamon Press, London.
2. Hall, D. J., Robson, B. L. (1984), A Review of the Design and Materials Evaluation Programme for the GRP/Foam Sandwich Composite Hull of the RAN Minehunter. *Composites*, vol.15, pp. 266-276.
3. Zenkert, D. (1995), *An Introduction to Sandwich Construction*. Chameleon, London.
4. Daniel, I. M., Gdoutos, E. E., Wang, K. A., Abot, J. L. (2002), Failure Modes of Composite Sandwich Beams. *International Journal of Damage Mechanics*, vol. 11, pp. 309-334.
5. Gdoutos, E.E., Daniel I.M., and Wang, K.-A. (2001), Indentation Failure of Sandwich Panels. *Proceedings of the 6th Greek National Congress on Mechanics* (Thessaloniki, July 19-21, 2001), edited by E.C. Aifantis and A.N. Kounadis, Thessaloniki, Greece, pp. 320-326.
6. Daniel, I.M., Gdoutos, E.E., Wang, K.-A. (2001), Failure of Composite Sandwich Beams. *Proceedings of the Second Greek National Conference on Composite Materials HELLAS-COMP 2001* (Patras, June 6-9, 2001).
7. Daniel, I.M., Gdoutos, E.E., Abot, J.L., Wang, K.A. (2001), Core Failure Modes in Composite Sandwich Beams. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (New York, November 11-16, 2001), edited by G.A. Kardomateas and V. Birman, AD vol. 65, AMD vol. 249, pp. 293-303.
8. Gdoutos, E.E., Daniel, I.M., Abot, J.L., Wang, K. A. (2001), Effect of Loading



- Conditions on Deformation and Failure of Composite Sandwich Structures. *Proceedings of ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (New York, November 11-16, 2001).
9. Gdoutos, E.E., Daniel, I.M., Wang, K.A. (2002), Indentation Failure in Composite Sandwich Structures. *Experimental Mechanics*, vol. 42, pp. 426-431.
  10. Daniel, I.M., Gdoutos, E.E., Wang, K.-A. (2002), Failure of Composite Sandwich Beams. *Advanced Composites Letters*, vol.11, pp. 49-57.
  11. Abot, J.L., Daniel, I.M., Gdoutos, E.E. (2002), Failure Mechanisms of Composite Sandwich Beams Under Impact Loading. *Proceedings of the 14th European Conference on Fracture* (Cracow, September 8-13, 2002), edited by A. Neimitz et al., vol. I, pp. 13-19.
  12. Abot, J.L., Daniel, I.M., E.E. Gdoutos (2002), Contact Law for Composite Sandwich Beams. *Journal of Sandwich Structures and Materials*, vol. 4, pp. 157-173.
  13. Gdoutos, E.E., Daniel, I.M., Wang, K.A. (2003), Compression Facing Wrinkling of Composite Sandwich Structures. *Mechanics of Materials*, vol. 35, pp. 511-522.
  14. Daniel, I.M., Gdoutos, E.E., Abot, J.L., Wang, K. A. (2003), Core Failure of Sandwich Beams. *Recent Advances in Composite Materials*, edited by E.E. Gdoutos and Z.P. Marioli-Riga, Kluwer Academic Publishers, pp. 279-290.
  15. Daniel, I.M., Gdoutos, E.E., Abot, J.L. (2003), Optical Methods for Analysis of Deformation and Failure of Composite Sandwich Beams. *Proceedings of the 2003 SEM Annual Conference*, (Charlotte-North Carolina, June 2-4, 2003).
  16. Hsiao, H. M., Daniel, I. M., Wooh, S. C. (1995), A New Compression Test Method for Thick Composites. *Journal of Composite Materials*, vol. 29, pp. 1789-1806.
  17. Daniel, I. M., Abot, J. L. (2000), Fabrication, Testing and Analysis of Composite Sandwich Beams. *Composites Science and Technology*, vol. 60, no. 12-13, pp. 2455-2463.
  18. Gdoutos, E. E., Daniel, I. M., Wang, K.A. (2002), Failure of Cellular Foams under Multiaxial Loading. *Composites, Part A*, vol. 33, pp. 163-176.
  19. Heath, W. G. (1969), Sandwich Construction, Part 2: The Optimum Design of Flat Sandwich Panels, *Aircraft Engineering*, vol. 32, pp. 230-235.
  20. Vinson, J. R. (1999), *The Behavior of Sandwich Structures of Isotropic and Composite Materials*. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA.
  21. Gdoutos, E. E., Daniel, I. M., Wang, K.A. (2001), Indentation Failure in Composite Sandwich Structures. *Proc. 2001 SEM Annual Conf.* (Portland-Oregon, June 4-6, 2001) pp. 528-531.
  22. Hoff, N. J., Mautner, S. E. (1945), The Buckling of Sandwich-Type Panels. *Journal of Aerospace Sciences*, vol. 12, pp. 285-297.
-

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 9ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010

## ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΖΑΜΠΟΓΛΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟ

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ἔχει σήμερα τὴ χαρὰ νὰ ὑποδεχθῇ ἐπισήμως τὸ νέο Ἀντεπιστέλλον Μέλος τῆς Τάξεως τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν, Καθηγητὴ κ. Νικόλαο Ζαμπόγλου.

Ὁ κ. Νικόλαος Ζαμπόγλου γεννήθηκε τὸ 1949 στὴ Λεμεσό, ὅπου καὶ περάτωσε τὶς ἐγκύκλιες σπουδές του. Στὴ συνέχεια φοίτησε στὰ Πανεπιστήμια Aachen καὶ Essen τῆς Γερμανίας, τῶν ὁποίων ἀνακηρύχθηκε Διδάκτωρ. Ἐλαβε εἰδικότητα στὸ Τμῆμα Ἀκτινοθεραπευτικῆς Ὀγκολογίας στὸ Νοσοκομεῖο Alfried Krupp τοῦ Essen, καὶ ὁλοκλήρωσε τὴν εἰδικότητά του στὸ Πανεπιστημιακὸ Νοσοκομεῖο τοῦ Dusseldorf. Ἀπὸ τὸ 1992 εἶναι Καθηγητὴς καὶ Διευθυντὴς τῆς Ὀγκολογικῆς καὶ Ἀκτινοθεραπευτικῆς Κλινικῆς τοῦ Νοσοκομείου τοῦ Offenbach, τμήματος τῆς ἀντίστοιχης Κλινικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Wolfgang Goethe τῆς Φρανκφούρτης.

Ἐχει τύχει σημαντικῶν γερμανικῶν διακρίσεων, ὅπως τὸ Βραβεῖο Hanns Langendorff τῆς Ἱατρικῆς Ἑταιρείας γιὰ τὴν Ἀκτινοπροστασία, τὸ Βραβεῖο τῆς Ἑταιρείας Μαστοῦ, τὸ Βραβεῖο Richard-Merten γιὰ πρωτοποριακὴ ἔρευνα, τὸ Βραβεῖο τῆς Ἑταιρείας Ἱατρικῆς Τεχνολογίας καὶ τὸ Βραβεῖο τῆς Χειρουργικῆς Ἑταιρείας.

Ἐχει πραγματοποιήσει ἑκατὸ καὶ πλέον δημοσιεύσεις σὲ ἔγκυρα διεθνή ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μὲ 1.200 περίπου ἀναφορές. Ἐχει, ἐπίσης, 15 συμμετοχὲς στὴ συγγραφὴ ἐπιστημονικῶν βιβλίων Ὀγκολογίας καὶ ἔχει συγγράψῃ 7 μονογραφίες.



Κύριε Καθηγητά, ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν εἶναι εὐτυχὴς πού σᾶς καλωσορίζει ὡς Ἀντεπιστέλλον Μέλος της καὶ σᾶς ἀπευθύνει τίς καλύτερες εὐχές της. Ταυτοχρόνως, σᾶς παραδίδω τὸ σχετικὸ δίπλωμα.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ

κ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗ

Λόγοι υγείας μὲ ὑποχρεώνουν νὰ μὴ βρίσκομαι σήμερα στὸ βῆμα καὶ νὰ στεροῦμαι τῆς χαρᾶς νὰ ὑποδεχθῶ τὸ νέο Ἀντεπιστέλλον Μέλος μας, τὸν Καθηγητὴ κύριο Νικόλαο Ζαμπόγλου. Εὐχαριστῶ τὸν συνάδελφο κ. Δημήτρη Τριχόπουλο πού θὰ διαβάσει τὸ σχετικὸ κείμενό μου.

Ὁ κ. Νικόλαος Ζαμπόγλου εἶναι ἀπὸ τὸ 1992 Διευθυντὴς καὶ Καθηγητὴς τῆς Ὀγκολογικῆς καὶ Ἀκτινοθεραπευτικῆς Κλινικῆς τοῦ Νοσοκομείου τοῦ Offenbach, τμήματος τῆς ἀντίστοιχης Κλινικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Wolfgang Goethe τῆς Φρανκφούρτης.

Ὁ κ. Νικόλαος Ζαμπόγλου, Ἕλληνας τῆς Κύπρου, γεννήθηκε τὸ 1949 στὴ Λεμεσό, ὅπου καὶ ἐπεράτωσε τίς ἐγκύκλιες σπουδές του. Στὴ συνέχεια φοίτησε στὸ Πολυτεχνεῖο τοῦ Aachen καὶ τὸ 1974 ἔλαβε πτυχίον Φυσικῆς. Τὸ 1977 ἀνακηρύχθηκε διδάκτωρ καὶ ἐν συνεχείᾳ φοίτησε στὴν Ἱατρικὴ Σχολὴ τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Essen, ἀπὸ ὅπου ἔλαβε τὸ πτυχίον τῆς Ἱατρικῆς. Παράλληλα διετέλεσε ἐπιστημονικὸς συνεργάτης τοῦ Ἰνστιτούτου Ἱατρικῆς Ἀκτινοβολίας καὶ Ἱατρικῆς Φυσικῆς τοῦ ἴδιου Πανεπιστημίου. Ἐλαβε εἰδικότητα στὸ Τμήμα Ἀκτινοθεραπευτικῆς Ὀγκολογίας στὸ Νοσοκομεῖο Alfried Krupp τοῦ Essen (1985-1986) καὶ τὴν ὁλοκλήρωσε στὸ Πανεπιστημιακὸ Νοσοκομεῖο τοῦ Dusseldorf (1986-1989). Τὸ 1987 ἀνακηρύχθηκε Διδάκτωρ τῆς Ἱατρικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Essen καὶ τὸ 1989 Ὑφηγητὴς στὴν Ἀκτινοθεραπευτικὴ Ὀγκολογία.

Τὸ διάστημα 1990-1992 ἐργάστηκε ὡς Ἐπιμελητὴς Α' στὸ Τμήμα Ἀκτινοθεραπευτικῆς Ὀγκολογίας τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Dusseldorf καὶ τὸ 1993 ὡς Ἐρευνητὴς Καθηγητὴς στὸ Ἰνστιτούτο Ἡλεκτρονικῶν Συστημάτων καὶ Ὑπολογιστῶν τοῦ Ἐθνικοῦ Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ἀπὸ τὸ 2001 ἕως τὸ 2007 διετέλεσε Μέλος τοῦ προεδρείου τῆς Γερμανικῆς Ἀκτινολογικῆς Ἑταιρείας καὶ ἀπὸ τὸ 2003 ἕως τὸ 2005 Πρόεδρος τῆς Γερμανικῆς Ἀκτινοογκολογικῆς Ἑταιρείας.

Ο κ. Ζαμπόγλου, με τὸ ἔργο του, ἔχει διαγράψει μία ὁμολογουμένως ζηλευτὴ ἐπιστημονικὴ, ἐρευνητικὴ καὶ διοικητικὴ πορεία. Ἔχει τύχει πολλῶν διακρίσεων καὶ ἔχει συγγράψει σημαντικὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο. Οἱ ἐρευνητικὲς του δραστηριότητες ξεκινοῦν κατὰ τὴ δεκαετία τοῦ 1970, ὅταν ὡς φυσικὸς ἐστίασε τὸ ἐρευνητικὸ του ἐνδιαφέρον στὴ Βιολογικὴ Δοσιμετρία καὶ τὴν Ἀκτινοβολία στὸ Κέντρο Πυρηνικῶν Ἐρευνῶν Julich καὶ στὸ Ἰνστιτούτο Ἰατρικῆς Φυσικῆς καὶ Ἀκτινοβολίας τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Essen. Τὴ δεκαετία τοῦ 1980 τὸ ἐνδιαφέρον του μετατοπίστηκε στὴν κλινικὴ ἔρευνα τῆς συνδυασμένης ἀκτινοχημιοθεραπείας. Οἱ ἐφαρμογὲς τῆς μεθόδου ἔγιναν στὴν Πανεπιστημιακὴ Κλινικὴ τοῦ Dusseldorf. Μετὰ τὴν ἀνάληψη τῆς διεύθυνσης τῆς Ἀκτινοογκολογικῆς Κλινικῆς τοῦ Offenbach τὸ 1992, ἀσχολήθηκε τόσο μετὰ τὴν Κλινικὴ ὅσο καὶ μετὰ τὴν ἔρευνα τεχνολογίας καὶ φυσικῆς τῆς Ἐπεμβατικῆς Ἀκτινοθεραπείας-Βραχυθεραπείας.

Οἱ συνεργασίες μετὰ τὸν καθηγητὴ τοῦ Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ν. Οὐζούνογλου, τὸν καθηγητὴ τοῦ Πολυτεχνείου Darmstadt Γ. Σακά στὴν Τεχνολογία, καὶ τὸν καθηγητὴ Δ. Μπάλτα στὴ Φυσικὴ ἦταν καθοριστικὲς γιὰ τὰ ἐρευνητικὰ βήματα ποὺ ἐπιτεύχθηκαν στὸν τομέα αὐτὸ καὶ τὴν ἀνάλογη ἐπιστημονικὴ ἐμβέλεια ποὺ ἀπέκτησε ἡ Κλινικὴ του.

Ἡ Ἀκτινοθεραπευτικὴ Ὀγκολογία ἔχει ἀντικείμενο τὴ βελτίωση στὸ μέγιστο τῆς ἀποτελεσματικότητος τῆς ἀκτινοβολίας ἐναντίον τῶν κακοήθων ὄγκων.

Οἱ τεχνολογικὲς ἐξελίξεις τῆς τελευταίας δεκαετίας ἔχουν δώσει τεράστια ὥθηση στὴν Ἀκτινοθεραπεία. Οἱ σύγχρονες ἀπεικονιστικὲς μέθοδοι ἐπιτρέπουν πλέον τὴν ἀκριβὴ ὀριοθέτηση τοῦ ὄγκου, ἐνῶ ἡ σύνθεση εἰκόνων ἀξονικῆς τομογραφίας, ὑπερήχων καὶ μαγνητικῆς τομογραφίας παρέχει τὴ δυνατότητα ἀκριβοῦς τοποθέτησης τῶν δεσμῶν τῆς ἀκτινοβολίας καὶ βελτίωσης στὸ μέγιστο τῆς κατανομῆς τῆς δόσης τῆς ἀκτινοβολίας.

Ἡ χορήγηση τῆς ἀκτινοβολίας πραγματοποιεῖται ἐπίσης καὶ μετὰ τὴν εἰσαγωγή ραδιενεργῶν πηγῶν μέσα στοὺς ὄγκους, μετὰ τὴν ὁποία ἐπιτυγχάνονται ὑψηλὲς δόσεις ἀκτινοβολίας μετὰ παράλληλη μείωση τῆς ἀκτινοβολήσεως τῶν παρὰκειμένων ὀργάνων ἰστών. Ἡ ἐπεμβατικὴ αὐτὴ μέθοδος ἀκτινοθεραπείας ὀνομάζεται Βραχυθεραπεία.

Σήμερα οἱ ἀπεικονιστικὲς μέθοδοι ἐπιτρέπουν τὴν τρισδιάστατη καταγραφή τῶν ἀνατομικῶν δομῶν τοῦ σώματος καὶ τοῦ καρκινικοῦ ὄγκου. Μετὰ τὴ βοήθεια τῆς εἰκονικῆς προσομοίωσης καθορίζεται μετὰ μεγάλη ἀκρίβεια ἡ κατεύθυνση εἰσαγωγῆς στὸ σῶμα τῶν εἰδικῶν καθετῆρων, μέσω τῶν ὁποίων τοποθετοῦνται ἐντὸς



των ὄγκων τὰ ραδιενεργὰ ὑλικά. Συνεπῶς, οἱ δυνατότητες εἶναι τώρα ὄχι μόνο πολὺ περισσότερες ἀλλὰ καὶ ἡ ἀκρίβεια καὶ ἡ ἀσφάλεια τῆς βραχυθεραπείας πολὺ καλύτερες. Ἡ μέθοδος αὕτη λέγεται Βραχυθεραπεία Μεταφόρτισης (after loading) καὶ γίνεται μὲ πηγὴ ραδιενεργοῦ ἰδιοῦ ὑψηλοῦ ρυθμοῦ δόσης (HDR, High Dose Rate). Ἡ θεραπεία αὕτη προσφέρεται μόνο σὲ ἐξειδικευμένα κέντρα.

Ὡς πρὸς τὶς κλινικὲς ἐφαρμογές, τὰ τελευταῖα χρόνια, ὁ κ. Ζαμπόγλου καὶ ἡ ἐρευνητικὴ του ὁμάδα, ἐκμεταλλεόμενοι τὸ γεγονός ὅτι μέσα στοὺς καθετήρες ἡ ραδιενεργὸς πηγὴ μπορεῖ νὰ σταματᾷ ὄχι μόνο σὲ συγκεκριμένη θέση ἀλλὰ καὶ νὰ ρυθμίζεται ἡ διάρκεια παραμονῆς της σὲ κάθε θέση ξεχωριστά, μπόρεσαν νὰ αὐξήσουν τὸ φάσμα ἐφαρμογῶν τῆς μεθόδου. Οἱ καθετήρες τοποθετοῦνται μὲ βοήθεια ἀπεικονιστικῶν μεθόδων (CT, MRI, US), ἀφοῦ προηγηθεῖ εἰκονικὴ ἐξομίωση. Νέες δυνατότητες δίδονται στὴν ἀντιμετώπιση τοῦ καρκίνου τοῦ προστάτη, τοῦ μαστοῦ, τῶν σαρκωμάτων, τῶν ὑποτροπῶν ὄγκων ἐγκεφάλου καὶ τῶν μεταστάσεων μαλακῶν μορίων, μὲ σημαντικὴ βελτίωση τῆς ποιότητος ζωῆς τῶν ἀσθενῶν.

Στὸ Κέντρο του, ὁ κ. Ζαμπόγλου, μὲ τὴ βοήθεια τῶν μεθόδων βελτιστοποίησης τῆς δοσιμετρικῆς κατανομῆς τῆς ἀκτινοβολίας ποὺ ἀνέπτυξε ὅσο καὶ τῶν μεθόδων εἰκονικῆς ἐξομίωσης ποὺ ἐπινόησε, κατόρθωσε νὰ προσφέρει τὴν τελευταία δεκαετία ἱατρικὲς ὑπηρεσίες Ἐπεμβατικῆς Ἀκτινοογκολογίας σὲ περισσότερους ἀπὸ 10.000 ἀσθενεῖς, ἀπὸ τοὺς ὁποίους 800 ἦταν Ἕλληνες ποὺ προσέφυγαν στὸ Κέντρο του μὲ κάλυψη τῶν ἐξόδων τους ἀπὸ τὸ Δημόσιο.

Ἐκπαίδευσε, ἐπίσης, στὴ μέθοδό του στελέχη ἀπὸ περισσότερα τῶν 100 κέντρων, μεταξύ τῶν ὁποίων 7 ἦταν ἐλληνικά. Στὴν Κλινικὴ του ἐργάζονται 8 Ἕλληνες ἱατροὶ καὶ 5 φυσικοί.

Ὡς πρὸς τὴ συμβολὴ στὴν ἐξέλιξη τῆς HDR-Βραχυθεραπείας (Ἐπεμβατικῆς Ἀκτινοογκολογίας) ἡ ἐρευνητικὴ ὁμάδα τοῦ κ. Ζαμπόγλου, δημιουργώντας τὸ λογισμικὸ γιὰ τὴν αὐτόματη ἀναγνώριση τῶν καθετήρων μέσα στὸ ἀνθρώπινο σῶμα μὲ βάση τὴν ἀπεικόνιση ἀξονικοῦ μαγνήτη ἢ ὑπερήχων καὶ τὴν μεταφόρτισή τους μόνο στὰ σημεῖα τῶν καθετήρων ποὺ βρίσκονται μέσα στὸν ὄγκο, κατόρθωσε γιὰ πρώτη φορὰ νὰ ἀκτινοβολήσει μὲ βραχυθεραπεία προδιαγραφόμενους στόχους καὶ νὰ διαμορφώσει τὴν κατανομὴ ἴσων δόσεων στὴν περιφέρεια τοῦ ὄγκου, ὅπως διαγράφεται τρισδιάστατα. Νέες δυνατότητες ἐρευνας διαμορφώθηκαν, ἐπίσης, τόσο στὸν τομέα τῆς Φυσικῆς γιὰ βελτιστοποίηση τῆς δόσης, ὅσο καὶ στὴν Ἐφαρμοσμένη Βιοϊατρικὴ Τεχνολογία Ἀπεικόνισης, Ρομποτικῆς καὶ Πλοήγησης.



Ἡ ἀδρὴ καὶ συμπυκνωμένη περιγραφὴ τοῦ τόσο σημαντικοῦ ἐρευνητικοῦ ἔργου τοῦ κ. Ζαμπόγλου στὴν ἀντιμετώπιση τοῦ καρκίνου καὶ ἡ προσφορὰ του στὴν ἀνθρωπότητα τὸν κατατάσσουν στοὺς ἀξιους καὶ συνειδητοὺς Ἕλληνες.

Μαζὶ μὲ τὰ θερμὰ μου συγχαρητήρια ἐκφράζω καὶ τὴ βεβαιότητα ὅτι ὁ κ. Ζαμπόγλου, μὲ τίς γνώσεις καὶ τὸ ἐρευνητικό του ἔργο, θὰ συμβάλει οὐσιαστικά στὸ ἔργο τῆς Ἀκαδημίας.



## ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΖΑΜΠΟΓΛΟΥ

Ἀξιότιμε Κύριε Πρόεδρε,  
Ἀξιότιμα μέλη τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν,  
Κυρίες καὶ Κύριοι,

Καταρχὰς θέλω νὰ ἐκφράσω τὴ λύπη μου ποὺ ὁ Γενικὸς Γραμματέας τῆς Ἀκαδημίας κύριος Ματσανιώτης δὲν εἶναι σήμερα μαζί μας. Τοῦ εὐχομαι ταχέως ἀνάρρωση.

Εὐχαριστῶ τὸν Ἀκαδημαϊκὸ, Καθηγητὴ κύριο Τριχόπουλο γιὰ τὰ καλὰ του λόγια.

Θέμα τῆς ὁμιλίας μου εἶναι οἱ νέες ἐξελιξις στὴν Ἑπεμβατικὴ Ἀκτινοογκολογία.

Ἡ ἱστορία τῆς Ἀκτινοογκολογίας ἀρχίζει τὸ 1895 μὲ τὴν ἀνακάλυψη τῶν ἀκτίνων Χ ἀπὸ τὸν Wilhelm Conrad Röntgen στὸ Würzburg τῆς Γερμανίας. Ἐνα χρόνο μετὰ, ὁ Antoine-Henri Becquerel ἀνακοινώνει τὴν ἀνακάλυψη τῆς ραδιενέργειας, καὶ τὸ 1898 ἡ Marie καὶ ὁ Pierre Curie ἀνακαλύπτουν τὸ ραδιενεργὸ ράδιο (Ra-226). Ἦδη ἀπὸ τίς ἀρχές τοῦ 20οῦ αἰῶνα ξεκινᾷ ἡ ἐπιφανειακὴ ἐφαρμογὴ τοῦ Ra-226 γιὰ θεραπεία δερματικῶν ὄγκων (Εἰκ. 1). Πρῶτος διατύπωσε τὴν ἰδέα τῆς ἐνδοϊστικῆς τοποθέτησης τοῦ ραδίου τὸ 1903 ὁ Alexander Graham Bell καὶ τὴν ἴδια χρονιά τὸ ἐφάρμοσε στὴ Γερμανία ὁ Hermann Strebel. Πολὺ σύντομα ἔγινε ἀντιληπτὸ τὸ πρόβλημα τοῦ ἐλέγχου τῆς δόσης τῆς ἀκτινοβολίας. Αὐτὸ δημιουργοῦσε ἀνεξέλεγκτη κατανομὴ τῆς δόσης τῆς ἀκτινοβολίας μὲ μεγάλες παρενέργειες στοὺς ὑγιεῖς ἰστούς.

Ἰκανοποιητικὴ δοσμετρικὴ ἀπάντηση δόθηκε στὴ δεκαετία τοῦ '60 ἀπὸ τὴν φυσικὸ Dutrex μὲ τὴν εἰσαγωγὴ τοῦ Paris System. Τὸ σύστημα αὐτὸ προέβλεπε συγκεκριμένη παράλληλη διάταξη τῶν ραδιενεργῶν πηγῶν γιὰ νὰ ἀποφεύγονται οἱ ὑψηλές ἀνεξέλεγκτες δόσεις στοὺς ὑγιεῖς ἰστούς. Αὐτὸ ὅμως περιορίζει τίς ἐνδείξεις τόσο τῶν ἀνατομικῶν περιοχῶν ποὺ μποροῦν νὰ θεραπευθοῦν, ὅσο καὶ τοῦ μεγέθους τῶν ὄγκων καὶ τῆς μορφῆς τους.



Είκ. 1. Έπιφανειακή εφαρμογή Ra-226 στις αρχές του 20ού αιώνα.

#### ΒΡΑΧΥΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΤΙΣΗΣ

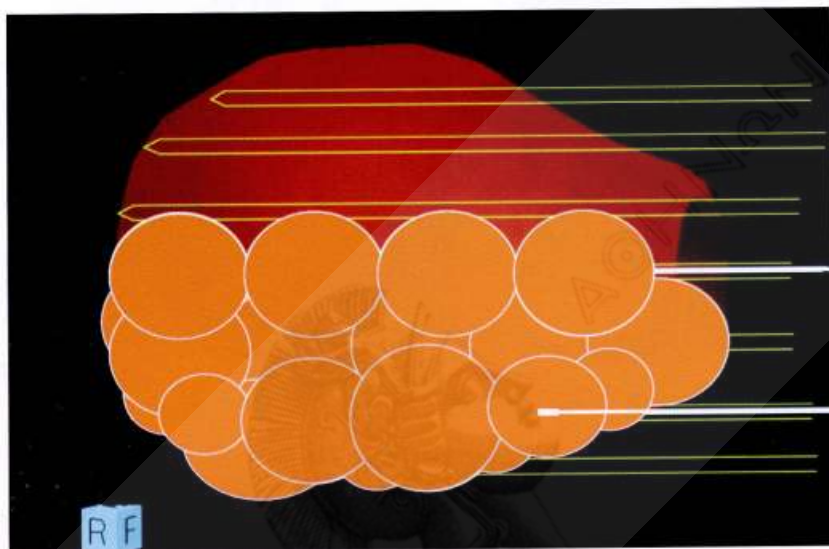
Στή σύγχρονη Βραχυθεραπεία, το μηχάνημα μεταφόρτισης δίνει σημαντικές νέες δυνατότητες.



Είκ. 2. Μηχάνημα βραχυθεραπείας μεταφόρτισης Afterloading (High Dose Rate).



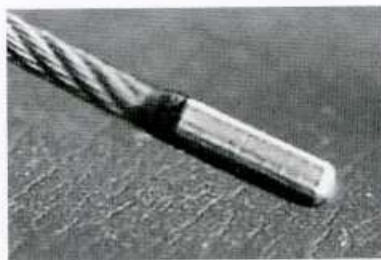
Τὸ Afterloading ἐπιτρέπει τὴν τηλεκατευθυνόμενη εἰσαγωγή τῆς πηγῆς ἰριδίου-192 μέσα στοὺς καθετῆρες, ὅπου παραμένει σὲ προκαθορισμένες θέσεις γιὰ συγκεκριμένο χρονικὸ διάστημα (Εἰκ. 3).



Εἰκ. 3. Τηλεκατευθυνόμενη εἰσαγωγή τῆς πηγῆς στοὺς καθετῆρες ποὺ βρίσκονται μέσα στὸν ὄγκο.

Οἱ δυνατότητες βελτιστοποίησης τῆς δοσιμετρίας τῆς ἀκτινοβολίας γίνονται ἔτσι σαφῶς περισσότερες, καὶ οἱ ἐνδείξεις ἐφαρμογῆς διευρύνονται.

Μετὰ τὴν ἀκτινοβολήση, ἡ πηγὴ βγαίνει ἀπὸ τοὺς καθετῆρες καὶ φυλάσσεται σὲ εἰδικὰ ἀκτινοπροστατευόμενα δοχεῖα. Οἱ καθετῆρες μπορεῖ νὰ παραμείνουν μέσα στὸν ὄγκο, ὥστε τὶς ἐπόμενες μέρες νὰ γίνῃ νέα ἀκτινοβολήση.



4. Πηγὴ ἰριδίου-192. Οἱ διαστάσεις τῆς πηγῆς εἶναι 3,6 x 0,7 χιλ.

Στο μεσοδιάστημα, επειδή δεν υπάρχει ραδιενεργός πηγή μέσα στους καθετήρες, ο ασθενής δεν εκπέμπει ακτινοβολία και έτσι δεν επιβαρύνει το περιβάλλον του με ραδιενέργεια, ενώ ούτε μετά το πέρας της θεραπείας ακτινοβολεί τους γύρω του.

Συνεπώς, οι δυνατότητες είναι τώρα όχι μόνο πολύ περισσότερες αλλά και η ακρίβεια και η ασφάλεια της βραχυθεραπείας καλύτερες. Η μέθοδος αυτή λέγεται Βραχυθεραπεία Μεταφόρτισης (Afterloading), και γίνεται με πηγή ραδιενεργού ιριδίου υψηλού ρυθμού δόσης (High Dose Rate, HDR).

Μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του '90, η εφαρμογή και ο σχεδιασμός της βραχυθεραπείας γινόταν με αυστηρή γεωμετρική κατανομή των καθετήρων, συνήθως σε τριγωνική διάταξη, ανεξάρτητα από τη μορφολογία του όγκου και την ανατομική του σχέση με τους υγιείς ιστούς. Αυτό περιόριζε σημαντικά τις δυνατότητες της βραχυθεραπείας, διότι κατανομή της δόσης ακτινοβολίας ήταν προδιαγεγραμμένη και οι δυνατότητες να συμμορφωθεί στις ανατομικές ιδιαιτερότητες των ασθενών ήταν σχεδόν ανύπαρκτες. Οι συνεργασίες με τον καθηγητή του Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ν. Ουζούνoglou, τον καθηγητή του Πολυτεχνείου Darmstadt Γ. Σακά στην Τεχνολογία και τον καθηγητή Δ. Μπάλτα στη Φυσική ήταν καθοριστικές για τα επιστημονικά άλματα που επετεύχθησαν στον τομέα αυτό και την εμβέλεια που απέκτησε η κλινική μας.

Η έρευνητική μας ομάδα, δημιουργώντας το λογισμικό για την αυτόματη αναγνώριση των καθετήρων μέσα στο ανθρώπινο σώμα με βάση την απεικόνιση αξονικού μαγνήτη ή υπερήχων και τη μεταφόρτισή τους μόνο στα σημεία των καθετήρων που βρίσκονται μέσα στον όγκο, κατόρθωσε για πρώτη φορά να ακτινοβολήσει με βραχυθεραπεία προδιαγεγραμμένους στόχους και να συμμορφώσει τις ισοδοσιακές στην περιφέρεια του όγκου, όπως διαγράφεται τρισδιάστατα. Η ομάδα μας, επίσης, πρωτοστάτησε διεθνώς στις νέες δυνατότητες έρευνας που διαμορφώθηκαν, τόσο στον τομέα της Φυσικής για βελτιστοποίηση της κατανομής της δόσης, όσο και στην Εφαρμοσμένη Βιοϊατρική Τεχνολογία Απεικόνισης, Ρομποτικής και Πλοήγησης.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η μέθοδος στην ακτινοβολία του καρκίνου του προστάτη. Το όργανο αυτό βρίσκεται ανατομικά σε άμεση γειτνίαση με το όρθο έντερο και την ουροδόχο κύστη. Στη μέση του προστάτη περνά η ούρηθρα, στην κορυφή του βρίσκεται το μυϊκό σύστημα της συγκράτησης των ούρων και στα κάτω πλάγια άκρα του βρίσκονται τα νεύρα και τα αγγεία που είναι υπεύθυνα για τη στύση. Το λογισμικό που αναπτύξαμε επιτρέπει την τρισδιάστατη οριοθέτη-

ση όλων των ως άνω ιστών, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατες απεικονίσεις υπερήχων που επιτρέπουν τη σύντηξη με εικόνες αξονικής, μαγνητικής τομογραφίας, φασματοσκοπίας και PET. Ακολούθως, όρίζοντας τη δόση που ο προστάτης χρειάζεται να ακτινοβοληθεί και τη μέγιστη δυνατή επιβάρυνση των γειτνιαζόντων υγιών ιστών, το σύστημα είναι σε θέση από δισεκατομμύρια δυνατών συνδυασμών κατανομής των καθετήρων μέσα στον προστάτη να προτείνει για κάθε περίπτωση ασθενούς τη βέλτιστη. Και αυτό γίνεται σε χρόνο λιγότερο από ένα λεπτό. Η τοποθέτηση των καθετήρων γίνεται μέσω όπων του πλακιδίου που είναι τοποθετημένο μπροστά στο περίνεο.

Έχει αποδειχτεί ότι χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα, η ίαση του καρκίνου του προστάτη κυμαίνεται στα ίδια ποσοστά με αυτήν της αφαίρεσης του οργάνου, τα ποσοστά όμως ακράτειας ούρων μετά τη βραχυθεραπεία είναι άμελητά. Η διατήρηση της στύσης ανέρχεται στο 80%.

Η κλινική μας έρευνα διεύρυνε τις ενδείξεις της βραχυθεραπείας. Την τελευταία δεκαετία κατορθώσαμε να προσφέρουμε ιατρικές υπηρεσίες Έπεμβατικής Ακτινοογκολογίας σε περισσότερους από 10.000 ασθενείς. Οι επιτυχίες στην αντιμετώπιση του καρκίνου του προστάτη, του μαστού, των σαρκωμάτων, των υποτροπών όγκων εγκεφάλου και των μεταστάσεων μαλακών μορίων κέντρισαν το ενδιαφέρον των συναδέλφων για εκμάθηση των μεθόδων της Έπεμβατικής Ακτινοογκολογίας. Στη διάδοση της μεθόδου επικεντρώνεται τώρα το έρευνητικό μας ενδιαφέρον. Γι' αυτό αναπτύξαμε σύστημα εικονικής εξομοίωσης, που επιτρέπει την εμφύτευση των καθετήρων στους όγκους, σε οποιοδήποτε μέρος του σώματος, τρισδιάστατα. Τη στιγμή της εικονικής εμφύτευσης βλέπουμε στο σύστημα και την κατανομή της δόσης της ακτινοβολίας. Έτσι υπάρχει ποιοτικός έλεγχος τόσο της διάταξης των καθετήρων, όσο και της κατανομής της δόσης που μπορεί εικονικά να επιτευχθεί πριν ξεκινήσουμε την εμφύτευση των καθετήρων στον ασθενή. Η μεταφορά του εικονικά προσχεδιασμένου πλάνου επί του ασθενούς επιτυγχάνεται με τη δικτύωση του λογισμικού σε σύστημα Ρομποτικής. Αυτό με ακτίνα laser καθοδηγεί το σημείο και την κατεύθυνση εισαγωγής του καθετήρα στο σώμα. Με αυτήν την εξέλιξη μεταφέρεται συμπυκνωμένη κλινική εμπειρία δεκαετιών και διαδίδεται ή μεθοδολογία και ή τεχνογνωσία της Έπεμβατικής Βραχυθεραπείας σε πολλές ακτινοθεραπευτικές κλινικές. Έτσι η θεραπευτική αγωγή θα γίνει προσβάσιμη σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό ασθενών.



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 18ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010

---

## ON THE LONG-TERM SEISMICITY OF THE CITY OF ATHENS\* [ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ]

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. Ν. ΑΜΒΡΑΖΗ

### INTRODUCTION

Systematic studies of historical and more recent earthquakes show that the seismic hazard of the Basin of Athens and of the city of Athens proper is rather low, with no known destructive earthquakes having occurred during its very long history.

Figure [1] shows the location of Athens in the homonymous Basin of Attica in the mid-1700s.

What we know about earthquakes in the Basin may be assessed from the distribution, attitude and rupture length of active faults within a radius of 100 km from Athens, which are active elements capable of producing locally damaging earthquakes of limited magnitude.

However, nearer to Athens, in the Basin and within a radius of less than about 10 km, very small, shallow, normal faults without any predominant orientation, or indication of recent activity, abound. They are all secondary or tertiary inactive tectonic features incapable of producing earthquakes of any consequence.

It appears, therefore, that the nearest known active faults to Athens are more than 10 km away and that they are all of relatively short length and of

---

\* This is the full text of the lecture read at the Academy of Athens on 18 February 2010.

normal mechanism, with depths less than 10 km. This in turn implies that earthquakes occurring during the past twenty-five centuries originating from outside the Basin should merely have been felt in Old Athens, without their causing any serious damage to the city.

In fact, in spite of the fact that the long-term seismicity of the region is imperfectly known, some of these felt earthquakes, not many, can be found in the historical records of the city. Unfortunately, information in any language, Greek, Occidental or Othmanli, about earthquakes in Attica is very scarce for the period between the second and the sixteenth centuries.

Occidental consular correspondence from nearby towns such as Corinth, Negreponte and Napoli di Romania began only in the early sixteenth century. Ottoman archival information is also available from the same time.

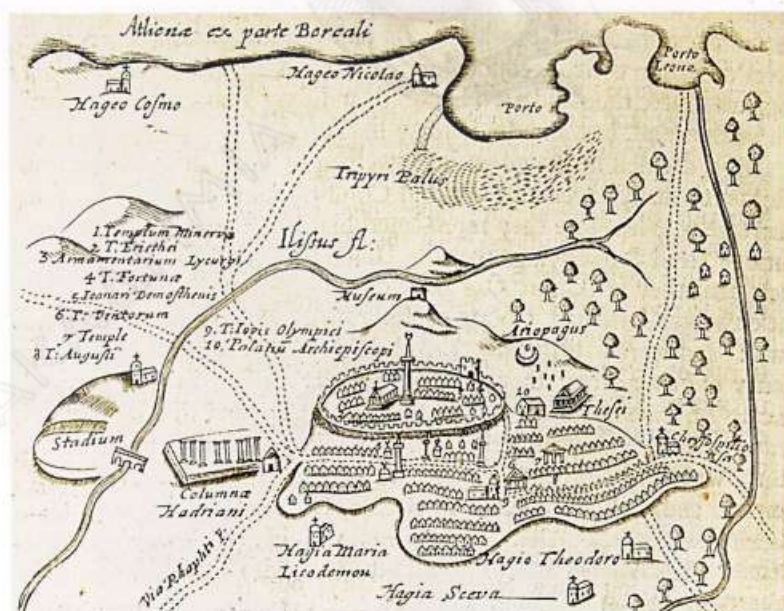
There is also some information left by travellers since the twelfth century, who passed through Athens (see {F1C}). Although this kind of information is telegraphic in style and very sparse, it does tell us whether earthquakes worth mentioning had occurred in the city or in neighbouring towns.

In conclusion, a statistical treatment of regional tectonics combined with seismicity confirms that harmless earthquakes within a radius of about 10 km from the city did occur in Athens almost yearly. They were occasionally strong enough to cause some damage, which was always associated with relatively large earthquakes originating at much larger distances from the city {F1}. This is confirmed by the detailed record of the last 300 years, which is now available, during which the City of Athens was shaken a number of times, but without any serious damage.

At this stage it is important to consider that the urban population and size of the old city changed many times, from a few thousands to not more than about 25,000, while its size was never more than about 4 km<sup>2</sup> [Fig. 2]. In contrast, today Greater Athens measures 550 km<sup>2</sup> [Fig. 3], and has a population of over 3,000,000 [Fig. 4]. The significance of this rapid growth in urban area during the twentieth century is that Athens has spread out to the extent that today it encompasses regions that are seismically active but which two centuries ago were more than 10 km to the north of the Old City [Fig. 5].



[Fig. 1a] Athens and the Basin of Attica in 1754 (Le Roy 1770).



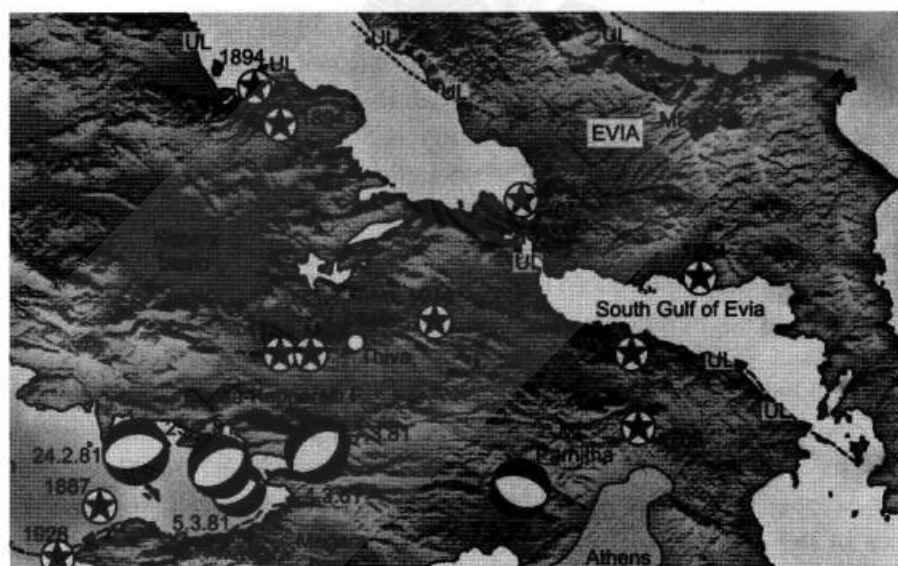
[Fig. 1b] A map of Athens of 1675, made 12 years before the siege of the city and 30 years before the earthquake of 1705.







[Fig. 4] Population growth of Athens during the last two centuries.



[Fig. 5] Active faults and epicentres of historical and twentieth-century earthquakes located northeast of Athens. After 1963, source mechanisms are after CMT. The extent of modern Athens is shown at the centre of the lower border. Locations of historical earthquakes are only for plotting (MG).

There is, however, some historical evidence for an early-eighteenth-century earthquake that allegedly caused considerable damage in Athens. The facts about this event, although not clear, are sufficiently important to

raise some doubts about the relative immunity of the Old City with regard to damaging earthquakes. Indeed, some modern writers consider that the damage was "great", large enough to refute the claim that Old Athens was genuinely free of destructive earthquakes.

This article confirms that the seismic hazard of the Basin of Athens and of the city of Athens itself is low, with no known destructive earthquakes having occurred during its very long history.

It is written chiefly for the scientist and engineer rather than for the historian or the archaeologist. It gives an interdisciplinary account of the effects of this allegedly "great" eighteenth-century earthquake in Athens that is based on primary occidental and oriental sources of information. It presents a range of general environmental and technical points, rather than engaging in a detailed discussion of individual historical or archaeological aspects, which is left to the specialists.

Some of the historical background and images given in this article may be known to those who are familiar with the history of Athens. However, these details are given here again but in a different context, not only for the sake of completeness but also for the benefit of the engineering seismologist who must be able to evaluate the information and gain an insight into the seismic vulnerability of the built environment at the time of the earthquake.

#### ATHENS AT THE TURN OF THE SEVENTEENTH CENTURY

Well before 1687, Athens had declined to the status of a small country town with a population of about 9,000 [Figs. 1 and 2]. In that year, the town was besieged by the Venetians and taken on 28 September. On this occasion the Acropolis was damaged and the Parthenon within largely destroyed by one of the cannon balls, which caused the explosion of the ammunition stores there (Lampros 1926).

Shortly afterwards, in April 1688, Athens was given up by the Venetians. The Ottomans re-entered, but only after the inhabitants, who feared reprisals, had abandoned the town, taking refuge on nearby islands and in the Peloponnese. It is said that much of the countryside around Athens and the town itself continued to remain deserted for almost three years and that people did not begin to return until sometime in December 1690 (Sathas 1869, 354-377).



By the end of the seventeenth century Athens, which had already been under Ottoman rule for two and a half centuries, had been repaired and its population, excluding the Ottoman garrison on the Acropolis, rose to about 8,000 inhabitants. The town encompassed an area of less than 4 km<sup>2</sup>, which, with small fluctuations, increased with time to not more than 4 km<sup>2</sup> in 1800. Today, Greater or Metropolitan Athens occupies an area of 550 km<sup>2</sup> and has a population of over 3,000,000, with its limits to the north having grown by 10 km, approaching, and in places encompassing, regions of relatively active tectonics and high seismicity.

The Acropolis, on the southern edge of the town, is on a knoll of Late Cretaceous limestone resting on the marls and sandstones of the Athenian schists series [Fig. 2]. Jointed and fissured limestone is well exposed on the surface, on which all of the important monuments are built on bases made from limestone brought from elsewhere. The top of the Acropolis has been levelled with artificial fill (the provenance of which is not known), mostly free-draining, which at its edge all around is contained laterally by a circuit wall.

The circuit walls are also founded on steep slopes of pervious limestones and in places the masonry wall is reinforced with buttresses built at various times to support the ageing retaining walls. The walls support a back-fill, the thickness of which behind the north walls is less than 6 m, while on the south walls it reaches a thickness of 17 m. [For a simplified version of the geology of the Acropolis see the early mapping by Trikkalinos (1975)]. In places, below the base of the walls and all the way down to the impervious schists, seepage of water channelled through the fractured limestones has created solution cavities and instability of steep slopes, which even under normal conditions are prone to rock falls.

**HISTORICAL EVIDENCE FOR THE EARTHQUAKE OF 1705 IN ATHENS.** Evidence for earthquake damage in Athens at about the turn of the seventeenth century was found in a four-page manuscript history of Athens, the so-called Anargyrian Fragments (Pittakis 1853). This manuscript, most probably dating from the eighteenth century, the authenticity of which was in doubt (viz. Zisiou 1885), is made up of fragments of a history of Athens and contains two garbled passages about earthquake damage to the town shortly after the brief occupation of Athens by the Venetians in 1687.

Unfortunately, events in this chronicle are not dated and they are hopelessly confused; later events are given first and a series of earlier events,

running consecutively, is given later. Attempts to date the fragments in this chronicle and identify conclusively their sequence have so far been unsuccessful (Kambouroglou 1959, 60-67).

The first page of the manuscript contains the following passage: "[...] At that time we built the outer wall of the monastery, and repaired the church of Agia Paraskevi; as for the citizens [of Athens] they restored [ἀνόρθωσαν] the south wall of the Fort, which two years ago the earthquakes had ruined (κατέστρεψαν)".

The second page ends with the following passage: "[...] During this year there was a great earthquake, and all the houses were shaken, and the church of St. Dionysius was rent in two, and the upper story of the residence of the Metropolitan [Prelate, Bishop: Ἀρχιερέας] was destroyed by the fall of a boulder from the Rock above. This happened in the evening of St. Chariton's day; and many dwellings belonging to the monastery of Sotiros Nikodimou were overthrown, and the Vasiliki Ekklesia [Βασιλική Ἐκκλησία] was fissured, and on the third day, in the Metropolis, Demetrios was struck dead by a thunderbolt" (Pittakis 1853).

The year in which this happened is not given, but the context in which these events are recorded suggests that they must have taken place after the return of the Athenians to the town from their voluntary exile, about three years after the departure of the Venetians in 1688.

No other coeval occidental chronicles or private correspondence has been found hinting at the occurrence of this particular earthquake in Athens.

However, a series of unpublished Ottoman documents fixes unambiguously the year of the earthquake, confirming that the earthquake in Athens mentioned in the Fragments is not a fabrication.

One of these documents, dated 7 Ramadan aH 1117 (23 December AD 1705 NS) states that the Castle of Athens was damaged in an earthquake in aH 1117, as reported by the *cadi* of Athens on 16 Rajab aH 1117 (3 November 1705 NS): "[...] Athens Castle [...] was this year damaged and ruined in an earthquake". The earthquake may thus be dated to between 25 April (which fell on the first day of aH 1117) and 3 November 1705 (BBA:MMD 4355.367, 447).

The damage to the Acropolis is also recorded in the registers of the central treasury in Istanbul on 4 Sha'ban aH 1119 (31 October 1707 NS). It is stated that repairing the damage required 6,260 square cubits of masonry at a cost of 6,369 gurush, of which the Porte agreed to provide 4,000 gurush



from central funds. Also, there is a reference to a need “[...] for the repair of some places and the cistern and the armoury inside the Castle of Athens in the *liva* of Eğriboz, which was earlier ruined and damaged by an earthquake”. Other documents refer to the need to repair the four gates of the Castle, and to other administrative arrangements for the provision of materials and labour (BBA:MMD 4355.447).

It is further noted that the earthquake had ruined all but 5 or 6 of the 24 cisterns within the castle. It is added that the repair of all the damage caused by the earthquake was deemed of the utmost urgency because of continual pirate raids in the vicinity (BBA:MMD 3878.324). Other documents refer to administrative arrangements for the repairs, materials and labour, and their issuing continued, with considerable delays, for almost three years after the earthquake.

Finally, another register confirms that by 7 Rabi-II aH 1120 (26 June 1708 NS) repairs had been completed according to strict specifications as to the local sources from which materials and labour should be drawn (BBA:MMD 3878.324).

An inscription at the entrance of the Castle dated 1120 aH (1708) confirms the reconstruction and repairs of structures such as the fountain north of the Acropolis and the Turkish Fort (Kambouroglou 1922, 69, 111).

There is evidence that the earthquake caused some damage also in Negreponte (Eğriboz, Chalkis). An Ottoman document dated 18 Jumada-II aH 1117 (7 September 1705 NS) gives the extent of earthquake-related repairs to the ageing and battered walls of Eğriboz (Chalkis) (BBA:MMD 4355.318-320; BBA:MMD:9895.36-37). Since other contemporaneous repairs at both Eğriboz and Kara Baba castles are listed separately on these pages, it may justifiably be assumed that they refer to the damage of 1694 aggravated by the earthquake of 1705.

The extent of earthquake damage in Eğriboz (Chalkis), though not the date on which it occurred, is confirmed in another account of the repairs which were finally carried out between 28 Jumada-II aH 1117 (19 September 1705 NS) and 28 Muharram aH 1118 (12 May 1706 NS). This account says that the damage occurred “after the earthquake”, presumably of 1694, which is recorded separately, with details of the extent of damage to named structures and earthquake-related repairs actually carried out (BBA:MMD 4355.325-326).

A much later Ottoman register, dated 19 Rabi (I?) aH 1142 (11 October



AD 1729), refers to the need for repairs of a number of public buildings in Eğriboz that the passage of time and a former earthquake had severely damaged, threatening their collapse (BBA:MMD 9922.202). This means that the earthquake may have occurred some years previously; it could even have been the 1705 earthquake and a smaller event before 1708.

The occidental press of May 1708 reports only a damaging earthquake "some time ago" in Negroponte but gives no details (PMH 1708, i.348).

No mention of an earthquake in 1705 in central Greece was found in the consular correspondence from towns in the Morea and the neighbouring regions of Egina, Corinto, Napoli di Romania and Patrasso, or in news of the event reported from Smyrna and Constantinople. Also, the European press reports nothing from Athens.

Unfortunately, after the Carlowitz treaty in 1699 Venetian sources become scarce, and, although they give information in passing about earthquakes in other places, they do not talk about the earthquake in Athens. They do report two damaging earthquakes in June 1694 and April 1708 in the region of Negreponte (Eğriboz, Chalkis) 50 km north of Athens.

This perhaps implies that the earthquake of 1705 was not felt very far from its epicentre and did not cause any great concern in nearby towns {F2}.

THE DATE OF THE EARTHQUAKE. Being aware of the confusions which are possible in the Anargyrian Fragments, one has to raise the question of whether the disaster, which, in this chronicle, has come to sound like an earthquake, might not actually have been originally the destruction caused by the Venetians during the siege of Athens, which would have struck the town almost as heavily as an earthquake.

Also we might even wonder why the date of the event, reckoned from the second passage of the Fragments, i.e. 28 September, is the same as that of the surrender of Athens to the Venetians, a date perhaps associated with the damage sustained by the Acropolis during the siege (Dandolo 1687). It is not possible to decide whether this dating of the earthquake was prejudiced by this event.

The first passage in the Fragments clearly refers to repairs of the walls of the Castle (Acropolis) of Athens and the second to the general effects of the same earthquake, which is dated on St. Chariton's day, that is on 28 September (Grumel 1958).

But St. Chariton's day does not fix uniquely the date of the earthquake. In the menology of the Greek Church several sanctified Charitons are celebrated on different dates. St. Chariton is celebrated on 3 September as well as on 9 September. The two martyrs of the same name are celebrated on 1 June and on 28 November, and Osios (Pious) Chariton on 28 September (*Menologion* 1989).

Thus, writers of the last one and a half centuries, using some poetic licence in the interpretation of the incomplete information in the Anargyrian Fragments, and after a long period of squabbling, agree to differ on whether there was in fact an earthquake and, if there was, on the date on which it occurred, describing it as "great", "destructive" or "disastrous" {F3}.

The only conclusion that can be drawn from the Fragments is that the earthquake should have occurred sometime between 1687 and 1751 (Lampros 1881). This can be surmised from the fact that the residence of the Metropolite was intact when it was visited by Spon in 1676 and also probably during the Venetian occupation of Athens (Spon 1678), whereas in 1751 only its ruins and the remains of the church of St. Dionysius could be found by Stuart and Revett (1789).

It is evident, however, from the Ottoman documents that the earthquake occurred in 1705. This information is supplemented by the Anargyrian Fragments, which say that it happened on St. Chariton's day, namely 3 September, which, in the old style, was a Thursday.

Note, however, that in Ottoman documents the date of an earthquake is only rarely given, the date of the document itself establishing merely a *terminus ante quem*. This amply demonstrates the necessity of collating Ottoman sources with those in other languages, which in our case proved effective.

I have chosen this particular date for St. Chariton's day because, if it be assumed that the very last phrase on the second page of the Fragments refers to a Sunday mass, St. Chariton's day should have been on a Thursday, making 3 September the only possible day that fell before the month of Ramadan in the year aH 1117.

THE EFFECTS OF THE EARTHQUAKE. The effects of the earthquake can be assessed from the second Anargyrian Fragment, which describes the earthquake in Athens as "great" and at the same time says that all it did was "shake the houses" in Athens, a typical exaggeration encountered in early sources.



There is no evidence that damage in the town itself was at all serious or that the earthquake caused any loss of life among the citizens in Athens and the garrison on the Acropolis.

It is important that the earthquake is not mentioned in contemporary Ottoman histories of Athens (viz. Anonymous 1705; Orhonlu 1974), presumably because historically its effects were not sufficiently noteworthy. However, the shock did cause some damage on the Acropolis to structures that had already been weakened by the siege of 1687 and also by the subsequent abandonment of the city for at least three years.

The Ottoman documents tell us that the damage to the Acropolis required the repair of 6,260 square cubits of masonry at a cost of 6,369 gurush, of which the Porte agreed to pay only 4,000 gurush from its central fund. It is understood that the balance of 2,369 gurush had to be paid from the local resources of the *liva*. Presumably the bulk of the masonry needed was meant for the repair of the walls {F4}.

It is worth noticing that, in Ottoman fiscal registers, unit prices for the building of stone- masonry walls are often given in terms of cubic cubits, in contrast with repairs and strengthening of walls, for which the unit price is expressed in gurush per square cubit, which is higher because the labour involved is considerable. This suggests that in the present case the Ottoman registers refer mostly to repair and strengthening work rather than to reconstruction of the damaged walls.

A rough estimate of the repair cost of 6,369 gurush can be made in terms of a more tangible unit by converting the unit cost into a multiple of the daily wage of a skilled builder per square metre of stone masonry, which in the present case is about 5 wages/m<sup>2</sup> and includes costs for materials, transportation and scaffolding. It must be understood, however, that such estimates undergo much revision and the figure in the end is not the actual cost {F5}.

Since no documents giving a complete account of the damage to the Acropolis have been preserved, we are reduced to piecing together scattered hints, and then interpreting them in accordance with logical assumptions.

This leads us to the conclusion that only a small length of the 750-m-long walls of the Acropolis had been damaged. Lucas, who is not a very observant traveller, and who ten months after the 1705 earthquake spent two weeks in Athens in July 1706, does not mention any damage (Lucas 1712, 283-286). It is perhaps the case that only that part of the south wall which the



Anargyrian Fragments say that the Athenians restored had been ruined {F6}.

Other damaged structures on the Acropolis that required repairs, which are specified, include the armoury, some parts of the gate structure and the cistern of the castle, as well as 5 or 6 of the shafts of the 24 water wells within the Fort, the revetment of which had fallen in.

According to an inscription erected at the entrance to the castle, the repairs to the fortifications of the Acropolis were completed in 1120 aH (AD 1708). These repairs perhaps included rectifying residual damage from the explosion 18 years earlier, which damage would have been aggravated by the earthquake of 1705.

It is significant that the Ottoman registers do not refer to the earthquake as having been “yıkıcı” (destructive) or “tahrip” (devastating), or state that it caused any loss of life among the garrison and their families living on the Acropolis.

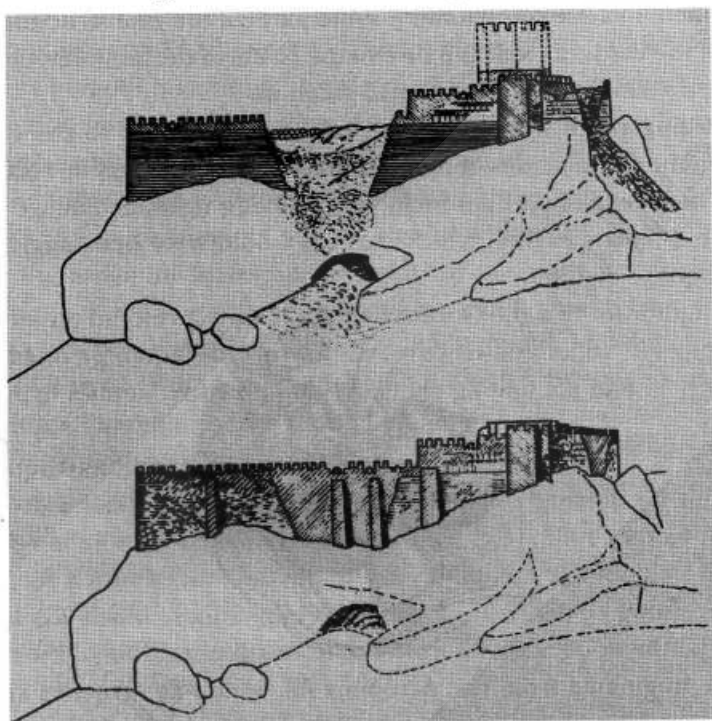
There is some archaeological evidence that the earthquake was responsible for the total collapse of the central part of the east wall (Heinrich 1990, 34; Korres 1996) [Fig. 6]. Excavations showed that the lower parts of the south slope of the Acropolis were in places covered with a succession of layers consisting of debris from the 1840 excavations, which was underlain by a thicker layer of material from the Classical period mixed with marble and rock fragments from the Acropolis fill, which in turn was resting on layers dating from the mid- and post-Byzantine periods.

This conclusion was based on the assumption that the chronologically incongruous second layer belonged to the back-fill material of the east wall, which after its collapse allowed the fill material retained behind it to slide down the slope. The problem here is that the central part of the east wall retains practically no back-fill built almost directly on the rock face [Fig. 46].

Also, more recent observations showed that both the outer and the inner face of the new wall consisted of masonry with stones roughly hewn, with none of them being *in situ*.

On the basis of this evidence, the date of the deposition of the layer of material from the Classical period was assumed to be that of the breaching of the wall, which in turn was deduced from a comparison of the plan of the Acropolis which was redrawn by Fanelli from the original made by Veneda in 1687 with the plan made in 1753 by Stuart and Revett (1787). This implies that the wall should have collapsed at some time between 1687 and 1753 and

that the most obvious candidate cause would be the earthquake of 1705 (Korres 1996), the only earthquake in the long history of Athens which is known to have damaged the walls of the Acropolis.



[Fig. 6] A reconstruction of the breaching of the east wall of the Acropolis allegedly caused by the earthquake of 1705, after Heinrich (1990, 34) and Korres (1996).

With the exception of the last point, I agree that the above observations could confirm the sliding down the cliff of a part of the back-fill retained by the segment of wall that collapsed. Alternatively, this layer might have arisen from the disposal of unwanted back-fill from the Acropolis above which was dumped over the wall. I find that perhaps the suggested dating of the deposition of this second layer to 1705 might be not universally accepted and it may therefore be advisable to point out three of the reasons.

In the first place, although Verneda composed a topographical plan and representation of the Acropolis in 1687, Fanelli never visited Athens. Images drawn in the time of Verneda not only display much artistic licence, but also do not always record the actual situation with enough accuracy to render

them useful for comparisons of details with images drawn a century or two later by other artists.

In the second place, the morphology of the east side of the Acropolis displays clearly a greater micro-tectonic fragmentation and instability than other parts of its walls [Fig. 7]. The foundation of the central part of the east wall that allegedly collapsed in 1705 is built across a small graben in limestones, the two sides of which are controlled by small, almost vertical faults striking  $130^{\circ}$  E. The limestones are badly broken and eroded, and a 20-m -deep and 8-m-high solution cave is formed under the down-thrown block. Evidence of small and large rock-falls abounds.

It is possible, therefore, that the excavations show nothing more than debris from repairs carried out sometime between the mid-Byzantine period and 1840 and not necessarily in 1705. Surely, the difficult foundation conditions of this part of the wall should have made necessary frequent maintenance and repairs.

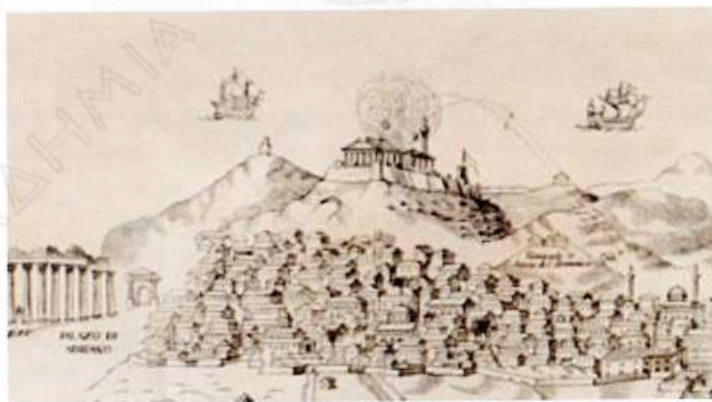
It is more likely, therefore, that the alleged failure of the wall and its 13-m-thick back-fill could have occurred without the help of an earthquake. Retaining walls built on the plain or on hilltops do fail due to causes other than earthquakes, such as deliberate damage in warfare.

In the third place, with the town of Athens in the early 1700s extending almost right up to the cave at the foot of the Acropolis cliff, the collapse of the central part of the east wall in 1705 and the ensuing slide of any back-fill should have wreaked havoc on the shanty houses which had been built near the cave below the cliff. Yet, Lucas does not mention the event (Lucas 1712, 283-286) [Fig. 8].





[Fig. 7] The east flank of the Acropolis, viewed from the southeast with the cave shown under the collapsed part of the walls.



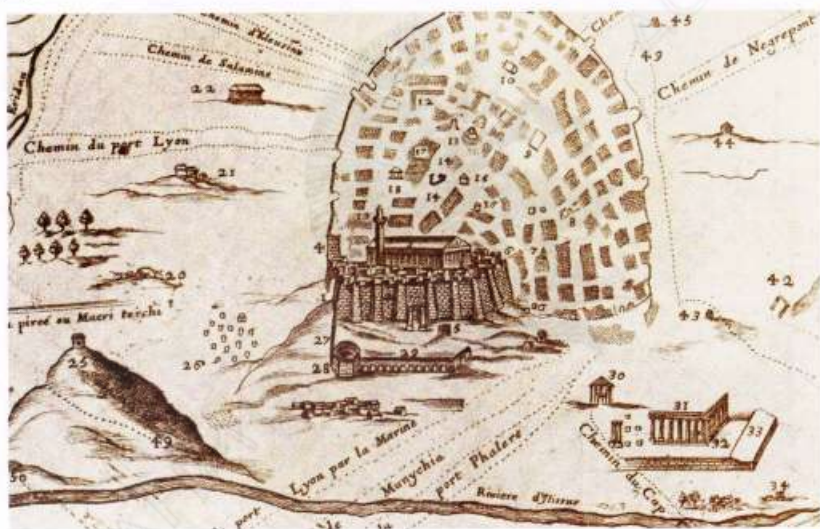
[Fig. 8] Fanelli's view of Athens from the northwest.

Damage was also caused to the Church of St. Dionysius, which is said to have been "rent in two" by the earthquake. The church, which was a triclinal of basilican plan, was built in the middle of the sixteenth century on the

homonymous hillock of Areopagus, 150 m west-northwest of the Acropolis, and at the time of the earthquake is said to have been in a ruinous state (Philadelphus 1902, 94).

Its approximate location with respect to the Temple of Theseio, the Acropolis and the knoll of Areios Pagos (Pnica) is shown on a sketch plan of Athens drawn by Wheler (Spon and Wheler 1678) [Fig. 9]. The elements of this map are extremely roughly sketched, but they are useful because they confirm the existence of the church in the early 1670s.

It seems that, soon after the earthquake, the church was abandoned, and that in 1751 all that was left of it was its ruins (Stuart and Revett 1789; Xygopoulos 1929, 66).



[Fig. 9] A sketch plan of Athens in 1676 showing: 20, Areios Pagos; 21, the Church of St. Dionysius and the nearby residence of the Archiereia; and 22, the Temple of Theseio (Wheler 1689). The upper part of the plan points north.

The Fragments add that the upper storey of the residence of the Archiereia (Bishop), which was located in the vicinity and northwest of the church of St. Dionysius, was demolished by the fall of a boulder that rolled down from the Rock above it during the earthquake («ὁ τοῦ Ἀρχιερέως οἶκος κλόνῳ μέγα καὶ λίθῳ ἐκ τοῦ Βράχου προσβληθεὶς τὸ ἀνώγειον ἐκρημνίσθη»).

When Athens was taken by the Turks, the residence of the Archiereia was situated below the knoll of Areios Pagos, next to the church of St. Dionysius {F7}.



In 1676 Spon and Wheler visited the building, which, they say, had many rooms standing between the Acropolis and the Temple of Theseio, as roughly shown in a sketch plan of Athens drawn by Wheler (Spon and Wheler 1678) [Fig. 10]. Again here the visual elements of Wheler's map are somewhat arbitrary and inconsistent with other sketch maps of Athens, but they do confirm the proximity of the Church to the residence of the Archiereia.

It is probable that the residence survived also the occupation of Athens by the Venetians, but in 1751 Stuart found only its ruins (Stuart and Revett 1789).



[Fig. 10] The number 10 shows the location of the residence of the Archiereia (Palatium Archiepiscopi) (Wheler 1689). (The top of the figure points south.)

The Fragments briefly add also that the Vasiliki Ekklesia was badly cracked («επράγη») by the earthquake [Figs. 11 and 12]. The location of this church is not certain. It may have been an Ionic temple built in 420 BC on an islet in the River Ilissos, close to its south bank, located to the east of the Temple of Olympieian Zeus (Lampros 1881; Miles 1980). In the fifth century the temple was converted into a Christian basilica and much later, during the seventeenth century, a dome was added to it.

When it was seen by Stuart and Revett in 1753, the church had already been abandoned (Stuart and Revett 1787). A few years later, in 1778, it was



pulled down by the Ottoman commander of Athens for its stones, which he used to build the walls of the city {F8}.



[Fig. 11] A sketch map showing the location of the Vasiliki Ekklesia at the southern edge of the Stadium, on the east bank of the River Ilissos (Wheler 1689). The upper part of the sketch map points south.



[Fig. 12] The Vasiliki Ekklesia in 1752 (Stuart and Revett 1762, i.2, plate II).

The earthquake also damaged the church of Hagia Paraskevi, which had to be repaired. The little church was located about 200 m south of the eastern end of the south wall of the Acropolis. The cupola of this church could be seen and drawn in 1752 by Stuart and Revett (1787, iv, plate 1) [Fig. 13] (Xygopoulos 1929, 99).



[Fig. 13] A view of the southeast walls of the Acropolis in 1752. The distant mountain is part of the Hymettus. The little building with a cupola between the two is the church of Hagia Paraskevi (Stuart and Revett 1787, ii, plate 1).

The Anargyrian Fragments tell us that “many dwellings belonging to the monastery of Sotiros Nikodimou were overthrown” by the earthquake [Fig. 14]. The monastery of the Soteira, Maria Lykodimou or Nikodimou is first mentioned in the Anargyrian Fragments.

The original church, about which nothing is known, was built probably in the eleventh century, on the remains of which was built the church of Lykodimou or Nikodimou that existed in 1705. The location of the church is shown on a near-contemporary plan of Athens (Wheler 1689).

Although it is not mentioned in the Fragments, the earthquake of 1705 damaged not only the cells but also the church of the monastery. A recent detailed study by Bouras shows that the earthquake did cause irreparable



damage to the northeastern part of the church, which had to be rebuilt and strengthened (Bouras 2004).

The church was rebuilt during the period 1850-1855, to what is now the Russian church, incorporating into its construction the remains of the earlier building as well as fragments from the Thrasyllus monument, which had been destroyed during the siege of the Acropolis in 1827 (*Aion* 1851).

The monastery was located outside the walls on the eastern part of Athens, which in those days had been abandoned by its inhabitants, and the “dwellings belonging to the monastery” which are mentioned in the Fragments must have been the cells of the monastery rather than private houses in the immediate vicinity (Lambakis 1885).

The Fragments also mention that after the earthquake the Athenians built an outer wall around the monastery, presumably of the Soteira Lykodimou (Xygopoulos 1929, 80).



[Fig. 14] The location of the monastery (Lykodimou) in Wheeler (1689). (The upper part of the plan points south.)

The Fragments also tell us that three days after the earthquake “Demetrios was struck dead by a thunderbolt [...] in the Metropolis” {F9}. This implies that, since the Metropolis was considered safe enough to enter for the congregation, it should have not been affected by the earthquake.

The location of the Metropolis during that period is debatable. It could have been the Church of Hagion Anargyron (Kambouroglou 1896, i.68), or



that on the Areopagus. It is more likely that it was the church of Hagiou Panteleimonos, the so-called Katholikon in the Pazari, a church that throughout the Turkish occupation was used as the Metropolis (Kambouroglou 1922, 236).

The original mosque on the Acropolis was in fact the Parthenon itself. During the period 1540-1570 it was converted into a *camî'a* and a minaret was added to it later. Contemporary taxation registers refer to it as the Camî'a Kal'e-i Atina, whereas, in an eighteenth-century account of the siege of 1687, the mosque was called the Camî'a Kebir (Orhonlu 1974).

After the explosion, the damage to the Parthenon was such that it was not possible to use the building itself as a mosque. So, for this reason, a small mosque was built inside the collapsed peristyle of the temple [Fig. 15]. It was built with the material of the old building, the north and south parts of which had collapsed.

The small mosque was seen by a member of the entourage of the French Ambassador Charles Comte de Feriel who visited the ruins in 1699, that is, seven years before the earthquake of 1705 (Paton 1940, 165-166). The few available Ottoman contemporary reports do not mention any damage to this mosque, which collapsed of its own accord in 1842 (Philadelphus 1902, ii.62; Xygopoulos 1929, 121),



[Fig. 15] The Camî'a Atina in the Parthenon in 1805, by Simone Pomardi (1820).

The Fethiye Camî'a still exists today near the northern end of the site of the Roman Agora. It was constructed in 1456, on the site where a church

had once stood, possibly being the conversion of a pre-existing Christian church (Kiel 2002). Its construction was intended to honour Mehmet II the Conqueror, but later it was again converted into a Roman Catholic Church. The structure is solidly built and a recent cursory inspection showed that it has suffered no detectable damage from the earthquake of 1705 or from later interventions [Figs. 16 and 17] {F10} (Xygopoulos 1929, 117).



[Fig. 16] The Fethiye Cami'a (Du Moncel 1843).



[Fig. 17] The Fethiye Cami'a in the mid-1960s (Ayverdi 1974).

I could find no mention of damage to the Temple of Theseion, which in 1705 had already been converted into a church.

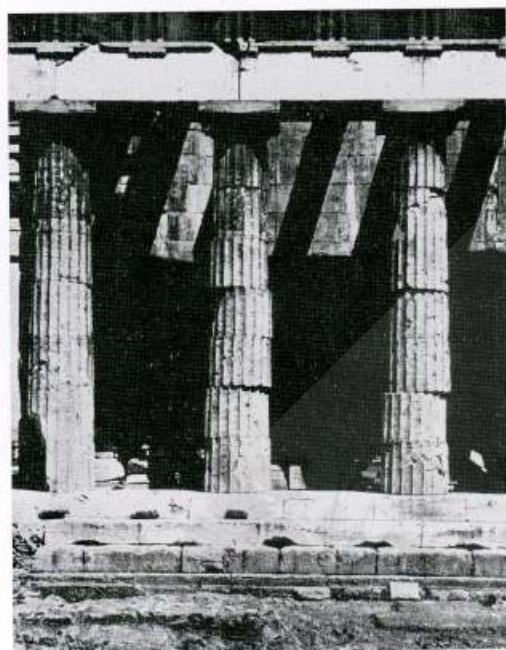
A very recent inspection showed that the displacement of the drums of the three central columns of the temple was definitely not due to this or any earlier or later earthquake, or to the differential settlement of the foundation of the temple [Figs. 18 and 19] {F11}. Also, the suggestion that these displacements were caused by the lateral thrust on the columns exerted by the roof and cells of the temple is not tenable.

Most probably the displacement of the central drums of its three columns was the result of an unsuccessful attempt by the Christians to demolish the pagan temples during the reign of Theodosius (379-395), or by the Ottomans in the 1660s. It is possible that the observed displacement of the drums was the result of the method used for destruction of colonnades, which consisted of fixing horizontal timber beams at mid-height between columns, and causing them to expand by drenching, as a result of which the drums were forced to slide on their interface. Other methods using horse power to shift individual drums are possible.



[Fig. 18] Columns nos. 3 to 6 of the north face of the temple in 1749.





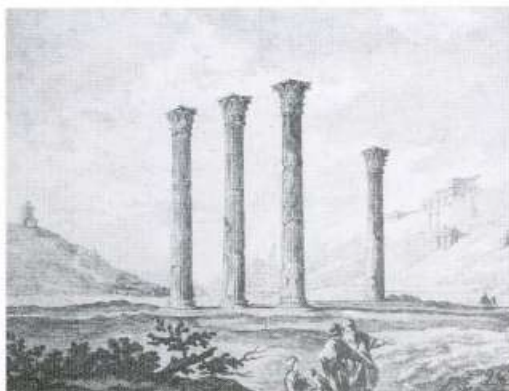
[Fig. 19] Columns nos. 4 to 6 of the north face of the temple in 1938.

The Temple of Olympieion, of Corinthian order, was completed in 132 AD. Thirteen of its 17.0-m-high columns are standing today, with their architraves in a group at the south-eastern corner of the site.

Another group of four free-standing columns is known to have been standing in 1687 at the south-western corner of the site (Martinelli 1687) [Fig. 20]. On 27 April 1759 the Turkish Governor pulled one of them down to provide lime for the mosque he was building [Fig. 21] {F12}.

In 1852 high winds caused the collapse of another column [Fig. 22a], something that the 1705 earthquake had failed to do. (Note the windmill in the background; this was apparently built on a site chosen for prevailing relatively high mean wind speeds to justify its construction [Fig. 22b].)

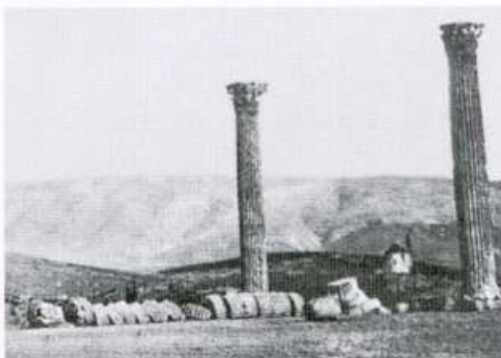
Examination of the base of the column suggests that it prostrated itself only after fracture of the edge of its lowest drum and base, a fragment of which still lies next to it, as well as of drums higher up the shaft [Fig. 24] (Tölle-Kastenbein 1994). Had it been a foundation failure, the base of the column ought to have ended up in an almost vertical position, which it did not [Fig. 23].



[Fig. 20] A view of the group of four columns on the southwestern part of the Temple of Olympieion in 1754 by Le Roy (1770).



[Fig. 21] A view of the same group, but with only three columns, in 1798, by M.-F. Preaux (Clarke 1812-1816).



[Fig. 22a] A view of the same group of columns in the late 1800s, but with only two columns left standing.



[Fig. 22b] The windmill in Fig. [22a] with a view of the Temple of Olympieion in the background with two free columns left standing.



[Fig. 23] Foundation conditions of the collapsed column shown in Fig. [24].





[Fig. 24] A collapsed column.

It is interesting that a pair of multi-drum columns standing on very narrow and poorly built bases above the choragic monument of Thrasyllus, which was constructed in BC 321, survived the 1705 earthquake unscathed. These unfluted free-standing Corinthian choragic columns were added to the monument in Roman times. They stand on a rather inaccessible ledge, cut out of the south flank of the Acropolis, just above the theatre of Dionysus.

The columns are built on free-draining limestones, which in places are jointed and fissured. Just west of the monument there was a natural outlet of the waters seeping seasonally out of the flank of the Acropolis limestones. Fig. [25] shows the earliest close-up view of the monument in 1754 and Fig. [26] shows the monument in 1970.

These columns [Fig. 27], which did not form part of any building, are composed of grey marble from Mount Hymittos (Dodwell 1819, i.299) (Dodwell visited in 1801) and differ in height and diameter as well as in the form of their bases [Fig. 28]. They were built with isosceles-triangular capitals especially to support rather heavy tripods [Figs. 29 and 30]. They stand on small stepped bases founded precariously on the fractured limestone ledge above the cave of Thrasyllus [Fig. 31].

Because of the inaccessibility of these columns, their dimensions were assessed from frontal photographs using an autocard in combination with measurements taken from drawings made by Pococke (1745) [Fig. 32], Stuart and Revett (1762, Figs. 3 and 4) [Fig. 33] and Papadopoulos (1851, 5)

[Fig. 34] {F13}. The heights of the shafts of columns E and W are approximately 9.30 m and 8.10 m and their aspect ratios are 8.9 and 10.1, respectively.

Table 1 gives the measurements and a drawing of column E is shown in Fig. [35]. The nature of the rugged sloping ground on which the columns stand can be seen in Fig. [31].

It is not certain when in Roman times these columns were erected, but it was probably during the second century AD. The earliest image of the theatre of Dionysus with the monument of Thrasyllus above it, before the columns were added, is that depicted on a bronze drachma coin issued in Athens, just before the city was overrun by the Herulians in AD 267 [Fig. 36] (Themelis 2002, 172). Incidentally, the image on the bronze Athenian drachma is today the logo of the Archaeological Society of Athens.

It may be assumed that originally there were three columns instead of two and that, sometime between the third century and the middle of the seventeenth century, the third column was either removed deliberately or, more probably, collapsed because of the extremely poor state of the rock on which it was founded.

Supporting evidence for the existence of a third column, just east of column E, is provided by the ledge cut in the rockface for its foundation, and by the fact that aesthetically a third column of the same height as column W, flanking the taller column E in the middle, would be a symmetrical arrangement of the three choragic columns. The vacant space between column E and the third buttress shown in Figures [26 and 45] suggests the existence of a third column.

We notice that the small base, presumably for the support of tripods, that rests on the capital of column W has been displaced, as has the second drum of column E [Figs. 29 and 30]. These observations suggest that both columns must in the past have been subjected to ground motions caused by an earthquake or by shelling.

Much later the monument was converted into the chapel of Panagia Spiliotissa and occupied the small grotto in the cliff behind the monument.

The existence of the two choragic columns above the monument of Thrasyllus is mentioned by many travellers or shown in almost all of the views of the south face of the Acropolis drawn by artists who had been in Athens as far back as the middle of the seventeenth century, excepting of course images by Coronelli (1686; 1688) and derivatives of his work by



others such as Cristino Martinelli (1687). Even images of the Acropolis during its siege and bombardment produced by Morozini in 1687 show clearly the monument and the two columns that survived the shelling [Figs. 37-42].

However, the monument did not survive the siege and shelling of the Acropolis in 1827, when cannon balls destroyed the monument, leaving the two choragic columns above it standing. The point of impact of one of the cannon balls can be seen today on the rock face, a few metres below the base of the choragic columns [Fig. 43].

In 1850 the remains of the ruined monument were broken up and carried away to be used for the construction of the Russian Church. Figure [44] lists the parts of fragments of the monument that were removed from the site (Papadopoulos 1851).



[Fig. 25] The monument of Thrasyllus built below the wall of the Acropolis in 1754 with the two choragic columns above it in the background (Le Roy 1770).





[Fig. 26] A view of the choragic monument of Thrasyllus and, on a higher level, the two choragic columns on the south slope of the Acropolis when inspected in 1970.



[Fig. 27] Choragic columns; column W (first column) and column E (second column) (Stikas 1961).



[Fig. 28] The Thrasylos columns in 2009; column E on the right, column W on the left. Courtesy of Dr C. Boleti.



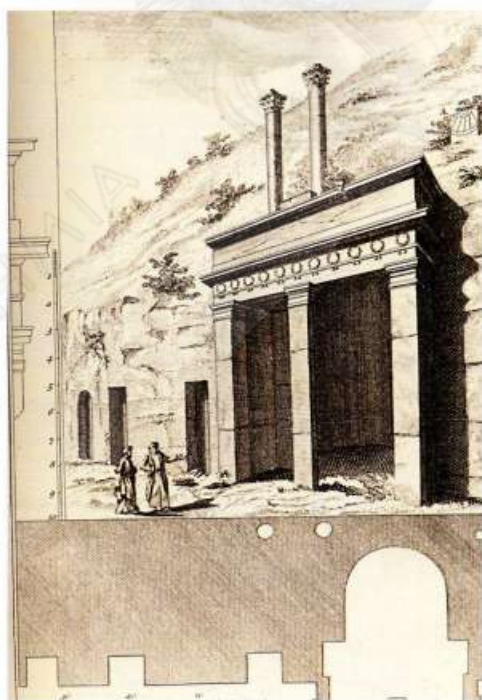
[Fig. 29] Above the capitals are the bases for the siting of tripods (Stikas 1961).



[Fig. 30] The displaced and rotated pedestal on top of the capital of column W (Stikas 1961).

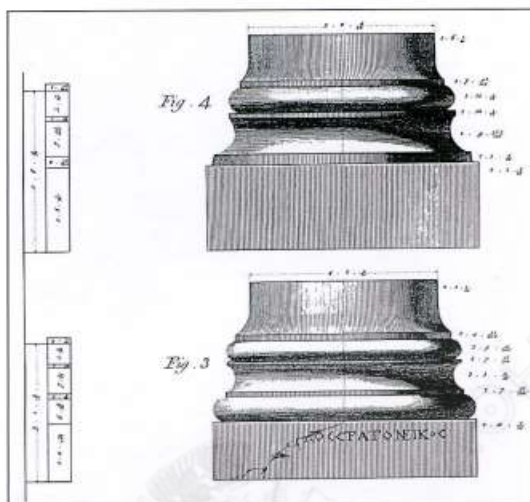


[Fig. 31] The stepped bases of the columns in 2009. Courtesy of Dr C. Boleti.

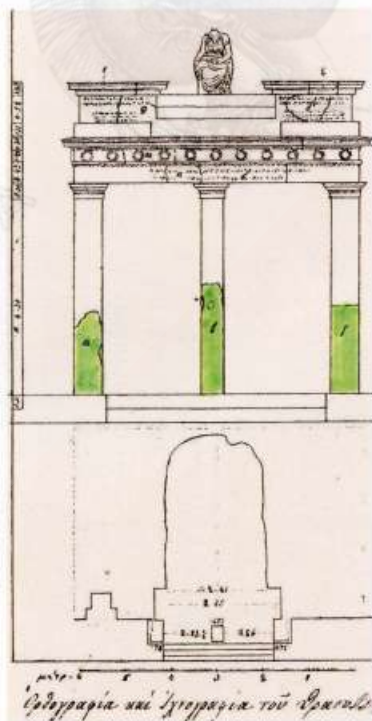


[Fig. 32] The Thrasyllus monument in 1740 (Pococke 1745).

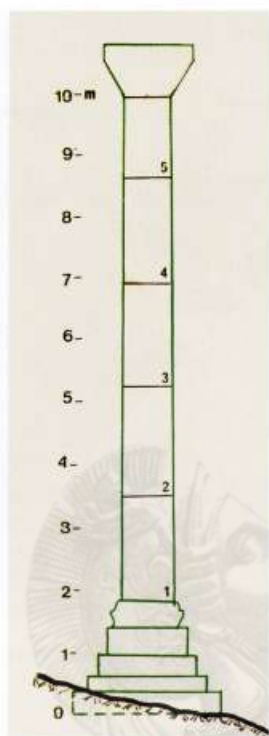




[Fig. 33] Drawings of the bases of columns E (lower) and W (upper) by Stuart and Revett (1762, Figs. 3 and 4).



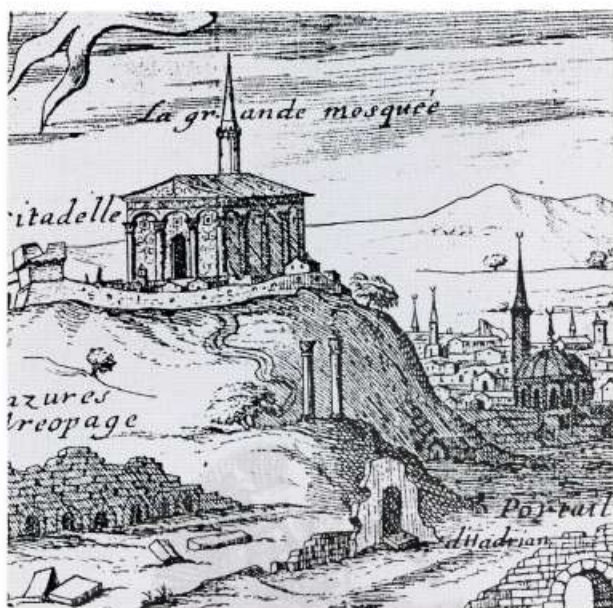
[Fig. 34] A sketch of the Thrasyllos monument by Papadopoulos (1851, 5).



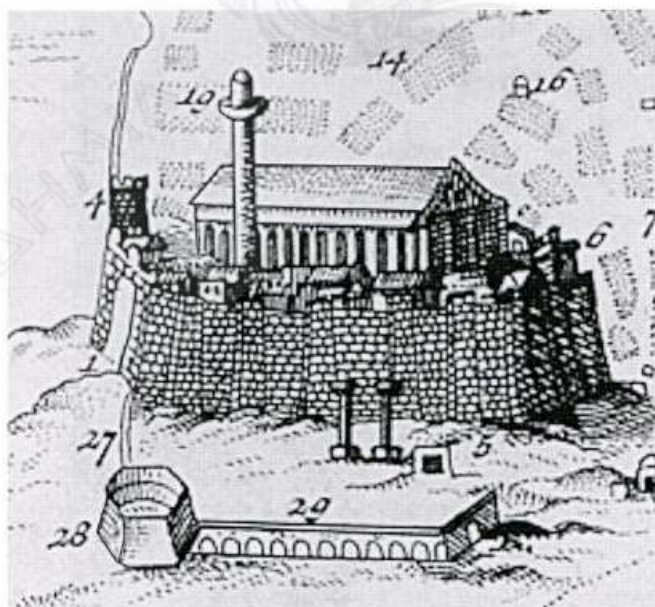
[Fig. 35] A drawing of column W of the Thrasyllos monument made from remote measurements.



[Fig. 36] A bronze drachma, from Athens AD 264-267, depicting the monument of Thrasyllos (Themelis 2002).

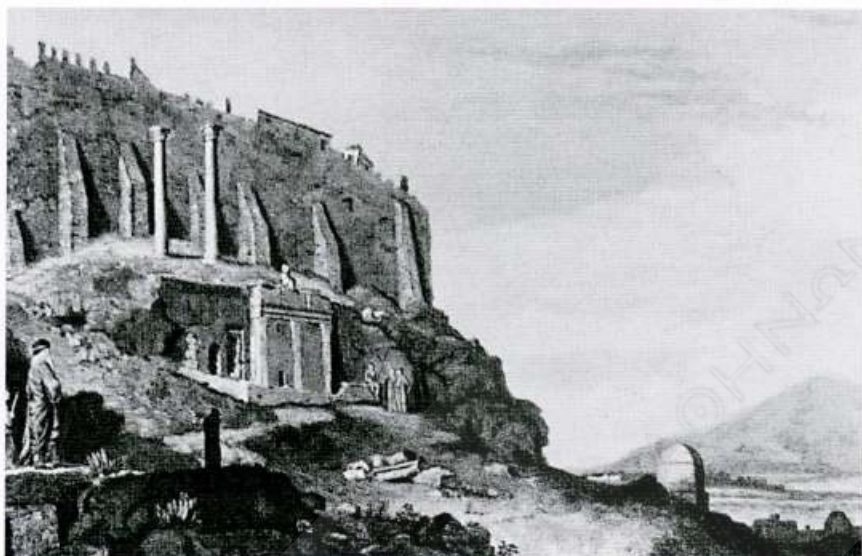


[Fig. 37] A view of the Acropolis and the Thrasyllus columns from the south by Babin in 1672, in Spon (1678).

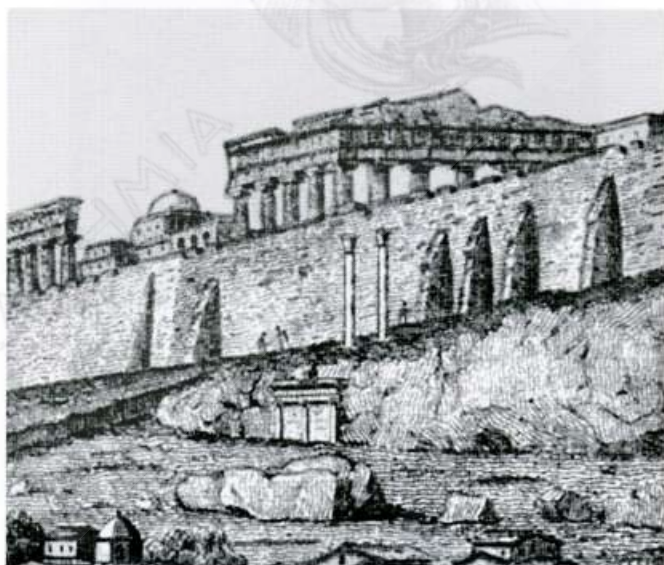


[Fig. 38] A view of the Acropolis and the Thrasyllus columns, in Spon (1679).





[Fig. 39] The Thrasyllos monument and its two columns in 1761, in Stuart and Revett (1787).



[Fig. 40] A clear view of the monument of Thrasyllos and its two columns in 1798, drawn by M.-F. Preaux, in E.D. Clarke (1812-1816).



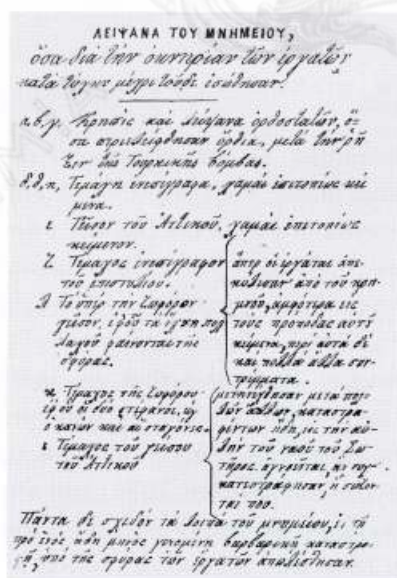
[Fig. 41] A view of the Acropolis and the monument of Thrasyllus from the Temple of Olympieion, in 1810, by Haygarth (1814).



[Fig. 42] A view of the Acropolis in 1818 by Williams (1820), showing the Thrasyllus monument located outside the southern perimetric wall of the Acropolis.



[Fig. 43] A view of the monument of Thrasylos today, showing the point of impact and effects on the rock of one of the cannon balls fired in 1827.



[Fig. 44] A list of the fragments of the monument of Thrasylos after its destruction in 1827 (Papadopoulos 1851).





[Fig. 45] It is probable that the vacant space between column E and the third retaining wall was occupied by a third column during the period between the third century and the middle of the seventeenth century.

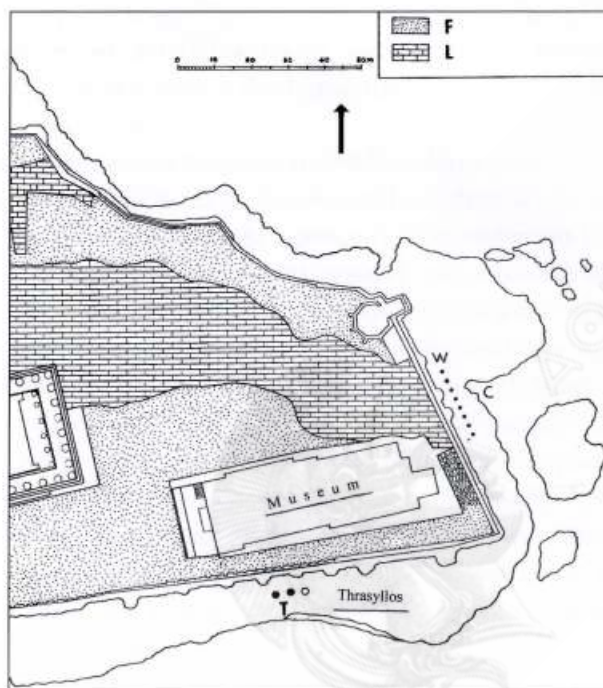
#### ASSESSMENT OF THE EARTHQUAKE OF 3 SEPTEMBER 1705 IN ATHENS

It appears therefore that on the Acropolis the earthquake caused reparable damage at some places, such as at the armoury and gates, and to all but 5 or 6 of the 24 cisterns. No evidence has been found for the collapse of the barracks and houses. No damage was done to the newly built Cami'a Atina, which was built inside the collapsed peristyle of the Parthenon, and there was no injury or loss of life among the families of the Turkish garrison {F14}.

Regarding the armoury, it is said that, in 1640, lightning struck the central building of the Propylaea, where gunpowder was being stored, resulting in a huge explosion that demolished a section of it. Nonetheless, the description from Spon and Wheeler (1678) and illustrations dating from 1687 of Ortieres and Verneda do not show signs of destruction.

The surface of the Acropolis consists of jointed and fissured limestone, which is well exposed on the surface, on which all of the important monuments are built on bases made from limestone brought from

elsewhere. The rest of the surface has been levelled with artificial fill, mostly free-draining, which at its edge is supported laterally by the circuit wall.



[Fig. 46] A plan of the easternmost part of the Acropolis, showing the exposed limestones (L) and the fill used for the leveling of the surface (F). The location of the Thrasylos columns (T), the part of the east wall that has been repaired or partly rebuilt a number of times (W) and the cave below it are also shown (compare with Fig. [6]).

THE WALLS OF THE ACROPOLIS. The south retaining wall consists throughout of horizontal courses of slabs or blocks of stone built in an isodromic system, reinforced by buttresses, and in places with a revetment of marble, stone masonry or mortar cladding.

Much of the east wall is not in its original state, parts of it having been repaired and perhaps rebuilt on more than one occasion. Little is known about the state of the underlying foundation limestones on which the walls are built.

The fill behind the south and east walls varies considerably, consisting of building material from previous repairs or the demolition of monuments, of

rubble and even of discarded fragments of sculptured pieces of marble mixed with soil, the provenance of which is not known. The permeability of the fill should, in general, be high.

Little is known about when the buttresses along the eastern part of the south wall and along the east wall were built and why they were built at these particular locations.

The reported earthquake-related damage of certain parts of the walls of the Acropolis may be attributed to a degree to the high vulnerability in which they must have been left after the siege 18 years earlier. The cannon balls used to pound the walls were hunks of metal without explosives, designed to break down fortifications by constant pounding over a long period of time. The impact of cannon balls fired by the besiegers on the walls of the Acropolis for eight days should have in places cracked the fabric of the dry masonry and loosened their back-fill. This applies particularly to the east wall, which was pounded more effectively for three days. Also the firing by the besiegers of their cannons, which were mounted just behind the crest of the walls, should have caused further deterioration of the integrity of the upper part of the retaining walls.

In addition, the explosion of the ammunition dump in the Parthenon should have affected deeper strata of the coarse back-fill material, particularly behind the south wall. It is said that the explosion was so violent that it caused "[...] all the houses of the Borgo to tremble" (Philadelphus 1902, ii.7-18; Paton 1940). The detonation was quite powerful, for even the besiegers on the Hill of Philopappou, 500 m to the southwest of the Acropolis, were showered with fragments of marble and stone from the explosion.

Contemporary Ottoman documents suggest that the repairs to the Acropolis after the siege were carried out piecemeal and at a very slow pace; correspondence referring to repairs extends over a period of more than ten years. Without a more extensive search in the archives it is not possible to say how effective the repairs were {F15}.

In Athens, as we have said, the earthquake damaged the churches of St. Dionysius and of Hagia Paraskevi and cracked the walls of the Vasiliki Ekklisia. Also the cells of the monastery of Soteiros Nikodimou collapsed and the church was seriously damaged, requiring extensive repairs. Moreover, during the siege, cannon balls fired by the Venetians that overshot the Acropolis kept on landing in the southern part of Athens, adding to the damage.



It is to be expected therefore that the earthquake of 1705 ought to have caused the collapse of derelict houses as well as of those which had been damaged during the siege. Yet, there is no evidence that buildings other than those mentioned in the Fragments, in the Ottoman registers and noted from later observations were damaged, or that any monuments of the classical period were affected.

Had there been serious damage or destruction of Greek monuments and houses, it would have been newsworthy enough for the author of the Fragments or for other chroniclers and foreign visitors who passed through Athens not have missed the opportunity to record the fact. Also there is no evidence that any of the mosques, minarets or other Turkish public buildings were damaged to the extent that their repair or rebuilding required financial assistance. Had there been serious damage, we should have found entries concerning financial support in the fiscal registers of the period.

The Fethiye Cami'a and the Temple of Theseion were not affected, and neither was even the delicately poised column of the Olympieion, which a century later was overturned by high winds. The two columns above the Thrasyllos monument also were left standing.

It is also interesting that the earthquake is not mentioned in the history of Athens written by the *cadi* of the town (Anonymous 1705; Orhonlu 1974) or by a French traveller who was in Athens a year after the earthquake, between 27 June and 9 August 1706, and who found the town sparsely inhabited but prosperous. The ruins, which he noticed, he attributed to the recent wars (Lucas 1712, i.285).

In spite of the tendency of modern writers to dramatise events, no coeval source says that the effects of the earthquake in Athens were all that serious. For, had there been important damage, it is unlikely that it would have escaped Lucas' notice, and he would have recorded it, as he did for earthquakes in other parts during his travels.

#### THE LOCATION OF THE EARTHQUAKE

We naturally ask about the epicentral area and magnitude of this earthquake. Preceding and following the 1705 earthquake there were two damaging shocks in the region of Negreponte (Eğriboz, Chalkis), 30-50 km north of Athens. The first shock occurred in June 1694 and the second in April 1708.

Although the earthquake of 1694 does not seem to have inflicted casualties or been responsible for very serious damage in Negreponte, there is evidence that it did cause unspecified damage to farms (*çiftlikler*) belonging to Turkish landowners southwest of Negreponte along the main route to Athens.

Then, sometime before April 1708, there was another earthquake that damaged houses in Negreponte (Eğriboz, Chalkis) (Ambraseys 2010b, 525-527, 531-533).

The intensity of the 1705 earthquake in Old Athens may be estimated to have been between VI+ and VII+ (MSK). The intensity at Negreponte is questionable, but it may be assumed that it was a grade lower. This would place the epicentral region roughly somewhere between Avlona and Katsimidi and its magnitude at  $M_s \sim 6.2$  [Fig. 5].

## CONCLUSION

Systematic studies of historical and more recent earthquakes show that the seismic hazard in the Basin of Athens is rather low, with no known destructive earthquakes having occurred in Athens during its very long history. As we have said, both the long-term seismicity and the tectonics of the Basin confirm that, although Old Athens was shaken a number of times by earthquakes, the damage was never serious. The same conclusion is drawn from the statistical treatment of the regional seismicity of the last 300 years, which confirms that the seismic risk for buildings on competent ground was always relatively small (Ambraseys 2010a). In Athens the effects of the 1705 earthquake were less pronounced than those of the earthquake of 1999.

The survival of the columns of the monument of Thrassylos standing precariously for more than twenty centuries on the flank of the rock of the Acropolis, which is founded on fracture limestones, tells us much more about the earthquake hazard in Old Athens than results from sophisticated analyses that involve over-simplifications that arise from our ignorance of the real seismic situations that they are supposed to represent. In contrast, results from field observations represent the actual behaviour of the columns when they were tested by nature over a period of many centuries (an analysis of the seismic stability of the columns will appear elsewhere).

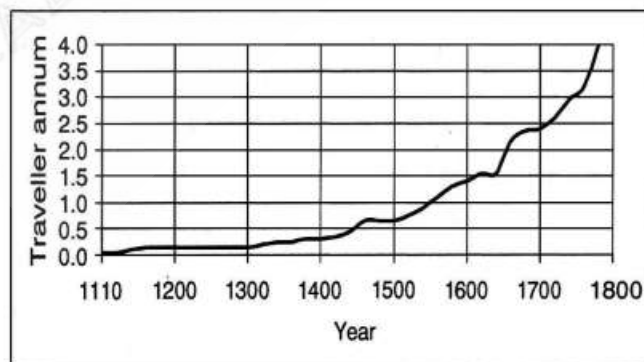
## FOOTNOTES

{F1} A) See Ambraseys (2010a; 2010b, 815-841) and NEAK (2001).

B) It is said that “[...] the decline of Athens as a cultural centre took place over 15 centuries, starting from the middle of the 2<sup>nd</sup> century AD. In the second half of the 3<sup>rd</sup> century there are some testimonies to a disrupted state of the city, but the causes of the dispute are unknown [...] With this lack of certainty about the cause of the distress of the city one cannot exclude the possibility that destructive earthquakes had occurred” (Guidoboni and Ebel 2009, 347). The belief that large earthquakes in Athens are responsible for the damage observed in some historical buildings is not tenable. When an explanation for damage is not immediately obvious it is easier to ascribe damage to historical earthquakes as a *deus ex machina*.

C) A sample of travellers, with when they were in Athens in square brackets: Anonymous (1854) [c. 1460]; Dei, Benedetto (1765) [May 1464]; Angiolello, Giovan-Maria (1881) [29 July 1470]; Borderie, Bertrand de la (1970) [1537]; Favolio, Hugone (1592) [1545]; Zygomalas, Theodose (1889) [1578]; Miloitis, Iakovos (1882) [1584]; Lubenau, Reinhold (1920) [3 October 1588]; Galan, Diego (1913) [October 1592]; Sommer, J. van Middelburg (1664) [5 February 1592]; Grigorović-Barskij (1885) [1745]; Stuart J., Revett N. (1789) [18 March 1751]; Clarke E.D. (1810-1823) [1801]; Woods, J. (1828) [1816]; and Williams W.W. (1820) [1817] [Figure 47].

D) A typical example is the little-known earthquake in the region of Thiva, 50 km north-northeast of Athens in 1321, which is described by Jordanus as follows: “I was at Thebes, where there were so many earthquakes that if one had not experienced them, one would not believe it. For they occurred five, six or seven times during the night, so that on account of the earthquake a great number of houses and walls fell down.” (Jordanus 1863, i.2/2, 109).



[Fig. 47] Annual numbers of travellers who passed through Athens between 1100 and 1800.



{F2} An earthquake reported from Zante in 1705 (Schmidt 1867b), 250 km from Athens, is a different event, belonging to the aftershock sequence of the earthquake of November 1704 in the Ionian Islands.

{F3} For instance, among others, Mommsen (1868) implies that, if the earthquake did in fact happen, it should have been in 1701, although elsewhere he dismisses the evidence for an earthquake as a complete fabrication. Schmidt (1867a) dates the event to 16 September 1694, but later suggests that it happened sometime between 1636 and 1660, and points out to Mommsen that he is not aware of such an earthquake during the period from 1600 to 1800 (Schmidt 1875). Zisiou (1885) also doubts the authenticity of the Fragments. Lambakis (1885) and Kambouroglou (1888) consider that the date of the earthquake should be 1 June 1651, but Kambouroglou later argues for 28 September 1701 (Kambouroglou 1896, 60-67). Philadelphus (1902, ii.95), using naive arguments, dates the earthquake to July 1694 and considers it to be an event that affected simultaneously Athens, Sicily and Negreponte, where a bastion was thrown down.

{F4} Ottoman documents relating to repairs are not without internal problems. It becomes difficult to isolate the earthquake-related costs in a schedule of the cost of repairs from other, not earthquake-related but necessary, repairs, particularly if their execution was delayed, which is actually what happened with the repairs that followed the siege of the Acropolis.

{F5} Early in the eighteenth century the daily wage of an unskilled worker in Istanbul was about 8 paras. With the gurush/paras equivalence of 40 paras per gurush, the total expenditure can be translated into 31,800 daily wages of an unskilled worker. The unit cost of 6,369 gurush for the repair of a wall surface of 6,260 square cubits, or 1,300 m<sup>2</sup>, which includes the costs for building materials, transportation, scaffolding and wages, is equivalent to 24.3 wages/m<sup>2</sup> for an unskilled worker.

{F6} The Anargyrian Fragments say the Athenians ἀνόρθωσαν (= restored, set straight again, corrected) the south wall of the Fort, which two years earlier the earthquakes κατέστρεψαν (ruined).

{F7} There is confusion regarding the actual location of the residence of the Archiereia caused by garbled accounts of Kambouroglou (1896, i.66; ii.170-172) and Philadelphus (1902, ii.94).

{F8} An alternative location of the church was proposed rather hastily by Kambouroglou, namely on the site of the Church of Sotiros Nikodimou (Kambouroglou 1896, i.67).

{F9} Kambouroglou considers that the story about Demetrios being struck by lightning is rather unlikely (Kambouroglou 1896, i.68).

{F10} See also Kambouroglou (1896, ii. 35-37), Ayverdi (1974) and Travlos (1960, 181-184, 209, 211).

{F11} Modern writers attribute the displacement of the drums to earthquakes, even to earthquakes that never happened. Breton also mentions an earthquake in 1807 (Breton 1862, 192). Perhaps he means the shock of 17 September 1805, which was strongly felt in Athens and resulted in some blocks of the western tympanon of the Parthenon being thrown down (Ambraseys 2010b, 624). It is also said that lightning in 1821 pierced through the northwest column of the temple from top to bottom, so that it had to be strengthened with iron hoops (Pittakis 1835).

{F12} There are different versions of this incident (viz. Breton 1862, 213-214).

{F13} The dimensions of column W shown in Fig. [35] have been confirmed independently by the measurements kindly made by Dr C. Boleti.

{F14} It is interesting that before the siege, in 1676, a piece of the zoophorus from the Parthenon that fell off of its own accord was saved by the garrison in the temple (Babin 1674).

{F15} If anyone cares to research more deeply into Ottoman records, the very detailed accounts for repairs of earthquake damage will provide as precise data as it is possible to obtain for the structures concerned.

Column W	h (m)	d (m)	E	h (m)	d (m)	.
Capial	0.85			0.70		
Shaft	<b>8.10</b>			<b>9.30</b>		
Drum 6				1.42	0.83	
Drum 5	1.30	0.70		1.33		
Drum 4	1.65			1.68		
Drum 3	1.70			1.59		
Drum 2	1.80			1.59		
Drum 1	1.65	0.90		1.68	1.27	
Base	0.31	1.20		0.48	1.76	
1st square plinth	0.45	1.40x1.40		0.71	1.76x1.76	
2nd square plinth	0.35	1.80x1.80		0.36	1.86x1.86	
3rd square plinth	0.40	1.95x1.95		0.41	2.40x2.40	
4th square plinth	0.35	2.35x2.35				

Table 1

## ACKNOWLEDGMENTS

I thank C. Psycharis, C. Zambas, Ch. Buras, C. Finkel, C. Boleti for helpful discussions of aspects of the work. The study was partly supported by Imperial College, London.

## APPENDIX

This is a summary in Greek of the Lecture On the Long-Term Seismicity of the City of Athens read at the Academy of Athens on 18 February 2010.

## ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ

Είναι γνωστό από τέσσερα χειρόγραφα φύλλα που δημοσίευσε ο Πιττάκης το 1853, πιθανώς γραμμένα στις αρχές του 18ου αιώνα, ότι ένας σεισμός έπληξε την Αθήνα κατά τα τέλη του 17ου αιώνα (Pittakis 1853, Zisiou 1885). Πότε ακριβώς έγινε ο σεισμός αυτός δεν αναφέρεται.

Τα φύλλα αυτά, τα λεγόμενα *Αναργύρεια*, αφορούν την ιστορία των Αθηνών, και περιέχουν γεγονότα χρονολογικά ασύνδετα, χωρίς καμιά ένδειξη του πότε συνέβη ο σεισμός (Kambouroglou 1922/1959, 60-7). Μπορεί κανείς να πει ότι είναι μία άτακτη συλλογή ένθυμψεων, ή ανάλυση της οποίας δεν είναι της ειδικότητός μου.

Ο σεισμός στην Αθήνα αναφέρεται στο πρώτο φύλλο, που μεταξύ άλλων λέγει ότι: «[...] Τότε και το τείχος της Μονής το έξω οικόδομήσαμεν, και την Έκκλησίαν της Αγίας Παρασκευής επεσκευάσαμεν· οί δέ πολίται ανόρθωσαν το νότιον τείχος του Φρουρίου, ο οί σεισμοί κατέστρεψαν πρό δύο χρόνων».

Το δεύτερο φύλλο τελειώνει λέγοντας τα εξής:

«[...] Τῷ ἔτει τούτῳ μέγας σεισμός ἐγένετο, καὶ ἅπαντες οἱ οἴκοι ἐσεισθήσαν, καὶ ἡ Ἐκκλησία τοῦ Ἁγίου Διονυσίου εἰς δύο ἐσχίσθη, καὶ ὁ τοῦ Ἀρχιερέως οἶκος κλόνῳ μέγα καὶ λίθῳ ἐκ τοῦ Βράχου προσβληθεὶς τὸ ἀνώγειον ἐκρημνίσθη. Τοῦτο δὲ ἐγένετο τὸ ἐσπέρας τοῦ Ἁγίου Χαρίτωνος· πολλοὶ τε οἴκοι τῆς τοῦ Σωτῆρος Νικοδήμου Μονῆς κατεκρημνίσθησαν, καὶ ἡ Βασιλικὴ Ἐκκλησία ἐρῥάγη, καὶ τῇ τρίτῃ ἡμέρᾳ εἰς τὴν Μητρόπολιν ὁ Δημήτριος κεραυνῷ βληθεὶς ἐτελεύτησεν, ἀφήσας ὄρφανὰ καὶ χή[ραν]. Ἐνταῦθα τελειώνει τὸ δεύτερον φύλλον».

Τὸ ἔτος πὺ ἐγίνε ὁ σεισμός δὲν δίδεται, ἀλλὰ ἀπὸ τὰ συμφραζόμενα τὸ γεγονὸς μπορεῖ νὰ τοποθετηθεῖ μετὰ τὴν ἐπιστροφή τῶν Ἀθηναίων ἀπὸ τὴν ἐθελουσία ἐξορία τους, περίπου τρία χρόνια μετὰ τὴν ἀποχώρηση τῶν Βενετῶν, κάποτε μεταξύ τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος καὶ τῆς ὀθωμανικῆς ἀνακατάληψης τοῦ Μοριά στὰ 1715, δηλαδή σὲ μὰ ἀπὸ τίς σκοτεινότερες περιόδους ἀπὸ τὴν ἀποψη πληροφοριῶν.

Ἡ ἡμερομηνία τοῦ σεισμοῦ δίδεται ἐμμέσως στὸ δεύτερο κείμενο, ὡς ἡ ἡμέρα τῆς ἐορτῆς τοῦ Ἁγίου Χαρίτωνος, δηλαδή ἡ 28η Σεπτεμβρίου (Grumel 1958), χωρὶς ὅμως



νά λύνει τὸ πρόβλημα. Στὸ Μηνολόγιο τῆς Ὁρθοδόξου Ἐκκλησίας διάφοροι ἄγιοι καὶ ὁσιοὶ Χαρίτωνες ἐορτάζουν τὴν 1η Ἰουνίου, τὴν 3η, 9η καὶ 28η Σεπτεμβρίου καὶ τὴν 28η Νοεμβρίου (Menologion 1989).

Πολὺ πρὶν τὸ 1687 –ἔτος κατὰ τὸ ὁποῖο ἡ Ἀθήνα, μετὰ ἀπὸ ἄλωση, ἐπάρθη στὶς 28 Σεπτεμβρίου ἀπὸ τοὺς Βενετούς– ὁ πληθυσμὸς τῆς πόλης ἦταν ἤδη λιγότερος ἀπὸ 10.000 κατοίκους. Κατὰ τὴ διάρκεια τῶν ἐχθροπραξιῶν ἡ Ἀκρόπολις ὑπέστη ζημιές, καὶ ἀπὸ ἔκρηξη τῆς πυριτιδαποθήκης ὁ Παρθενώνας σχεδὸν κατεστράφη (Lampros 1926).

Λίγο ἀργότερα, τὸν Ἀπρίλιο τοῦ 1688, οἱ Βενετοὶ ἐγκατέλειψαν τὴν Ἀθήνα καὶ οἱ Ὀθωμανοὶ ἐπέστρεψαν, ὅχι ὅμως προτοῦ οἱ κάτοικοι, φοβούμενοι ἀντίποινα, νὰ προλάβουν νὰ ἐγκαταλείψουν τὴν πόλη καταφεύγοντας σὲ γειτονικὰ νησιά. Ἡ περιοχὴ τῶν Ἀθηνῶν παρέμεινε σχεδὸν ἔρημη ἐπὶ τρία χρόνια, προτοῦ ἀρχίσει ἡ ἐπάνοδος μέρους τῶν κατοίκων τὸν Δεκέμβριο τοῦ 1690 (Sathas 1869, 354-377) [A4, A5].

Ἡ σύγχυση τῶν γεγονότων καὶ τῶν ἡμερομηνιῶν στὰ Ἀναργύρεια φύλλα δικαιολογεῖ τὴ σκέψη ὅτι πιθανῶς ὅλες ἡ μέρος τῶν ζημιῶν ποὺ ἀποδίδονται σὲ σεισμό, στὴν πραγματικότητά εἶχαν προκληθεῖ κατὰ τὴ διάρκεια τῆς πολιορκίας τῶν Ἀθηνῶν, ἀφοῦ ἡ ἡμερομηνία ποὺ δίδεται στὰ φύλλα γιὰ τὸ σεισμὸ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἡμερομηνία ποὺ παραδόθηκε ἡ Ἀκρόπολις στοὺς Βενετούς, δηλαδὴ ἡ 28η Σεπτεμβρίου (Dandolo 1687).

Ἐχοντας στὰ χέρια τοὺς μόνο αὐτὲς τὶς ἐλάχιστες πληροφορίες ποὺ προσφέρουν τὰ Ἀναργύρεια φύλλα, καὶ χωρὶς περαιτέρω ἔρευνα, πολλοὶ ἔχουν ἀποφανεῖ γιὰ τὴν ἡμερομηνία τῶν γεγονότων. Οἱ Sieberg (1932a,6) καὶ Galanopoulos (1956) δίδουν τὴν 1η Ἰουνίου 1641, οἱ Schmidt (1867), Lambakis (1885) καὶ Kambouroglou (1888) τοποθετοῦν τὸ σεισμὸ τὴν 1η Ἰουνίου 1651, οἱ Papazachos & Papazachou (1989) πιστεύουν ὅτι πρόκειται γιὰ τὴν 16η Σεπτεμβρίου 1694, ἐνῶ ὁ Kambouroglou (1959, 60-7) δίδει τὴν 28η Σεπτεμβρίου 1701 καὶ ὁ Schmidt (1880) κάποτε μεταξὺ 1636 καὶ 1660. Ἀντιθέτως, οἱ Momsen (1868) καὶ Zisiou (1885) ἀπορρίπτουν τὴν αὐθεντικότητά τῶν ὧσων ἰσχυρίζεται ὁ Pittakis (1853) καί, ὅπως καὶ ὁ Schmidt (1867), ἀμφιβάλλουν γιὰ τὸ γεγονὸς τοῦ σεισμοῦ, τὸν ὁποῖο θεωροῦν ὡς κατασκευάσμα.

Στὴν πραγματικότητά, τὰ στοιχεῖα ποὺ ἔχουμε ἀπὸ τὰ Ἀναργύρεια φύλλα ἐπιτρέπουν νὰ ποῦμε μόνο ὅτι ὁ σεισμὸς ἔγινε κάποτε μεταξὺ 1687 καὶ 1751 (Lampros 1881). Αὐτὸ προκύπτει καὶ ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ μητροπολιτικὴ κατοικία στὴν Ἀθήνα ἦταν ἀνέπαφη τὸ 1676 ὅταν τὴν ἐπισκέφθηκε ὁ Spon (1678) καὶ πιθανῶς καὶ κατὰ τὴ διάρκεια τῆς κατοχῆς ἀπὸ τοὺς Βενετούς, ἐνῶ τὸ 1751 ὑπῆρχαν μόνο τὰ ἐρείπια τῆς μητροπολιτικῆς κατοικίας καὶ λίγα ἀπομεινάρια τῆς Ἐκκλησίας τοῦ Ἁγίου Διονυσίου (Stuart 1789). Χωρὶς νέες σύγχρονες πηγές, τίποτα σαφὲς δὲν εἶναι δυνατόν νὰ εἰπωθεῖ ἐκτὸς ἀπὸ γενικολογίες.

Νέες ἀνέκδοτες πληροφορίες βρήκαμε στὰ ὀθωμανικὰ ἀρχεῖα στὴν Κωνσταντινούπολη καὶ τὴν Ἀγκυρά, ποὺ προσθέτουν πολὺ τιμὰ στοιχεῖα καὶ ἐπιβεβαιώνουν αὐτὰ ποὺ

αναφέρονται στα Ἀναγύρεια φύλλα. Μεταξύ άλλων, υπάρχει ἔκθεση τοῦ καδῆ τῶν Ἀθηνῶν με ἡμερομηνία NS 23 Δεκεμβρίου 1705 καὶ ἡ ἀναφορά του τῆς 16 Rajab aH 1117 (3 Νοεμβρίου 1705), ἡ ὁποία μεταξύ άλλων λέγει ὅτι «[...] Ἦταν φέτος πού τὸ κάστρο τῆς Ἀθήνας ἔπαθε ζημιές ἀπὸ σεισμό καὶ ἐρειπώθηκε», λεπτομέρεια πού προσδιορίζει τὴ χρονικὴ περίοδο πού ἔγινε ὁ σεισμός, δηλαδή μεταξύ 25 Ἀπριλίου καὶ 3 Νοεμβρίου τοῦ 1705 (BBA:MMD 4355.367, 447).

Ἄλλη ἀναφορά, με ἡμερομηνία 4 Sha'ban aH 1119 (NS 31 Ὀκτώβριος 1707), περιέχει μία λεπτομερὴ ἐκτίμηση τῶν ζημιῶν στὴν Ἀκρόπολη, ἡ ὁποία μεταξύ άλλων ἀναφέρει τὴν κατάρρευση 6,264 cubits τειχοποιίας, ὅπως καὶ τὸ κόστος τῶν ἐπισκευῶν τὸ ὁποῖο ἀνῆρχετο σὲ 6,369 gurus, γιὰ τὸ ὁποῖο ἡ Πύλη συμφώνησε νὰ συμβάλλει με 4,000 gurus ἀπὸ τὸ κεντρικὸ ταμεῖο (BBA:MMD 3878.324).

Μία ἄλλη ἀναφορά δίδει ἕναν ἐπιμέρους ἀπολογισμό τῶν ζημιῶν. Μεταξύ άλλων το-νίζει ὅτι, λόγω τῶν συνεχιζόμενων πειρατικῶν ἐπιδρομῶν στὴν περιοχὴ τῶν Ἀθηνῶν, οἱ ἐπισκευές τοῦ Κάστρου τῶν Ἀθηνῶν, τῶν δεξαμενῶν, τοῦ ὀπλοστασίου καὶ 5 ἢ 6 ἀπὸ τίς 26 δεξαμενές (πηγάδια) τίς ὁποῖες εἶχε καταστρέψει ὁ σεισμός, ἦταν ἐπείγουσες (BBA:MMD 4355.447). Οἱ ἐπισκευές ἔγιναν με αὐστηρὲς προδιαγραφές γιὰ τὴν προ-έλευση τοῦ οἰκοδομικοῦ ὕλικου, τοὺς ἐργάτες (agariya) καὶ τίς πληρωμές (BBA:MMD 3878.324), πού τελείωσαν στίς 7 Rabi-II aH 1120 (NS 26 Ἰουνίου 1708) BBA:MMD 4355.447). Εἶναι πιθανὸν ὅτι ἐπιγραφές ὅπως αὐτὴ πού εὐρίσκεται στὴν εἴσοδο τῆς Ἀκροπόλεως με τὴ χρονολογία 1708 (1120 AH) ἀναφέρονταν στίς ἀνακα-τασκευές ἢ στίς ἐπισκευές πού ἔγιναν στὸ φρούριο τῆς Ἀκρόπολης λόγω τοῦ σεισμοῦ (Orhonlu 1974; Kambouroglu 1922.69,111).

Εἶναι, λοιπόν, προφανές ὅτι ἡ τελευταία φράση στὸ δεύτερο φύλλο τῶν Ἀναγύ-ρειων, στὸ ὁποῖο ἀναφέρεται ὁ σεισμός, σὲ συνδυασμὸ με τὸ ὅτι ὁ σεισμός ἔγινε τὸ ἀπό-γευμα τῆς ἡμέρας τοῦ Ἀγίου Χαρίτωνος, ἐπιτρέπουν τὸν προσδιορισμὸ τῆς ἀκριβοῦς ἡμερομηνίας τοῦ γεγονότος, δηλαδή τὴν 9η Σεπτεμβρίου 1705. Στὸ παλαιὸ ἡμερολό-γιο ἡ ἡμέρα αὐτὴ ἦταν Πέμπτη, στοιχεῖο πού ἐπιβεβαιώνει ὅτι ἡ ἡμερομηνία εἶναι σω-στή, ἐφόσον Πέμπτη εἶναι ἡ τρίτη ἡμέρα πρὸ τῆς Κυριακῆς τὴν ὁποία κατὰ τὰ Ἀνα-γύρεια χτυπήθηκε ὁ Δημήτριος ἀπὸ κεραυνὸ στὴ Μητρόπολη.

Λαμβάνοντας ὑπόψιν ὅτι οἱ κατασκευές στὴν Ἀκρόπολη καὶ τὰ τεῖχη της εἶχαν ἤδη πάθει σημαντικὲς βλάβες ἀπὸ τὴν πολιορκία τοῦ 1687 ἀλλὰ καὶ τὴν ἐγκατάλειψη τῆς πόλης ἀργότερα, φαίνεται ὅτι ὁ σεισμός προκάλεσε ἀξιοσημείωτες μὲν ἀλλὰ ὄχι ση-μαντικὲς ἢ ἀνεπανόρθωτες ζημιές σὲ κατασκευές τῶν ὁποίων ἡ τρωτότητα ἦταν ἤδη μεγάλη. Ἐν πρώτοις δὲν ἀναφέρονται τραυματισμοὶ ἢ θάνατοι τῆς φρουρᾶς τοῦ κάστρου ἢ τῶν οἰκογενειῶν τους. Οἱ πρώτες ἀναφορὲς λένε ὅτι τὸ κάστρο τῆς Ἀθήνας ἔπαθε ζη-μιές ἀπὸ τὸ σεισμὸ καὶ ἐρειπώθηκε. Μεταγενέστεροι ἀπολογισμοὶ τῶν βλαβῶν δίνουν μιὰ περιληπτικὴ ἐκτίμηση τῶν ζημιῶν στὴν Ἀκρόπολη, μεταξύ άλλων τὴν ἀπώλεια τῶν δεξαμενῶν καὶ τοῦ ὀπλοστασίου καὶ πέντε ἢ ἕξι ἀπὸ τίς 26 δεξαμενές (πηγάδια), ὅπως καὶ τὴ βλάβη 6,264 cubits τοῦ τεύχους τοῦ κάστρου, πολὺ πιθανὸν ἀναφερόμενοι στὴν



κατάρρευση τμήματος του νοτίου τείχους της Ἀκρόπολης, τὸ ὁποῖο τὰ Ἀναργύρεια ἀναφέρουν ὅτι ἐπισκευάστηκε ἀπὸ τοὺς πολῖτες.

Φαίνεται ὅτι οἱ ἐπισκευές διήρκεσαν μέχρι τὸ 1708, μὲ συχνές διακοπές λόγῳ ἀντιρρήσεων τῶν ἀρχῶν στὸ Εἰγριβοζ (Χαλκίδα) ἀναφορικά μὲ τὸ μεγάλο κόστος τῶν ἐπισκευῶν, οἱ ὁποῖες ἦταν δυσανάλογα μεγάλες πρὸς τὶς βλάβες ποὺ προκάλεσε ὁ σεισμός. Δὲν ἀναφέρονται βλάβες στὸ νεόκτιστο τζαμί τῆς Ἀκρόπολης (Cami'i Atina). Τὸ πρῶτο τζαμί στὴν Ἀκρόπολη χτίστηκε κατὰ τὴν περίοδο 1540-1570 καὶ ἀναφέρεται σὲ σύγχρονα φορολογικὰ κατὰστιχα ὡς τὸ Cami'i Kal'e'le-i Atina.

Στὴν περιγραφή τῆς πολιορκίας τοῦ 1687, τὸ τζαμί ἀναφέρεται ὡς Came'i Kebir, τὸ ὁποῖο ἐν μέρει κατέρρευσε κατὰ τὴ διάρκεια τῆς πολιορκίας. Σύντομα ἀντικαταστάθηκε ἀπὸ ἕνα μικρότερο τζαμί ἐντὸς τοῦ περιστυλίου τοῦ Παρθενῶνος (Orhonlu 1973), τὸ ὁποῖο ἐπισκέφθηκε τὸ 1699 μέλος τῆς συνοδείας τοῦ Γάλλου Πρέσβη Charles Comte de Feriel. Τὸ νέο τζαμί εἶχε χτιστεῖ μὲ ὕλικά ἀπὸ τὸ Cami'i Kebir ποὺ θρυσκόταν στὴν ἴδια θέση καὶ τοῦ ὁποίου τὰ θόρεια καὶ νότια τμήματα εἶχαν καταρρεύσει (Paton 1951, 165-6).

Λέγεται ὅτι ἡ ἐκκλησία τοῦ Ἁγίου Διονυσίου «σχίστηκε στὰ δύο» ἀπὸ τὸ σεισμό. Πρόκειται γιὰ τὸν τρίκλινο ναὸ τοῦ Διονυσίου τοῦ Ἀρεοπαγίτου, ρυθμοῦ βασιλικῆς, ποὺ ἀνεγέρθηκε στὰ μέσα τοῦ 16ου αἰῶνα στὴν κορυφὴ τοῦ ὁμώνυμου λόφου, 300 μέτρα ΒΔ τῆς Ἀκροπόλεως. Ἀπὸ τὰ λεγόμενα φαίνεται ὅτι ὁ σεισμός τοῦ 1751 ἐπέφερε ἀνεπανόρθωτες ζημιές καὶ εἶχαν ἀπομείνει μόνο λίγα ἐρείπια τῆς ἐκκλησίας (Stuart 1789). Προφανῶς ἡ Μητρόπολη δὲν πρέπει νὰ ὑπέστη σοβαρὲς βλάβες, ἀφοῦ τὴν τρίτη μέρα μετὰ τὸ σεισμό ἦταν ἐπισκέψιμη. Ἡ θέση τῆς Μητρόπολης δὲν εἶναι βέβαιη. Πιθανῶς νὰ πρόκειται γιὰ τὸν Καθολικὸ Ναὸ τοῦ Ἁγίου Διονυσίου στὸν Ἀρειο Πάγο, ποὺ σὲ αὐτὴν τὴν περίπτωσιν σημαίνει ὅτι ὁ ναὸς ὑπέστη μικρὲς βλάβες. Στὰ ΒΔ τοῦ ναοῦ τοῦ Ἁγίου Διονυσίου ὑπῆρχε τὸ διώροφο μητροπολιτικὸ καθίδρυμα μὲ πολλὰ δωμάτια. Λέγεται ὅτι κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ σεισμοῦ ὁ ἄνω ὄροφος τῆς κατοικίας τοῦ μητροπολίτη καταστράφηκε ἀπὸ πέτρες ποὺ πέσανε ἀπὸ τὸ βράχο. Ἡ μητροπολιτικὴ κατοικία ἦταν ἀνέπαφη τὸ 1676 ὅταν τὴν ἐπισκέφθηκε ὁ Spon (1678), καὶ πιθανῶς ἐπέζησε καὶ κατὰ τὴ διάρκεια τῆς κατοχῆς τῆς Ἀθήνας ἀπὸ τοὺς Βενετούς, ἐνῶ τὸ 1751 μόνο τὰ ἐρείπιά της ὑπῆρχαν (Stuart 1789). Ἡ Ἐκκλησία τοῦ Ἁγίου Διονυσίου καὶ ἡ πλησίον αὐτῆς κατοικία τοῦ μητροπολίτη, τὰ ὁποῖα δὲν ὑπάρχουν πλέον, εὕρισκοντο βορείως τοῦ βράχου τῆς Ἀκροπόλεως (Lampros 1881).

Τὰ Ἀναργύρεια ἀναφέρουν ὅτι πολλὲς κατοικίες ποὺ ἀνήκαν στὸ Μοναστήρι τοῦ Σωτῆρος Νικοδήμου κατέρρευσαν ἀπὸ τὸ σεισμό. Πρόκειται γιὰ τὸ Μοναστήρι τῆς Ἐκκλησίας τοῦ Σωτήρα, Λυκοδήμου ἢ Νικοδήμου, ποὺ ἀνοικοδομήθηκε μετὰ τὸ 1847 καὶ ποὺ εἶναι σήμερα ἡ Ρωσικὴ Ἐκκλησία. Ἐκτὸς τοῦ ὅτι ὁ πρῶτος ναὸς οἰκοδομήθηκε στὴ θέση αὐτὴ πιθανῶς τὸν 11ο αἰῶνα, τίποτα δὲν εἶναι γνωστὸ γιὰ τὴ μέτεπειτα ἱστορία του. Γιὰ πρώτη φορὰ ἀναφέρεται στὰ Ἀναργύρεια ὅτι ἀνήκε στὴ Μονὴ Σωτῆρος Νικοδήμου, τὰ κελιά τῆς ὁποίας κατέρρευσαν ἀπὸ τὸ σεισμό τοῦ



1705. Σχετικά πρόσφατη μελέτη του ναού, όμως, επιβεβαιώνει ότι το κτίσμα της εκκλησίας υπέστη και αυτό κυματικές βλάβες. 'Επισκευές που ακολούθησαν το σεισμό δείχνουν σαφώς ότι το ΒΑ τμήμα του κτηρίου είχε υποστεί σημαντικές βλάβες (Μπούρας 2004). Αυτό που αναφέρεται στα 'Αναγύρεα είναι ότι πολλές κατοικίες που ανήκαν στο μοναστήρι του Σωτήρος Νικοδήμου κατέρρευσαν. Είναι πιθανόν ότι εδώ νοείται ή κατάρρευση κελιών της Μονής μάλλον παρά κατοικιών, αφού τότε ή ανατολική περιοχή της 'Αθήνας ήταν έγκαταλειμμένη. Τά κελιά του μοναστηριού του Νικοδήμου βρίσκονταν κοντά στη σημερινή Ρωσική 'Εκκλησία (Lambakis 1885). 'Αναφέρεται, επίσης, ότι μετά το σεισμό οί 'Αθηναίοι οικοδομήσαν και ένα εξωτερικό τείχος γύρω από τη Μονή.

'Από τὰ 'Αναγύρεα προκύπτει ότι παρόλο που ο σεισμός αποκαλείται Βέγας, το άμεσο αποτέλεσμα του ήταν ότι «όλα τὰ σπίτια σείσθησαν». 'Η εκκλησία της 'Αγίας Παρασκευής που εφρίσκετο ανατολικά και σέ μικρή απόσταση από την 'Ακρόπολη υπέστη βλάβες και χρειάστηκε επισκευές (Stuart and Revett 1787, ii.iv plate 1). 'Επίσης ή Βασιλική 'Εκκλησία ρηγματώθηκε. 'Η θέση αυτής της εκκλησίας δέν είναι βέβαιη, πιθανώς νά ήταν κοντά στο Καλλιμάρμαρο (Lampros 1881).

Στους νότιους πρόποδες του βράχου της 'Ακρόπολης, επάνω από το θέατρο του Διονύσου και το χορηγικό μνημείο του Θρασύλλου, βρίσκονται σήμερα δύο κορινθιακοί κίονες που ανήκαν σέ ρωμαϊκό μνημείο. Εικονίζονται σέ χαλκογραφίες του 1674 όπως και του 1761, και είναι προφανές ότι επέζησαν του σεισμού (Stuart and Revett 1787, ii.iv plate 1; Papadopoulos 1851; Welter 1937.419; 1938.33;). 'Ο σεισμός δέν προκάλεσε ζημιές και στο Fetiye Camii, που κατασκευάστηκε το 1456 και υπάρχει ακόμη στη Ρωμαϊκή 'Αγορά. Πρόκειται, πιθανώς, γιά προϋπάρχουσα χριστιανική εκκλησία (Kiel 2002). Δέν υπάρχει αμφιβολία ότι ο σεισμός, παρά τη μεγάλη τρωτότητα των κατοικιών και των κτηρίων στην 'Ακρόπολη και στην 'Αθήνα, δέν προκάλεσε θύματα, κάτι που αν είχε συμβεί δέν θά είχε παραληφθεί νά αναφερθεί στα κείμενα.

'Ο σεισμός του 1705 δέν αναφέρεται στην ιστορία των 'Αθηνών που γράφτηκε από τον «καδή» της πόλης την εποχή εκείνη (Anonymous 1705; Orhonlu 1974). Δέν αναφέρεται ούτε στο ταξιδιωτικό του Lucas, που ήταν στην 'Αθήνα από την 27η 'Ιουνίου μέχρι την 9η Αύγουστου 1706, και ό οποίος βρήκε την πόλη άραιά κατοικημένη μέν αλλά εύπορη. Τά έρείπια, τά όποια παρατήρησε, τά απέδωσε στον τελευταίο πόλεμο μέ τους Βενετούς (Lucas 1712, 1.285).

Πληροφορίες γιά τὰ αποτελέσματα του σεισμού εκτός των 'Αθηνών δέν βρέθηκαν. Βρέθηκαν όμως σημειώματα μέ ήμερομηνία «Νοέμβριος 1705» (Sha'ban aH 1117), τά όποια δέν ονομάζονται και άφορούν αιτήσεις γιά την απαλλαγή φορολογίας των ciftlikler στο δρόμο πρὸς τὸ επίνειο του 'Ωρωπού (BBA:MMD 9895.124).

'Επίσης, επιστολή από τη Βενετία αναφέρει τηλεγραφικά ότι ό στόλος τους, πλέοντας πρὸς Μαρεμπιάνκο τὸ φθινόπωρο του 1705, «έπιασε» στο Νεγρεπόντε μετά από ένα σεισμό (PGB 1706.06.01). Πάντως ό Lucas, που βρισκόταν στην Χαλκίδα ένα

χρόνο αργότερα, δὲν ἀναφέρει τίποτα πὺν θὰ μποροῦσε νὰ δικαιολογήσει ὅτι ἡ πόλη εἶχε ὑποστῇ ζημιές (Lucas 1712, I, 281, 286).

Ἐρευνα γιὰ περισσότερες πληροφορίες στὴ διπλωματικὴ ἀλληλογραφία τοῦ 1705-6 καὶ στὸν εὐρωπαϊκὸ Τύπο μὲ τὴν Αἴγινα, τὴν Κόρινθο, τὴν Napoli di Romania, τὴν Patrasso, τὴν Smyrna καὶ τὴν Constantinople ἀπέβη ἄκαρπη, συνηθισμένο ἀποτέλεσμα γιὰ σεισμούς μικροῦ μεγέθους τῆς ἐποχῆς ἐκείνης. Δυστυχῶς, πηγές πληροφοριῶν γιὰ τὴν κεντρικὴ Ἑλλάδα ἀπὸ τὴν Βενετιά μετὰ τὴ συνθήκη τοῦ Carlowitz τὸ 1699 εἶναι ἐλάχιστες.

Μία πολὺ πιθανὴ θέση τοῦ ἐπίκεντρου τοῦ σεισμοῦ τοῦ 1705, μέχρι ἀποδείξεως τοῦ ἐναντίου, εἶναι ἡ περιοχὴ τῆς Μαλακάσας, στοὺς πρόποδες τῆς Πάρνηθας. Ὡς σημειωθεῖ ὅτι ὁ σεισμός πὺν ἔγινε αἰσθητὸς τὸ 1705 στὴ Ζάκυνθο, 250 χλμ. ἀπὸ τὴν Ἀθήνα (Schmidt 1867) ἦταν μετασεισμός τῆς σεισμικῆς δράσης στὸ Ἴόνιο, ἡ ὁποία εἶχε ἀρχίσει ἀπὸ τὸν Νοέμβριο τοῦ 1705. Ὡς σημειωθεῖ, ἐπίσης, ὅτι λίγο πρὶν τὸν Ἀπρίλιο τοῦ 1708 ἓνας σεισμός ἔκανε μεγάλες ζημιές στὸ Νεγρεπόντε (Χαλκίδα) καὶ δυτικὰ, στὴν περιοχὴ τῆς Θήβας. Οἱ πηγές, χωρὶς λεπτομέρειες, ἀναφέρουν ζημιές στὴν περιοχὴ τοῦ Νεγρεπόντε ἡ ὁποία ἐπεκτείνεται πέρα ἀπὸ τὸ Καρὰ Μπαμπὰ στὴν κάζα τῆς Λειβαδιάς (PMH 1708, I.348). Μεταξὺ ἄλλων κτηρίων, ὁ σεισμός προκάλεσε βλάβες στὴν ὀροφὴ καὶ τοὺς φέροντες τοίχους τοῦ Fisheye Mosque στὸ Eğriboz σὲ τέτοιον βαθμὸ πὺν λίγο αργότερα τὸ Rota Kaput, μέρος τοῦ τζαμοῦ, ἔπεσε, πιθανῶς μὲ τὸ σεισμό τοῦ 1729 πὺν ἀκολούθησε (BBA:MMD 9922.202).

Ὁ Beer προσθέτει ὅτι ὁ σεισμός ἔγινε αἰσθητὸς στὴν Κέρκυρα καὶ τὴ Σμύρνη, σὲ ἀπόσταση περίπου 300 χλμ., πληροφορία πὺν χρειάζεται ἐπαλήθευση (Beer 1709, III, 1085).

## REFERENCES

- Aion (Αἰών) (1851) 5 June, no. 1126, p. 3, Athens.
- Ambraseys N. (2010a) *Annual Reports of the Engineering Seismology Research Office 2007-2009*, Pub. The Academy of Athens (in Greek, extended summary in English).
- Ambraseys N. (2010b) *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Angiolello, Giovan-Maria (1881) in A. Capparozzo's *Di G.M. Angiolello e di un suo manoscritto inedito*, p. 32, Vicenza.
- Anonymous (1705) *Tarih-i Medinet ul-Hukema*, MS Emanet Hazinesi 1411, Topkapi Sarayı, Istanbul.
- Anonymous (1854) in L. Laborde's *Athènes au XV, XVI et XVII siècles*, vol. I, pp. 17-25, Paris.
- Ayverdi E.H. (1974) *Osmanlı minarisinde Fatih devri*, Istanbul; also *Ynanista'in Avrupa'da osmanlı mimari eserleri*, Istanbul (1981).
- Babin, Father J.P. (1674) *Relation de l'état présent de la ville d'Athènes, ancienne capitale de la Grèce, bâtie depuis 3.400 ans*, Pub. J. Spon, Lyon; reproduced in J.-C. Mossière (1993) *Jacob Spon: un humaniste lyonnais du XVII siècle*, Lyon.



- BBA.MMD, Başbanlık Osmanlı Arşivi, İstanbul (Maliyeden Müdevver Defterler; Cevdet-Dahiliye), Milli Kütüphane, Ankara (Kadi sicilleri).
- Borderie, Bertrand de la (1970) Discours du voyage de Constantinople, in *Opuscles*, pp. 317-318, The Hague.
- Bouras Ch. (2004) The Soteira Lykodemou at Athens, Δελτίον τῆς Χριστιανικῆς Ἀρχαιολογικῆς Ἑταιρείας, Περ. Δ', Τόμ. ΚΕ', Athens.
- Breton E. (1862) *Athènes décrite et dessinée*, Paris.
- Clarke E.D. (1810-1823) *Travels in Various Countries of Europe, Asia and Africa*, 6 vols, London.
- Coronelli, Vincenzo Maria (1686) *Memorie Istoriografiche de' regni della Morea, Negroponte e littoral fin' a Salonichi*, Venice.
- Coronelli, Vincenzo Maria (1688) *Pianta della città e fortezza d'Atene*, Biblioteca del Museo Civico Correr di Venezia, f. M 4990.
- Dandolo P. (1687) Ekthesis peri tis poliorkias ton Athinon ypo tou Morozini, in *Kataloipon Lamprou* vol. 16, no. 159 in *NH* for 1922.
- Dei, Benedetto, *Dalla Cronica*, in G. F. Pagnini della Ventura (ed.), *Della Decima e di varie altre Gravezze Imposte dal Comune di Firrenze. Della Moneta e della Mercatura de' Fiorentini fino al secolo XVI*, II, pp. 235-280 (Lisbon and Lucca, 1765).
- Dodwell E. (1819) *A classical and topographical tour through Greece during the years 1801, 1805 and 1806*, i. 299, London.
- Du Moncel Th. (1843) *De Venise à Constantinople à travers la Grèce*, Paris.
- Favolio, Hugone (1592) Hodoepprici Byzantini, in N. Reusner's *Itinerarium totus orbis*, f. 91v-92r, Basileae.
- Galán, Diego (1913) *Relación del Cautiverio y Trabajos*, pp. 117-118, Madrid.
- Grigorovič-Barskij V.G. (1885-1887) *Stranstvovanija Vasil'ja Grigoroviča Barskago po Sujatym mestam Vostoka s 1723 po 1747 g.*, 4 vols, ed. N. Barsakov, Kiršbaum, St. Petersburg; also (2005) *Stranstvovanija po Sujatym mestam Vostoka (s 1723 po 1747 g.)*, 3 vols, ed. G.S. Barankova, Ikhtios, Moscow.
- Guidoboni E., Ebel J.E. (2009) *Earthquakes and Tsunamis in the Past*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Grumel V. (1958) *La chronologie, Traité d'Études Byzantines n. 1*, Bibliothèque Byzantine, Presses Universitaires de France, Paris.
- Haygarth W. (1814) *Greece, a Poem in Three Parts with Notes and Classical Illustrations and Sketches of the Scenery*, London.
- Heinrich H. (1990) *Die Explosion des Parthenon*, pp. 32-36, Ausstellung des Kulturministeriums Griechenlands, I. Ephorie Altertümer, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Staatliche Museen zu Berlin.
- Jordanus, Friar (1863) *Mirabilia descripta* (c. 1330), in H. Yule, *The Wonders of the East*, Hakluyt Society, vol. 31, London.
- Kambouroglou D. (1888) *Seismoi en Athinais, Vyzantinon Imerologio*, Pub. Th. Mangakis, Athens.
- Kambouroglou D. (1896/1959) *Ἱστορία τῶν Ἀθηνῶν. Τουρκοκρατία, περίοδος πρώτη 1458-1687 (Istoria ton Athinon. Tourkokratia, periodos proti 1458-1687)*, 2 vols, Athens.
- Kambouroglou D. (1922), *Ai palaiai Athinai*, Vasileiou, Athens.
- Kiel M. (2002) The quatrefoil plan in Ottoman architecture in the light of the Fethiye Mosque of Athens, *Mugernas Annals*, vol. 19, pp. 115-119, nt. 41; and Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, 1465:183 Ankara.
- Korres M. (1996) Seismic damage to the monuments of the Athenian Acropolis, in *Archaeoseismology*, eds. S. Stiros and R. Jones, Fitch Laboratory Occasional Papers, no. 7, pp. 69-74, British School Athens, Athens.



- Lambakis G. (1885) O naos tou Nikodimou, *Hevdomas*, vol. 2, p. 91, Athens.
- Lampros S. (1881) Seismoi en Athinais pro tou 1821, *Hestia*, no. 280, 10 May, Athens.
- Lampros S. (1926) Ekthesis peri poliorkias ton Athinon ypo tou Morozini, *Neos Hellenomnymon* for 1926, Athens.
- Le Roy J.-D. (1770) *Les Ruines des plus beaux monuments de la Grèce considérées du côté de l'Histoire et de l'Architecture*, 2nd edition, Paris.
- Lubenau, Reinhold (1920) *Beschreibung der Reisen des Reinhold Lubenau*, vol. 4, pp. 176-181, Königsberg.
- Lucas P. (1712) *Voyage du sieur Paul Lucas dans la Grèce, l'Asie Mineure, la Macédoine et l'Afrique*, vol. 1, Paris.
- Martinelli, Christino (1687) *Antica e moderna citta d'Atene*, Milan.
- Menologion of Megas Hieros Synekdimos* (1989) Zei, Athens.
- Miles M. (1980) The date of the Temple on the Ilissos River, *Hesperia*, 49, 309-325.
- Miloitis, Iakovos (1882) *Perigraphi, Parnassos*, 6, 640, Athens.
- Mommsen A. (1868) *Athenae christianae*, Weimar.
- NEAK (2001) *New Earthquake Hazard Map of Greece*, OASP, Athens.
- Orhonlu C. (1974) Bir Türk kadisinin yazdığı Tarihi (Tarihi-I Medinetu'l-hukema), *Güney-Doğu Avrupa Araştırmaları Dergisi*, vol. 2-3, pp. 119-136, Istanbul. English translation: Orhonlu G. (1972) The history of Athens written by a Turkish kadi, *Actes II Congrès International Sud-Est Européen*, pp. 529-533.
- Papadopoulos G. (1851) *Peri tis katastrophis tou Thrasyllieiou mnimeiou*, Typographio Philopatridos, Athens.
- Paton J.M. ed. (1940) *The Venetians in Athens, 1687-1688*, from the *Istoria* of Cristoforo Ivanovich, Gennadeion Monographs I, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Philadelphus Th.N. (1902) *Istoria ton Athinon epi Tourkokratias 1400-1800*, 2 vols, Sakellariou, Athens.
- Pittakis K.S. (1835?) *Athènes, ou la description des antiquités d'Athènes et de ses environs*, Athens.
- Pittakis K.S. (1853) Apospasma ek tou heirographou tis historias ton Athinon. *Archaeolog. Ephemeris*, pp. 940-945, Athens.
- PMH Mercurius Historicus, 1712-1787.
- Pococke R. (1745) *A Description of the East and Some Other Countries*, London.
- Pomardi S. (1820) *Viaggio nella Grecia fatto da Simone Pomardi negli anni 1804, 1805 e 1806*, ed. V. Poggiolo, Rome.
- Sathas C.N. (1869) *Tourkokratoumeni Hellas 1453-1821*, Athens.
- Schmidt J. (1867a) *Pragmateia peri tou genomenou seismou tou Aigiou*, Ethn. Typographio, 52 pp., Athens.
- Schmidt J. (1867b). *Pragmateia peri tou genomenou to 1867 Ianouariou 23 seismou tis Kefalinias*, Ethn. Typographio, 30 pp., Athens.
- Schmidt J. (1875) *Studien über Erdbeben*, Georgi, Leipzig.
- Sommer, J. van Middelburg (1664) *Seeland Wasser und Landreysse, gethan nach der Levante, oder Morgenländern*, f. 36, Franckfurt am Mayn.
- Spon J. (1678) *Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grèce et du Levant, fait aux années 1675 et 1676*, Lyon; (1679) Amsterdam.
- Spon J. and Wheler G. (1678) *Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grèce et du Levant, fait aux années 1675 et 1676*, Lyon.
- Stikas (Στίκας) E. (1961) Τρίπλευρα κιονόκρανα, κορυφώματα και μνημεία, *Ἀρχαιολογική Ἐφημερίς*, pp. 164-165, Athens.

- Stuart J., Revett N. (1762) *The Antiquities of Athens*, London (1787); also (1789) vol. ii, Hobenkorn, London; (1794) vol. iii, Hobenkorn, London; (1816) vol. iv, Taylor, London; (1830) vol. v; vol. ii; p. 33, cp. iv, plate 1, London.
- Themelis P. (2002) Macedonian dedication on the Acropolis, in *Proceedings of the International Conference The Macedonians in Athens*, 2001, ed. Palagia O., Tracy S., Athens.
- Tölle-Kastenbein R. (1994) *Das Olympieion in Athen*, Böhlau Verlag, Cologne.
- Travlos I.N. (1960) Πολεοδομική εξέλιξι των Ἀθηνῶν (*Poleodomiki exelxis ton Athinon*), Athens.
- Trikkalinos I.K. (1975) Τρόποι διατηρήσεως τῆς σημερινῆς μορφολογίας τῆς Ἀκροπόλεως, *Πραγματεῖαι τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν*, vol. 35, 141 pp., Athens.
- Wheler G. (1689) *Voyage de Dalmatie, de Grèce et du Levant*, ii., Amsterdam.
- Williams W.W. (1820) *Travels in Italy, Greece and the Ionian Islands*, 2 vols, London.
- Woods, J. (1828) *Letters of an Architect, from France, Italy and Greece*, 2 vols, London.
- Xygopoulos A. (Ξυγγόπουλος) (1929) Τὰ βυζαντινὰ καὶ τουρκικὰ μνημεῖα τῶν Ἀθηνῶν, *Εὐρετήριο τῶν μεσαιωνικῶν μνημείων τῆς Ἑλλάδος*, pp. 59-122, Athens.
- Zygomalas, T. (1889) Itinerary in E. Legrand's *Notice biographique sur Jean et Theodose Zygomalas*, p. 125, Paris.
- Zisiou K. (1885) *Erimosis ton Athinon en eti 1688-1690, Hevdomas for 1885*, Athens.
-

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23ΗΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΗΣ ΞΕΝΗΣ ΕΤΑΙΡΟΥ κ. NICOLE LE DOUARIN

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟ

Είμαι ιδιαίτερος ευτυχής διότι δεξιωνόμαστε σήμερα την κυρία Nicole Le Douarin, Όμοιτη Καθηγήτρια του Κολλεγίου της Γαλλίας (Collège de France), Διευθύντρια του Ίνστιτούτου Έμβρυολογίας του Κολλεγίου της Γαλλίας και του Γαλλικού Έθνικού Κέντρου Επιστημονικής Έρευνας (CNRS), Μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας των Επιστημών και Μόνιμη Γραμματέα της από το 2001 έως το 2005.

Γεννήθηκε στη Βρετάνη το 1930. Σπούδασε στο Παρίσι Φυσικές Επιστήμες (πτυχίο το 1952), έλαβε το Δίπλωμα Ανωτέρων Σπουδών το 1954 καθώς και την Aggregation. Το 1964 ανέκηρύχθη Διδάκτωρ στο Πανεπιστήμιο των Παρισίων (Σορβόνη).

Από το 1954 ως το 1971 διήλθε τα διάφορα στάδια της πανεπιστημιακής σταδιοδρομίας μέχρι εκείνου της Τακτικής Καθηγήτριας στο Πανεπιστήμιο της Nantes, στο οποίο παρέμεινε ως το 1975. Τότε διορίσθη Διευθύντρια του Ίνστιτούτου Έμβρυολογίας του CNRS και του Collège de France. Από το 1988 έως το 2001 υπήρξε Καθηγήτρια του Collège de France. Το 1980 εξελέγη Αντεπιστέλλον Μέλος της Γαλλικής Ακαδημίας των Επιστημών, το 1981 Τακτικό Μέλος της και το 2001 Μόνιμη Γραμματέας της (Secrétaire Perpétuelle), θέση που κατείχε μέχρι το 2005.

Είναι Ξένη Έταϊρος της Έθνικής Ακαδημίας των Επιστημών των ΗΠΑ (Foreign Associate), της Βασιλικής Έταιρείας του Ήνωμένου Βασιλείου (Foreign Fellow of the Royal Society), Μέλος της Βασιλικής Ιατρικής Ακαδημίας της Ισπανίας, Ξένη Έταϊρος της Βασιλικής Βελγικής Ιατρικής Ακαδημίας, καθώς



καὶ Ἐπίτιμη Ξένη Ἑταῖρος τῆς Βασιλικῆς Βελγικῆς Ἀκαδημίας, Μέλος τῆς Ποντιφικῆς Ἀκαδημίας τῆς Ρώμης καὶ ἀργότερα Μέλος τῆς Συγκλήτου τῆς, Ξένης Ἑταῖρος τοῦ Ἰνστιτούτου Ἰατρικῆς τῶν ΗΠΑ, Ἐπίτιμο Μέλος τοῦ Βασιλικοῦ Κολλεγίου Παθολόγων τοῦ Λονδίνου (Honorary Fellow), καθὼς καὶ 6 ἄλλων ἀκαδημιῶν. Ἐπίσης εἶναι Ἐπίτιμη Διδάκτωρ τοῦ Πανεπιστημίου Columbia τῆς Νέας Ὑόρκης, τοῦ Πανεπιστημίου Complutense τῆς Μαδρίτης, τοῦ Ὁμοσπονδιακοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Ρίου Ἰανερίου, τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Μοντρεάλ, τοῦ Ἐλεύθερου Πανεπιστημίου τῶν Βρυξελλῶν καὶ τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Γενεύης. Μεταξὺ τῶν ἄλλων τιμῶν, ἔχει βραβευθεῖ μὲ τὰ βραβεῖα τῆς Γαλλικῆς Ἀκαδημίας καὶ τῆς Ἀκαδημίας τοῦ Βελγίου, μὲ τὸ σημαντικὸ ἰαπωνικὸ βραβεῖο Inamori, μὲ τὸ βραβεῖο Cino del Duca (Grand Prix Mondial Cino del Duca) καθὼς καὶ μὲ δέκα ἄλλα, ἐνῶ παρεσημοφορήθη μὲ τὰ γαλλικὰ παράσημα τοῦ Ἀνωτέρου Ταξιάρχου τῆς Λεγεῶνος τῆς Τιμῆς καὶ τοῦ Τάγματος τῆς Ἀξίας (Grand Officier).

#### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΚΡΙΜΠΙΑ

Εἶμαι ἰδιαιτέρως εὐτυχῆς διότι κατόπιν ἐντολῆς τῆς Συγκλήτου παρουσιάζω σήμερα τὴν κυρία Nicole Le Douarin, Ὁμότιμη Καθηγήτρια τοῦ Κολλεγίου τῆς Γαλλίας (Collège de France), Διευθύντρια τοῦ Ἰνστιτούτου Ἐμβρυολογίας τοῦ Κολλεγίου τῆς Γαλλίας καὶ τοῦ Γαλλικοῦ Ἐθνικοῦ Κέντρου Ἐπιστημονικῆς Ἑρεῦνης (CNRS), Μέλος τῆς Γαλλικῆς Ἀκαδημίας τῶν Ἐπιστημῶν καί, ἀπὸ τὸ 2001 ἕως τὸ 2005, Μόνιμη Γραμματέα τῆς.

Δὲν θὰ ἐπαναλάβω τὰ βιογραφικὰ στοιχεῖα τὰ ὁποῖα εἶπε ἤδη ὁ Πρόεδρος, μόνον νὰ μοῦ ἐπιτρέψετε μία παρατήρησι. Τὸ ἰαπωνικὸ βραβεῖο Inamori, ἓνα ἐκ τῶν δύο μεγάλων ἰαπωνικῶν βραβείων, ἔχει θέση ἀντίστοιχη μὲ τὰ δύο σουηδικὰ βραβεῖα Βιολογίας ποὺ ἀπονέμει ἡ Σουηδικὴ Ἀκαδημία, τὸ Νόμπελ καὶ τὸ Crafoord. Μὲ τὰ χρήματα αὐτοῦ τοῦ βραβείου ἡ κυρία Le Douarin ἀγόρασε μία ἔπαυλη καὶ τὴ γῆ ποὺ τὴν περιβάλλει σὲ προάστιο τῶν Παρισίων.

Ἡ κυρία Le Douarin εἶναι σημαντικὴ ἐμβρυολόγος: Ἐπινόησε τὴν καινοτόμο μέθοδο τῆς ἀναγνωρίσεως τῶν κυττάρων, χρησιμοποιώντας μία φυσικὴ σύμπτυξη. Παρατήρησε, δηλαδὴ, ὅτι τὰ κύτταρα τοῦ ὀρτυκιοῦ παρουσίαζαν μιὰ μορφολογικὴ ἰδιομορφία: Ὁ ἐντὸς τοῦ κυτταρικοῦ πυρῆνος πυρηνίσκος εἶναι συνδεδεμένος μὲ ἑτεροχρωματίνη, ποὺ μποροῦσε νὰ χρωσθεῖ μὲ τεχνικὲς ποὺ χρωματίζουν τὸ DNA, ὅπως μὲ χρώση Feulgen. Ἔτσι τὰ κύτταρα τοῦ ὀρτυκιοῦ διακρίνοντο ἀπὸ τὰ κύτταρα τῆς ὀρνιθος, τοῦ κατ' ἐξοχὴν πειραματικοῦ τῆς ὕλικου.

Ἡ φυσικὴ αὐτὴ σήμανση εἶναι ἀνώτερη ἀπὸ μία παροδικὴ χρώση ἢ ἀπὸ μία σήμανση μὲ ραδιοϊσότοπα πού μέχρι τότε ἐχρησιμοποιοῦντο, διότι οἱ σημάνσεις διαχέονται καὶ ἀποσβέννυνται μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου καὶ γι' αὐτὸν τὸ λόγο δὲν εἶναι ἀξιόπιστες μακροχρόνια. Μπόρεσε λοιπὸν μὲ τὴ μέθοδο πού ἐπινόησε νὰ παρακολουθήσει τίς μετακινήσεις-μεταναστεύσεις τῶν κυττάρων κατὰ τὴν ἐμβρυϊκὴ ζωὴ καὶ νὰ ἀνακαλύψει τὴν προέλευση τῶν κυττάρων πού ἀπαρτίζουν τὰ διάφορα ὄργανα. Προέβη δηλαδή, μὲ κατάλληλες μικροχειρουργικὲς ἐπεμβάσεις, στὴ δημιουργία χιμαίων ἀπὸ δύο εἶδη κυττάρων, ὀρυκτιοῦ καὶ ὀρνιθος, καὶ ἔτσι ἠδυνήθη νὰ παρακολουθήσει τὴν πορεία καὶ τίς μετακινήσεις τῶν κυττάρων καὶ τοὺς μηχανισμοὺς ἐπαγωγῆς, πού καθορίζουν τὴν ἐξειδίκευσή τους χάρις στὴν ἐπίδραση τῶν παρακειμένων τους ἰστῶν, ἐξιχνιάζοντας πλεῖστα ἄλλα μέχρι τότε προβλήματα τῆς ἐμβρυολογίας τῶν πτηνῶν καὶ τῶν θηλαστικῶν. Οἱ χιμαῖρες αὐτὲς δὲν παρουσιάζουν ἀντιδράσεις ανοσολογικῆς δυσανεξίας μέχρι τῆς ἡλικίας τῶν τριῶν μηνῶν, στὸ στάδιο τοῦ ἐνήλικος.

Ἐνα ἀπὸ τὰ κύρια ἀντικείμενα τῆς μελέτης τῆς ὑπῆρξε τὸ νευρικὸ λοφίο ἢ ἔπαρμα (neural crest). Πρόκειται γιὰ ἓνα παροδικὸ μόρφωμα ἐπὶ τοῦ μελλοντικοῦ νευρικοῦ ἀγωγοῦ πού ὅμως διαδραματίζει σημαντικὸ ρόλο στὴν ἐμβρυογένεση τῶν σπονδυλωτῶν. Τὰ κύτταρά του, πού μεταναστεύουν, δὲν εἶναι ἀρχικὰ διαφοροποιημένα, προσδιορίζονται στὸ τέλος τῆς διαδρομῆς τους ἀπὸ τὴν ἐπίδραση πού ἀσκοῦν ἐπ' αὐτῶν τὰ κύτταρα καὶ οἱ ἴστοι πού τότε τὰ περιβάλλουν. Πρόκειται γιὰ κλασικὴ περίπτωση ἐπαγωγῆς. Τὸ 1988, γιὰ πρώτη φορά, πιστοποιήθηκε ἀπὸ τὴν Le Douarin στὸ νευρικὸ λοφίο ἡ ὑπαρξὴ στελεχιακοῦ κυττάρου (neural crest stem cell).

Ἡ κυρία Le Douarin ἀπέδειξε ὅτι τὸ νευρικὸ λοφίο ἀποτελεῖ τὴν κύρια πηγὴ κυτταρικοῦ ὕλικου γιὰ τὸ σχηματισμὸ τῆς κεφαλῆς στὰ Σπονδυλωτά. Ὄντως, στοὺς προδρόμους τῶν Σπονδυλωτῶν, στὰ Πρωτοχορδωτά, ὅπως ὁ Ἀμφιόξυς, δὲν ὑπάρχει κεφαλὴ, αὐτὰ τρέφονται διηθώντας θαλασσινὸ νερὸ καὶ συγκρατώντας τὰ στερεὰ κομμάτια, πού ἀποτελοῦν τὴν τροφή τους. Στὰ Σπονδυλωτά διαμορφώνεται ἡ κεφαλὴ ὡς μέσο ἀποσπάσεως καὶ προσλήψεως τῆς τροφῆς. Τόσο τὸ ὀστέινο τμήμα τοῦ κρανίου, ὅσο καὶ ὁ ἐγκέφαλος, προέρχονται ἀπὸ κύτταρα τοῦ νευρικοῦ λοφίου, σὲ ἀντίθεση μὲ ὅ,τι συμβαίνει μὲ τὸ ὑπόλοιπο ὀστέινο σκελετό, ὁ ὁποῖος εἶναι μεσοδερμικῆς προέλευσης.

Μία ἐνδιαφέρουσα πλευρὰ τῆς ἐρεύνης τῆς ἀφορᾷ τὸν ἐντοπισμὸ τοῦ τμήματος τοῦ ἐγκεφάλου πού συνδέεται μὲ ὀρισμένη συμπεριφορά, τὸ εἶδος κελυφισματοσ πού διαφέρει ἀπὸ εἶδος σὲ εἶδος, μὲ τὴ μέθοδο κατασκευῆς χιμαίων πού



ἀφορούν τμήματα τοῦ ἐγκεφάλου. Στὸ ἴδιο συμπέρασμα μὲ τὴν ομάδα τῆς Le Douarin κατέληξε καὶ ἀμερικανικὴ ἐρευνητικὴ ομάδα, χρησιμοποιώντας ὅμως διαφορετικὴ μέθοδο. Οἱ ἀνακoinώσεις καὶ τῶν δύο ομάδων ἔγιναν ταυτοχρόνως στὸ περιοδικὸ *Science* τὸ 1988.

Ἡ Le Douarin ἀπέδωσε ἐπίσης καὶ μιὰν ἄλλη, διαφορετικὴ ἐρμηνεία τῶν μηχανισμῶν ἐπαγωγῆς ποὺ ὀφείλονται στὴν ἐγκόλπωση τοῦ ὄργανωτοῦ, δηλαδὴ τοῦ κέντρου τοῦ Spemann, κατὰ τὴ διαμόρφωση τοῦ γαστριδίου καὶ ἀκολουθῶς τοῦ νευριδίου: Ὁ νευρικός ἀγωγὸς δὲν ἐπάγεται ἀπὸ τὴ νωτιαία χορδὴ ἀλλὰ δημιουργεῖται συγχρόνως μὲ αὐτὴν καὶ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς μετακίνησης τοῦ ὄργανωτοῦ. Πρόκειται γιὰ ἓνα φαινόμενο παρεμποδίσσεως τῆς παρεμπόδισης καὶ ὄχι τῆς κατευθείαν ἐπαγωγῆς μὲ ὀρισμένη ἔνωση, κάτι τὸ ὁποῖο οἱ ἀγγλοσάξονες περιγράφουν μὲ τὶς λέξεις *by default*. Τὰ εὐρήματά της ἐπεβεβαιώθησαν ἀργότερα ἀπὸ γενετικὲς μελέτες μεταλλαγῶν.

Τέλος, ἡ κυρία Le Douarin μελέτησε τὴν αἰμοποίηση καὶ τὴ δημιουργία τοῦ ἀγγειακοῦ συστήματος καὶ τοῦ ανοσολογικοῦ. Ἀπέδειξε κάτι ποὺ εἶχε ἀπὸ καιρὸ ὑποτεθεῖ ἀλλὰ οὐδέποτε ἀποδειχθεῖ, ὅτι δηλαδὴ οἱ σειρὲς (*lineages*) τῶν αἱμοποιητικῶν καὶ τῶν ἀγγειοποιητικῶν κυττάρων ἔχουν κοινούς κυτταρικούς προδρόμους, τοὺς ἀγγειοθλάστες, τῇ δὲ διαφοροποίησή τους δημιουργεῖ ἡ ἐπίδραση ἑνὸς γονιδίου ποὺ συνθέτει τὸν πρωτεϊνικὸ ὑποδοχέα τοῦ παράγοντα αὐξήσεως τοῦ ἐνδοθηλίου, μία κίνηση τῆς τυροσίνης. Αὐτὸ τὸ γονίδιο, ὅταν εἶναι ἐνεργό, διαφοροποιεῖ τὰ ἐνδοδερμικά κύτταρα σὲ κύτταρα τοῦ κυκλοφορικοῦ συστήματος. Ἀπέδειξε ὅτι τὰ κύρια λεμφικὰ ὄργανα τῶν πτηνῶν, ὁ θύμος καὶ ὁ θύλακος τοῦ Fabricius —ἀντίστοιχο τοῦ ὁποίου στὰ θηλαστικά εἶναι ὁ μυελὸς τῶν ὀστέων—, μὲ χημειοτακτισμὸ προσελκύουν τὰ Τ καὶ τὰ Β λεμφοκύτταρα ἀντίστοιχα καὶ τὰ διαμορφώνουν ὡς πρὸς τὴν ανοσοποιητικὴ τους δράση, τὰ ἐκπαιδεύουν. Τὰ λεμφοκύτταρα ἔχουν διαφορετικὴ προέλευση ἀπὸ τοὺς ἀδένες ποὺ τὰ φιλοξενοῦν, καὶ τοῦτο τὸ ἀπέδειξε μὲ τὸ σύστημα χμαιρῶν ὀρυκτιοῦ καὶ ὀρνίθας, παρακολουθώντας τὴν ἐμβρυϊκὴ τους προέλευση.

Αὐτὰ ἐν μεγίστῃ συντομίᾳ καὶ ἀπλουστεύσει εἶναι τὰ κύρια, πλὴν ὅμως ὄχι ὅλα, ἐρευνητικὰ ἐπιστεύγματα τῆς κυρίας Le Douarin καὶ τῶν συνεργατῶν της, ποὺ διεξήγαγαν ἔρευνες στὴν ομάδα της καὶ ὑπὸ τὴν καθοδήγησή της.

Ἡ κυρία Le Douarin εἶναι μία ἐκ τῶν ἐκδοτῶν, μεταξύ ἄλλων, καὶ τῶν Πρακτικῶν τῆς Ἀμερικανικῆς Ἐθνικῆς Ἀκαδημίας Ἐπιστημῶν, τῶν *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* (PNAS). Ἐχει δημοσιεύσει 480 ἐργασίες, μεταξύ τῶν ὁποίων περιλαμβάνονται βιβλία καὶ μεγάλα ἄρθρα ἀνασκο-



πήσεως. Ένα από τὰ βιβλία της εἶναι μία μονογραφία γιὰ τὸ νευρικό λοφίο ποὺ δημοσιεύθηκε ἀπὸ τὸ Cambridge University Press τὸ 1982. Ἐκ τῶν ἐργασιῶν της, 34 δημοσιεύθησαν στὸ PNAS, 2 στὸ *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2 στὸ *Nature* (μία ἐκ τῶν ὁποίων εἶναι ἀνασκοπήσεως, συγγραφεῖσα κατόπιν προσκλήσεως τοῦ περιοδικοῦ), 5 στὸ *Science*, 6 στὸ *Cell* καὶ πολλές σὲ ἄλλα περιοδικὰ ὑψηλῆς στάθμης ὅπως τὸ *EMBO Journal*, τὸ *Development*, τὸ *Development Biology*, τὸ *J. Neuroscience*, τὸ *Neuron* κ.ἄ. Ἀπὸ ἔρευνα στὸ διαδίκτυο διεπιστώθη ὅτι ἀναφέρονται 11.357 ἀναφορὲς τῶν 251 ἐργασιῶν της —οἱ γαλλόφωνες ἐργασίες συνήθως δὲν ἀπαριθμοῦνται.

Αὐτὸ ἐν συντομία εἶναι τὸ ἔργο τῆς Ξένης Ἑταίρου ποὺ σήμερα δεξιωνόμαστε. Παρακαλῶ νὰ μοῦ ἐπιτρέψετε νὰ ἀπευθυνθῶ στὴν Ξένη Ἑταῖρο μας στὴ μητρική της γλώσσα.

Madame le Professeur,

Ce jour de votre réception à l'Académie d'Athènes en qualité de membre étranger vous me trouvez heureux et honoré d'avoir fait votre éloge suivant la décision du Sénat de notre Institution. J'ai taché de dépeindre en quelques traits majeurs, votre étonnante carrière scientifique ainsi que votre ingénieuse innovation qui permet de suivre la destination des cellules embryonnaires durant l'embryogenèse en utilisant des marqueurs naturels et en construisant des chimères. Je suis sûr que vous en direz beaucoup plus bientôt dans votre exposé.

Pour le moment je vous prie, Madame, de bien vouloir agréer l'expression des mes sentiments les meilleurs ainsi que mes chaleureuses félicitations, adressées aussi à Monsieur votre époux, le Professeur Jean David, un ami de longue date. Soyez Madame la bienvenue en notre assemblée.

TRACING THE CELLS IN EMBRYOS :  
THE NEURAL CREST  
A UNIQUE STRUCTURE OF THE VERTEBRATE EMBRYO

NICOLE LE DOUARIN

Dear Fellow Academicians,  
Ladies and Gentlemen,

It is a great honour for me to be introduced in the Academy of Athens, and I wish to express my deep gratitude to the distinguished fellows of this Academy for associating me to this select Assembly.

Today's event has a special significance to me since, in my highschool years, I had the chance to study ancient greek. I particularly appreciated and enjoyed the poetry of the ancient greek literature. I only had my first opportunity of coming to your country when I was 28 and I vividly remember the emotion I felt when I could contemplate the Parthenon for the first time in my life.

My inclination for literature and ancient arts in my young years however did not lead me to embrace a career in humanities. Instead, I decided to study science when came the time for University. I rapidly opted for life sciences due to an intense curiosity for the essence of life, for the way living organisms, in their immense complexity, become organized, and for the way they function.

For contextual reasons, after obtaining the Agregation de Sciences Naturelles, I started to work as a highschool teacher for several years. I however succeeded in changing the course of my professional life by preparing a PhD, while still teaching, in the laboratory of Etienne Wolff, who was, in the late 1950<sup>ies</sup>, Professor at the Collège de France in Paris and Director of the Laboratory of Experimental Embryology and Teratology.

Embryology appeared to me as a fascinating subject in life sciences because its aims are to decipher the mechanisms through which a highly complex organism develop from a single cell, the egg, without any information from the external world.

The experimental material on which these studies were carried out in Etienne Wolff's laboratory was the chick embryo, which has the advantage, while being close to mammalian species, to develop out of the mother's body, in the egg. It is therefore accessible to many kinds of interventions during

the complete period of embryogenesis. After the advent of the molecular techniques which allow to dissect the course and causes of the developmental events at the gene level, other animal models appeared more suitable for genetic approaches like a fly (*Drosophila*), or a fish, the Zebrafish (*Danio rerio*). However, one of my former Japanese post-doc, Harukazu Nakamura <sup>1</sup>, changed significantly the status of the avian embryo in this respect. It is now possible to produce transgenic avian embryos in a way which is particularly interesting since one can choose the place and time in which to induce gene transfection, by introducing nucleic acids into the embryonic cells. This is achieved by electroporating them into the region of the embryo and at the time elected. This is why the avian embryo remains an excellent model in the era of molecular developmental Biology.

After I got my PhD, which dealt with liver development, I obtained a position of Associate Professor at the University of Nantes where I established my own laboratory. I then made an observation which changed the course of my work. It led me to devise a cell marking technique which allows the cells to be visualized and followed during the course of embryogenesis.

#### DEVisING A METHOD TO TRACE CELLS MIGRATIONS IN EMBRYOS

I happened to have eggs of another species of birds the Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) and, when looking at quail cells on section at the microscope, I noticed that their nucleus presented a feature that did not exist in chick cells or even in cells of most animals species (mouse or human for example).

The nucleolus, which is an organelle located in the center of the nucleus, is particularly large and conspicuous in all the cell types of the quail.

In most animal species, enlargement of the nucleolus is observed only in cells with high level of protein synthesis, like liver cells. The reason for which the nucleolus of hepatocytes is big is because it contains large amounts of RNAs, which later on are transferred to the cytoplasm and become localized in the ribosomes. In the quail, all cells had a conspicuously large nucleolus. I showed that this was due to the fact that, in this species, the nucleolar RNP is associated with a large mass of heterochromatin. Since this particularity is present in all embryonic and adult cell types of the quail, I thought that quail and chick cells could be recognized after being experimentally associated either *in vitro* or *in vivo* by constructing interspecific chimeras in the embryo *in ovo*, provided that the staining procedure, used clearly evidences DNA (as it is the case for the Feulgen reaction)<sup>2</sup>.



Besides the nuclear structure we have now other means to analyse the chimaeras. Several laboratories including my own have produced species-specific monoclonal antibodies able to recognize antigenic determinants common to virtually all cell types of the quail and not present in chickens.

Various kinds of monoclonal antibodies, which are both species and cell-type specific, have also been used to analyse the quail-chick chimeric tissues. Taxonomically the two birds are closely related, and although they differ significantly in the duration of their incubation period (17 days for the quail – 21 days for the chick), the chronology of development and also the size of the embryo differ only slightly during the first half of the incubation period, when most of the decisive events of embryogenesis take place. This is why association of quail and chick cells *in ovo* results in viable chimaeras.

After making this observation, I thought that it could provide a valuable tool to study the ontogeny of systems where morphogenetic movements and cell migrations play an important role. This is why it was applied in my laboratory to the development of the nervous and the immune systems. Since it was devised, it has had many other applications in various laboratories.

## THE NEURAL CREST

In this review, I will give you some of the highlights of the work I did with my collaborators over the years, on a particular embryonic structure, the *Neural Crest (NC)*. The NC is a transitory and pluripotent structure of the vertebrate. It forms when the neural tube closes by the dorsal fusion of the lateral borders of the neural plate (called the neural folds, NF). As soon as it is formed, the cells of the NC loose their epithelial arrangement and migrate away from the neural tube along definite pathways and at precise periods of time to invade the entire embryo. The migrating Neural Crest Cells (NCC) stop in elected sites in the embryo where they differentiate into a large variety of cell types. This structure was discovered in the end of the XIX<sup>th</sup> century by the german histologist William His in the chick embryo. It was studied during the first half of the XX<sup>th</sup> century essentially on lower vertebrates (Fish, Amphibian).

This work was reviewed in a well acknowledged monograph written in 1950 by Sven Horstadius entitled « the Neural Crest »<sup>3</sup>.

When I divided the quail/chick marker system in 1969, very little was known about the contribution of the NC to the embryogenesis in higher Vertebrates like Birds and Mammals.

I thought that this technique would be particularly suitable to study the ontogeny of this embryonic structure. The method I used consisted in constructing chimeric embryos. Chick embryos (or quail) were taken as hosts. Part of their neural tube or neural fold was removed from precisely defined regions of the embryo, at the time when the NCC had not yet started migrating. Quails (or chicks), at the same developmental stage, served as donors. The same part of the neural anlage was removed and grafted into the chick, so that the graft was both *isotopic* and *isochronic*.

Such chimeras develop normally and can be considered as reliable models to evidence the migration pathways followed by the NCC and the precise level of the Neural axis from which each derivative of the NC originates. These data have been published in a series of articles which are now classic.

Apart from the fate of the NCC which exit the neural tube at various levels of the antero-posterior axis, we could also determine the migration paths followed by these cells and visualize their expansion all over the body. It turned out that NCC are a highly invasive cell type since there is virtually no tissues in the body which are devoid of cells derived from this unique type of embryonic structure. One of the most striking result of these systematic cell tracing experiments was the extensive contribution of the NC to the vertebrate head. We could demonstrate that the NC is at the origin, not only of the nerves and ganglia of the cephalic region, but also of the entire facial skeleton and of most of the cranial vault. It also provides the head with the connective tissue of the striated muscles and of the glandular structures of the cephalic area. The dermis of the face and ventral aspect of the neck is of NC origin. Moreover, the NC plays an important role in the cephalic vasculature. Apart from the endothelium lining the blood vessel lumen –which is derived from the mesoderm all over the body – their musculo-connective wall is of NC origin from the cono-truncus of the heart up to the neck and the entire face. Moreover, NCC form the meninges of the fore-brain, while in all the other parts of the central nervous system, meninges have a mesodermal origin.

In 1982, most of these data were established thanks to the use of the quail-chick marker system. I then decided to write a review, that was in fact a follow up of the one written by Horstadius thirty two years before, but which concerned higher vertebrates. It was actualized in 1999 by a seconde edition together with C. Kalcheim<sup>4-5</sup>.

In view of these embryological results, Carl Gans and Glenn Northcutt, in 1983, put forward their concept of the "New Head" on the basis of the



conclusions that we had reached in the seventies<sup>6</sup>. According to these authors, due to its contribution to the head, emergence of the NC was essential for the evolutionary transition from chordates to vertebrates. Our recent findings further substantiate this important notion. They have significantly renewed the current notions on the embryology of the Vertebrate head.

#### REINTERPRETING THE DEVELOPMENT OF THE FOREBRAIN AND THE HEAD IN HIGHER FORMS OF VERTEBRATES

During the evolution of the Vertebrate phylum, the contribution of the NC to head morphogenesis has increased notably. This was concomitant with the increase of the development of the forebrain. We show that the skull of NC origin covers the forebrain and forms the facial skeleton. Thus the face is entirely constructed with NCC at the exclusion of two cell types : the striated myocytes and the vascular endothelium.

By following the development of the early neural primordium (the anterior neural plate), we have shown that in its original configuration visible in the jawless Vertebrates (Hagfish and Lampreys) the anteriormost part of the brain corresponds to the diencephalon (thalamus, hypothalamus and pituitary gland) with only a discrete development of the telencephalon dorsally.

The diencephalon corresponds to the anterior end of the notocord, a Vertebrate organising center that plays an important morphogenetic role at different steps of patterning of the body plan. We have shown that the differentiation of the paraxial mesoderm (cephalic and somitic) into cartilage and bone depends upon a signal arising from the notocord (mediated by the secreted protein *sonic-hedgehog*). The presence of the notocord up to the mesencephalon-diencephalon junction, thus accounts for the formation of the vertebral column and of the occipital region of the skull.

The evolution of the Vertebrate phylum is characterized by the development of the cerebral hemispheres which reached its maximum in primates and humans. We focused our attention on the early steps of development of the cerebral hemispheres. By following the fate of the various regions forming the early neural plate through the quail-chick chimera system, we showed that the cerebral hemispheres arise from the anterior and lateral areas of the neural plate. After the fusion of the neural folds and the formation of the encephalic vesicles, these lateral areas are the site of an intensive growth which leads them to expand rostrally beyond the



tip of the notocord and of the adenohipophysis. The latter becomes "buried" inside the stomodeal cavity while maintaining its close relationships with the floor of the diencephalon (i.e. : the hypothalamus). Due to the absence of notocord and mesoderm at the telencephalic level, no mesodermal skeleton was available to cover this "new brain" that developed during the course of evolution. This new brain was covered by cells of NC origin which formed the forebrain meninges and the skull : frontal and parietal bones. Thus, a coevolution of the anterior brain and of the NC has occurred and has been critical for the development of higher cognitive functions in the more recent forms of Vertebrates.

It has to be noted that this considerable development of the forebrain has been accompanied by the emergence of sense organs, the eyes that originate from the diencephalon and the smell organs whose precursor cells are localized in the anterior neural fold.

The fate map of the neural plate that we have published in 1987<sup>7 8</sup> has served as a reference for many investigations on the forebrain in Mammals, Birds as well as in *Xenopus* by other groups.

Acquisition of higher brain functions in vertebrates has been accompanied by a change in their life style as compared to their filter-feeder ancestors the Cephalocordates. Vertebrates became able to seek for their food and later on, became predators. Their facial skeleton, which is entirely derived from the NC involves the first organ of predation, the jaw, which is already well developed in certain teleost fish.

*Evolution of the Vertebrate head is therefore characterized by an increase in the participation of the ectoderm via the neural primordium. The latter not only generates the brain, but also the face, via the NC.*

#### THE NEURAL CREST AS AN «ORGANISING CENTER» THAT REGULATES PRE-OTIC BRAIN DEVELOPMENT

We have recently demonstrated that, in addition of providing the vertebrate head with a large part of its skeletal structure, the cephalic NC regulates fore- and mid-brain development through the production of signaling molecules. It was shown that in the avian embryo, anti-Bmp factors such as *Gremlin* and *Noggin* are released by the cephalic NCC. By antagonising the effect of Bmp4 and Bmp7, produced by the pre-cordal plate and the ectoderm of the developing head, NCC can regulate the amount of Fgf8 produced by the Anterior Neural Ridge (ANR). It could also be shown that Fgf8 is critical for both the survival and proliferation of the cells of the

NC and of the neural plate which are at the origin of the telencephalon and of the dorsal part of the preotic brain (thalamus and optic tectum).

#### THE DIFFERENTIATION OF THE VARIOUS NEURAL CREST DERIVED CELL TYPES

Since the NC is a highly pluripotent structure, the problem is raised of the mechanisms leading to the segregation of the different cells lines that it generates. The main results obtained from the period extending over the 1970ies were that NCC are not fully committed when they start to migrate and that their differentiation tightly depends upon signals arising from the environment in which they differentiate at the end of their migration. This was illustrated by the plasticity of the precursors of autonomic neurons that can be induced to differentiate into either cholinergic or adrenergic neurons depending on their final environment. This was the first *in vivo* demonstration of the influence of environmental factors on neuronal differentiation.

These results were published in many papers including an invited review in *Nature* in 1980<sup>9</sup>.

In the next step we performed clonal cultures of NCC and demonstrated, for the first time, the existence of a stem cell in the nervous system: "the neural crest stem cell"<sup>10</sup>.

After transferring *in vitro* the complex NC system, we proposed a model for cell line segregation in NC ontogeny in which the presence of a "totipotent" stem cell, of intermediate pluripotent precursors and finally of fully committed progenitors was demonstrated. Among the intermediate precursors cells, able to yield clones containing only two phenotypes : glia and melanocytes, or glia and myofibroblasts, were characterized and shown to be endowed with self-renewal capacities. These cells therefore fulfill the criteria for being considered as bona fide "stem cells"<sup>11-16</sup>.

Then, with my colleagues, I searched for the cytokines able to promote the growth and differentiation of these various types of precursors. The most striking results were obtained for endothelin-3 (EN3), a cytokine whose absence is responsible in the mouse for the lethal-spotted mutation. We also discovered and cloned, besides the receptor for EN3 cloned in mammals and present also in birds, an additional gene encoding a receptor for EN3 expressed only in the melanocytic lineage in birds<sup>17</sup>.

Clonal analysis of the developmental potentialities of the NCC showed a strong analogy between hematopoiesis and neural crest development.

From the 1980ies until now, with my coworkers, I have used molecular techniques to further analyse the development of the systems that were under investigation in our laboratory. We produced a number of monoclonal antibodies (Mabs) directed against molecular markers and surface antigens specific for NCC and their derivatives and for cells of the avian hematopoietic lineages (T, B cell markers, MHC class I and II). Certain of these Mabs have been made widely available to the scientific community, some were used to isolate the antigen and to clone the corresponding cDNA. Interesting antigens specific for the nervous system and for NC derivatives such as SMP, BEN, ENRB2 etc... were thus identified, their corresponding genes were cloned and the probes were used to analyse certain aspects of the differentiation pathways in which they act.<sup>18, 19</sup>

#### CONCLUDING REMARKS

This short review of the application of the quail-chick cell marking technique to the ontogeny of the neural crest, is only a part of the developmental problems that we have investigated in my laboratory over the years. The analogies between the development of the neural crest and the hematopoietic system have led me to study certain aspects of the origin and development of blood cells. My colleagues and I have particularly focused our efforts on the origin and differentiation of the T lymphocytes which develop in the thymus thanks to the possibility to label the cells through the quail-chick chimera system.

Moreover, one of the particularities of the cell marking system is that it involves the grafting of cells and tissues in embryos. This led me to be interested in the problem of tissue tolerance in interspecific combinations.

It has also to be underlined that this cell marking system has been applied to a large variety of developmental problems in other laboratories.



## REFERENCES

1. Nakamura H., Watanabe Y., Funahashi J. Misexpression of genes in brain vesicles by in ovo electroporation. *Dev. Growth Differ.* 2000; 42:199-201.
2. Le Douarin N. Particularités du noyau interphasique chez la Caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*). Utilisation de ces particularités comme "marquage biologique" dans des recherches sur les interactions tissulaires et les migrations cellulaires au cours de l'ontogenèse. *Bull Biol. Fr. Belg.* 1969; 103:435-52.
3. Hörstadius S. *The Neural Crest: Its Properties and Derivatives in the Light of Experimental Research*, London, Oxford University Press 1950.
4. Le Douarin N. *The Neural Crest*. Cambridge University Press 1982.
5. Le Douarin N.K., C. *The Neural Crest*. Cambridge University Press 1999.
6. Gans C., Northcutt R.G. Neural Crest and the Origin of Vertebrates: A New Head. *Science* 1983; 220:268-73.
7. Couly G.F., Le Douarin N.M. Mapping of the early neural primordium in quail-chick chimeras. I. Developmental relationships between placodes, facial ectoderm, and prosencephalon. *Dev. Biol.* 1985; 110:422-39.
8. Couly G.F., Le Douarin N.M. Mapping of the early neural primordium in quail-chick chimeras. II. The prosencephalic neural plate and neural folds: implications for the genesis of cephalic human congenital abnormalities. *Dev. Biol.* 1987; 120:198-214.
9. Le Douarin N.M. The ontogeny of the neural crest in avian embryo chimaeras. *Nature* 1980; 286:663-9.
10. Baroffio A., Dupin E., Le Douarin N.M. Clone-forming ability and differentiation potential of migratory neural crest cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1988; 85:5325-9.
11. Dupin E., Glavieux C., Vaigot P., Le Douarin N.M. Endothelin 3 induces the reversion of melanocytes to glia through a neural crest-derived glial-melanocytic progenitor. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2000; 97:7882-7.
12. Dupin E., Real C., Le Douarin N. The neural crest stem cells: Control of neural crest cell fate and plasticity by endothelin-3. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2001; 73:533-45.
13. Dupin E., Real C., Glavieux-Pardanaud C., Vaigot P., Le Douarin N.M. Reversal of developmental restrictions in neural crest lineages: transition from Schwann cells to glial-melanocytic precursors in vitro. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2003; 100: 5229-33.
14. Le Douarin N.M., Dupin E. Multipotentiality of the neural crest. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 2003; 13:529-36.
15. Trentin A., Glavieux-Pardanaud C., Le Douarin N.M., Dupin E. Self-renewal capacity is a widespread property of various types of neural crest precursor cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2004; 101:4495-500.
16. Real C., Glavieux-Pardanaud C., Vaigot P., Le-Douarin N., Dupin E. The instability of the neural crest phenotypes: Schwann cells can differentiate into myofibroblasts. *Int. J. Dev. Biol.* 2005; 49:151-9.

17. Lecoin L., Sakurai T., Ngo M.T., Abe Y., Yanagisawa M., Le Douarin N.M. Cloning and characterization of a novel endothelin receptor subtype in the avian class. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1998; 95:3024-9.
  18. Dulac C., Tropak M.B., Cameron-Curry P., Rossier J., Marshak D.R., Roder J., Le Douarin N.M. Molecular characterization of the Schwann cell myelin protein, SMP: structural similarities within the immunoglobulin superfamily. *Neuron* 1992; 8:323-34.
  19. Pourquie O., Corbel C., Le Caer J.P., Rossier J., Le Douarin N.M. BEN, a surface glycoprotein of the immunoglobulin superfamily, is expressed in a variety of developing systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1992; 89:5261-5.
- 



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 2ΑΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2010

---

## ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΠΕΣΚΟΥ

ΠΡΟΣΦΩΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΡΟΕΔΡΟ κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟ

Με ιδιαίτερη ικανοποίηση ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν ὀνομάζει σήμερα τὸν Δημήτριο Μπέσκο Ἀντεπιστέλλον Μέλος της στὴν Ἑδρα τῆς Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἐνασχόλησή του ἔχει ἀποδώσει πλούσιους καρποὺς στὸν τομέα τῆς διδασκαλίας, τῆς ἐρευνας καὶ τῆς δημοσίευσης πορισμάτων.

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἀντώνιος Κουνάδης θὰ ἀναφερθεῖ στὸ ἔργο καὶ τὴν προσωπικότητα τοῦ τιμώμενου.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΑΝΤΩΝΙΟ ΚΟΥΝΑΔΗ

Ἡ Σύγκλητος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, μετὰ ἀπὸ πρόταση τῆς Α' Τάξης τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν, μοῦ ἔκανε τὴν τιμὴ νὰ μοῦ ἀναθέσει τὴν ἐντολὴ παρουσιάσεως τοῦ νέου Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τοῦ Καθηγητῆ κ. Δημητρίου Μπέσκου. Ὡς ὁμότεχνος καὶ φίλος του ἀποδέχτηκα μὲ ιδιαίτερη χαρὰ τὴν ἐντολὴ νὰ ἀπευθύνω τὸν καθιερωμένο χαιρετισμὸ κατὰ τὴν ἀποφινὴ ἐπίσημὴ ὑποδοχὴ του.

### 1. ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΘΕΣΕΙΣ

Ὁ κ. Δ. Μπέσκος γεννήθηκε στὴν Ἀθήνα τὸ 1946. Εἶναι ἑγγαμὸς μὲ τρία παιδιά. Τὸ 1964 ἀπεφοίτησε ἀπὸ τὴν Βαρβάκειο Πρότυπο Σχολὴ καὶ τὴν ἴδια χρονιά ἐπέτυχε νὰ εἰσαχθεῖ πρῶτος στὴ Σχολὴ Πολιτικῶν Μηχανικῶν τοῦ ΕΜΠ ἀπὸ ὅπου καὶ ἀποφοίτησε τὸ 1969 ὡς Διπλωματοῦχος Πολιτικὸς Μη-

χανικός. Σε όλα τὰ ἔτη τῶν σπουδῶν του ὑπῆρξε ὑπότροφος τοῦ ΙΚΥ. Ἀκολούθως ἐφοίτησε μὲ ὑποτροφία στὸ Πανεπιστήμιον Cornell τῶν ΗΠΑ, ἀπὸ τὸ ὁποῖο τὸ 1971 ἔλαβε τὸ δίπλωμα Master of Science (MSc) στὴ Μηχανικὴ τῶν Στερεῶν μὲ ἐπιβλέποντα τὸν Καθηγητὴ κ. C. M. Dafermos καὶ τὸ 1974 τὸ δίπλωμα Doctor of Philosophy (PhD) στὴ Δυναμικὴ τῶν Κατασκευῶν μὲ ἐπιβλέποντα τὸν Καθηγητὴ κ. B. A. Boley. Τὸ 1974 ἐξελέγη Ἐπίκουρος Καθηγητὴς στὸ Τμῆμα Πολιτικῶν Μηχανικῶν τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Minnesota τῶν ΗΠΑ, ἐνῶ τὸ 1979 προήχθη στὴ θέση τοῦ Ἀναπληρωτῆ Καθηγητῆ στὸ ἐν λόγω Τμῆμα. Τὸ 1981 ἐξελέγη ἀπευθείας Τακτικὸς Καθηγητὴς στὴν τότε Ἔδρα «Σύνθεση τῶν Κατασκευῶν ΙΙ» τῆς Πολυτεχνικῆς Σχολῆς τοῦ Πανεπιστημίου Πατρῶν. Ἀπὸ τὸ 1982 ἕως σήμερα εἶναι Καθηγητὴς τοῦ Τμήματος Πολιτικῶν Μηχανικῶν τοῦ ἐν λόγω Πανεπιστημίου, ἀσχολούμενος μὲ διδασκαλία καὶ ἔρευνα χρηματοδοτούμενη ἀπὸ ἐθνικοὺς καὶ κοινοτικοὺς πόρους.

Διετέλεσε Διευθυντὴς τοῦ Τομέα Κατασκευῶν τοῦ Τμήματος Πολιτικῶν Μηχανικῶν ἐπὶ 12 συνολικὰ ἔτη (1982-83, 1986-88, 1989-91, 1992-99), Ἀναπληρωτὴς Πρόεδρος τοῦ Τμήματος Πολιτικῶν Μηχανικῶν (2003-2007) καὶ Μέλος τῆς ἐπταμελοῦς Ἐπιτροπῆς Ἑρευνῶν τοῦ Πανεπιστημίου Πατρῶν ἐπὶ 9 ἔτη (1995-2004). Εἶναι ἐπίσης Ἀκαδημαϊκὸς Ὑπεύθυνος τοῦ Μεταπτυχιακοῦ Προγράμματος «Σεισμικὴ Μηχανικὴ καὶ Ἀντισεισμικὲς Κατασκευές», τοῦ Ἑλληνικοῦ Ἀνοικτοῦ Πανεπιστημίου.

Διετέλεσε Ἐπισκέπτης Καθηγητὴς τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Minnesota τῶν ΗΠΑ (1983-84, 1989), τοῦ Πολιτειακοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Colorado τῶν ΗΠΑ (1985) καὶ Ἐπιστημονικὸς Ἐπισκέπτης στὸ Τμῆμα Ἐφαρμοσμένης Μηχανικῆς τοῦ Joint Research Centre τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἐνώσεως στὴν πόλη Ispra τῆς Ἰταλίας (1987).

Ἐχει διατελέσει ἰδρυτὴς καὶ πρῶτος Πρόεδρος τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς (1991-1995), Πρόεδρος τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Ἑρευνῶν Μεταλλικῶν Ἔργων (2000-2003), Γενικὸς Γραμματέας τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Θεωρητικῆς καὶ Ἐφαρμοσμένης Μηχανικῆς (1990-2003), Μέλος τοῦ Γενικοῦ Συμβουλίου τῆς Διεθνoῦς Ἑταιρείας Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς (International Association for Computational Mechanics) καὶ Ἀντιπρόεδρος τῆς Διεθνoῦς Ἑταιρείας Μεθόδων Συνοριακῶν Στοιχείων (International Association for Boundary Element Methods). Ἀπὸ δὲ τὸ τρέχον ἔτος (2010) εἶναι Πρόεδρος τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Θεωρητικῆς καὶ Ἐφαρμοσμένης Μηχανικῆς.

Έχει διατελέσει Πρόεδρος ή Συμπρόεδρος της 'Οργανωτικής Επιτροπής έξι διεθνών και τριών εθνικών συνεδρίων και έχει συνδιοργανώσει (με τον Καθηγητή G. Maier του Πολυτεχνείου του Μιλάνου) προχωρημένα μαθήματα στις Μεθόδους Συνοριακών Στοιχείων και τις Εφαρμογές τους στη Μηχανική των Στερεών (Recent Advances in Boundary Element Methods and their Solid Mechanics Applications) στο Διεθνές Κέντρο 'Επιστημών των Μηχανικών (Centre International des Sciences Mécaniques, CISM) στο Udine της 'Ιταλίας το 2001.

## 2. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ – ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ

Το έρευνητικό έργο του κ. Δ. Μπέσκου αποτελείται από 402 εργασίες. Από αυτές 20 είναι στα 'Ελληνικά και 382 στα 'Αγγλικά. Από τις 382 εργασίες στα 'Αγγλικά, οι 162 έχουν δημοσιευθεί σε έγκριτα διεθνή επιστημονικά περιοδικά, οι 204 σε πρακτικά συνεδρίων και οι 16 αποτελούν κεφάλαια βιβλίων. Οι άνωτέρω εργασίες αναφέρονται κυρίως στην 'Υπολογιστική Μηχανική και ιδιαίτερα στην ανάπτυξη υπολογιστικών μεθόδων (Μέθοδος Συνοριακών Στοιχείων, κυρίως Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων και Μέθοδος Πεπερασμένων Διαφορών) και την εφαρμογή αυτών στην επίλυση προβλημάτων μηχανικού και ειδικότερα Δυναμικής των Κατασκευών, Σεισμικής Μηχανικής, Μεταλλικών Κατασκευών και Εφαρμοσμένης Μηχανικής (Διάδοση κυμάτων, Θραυστομηχανική, Μηχανική 'Υλικών και Κατασκευών με Μικροδομή, Ποροελαστικότητα, Σύνθετα 'Υλικά, Μηχανική Κυκλοφοριακής Ροής, Μηχανική Άνεμοπίεσεων, Μηχανική Σκυροδέματος και Τοιχοποιίας).

Ο ύποψήφιος έχει εκδώσει μόνος του ή με συνεργάτες 27 βιβλία (8 στα 'Ελληνικά και 19 στα 'Αγγλικά, ενώ σε 17 είναι εκδότης ή συνεκδότης). Από τα άνωτέρω βιβλία σε 11 είναι μόνος συγγραφέας.

Το βιβλίο του με τον τίτλο *Boundary Element Methods in Elastodynamics* (1988) έχει μεταφραστεί στα Κινέζικα (1991).

## 3. ΜΕΛΟΣ ΕΚΔΟΤΙΚΩΝ ΕΠΙΤΡΟΠΩΝ – ΠΡΟΣΚΕΚΛΗΜΕΝΟΣ ΕΚΔΟΤΗΣ

Είναι συνεκδότης (Co-Editor-in-Chief) του έγκριτου διεθνούς περιοδικού *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* της Elsevier, ενώ έχει υπάρξει και αναπληρωτής εκδότης (Associate Editor) των έγκριτων διεθνών περιοδικών *Computational Mechanics* της Springer Verlag για 24 χρόνια και *Applied Mechanics Reviews* της ASME των ΗΠΑ για 9 χρόνια.



Είναι επίσης μέλος της εκδοτικής επιτροπής (Editorial Board Member) δέκα διεθνούς κυκλοφορίας περιοδικών (*International Journal for Numerical Methods in Engineering* της John Wiley & Sons, *Computational Mechanics* της Springer-Verlag, *Engineering Analysis with Boundary Elements* της Elsevier, *European Journal of Mechanics, A/Solids* της Elsevier, *International Journal of Computers and Structures* της Elsevier, *Computer Modelling in Engineering and Sciences* της Tech Science, *International Journal of Computational Engineering Science* της Taylor & Francis, *Acta Mechanica Solida Sinica* της Elsevier, *Facta Universitatis – Architecture and Civil Engineering* του University of Nis (Serbia) και *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics* του Πανεπιστημίου of Kragujevac (Serbia). Τέλος, ο κύριος Μπέσκος είναι κριτής σε 20 διεθνή επιστημονικά περιοδικά.

Διετέλεσε προσκεκλημένος εκδότης (Guest Editor) σε 5 ειδικά τεύχη των περιοδικών *Engineering Analysis with Boundary Element* (1991 και 1994) και *Computational Mechanics* (1998).

#### 4. ΒΡΑΒΕΙΑ - ΤΙΜΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ

Ο κ. Δ. Μπέσκος έτυχε των ακόλουθων τιμητικών διακρίσεων:

- Τιμήθηκε με το μετάλλιο E. Reissner κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Συνεδρίου Υπολογιστικής Μηχανικής και Επιστήμης (ICCES 2003) για εξαίρετη και διαρκή συνεισφορά στην ανάπτυξη της Μεθόδου των Συνοριακών Στοιχείων.

- Τιμήθηκε με το βραβείο Π.Σ. Θεοχάρη-2007 από την 'Ακαδημία Αθηνών για την καλύτερη εργασία στην Εφαρμοσμένη Μηχανική την περίοδο 2004-2007 με συν-συγγραφείς τους Γ. Καρλή, Σ. Τσινόπουλο και Δ. Πολύζο.

- Είναι μέλος της Ευρωπαϊκής 'Ακαδημίας (Academia Europaea με έδρα το Λονδίνο, 2007), της Ευρωπαϊκής 'Ακαδημίας 'Επιστημών και Τεχνών (European Academy of Sciences and Arts, με έδρα το Σάλτσμπουργκ της Αυστρίας, 2008), 'Εταῖρος (Fellow) της Διεθνούς 'Εταιρείας Υπολογιστικής Μηχανικής (International Association for Computational Mechanics, 2006), 'Εταῖρος (Fellow) της 'Ακαδημίας 'Επιστημών της Νέας Υόρκης (New York Academy of Sciences, 2007), 'Εταῖρος (Fellow) του Τεχνολογικού 'Ινστιτούτου Wessex της Μεγάλης Βρετανίας (Wessex Institute of Technology of Great Britain, 2004) και 'Εταῖρος (Fellow) του 'Αμερικανικού Συλλόγου Πολιτικών

Μηχανικῶν (American Society of Civil Engineers, 1989). Εἶναι ἐπίσης Μέλος τῆς Ἐπιτροπῆς Συνεδρίων τῆς Διεθνoῦς Ἐνώσεως Θεωρητικῆς καὶ Ἐφαρμοσμένης Μηχανικῆς (IUTAM, International Union of Theoretical and Applied Mechanics).

##### 5. ΛΟΙΠΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

- Ἔχει διδακτικὴ πείρα ἄνω τῶν 37 ἐτῶν στὴ διδασκαλία μαθημάτων Μηχανικῆς στὸ Πανεπιστήμιο Cornell τῶν ΗΠΑ (1970-1974 ὡς Βοηθὸς καὶ Λέκτορας), Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς καὶ Ἀνάλυσης τῶν Κατασκευῶν στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Minnesota τῶν ΗΠΑ (1974-1983 ὡς Ἐπικουρὸς καὶ Ἀναπληρωτῆς Καθηγητῆς, 1983-84 καὶ 1989 ὡς Ἐπισκέπτης Καθηγητῆς), Ἀνάλυσης καὶ Σχεδιασμοῦ Μεταλλικῶν Κατασκευῶν στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν (1981 ἕως σήμερα) καὶ Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς στὸ Πολιτειακὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Colorado τῶν ΗΠΑ (1985, ὡς Ἐπισκέπτης Καθηγητῆς).

- Ὑπῆρξε κύριος ἐρευνητῆς σὲ 18 ἐρευνητικὰ προγράμματα (5 στὶς ΗΠΑ καὶ 13 στὴν Ἑλλάδα).

- Ἐπέβλεψε 17 διδακτορικὲς διατριβὲς ἐκ τῶν ὁποίων 6 στὸ Πανεπιστήμιο Minnesota τῶν ΗΠΑ καὶ 11 στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν. Ἀπὸ τοὺς διδάκτορες μαθητὲς του, 6 εἶναι μέλη ΔΕΠ Ἑλληνικῶν Πανεπιστημίων (ΕΜΠ, ΑΠΘ, ΔΠΘ, Πολυτεχνεῖο Κρήτης, Πανεπιστήμιο Πατρῶν), 1 μέλος ΔΕΠ Εὐρωπαϊκοῦ Πανεπιστημίου (Oxford University) καὶ 1 μέλος ΔΕΠ Ἀμερικανικοῦ Πανεπιστημίου (University of Toledo).

- Εἶναι μέλος 11 ἐπιστημονικῶν - ἐπαγγελματικῶν ἐταιρειῶν.

- Ἔδωσε 30 προσκεκλημένες ὁμιλίες σὲ πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα τῆς Ἑλλάδος καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ συμμετεῖχε σὲ περισσότερα ἀπὸ 80 ἐπιστημονικὰ συνέδρια.

##### 6. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΠΟ ΤΡΙΤΟΥΣ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ

Τόσο οἱ ἐρευνητικὲς ἐργασίες του, ὅσο καὶ τὰ βιβλία του ἔχουν τύχει μεγάλης διεθνoῦς ἀναγνώρισεως, μὲ ἰδιαίτερος εὐνοϊκὰ σχόλια ἀπὸ ὁμοτέχνους του καὶ διεθνῶς γνωστoὺς ἐρευνητῆς. Συνολικὰ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀναφορῶν ἀπὸ τρίτους ἐρευνητῆς, σύμφωνα μὲ τὸ *Science Citation Index*, ἀνέρχεται στὶς 1.500.



## 7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ

Λόγω τῆς δυσχέρειας τῶν ἀναλυτικῶν μεθόδων νὰ ἐπιλύσουν πολύπλοκα προβλήματα τῆς Μηχανικῆς, ἰδιαίτερα μὴ γραμμικοῦ χαρακτήρα, ἀνεπτύχθησαν καὶ ἐφαρμόστηκαν μὲ ἐπιτυχία τὶς τελευταῖες πέντε δεκαετίες γενικὲς ἀριθμητικὲς μέθοδοι, ὅπως ἡ Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων (ΜΠΣ) καὶ ἡ Μέθοδος Πεπερασμένων Διαφορῶν (ΜΠΔ). Στὴν ἀνάπτυξη αὐτὴ συνετέλεσε οὐσιωδῶς καὶ ἡ χρῆση ἡλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν. Ἐτσι δημιουργήθηκε ἡ Ὑπολογιστικὴ Μηχανικὴ, ἓνας νέος κλάδος τῆς Μηχανικῆς. Παρὰ τὶς συνεχεῖς βελτιώσεις τῶν ἀνωτέρω μεθόδων γιὰ πολλὰς κατηγορίες προβλημάτων Μηχανικῆς, ὁ ὑπολογιστικὸς φόρτος καὶ ἡ μειωμένη ἀκρίβεια ὀδήγησαν τὶς τελευταῖες τρεῖς δεκαετίες στὴν ἀνάπτυξη πλέον ἀποτελεσματικῶν ἀριθμητικῶν μεθόδων, ὅπως ἡ Μέθοδος Συνοριακῶν Στοιχείων (ΜΣΣ). Ἡ ἀνωτέρω μέθοδος ἔχει τὰ πλεονεκτήματα μείωσης τοῦ ὑπολογιστικοῦ φόρτου, λόγῳ τῶν μειωμένων ἀπαιτήσεων τῆς σὲ διακριτοποίηση, καὶ αὐξησης τῆς ἀκρίβειας, λόγῳ τῆς ἐνσωμάτωσης σὲ αὐτὴ θεμελιωδῶν λύσεων.

Ὁ κ. Μπέσκος ἔχει ἀσχοληθεῖ ἐρευνητικὰ μὲ τὴν ἀνάπτυξη καὶ ἐφαρμογὴ ὅλων τῶν ἀνωτέρω ἀριθμητικῶν μεθόδων, ἀλλὰ τὸ μεγαλύτερο μέρος τῆς ἐρευνητικῆς του δραστηριότητος ἐστιάζεται στὴ Μέθοδο Συνοριακῶν Στοιχείων (ΜΣΣ). Ἐπίσης εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς βασικοὺς θεμελιωτὲς τῆς ΜΣΣ παγκοσμίως, καὶ ἔχει συμβάλει οὐσιωδῶς μὲ τὴν ἔρευνα, τὶς ἐργασίες καὶ τὰ βιβλία του στὴν ἀνάπτυξη τῆς ΜΣΣ σὲ ὅλους σχεδὸν τοὺς τομεῖς τῆς Ὑπολογιστικῆς Μηχανικῆς. Τὸ ἔργο του δὲ αὐτὸ ἔχει ἀναγνωρισθεῖ διεθνῶς καὶ ἔχει χρησιμοποιηθεῖ ἐκτενῶς ἀπὸ ἄλλους ἐρευνητές, ὅπως τοῦτο ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὶς ἀναφορὲς ἄλλων στὸ ἔργο του καὶ τὰ βραβεῖα καὶ τὶς τιμητικὲς διακρίσεις τῶν ὁποίων ἔχει τύχει.

Τὸν τιμῶμενο ἐγνώρισα πρὸ τριακονταετίας περίπου, μὲ τὴν εὐκαιρίαν τῆς ἰδρύσεως τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Θεωρητικῆς καὶ Ἐφηρμοσμένης Μηχανικῆς, μὲ Πρόεδρο τότε τὸν ἀείμνηστο Ἀκαδημαϊκὸ Π. Σ. Θεοχάρη, Γενικὸ Γραμματέα τὸν ὁμιλοῦντα καὶ μέλος τοῦ Δ.Σ. τὸν κ. Δ. Μπέσκο. Μὲ ἰδιαίτερη εὐχαρίστηση φέρνω στὴ μνήμη μου τὴ μακρὰ περίοδο στενῆς καὶ ἰδιαίτερα παραγωγικῆς συνεργασίας μας στὴ διοργάνωση ἐθνικῶν συνεδρίων καὶ γενικότερα ἐπιστημονικῶν ἐκδηλώσεων ἀλλὰ καὶ στὸν ἐρευνητικὸ τομέα, κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ὁποίας εἶχα τὴν εὐκαιρίαν νὰ ἐκτιμῶσω τὶς ποικίλες δεξιότητες καὶ ἀρετὲς τοῦ ὡς ἐρευνητοῦ, δασκάλου, ἀνθρώπου, ὡς Ἑλλήνα πατριώτη.



Ἀγαπητὲ συνάδελφε καὶ φίλε Δημήτρη,

Δὲν χρειάζεται νὰ ὁμιλήσω περισσότερο, ὅταν πολὺ καλύτερα καὶ πειστικότερα ὁμιλεῖ τὸ σημαντικὸ καὶ ἰδιαίτερα ἐκτιμώμενο ἐρευνητικὸ καὶ γενικότερα ἐπιστημονικὸ σου ἔργο, τὸ ὁποῖο δικαίως σὲ ἔχει ἀναδείξει σὲ κορυφαῖο ἐρευνητὴ τῆς ἐπιστημονικῆς περιοχῆς πού διακονεῖς.

Ἡ Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, σὲ ἀναγνώριση αὐτῆς τῆς μεγάλης συμβολῆς σου, σὲ ὑποδέχεται ἀπόψε στοὺς κόλπους της μὲ τὴν εὐχή ἀλλὰ καὶ τὴν πεποίθηση ὅτι θὰ ἀνταποκριθεῖς στὶς προσδοκίες μας, ἐνισχύοντας καὶ ἀπὸ τὴ νέα θέση τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους τὴν Ἐπιστήμη, στὴν ὁποία τόσα πολλὰ μέχρι σήμε-  
ρα ἔχεις προσφέρει.



ΑΚΑΔΗΜΙΑ

## ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ

κ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΜΠΕΣΚΟΥ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ἡ παρούσα ἐργασία ἀσχολεῖται μὲ τις δύο πλέον σημαντικές σύγχρονες ἀριθμητικές μεθόδους ὑπολογισμοῦ στὴ Μηχανικὴ τῶν Κατασκευῶν, τὴ Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων (ΜΠΣ) καὶ τὴ Μέθοδο Συνοριακῶν Στοιχείων (ΜΣΣ). Μετὰ ἀπὸ μία συνοπτικὴ περιγραφή τῶν δύο μεθόδων, ἀναφέρονται ὀρισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα ἐφαρμογῶν τους στὴ Μηχανικὴ τῶν Κατασκευῶν. Ἀκολουθῶς, καταγράφονται τὰ πλεονεκτήματα καὶ τὰ μειονεκτήματα τῶν δύο μεθόδων, παρουσιάζεται τρόπος συνδυασμοῦ τους γιὰ τὴ δημιουργία μίας ὑβριδικῆς ΜΠΣ/ΜΣΣ μεθόδου, καὶ ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ δύο αὐτὲς μέθοδοι ἔχουν κοινὴ προέλευση καὶ συνδέονται μεταξύ τους. Τέλος, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα ἐφαρμογῶν τῶν δύο μεθόδων ἀπὸ ἐργασίες τοῦ συγγραφέα καὶ τῶν συνεργατῶν του, καὶ ἡ ἐργασία κλείνει μὲ τὴν παράθεση συμπερασμάτων.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ὡς σύγχρονες μεθόδους ὑπολογισμοῦ στὴ Μηχανικὴ νοοῦμε κυρίως ἀριθμητικές μεθόδους, διότι μόνον αὐτὲς μποροῦν νὰ ἐπιλύσουν πρακτικὰ προβλήματα μεγάλου μεγέθους μὲ πολύπλοκες γεωμετρίες, συνοριακὲς συνθῆκες καὶ συμπεριφορὰ ὑλικῶν. Οἱ ἀριθμητικὲς αὐτὲς μέθοδοι εἶναι ἀναπόσπαστα συνδεδεμένες μὲ τὴ χρήση ἡλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν, ἀφοῦ χωρὶς αὐτοὺς δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐφαρμοστοῦν.

Ἀπὸ τίς ὑπάρχουσες σύγχρονες ἀριθμητικὲς μεθόδους ὑπολογισμοῦ στὴ Μηχανικὴ τῶν Κατασκευῶν, οἱ πλέον σημαντικὲς εἶναι: 1) ἡ Μέθοδος τῶν Πεπερασμένων Στοιχείων (ΜΠΣ) [1-3], καὶ 2) ἡ Μέθοδος τῶν Συνοριακῶν Στοιχείων (ΜΣΣ) [4-7].

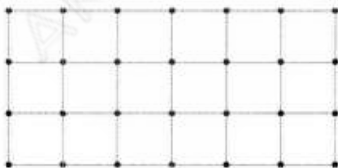
Καὶ οἱ δύο μέθοδοι χρησιμοποιοῦν διακριτοποίηση τῆς κατασκευῆς σὲ ἕναν ἀριθμὸ στοιχείων πεπερασμένου μεγέθους, ἡ ΜΠΣ στὸ ἐσωτερικὸ ἐνῶ ἡ ΜΣΣ κυρίως στὸ σύνορο αὐτῆς. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ συνδέονται μεταξύ τους στοὺς κόμβους τοῦ δημιουργούμενου δικτύου, ὅπως φαίνεται στὸ Σχ. 1. Μὲ τὴ βοήθεια τῶν

βασικῶν καὶ διεπουσῶν ἐξισώσεων τοῦ προβλήματος, καὶ οἱ δύο μέθοδοι καταλήγουν σὲ ὁλοκληρωτικές ἐξισώσεις, οἱ ὁποῖες διακριτοποιοῦνται μὲ βάση τὴν παραπάνω ἀναφερθεῖσα διακριτοποίηση τῆς κατασκευῆς. Ἐτσι προκύπτει ἓνα σύστημα μητρωϊκῶν ἐξισώσεων, ποὺ ἐπιλύεται ἀριθμητικὰ καὶ δίνει τὴ λύση σὲ διακριτὴ μορφή, δηλαδὴ στοὺς κόμβους τοῦ δικτύου διακριτοποίησης.

Τὸ σύστημα τῶν μητρωϊκῶν ἐξισώσεων γιὰ τὴν εἰδικὴ περίπτωση μιᾶς κατασκευῆς δύο διαστάσεων (ὅπως αὐτὲς τοῦ Σχ. 1) μὲ γραμμικὰ ἐλαστικὴ συμπεριφορὰ καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδραση στατικῆς φόρτισης ἔχει τὴ μορφή:

$$[A] \{x\} = \{b\} \quad (1)$$

ὅπου  $[A]$  εἶναι γνωστὸ μητρῶο,  $\{b\}$  εἶναι γνωστὸ διάνυσμα καὶ  $\{x\}$  εἶναι τὸ διάνυσμα τῶν ἐπικόμβιων ἀγνώστων. Στὴν περίπτωση τῆς ΜΠΣ,  $[A]$  εἶναι τὸ μητρῶο δυσκαμψίας τῆς κατασκευῆς,  $\{b\}$  εἶναι τὸ διάνυσμα τῶν ἐπικόμβιων φορτίων καὶ  $\{x\}$  τὸ διάνυσμα μετατοπίσεων. Στὴν περίπτωση τῆς ΜΣΣ,  $[A]$  εἶναι τὸ μητρῶο ἐπιρροῆς τῆς κατασκευῆς,  $\{b\}$  εἶναι τὸ διάνυσμα τῶν γνωστῶν ἐπικόμβιων μετατοπίσεων καὶ τάσεων στὸ σύνορο καὶ  $\{x\}$  τὸ διάνυσμα τῶν ἀγνώστων ἐπικόμβιων μετατοπίσεων καὶ τάσεων στὸ σύνορο. Εἶναι φανερὸ ὅτι τὸ μέγεθος τοῦ  $[A]$  στὴ ΜΠΣ εἶναι πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ αὐτὸ στὴ ΜΣΣ διότι, ἐνῶ τὸ πρῶτο ἀναφέρεται σὲ σημεῖα ἐσωτερικὰ (Σχ. 1α), τὸ δεύτερο ἀναφέρεται μόνον σὲ σημεῖα συνοριακὰ (Σχ. 1β). Στὴ ΜΠΣ ὅμως, τὸ  $[A]$  εἶναι συμμετρικὸ καὶ μὲ πολλὰ μηδενικὰ στοιχεῖα ἐκτὸς κυρίας διαγωνίου, ἐνῶ στὴ ΜΣΣ εἶναι μὴ συμμετρικὸ καὶ πλήρες μὴ μηδενικῶν στοιχείων. Ἐτσι, ἐνῶ στὴ ΜΠΣ ἡ ἐπίλυση τῆς (1) εἶναι ὑπολογιστικὰ εὐκολότερη, ἔχει νὰ κάνει κανεῖς μὲ ἓνα σύστημα ἐξισώσεων κατὰ πολὺ μεγαλύτερο ἀπὸ αὐτὸ τῆς ΜΣΣ.



(a) ΜΠΣ



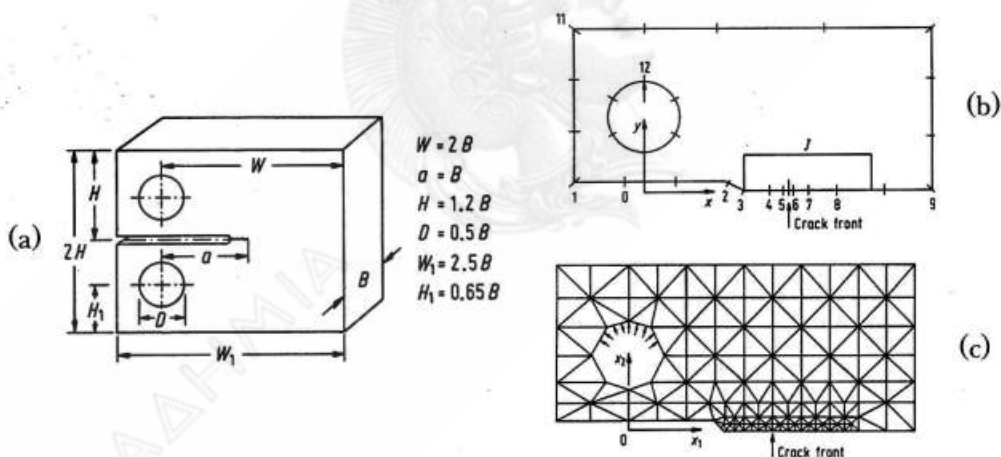
(b) ΜΣΣ

Σχ. 1. Δίκτυο διακριτοποίησης σύμφωνα μὲ ΜΠΣ καὶ ΜΣΣ.



## 2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΠΣ ΚΑΙ ΜΣΣ

Εξετάζεται πρώτα τὸ πρόβλημα προσδιορισμοῦ τῶν πεδίων τάσεων καὶ μετατοπίσεων γύρω ἀπὸ τὴν ἄκρη τῆς ρωγμῆς ποὺ διαδίδεται στὴν ἐλαστικὴ κατασκευὴ τοῦ Σχ. 2a. Τὸ πρόβλημα αὐτὸ ἔχει ληφθεῖ ἀπὸ τὸ βιβλίο τῶν Brebbia et al. [4]. Λόγω συμμετρίας, ἡ ἀνάλυση περιορίζεται στὸ ἥμισυ τῆς κατασκευῆς, ἡ ὁποία τελεῖ ὑπὸ συνθήκης ἐπίπεδης ἔντασης. Τὰ Σχ. 2b καὶ 2c παρουσιάζουν τὶς διακριτοποιήσεις σύμφωνα μὲ τὴ ΜΣΣ καὶ τὴ ΜΠΣ, ἀντίστοιχα. Εἶναι φανερὸ ὅτι ἡ ΜΠΣ διακριτοποιεῖ σὲ διδιάστατα τριγωνικὰ στοιχεῖα τὸ ἐσωτερικὸ τῆς κατασκευῆς, ἐνῶ ἡ ΜΣΣ διακριτοποιεῖ σὲ μονοδιάστατα στοιχεῖα μόνον τὸ σύνορο τῆς κατασκευῆς. Μάλιστα, ἐπειδὴ ἐδῶ πρόκειται γιὰ πρόβλημα ρωγμῆς, τὸ ὁποῖο διακρίνεται γιὰ τὶς ἀπότομες αὐξήσεις τῶν τάσεων γύρω ἀπὸ τὸ μέτωπο τῆς ρωγμῆς, ἡ διακριτοποίηση τῆς ΜΠΣ στὴν περιοχὴ αὐτὴ εἶναι πυκνότερη.

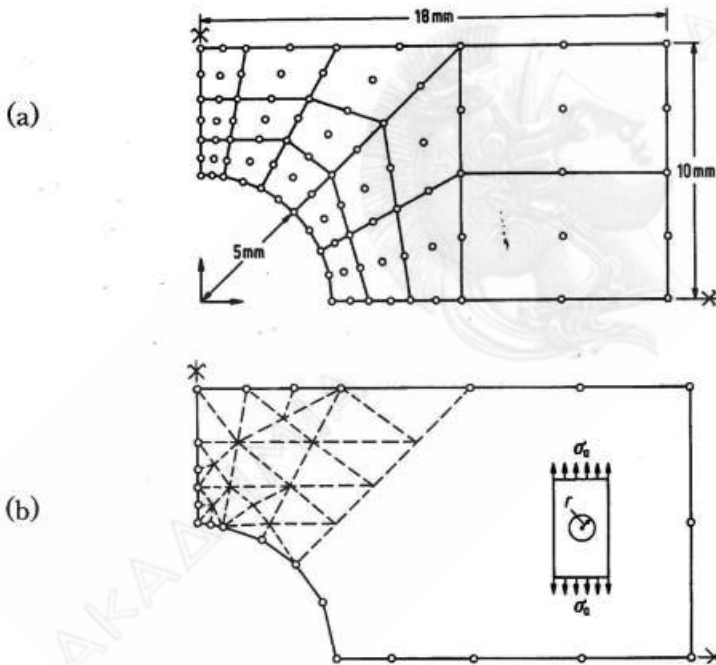


Σχ. 2. 2-D ἐλαστικὸ πρόβλημα ρωγμῆς.

Εξετάζεται κατόπιν ἡ ἐντατικὴ κατάσταση μιᾶς ἐλαστοπλαστικῆς ὀρθογωνικῆς πλάκας σὲ ἐπίπεδη ἔνταση, ἡ ὁποία ἔχει στὸ κέντρο τῆς μία κυκλικὴ ὀπή καὶ ἐφελκύεται στὰ δύο τῆς ἄκρα, ὅπως φαίνεται στὸ ἔνθετο μικρὸ σχῆμα τοῦ Σχ. 3b. Τὸ πρόβλημα αὐτὸ ἔχει ἐπίσης ληφθεῖ ἀπὸ τὸ βιβλίο τῶν Brebbia et al. [4]. Τὰ Σχ. 3a καὶ 3b παρουσιάζουν τὴ διακριτοποίηση τοῦ  $1/4$  τῆς πλάκας, λόγω συμμετρίας, μὲ βάση τὴ ΜΠΣ καὶ τὴ ΜΣΣ ἀντίστοιχα. Παρατηρεῖται ἐδῶ

ὅτι ἐπειδὴ τὸ πρόβλημα εἶναι μὴ γραμμικό (ἐλαστοπλαστική συμπεριφορὰ ὑλικού), ἀκόμα καὶ ἡ ΜΣΣ ἀπαιτεῖ ἐσωτερικὴ διακριτοποίηση ἐπιπλέον τῆς συνοριακῆς. Ἡ διακριτοποίηση ὅμως αὐτὴ περιορίζεται σὲ ἐκεῖνο τὸ τμήμα τοῦ  $1/4$  τῆς πλάκας τὸ ὁποῖο ἀναμένεται νὰ πλαστικοποιηθεῖ, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπο ποὺ ἀναμένεται νὰ παραμείνει ἐλαστικὸ διακριτοποιεῖται μόνον στὸ σύνορό του, ὅπως στὸ προηγούμενο παράδειγμα. Ἐπιπλέον, τὸ μέγεθος τῆς μητρώϊκῆς ἐξίσωσης τῆς ΜΣΣ παραμένει ἀνάλογο τῆς συνοριακῆς διακριτοποίησης καὶ δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴ διακριτοποίηση.

Περὶσσότερα παραδείγματα ἐφαρμογῶν τῶν ΜΠΣ καὶ ΜΣΣ στὴ Μηχανικὴ τῶν Κατασκευῶν μπορεῖ νὰ εὑρεθοῦν στὰ βιβλία [1-7].



Σχ. 3. Λεπτὴ χαλύβδινη πλάκα μὲ ὀπή ὑπὸ ἐπίπεδη ἔνταση (ἐλαστοπλαστικὸ ὑλικό).

### 3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΠΣ

Ἡ ΜΠΣ παρουσιάζει ἓναν ἀριθμὸ πλεονεκτημάτων καὶ μειονεκτημάτων, τὰ σημαντικότερα τῶν ὁποίων ἔχουν ὡς ἑξῆς:

#### 3.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΠΣ

- α) Ἄν καὶ ἡ διακριτοποίηση γίνεται στὸ ἐσωτερικὸ καὶ τὰ προκύπτοντα μητρῶα εἶναι πολὺ μεγάλου μεγέθους, τὰ μητρῶα αὐτὰ εἶναι συμμετρικά καὶ μὴ πλήρη, με ἀποτέλεσμα τὴν ἀπαίτηση μικροῦ χρόνου ἐπίλυσης τῶν μητρωϊκῶν ἐξισώσεων.
- β) Χρησιμοποιεῖται γενικὰ γιὰ τὴν ἐπίλυση ὁποιονδήποτε προβλημάτων Μηχανικῆς τῶν Κατασκευῶν, χωρὶς περιορισμούς ὡς πρὸς τὴ γεωμετρία καὶ τὴ συμπεριφορὰ τοῦ ὕλικου.
- γ) Ὑπερτερεῖ σὲ ἀπλότητα, τόσο ἀπὸ πλευρᾶς κατανόησης, ὅσον καὶ ἀπὸ πλευρᾶς προγραμματισμοῦ. Ὑπάρχουν χιλιάδες προγράμματα Η/Υ στὴν ἀγορά, ποὺ καλύπτουν ὅλες τὶς ἀνάγκες τοῦ μηχανικοῦ.

#### 3.2. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΠΣ

- α) Ἐπειδὴ γίνεται ἐκτεταμένη διακριτοποίηση, ἀπαιτεῖται μεγαλύτερος χρόνος εἰσαγωγῆς δεδομένων, ἰδιαίτερα σὲ πολύπλοκες τρισδιάστατες γεωμετρίες.
- β) Ἐπειδὴ οἱ συναρτήσεις σχήματος εἶναι πολυωνυμικῆς μορφῆς, ἡ ἀκρίβεια τῆς μεθόδου ὑστερεῖ ἔναντι αὐτῆς τῆς ΜΣΣ. Ἡ ἀκρίβεια αὐτὴ μπορεῖ νὰ αὐξηθεῖ με αὐξηση τοῦ βαθμοῦ διακριτοποίησης ἢ/καὶ με ἐμπλουτισμὸ τῶν συναρτήσεων σχήματος με ἰδιαίτερες λύσεις τοῦ προβλήματος.
- γ) Σὲ περιπτώσεις κατασκευῶν ἄπειρης ἢ ἡμιάπειρης ἔκτασης (π.χ. ἑδαφικὰ χωρία) ἀπαιτεῖται ἡ χρῆση τεχνητῶν συνόρων, τὰ ὁποῖα πρέπει νὰ τοποθετοῦνται σὲ μεγάλη ἀπόσταση ἀπὸ τὴν περιοχὴ ἐνδιαφέροντος ἢ/καὶ νὰ ἀντικαθίστανται ἀπὸ ἀπορροφητικὰ σύνορα (σὲ δυναμικὰ προβλήματα γιὰ ἀποφυγὴ ἀνακλάσεων κυμάτων).
- δ) Παρουσιάζονται προβλήματα συνέχειας μεταξὺ τῶν στοιχείων τοῦ δικτύου, ἡ ἀντιμετώπιση τῶν ὁποίων ἀπαιτεῖ ἰδιαίτερη προσπάθεια.

### 4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΣΣ

Ἡ ΜΣΣ διακρίνεται ἐπίσης ἀπὸ ἓναν ἀριθμὸ πλεονεκτημάτων καὶ μειονεκτημάτων, τὰ σημαντικότερα τῶν ὁποίων ἔχουν ὡς ἑξῆς:



## 4.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΣΣ

- α) Μειώνει πρακτικά τις διαστάσεις του προβλήματος κατά μία. Απαιτεί διακριτοποίηση μόνο του συνόρου, και έτσι καταλήγει σε μητρώα πολύ μικρού μεγέθους. Σε μη γραμμικά προβλήματα απαιτεί και έσωτερική περιορισμένη διακριτοποίηση, που δεν αυξάνει το μέγεθος των μητρώων. Αυτό διευκολύνει και τη διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων.
- β) Η παρουσία της θεμελιώδους λύσης αυξάνει την ακρίβεια της μεθόδου, ιδιαίτερα σε προβλήματα Θραυστομηχανικής και ήμιάπειρων κατασκευών. Σε δυναμικά προβλήματα, οι συνθήκες διάδοσης κυμάτων προς το άπειρο ικανοποιούνται αυτόματα.
- γ) Δίνει λύση στο έσωτερικό της κατασκευής σε οποιαδήποτε επιθυμητά σημεία και έτσι δεν παρουσιάζονται προβλήματα συνέχειας μεταξύ στοιχείων όπως στη ΜΠΣ.

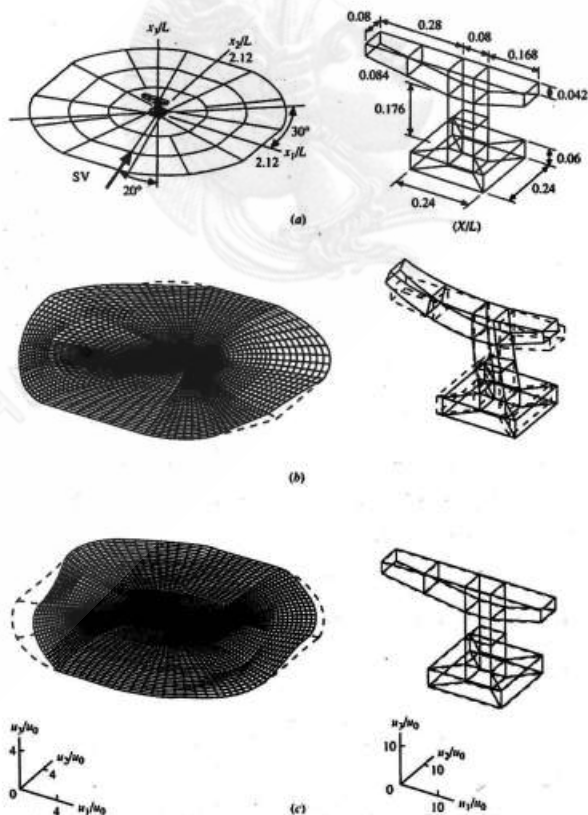
## 4.2. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΣΣ

- α) Τα μητρώα που προκύπτουν, αν και πολύ μικρού μεγέθους, είναι πλήρη και μη συμμετρικά, και αυτό απαιτεί μεγάλο χρόνο επίλυσης των μητρωϊκών εξισώσεων. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί και συμμετρικές ΜΣΣ.
- β) Δεν είναι πάντα εύκολο να βρεθεί η θεμελιώδης λύση κάθε προβλήματος, ενώ οι ιδιομορφίες της απαιτούν ιδιαίτερο τρόπο ολοκλήρωσης. Σε περιπτώσεις όπου η θεμελιώδης λύση δεν είναι γνωστή ή είναι πολύπλοκη, γίνεται χρήση θεμελιώδους λύσης απλούστερου προβλήματος αλλά προκύπτει η ανάγκη και έσωτερικής διακριτοποίησης.
- γ) Δεν προσφέρεται για ανάλυση κατασκευών των οποίων ο λόγος επιφάνειας προς τον όγκο είναι μεγάλος, όπως π.χ. δοκοί και πλαίσια, τα οποία αναλύονται ευκολότερα με τη ΜΠΣ.
- δ) Ο προγραμματισμός της ΜΣΣ είναι δυσκολότερος από αυτόν της ΜΠΣ, ενώ δεν κυκλοφορούν στην αγορά τόσα πολλά και ποικίλα προγράμματα Η/Υ για τη ΜΣΣ όπως για τη ΜΠΣ.

## 5. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΠΣ ΚΑΙ ΜΣΣ

Σε μερικές κατηγορίες προβλημάτων Μηχανικής των Κατασκευών, αντί της χρήσης μίας εκ των δύο μεθόδων (της ΜΠΣ ή της ΜΣΣ) συμφέρει να γίνει χρήση του συνδυασμού των δύο μεθόδων. Έτσι γίνεται χρήση της υβριδικής

μεθόδου ΜΠΣ/ΜΣΣ, ή οποία συνδυάζει τη ΜΠΣ και τη ΜΣΣ κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να γίνεται εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων των δύο μεθόδων και μείωση ή πλήρης εξάλειψη των μειονεκτημάτων τους. Το Σχ. 4 παρουσιάζει την περίπτωση ενός ελαστικού βάθρου γέφυρας θεμελιωμένου επί ελαστικού εδάφους, υπό την επίδραση σεισμικών διατμητικών κυμάτων. Η ανάλυση του προβλήματος αυτού, το οποίο έχει ληφθεί από το άρθρο των Kobayashi et al. [8], έγινε με τη βοήθεια της υβριδικής μεθόδου ΜΠΣ/ΜΣΣ, έτσι ώστε η ΜΠΣ να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή (βάθρο) που έχει πεπερασμένες διαστάσεις, και η ΜΣΣ για το έδαφος, το οποίο είναι ένα ημίαπειρο σώμα. Οι μητρωϊκές εξισώσεις που αντιστοιχούν στα δύο ανωτέρω σώματα ενοποιούνται σε μία εξίσωση για το σύστημα έδαφους-κατασκευής, με την επιβολή των συνθηκών δυναμικής ισορροπίας και συμβιβαστού των παραμορφώσεων στην επιφάνεια επαφής των δύο σωμάτων.



Σχ. 4. Έλαστικό βάθρο γέφυρας επί ελαστικού εδάφους υπό σεισμικά διατμητικά κύματα.

## 6. ΚΟΙΝΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΜΠΣ ΚΑΙ ΜΣΣ

Ἐάν καὶ οἱ δύο μέθοδοι φαίνονται ἐκ πρώτης ὄψεως τελείως διαφορετικές, ἐν τούτοις μπορεῖ νὰ ἀποδειχθεῖ ὅτι ἔχουν κοινὴ προέλευση καὶ συνδέονται μεταξύ τους.

Θεωροῦμε ὡς παράδειγμα τὸ πρόβλημα συνοριακῶν τιμῶν σὲ δύο διαστάσεις  $(x, y)$ , ποὺ διέπεται ἀπὸ τὶς ἐξισώσεις:

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad \text{στὸ } A \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \bar{q} \quad \text{στὸ } S \quad (3)$$

ὅπου  $u = u(x, y)$ ,  $A$  εἶναι τὸ διδιάστατο πεδίο ὁρισμοῦ τοῦ προβλήματος,  $S$  τὸ σύνορό του,  $n$  τὸ μοναδιαῖο κάθετο διάνυσμα στὸ σύνορο  $S$ , καὶ  $\bar{q}$  παριστάνει προκαθορισμένη (γνωστὴ τιμὴ) τοῦ  $\frac{\partial u}{\partial n}$ . Ἡ ἐξίσωση (2) εἶναι γνωστὴ ὡς Ἐξίσωση Laplace καὶ διέπει διάφορα φυσικὰ φαινόμενα, ὅπως στρέψη δοκῶν ἢ ἰδέατῃ ροὴ ρευστῶν.

Σύμφωνα μὲ τὴ μέθοδο τῶν σταθμισμένων ὑπολοίπων, τὸ ἀνωτέρω πρόβλημα μπορεῖ νὰ γραφεῖ ὑπὸ τὴ μορφή:

$$\int_A (\nabla^2 u) w \, dA = 0 \quad (4)$$

ὅπου  $w = w(x, y)$  εἶναι μία προσδιοριστέα συνάρτηση βάρους.

Ὁλοκλήρωση τῆς σχέσης (4) κατὰ παράγοντες καταλήγει στὴ σχέση:

$$\int_A \left( \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial w}{\partial y} \right) dA = \int_S \frac{\partial u}{\partial n} w \, dS \quad (5)$$

Ὁλοκλήρωση τοῦ ἀριστεροῦ μέλους τῆς (5) μία ἀκόμη φορὰ κατὰ παράγοντες δίνει τελικά:

$$\int_A u (\nabla^2 w) \, dA = \int_S \left( \frac{\partial w}{\partial n} u - \frac{\partial u}{\partial n} w \right) dS \quad (6)$$

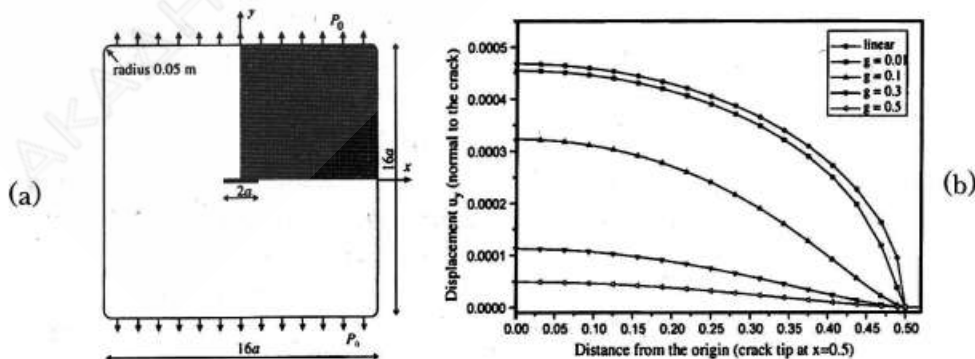
Μπορεῖ εὐκόλως κανεὶς νὰ ἀποδείξει [1,2] ὅτι: α) ἂν στὴ σχέση (5) ὑποθέσουμε ὅτι  $u = NU$ , ὅπου  $U$  οἱ ἐπικόμβιες τιμές τῆς  $u$  στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ



χωρίου και  $N$  συναρτήσεις σχήματος ή παρεμβολής, και ότι  $w = N$ , τότε ή άνω-τέρω σχέση (5) καταλήγει στη διατύπωση της ΜΠΣ, και 6) αν στη σχέση (6) υποθέσουμε επίσης ότι  $u = NU$ , όπου τώρα οι επικόμβιες τιμές  $U$  αναφέρονται στο σύνορο, και ότι ή  $w$  είναι ή θεμελιώδης λύση του δοθέντος προβλήματος, δηλαδή ότι  $\nabla^2 w = \delta$ , όπου  $\delta$  ή συνάρτηση δέλτα ή Dirac, τότε ή σχέση (6) καταλήγει στη διατύπωση της ΜΣΣ.

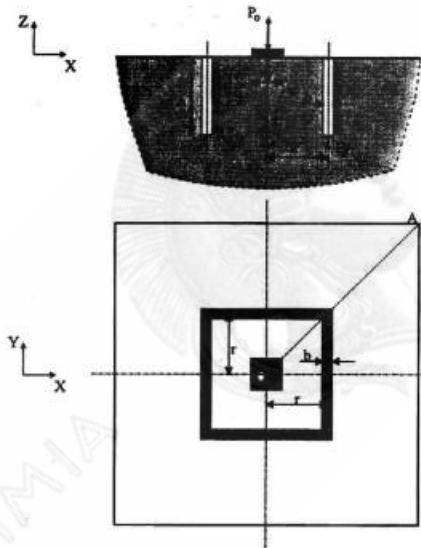
## 7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΜΠΣ ΚΑΙ ΜΣΣ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Το πρώτο παράδειγμα αναφέρεται στον προσδιορισμό των πεδίων τάσης και μετατοπίσεων γύρω από το άκρο ρωγμής σε ορθογωνική πλάκα υπό επίπεδη ένταση (Σχ. 5a) και βαθμοελαστική συμπεριφορά υλικού. Η βαθμοελαστικότητα είναι μία θεωρία ελαστικότητας ανώτερης τάξης, ή οποία λαμβάνει υπόψη της την επίδραση της μικροδομής του υλικού. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με τη ΜΣΣ από τους Karlis et al. [9]. Λόγω συμμετρίας, ή ανάλυση περιορίστηκε μόνον στο  $1/4$  της πλάκας (σκιασμένο τμήμα στο Σχ. 5a). Η διακριτοποίηση έγινε μόνον στο σύνορο, διότι ή χρησιμοποιηθείσα θεμελιώδης λύση ήταν ή ακριβής θεμελιώδης λύση της βαθμοελαστικότητας. Το Σχ. 5b παρουσιάζει τις κατά  $y$  μετατοπίσεις των χειλέων της ρωγμής για διάφορες τιμές της επιπλέον ελαστικής σταθεράς  $g$  της Θεωρίας Βαθμοελαστικότητας. Παρατηρείται ότι για μεγάλες τιμές του  $g$  —σημαντική επίδραση μικροδομής—, το σχήμα των παραμορφωμένων χειλέων της ρωγμής κοντά στο άκρο της γίνεται ραμφοειδές.



Σχ. 5. Μετατόπιση χειλέων ρωγμής κατά τη διεύθυνση  $y$  σε βαθμοελαστικό υλικό.

Το δεύτερο παράδειγμα αναφέρεται στην ενεργητική απομόνωση ταλαντούμενης μηχανής με τη βοήθεια κλειστού ορθογωνικού ορύγματος, όπως φαίνεται στο Σχ. 6. Με το ορύγμα αυτό, τα δημιουργούμενα επιφανειακά κύματα, που διαδίδονται μέσω του εδάφους και ενοχλούν γειτονικά κτίρια και ανθρώπους, απομονώνονται μέσα στο χώρο που περιβάλλεται από το ορύγμα. Η ανάλυση του ελαστικού αυτού προβλήματος έγινε με τη ΜΣΣ από τους Kattis et al. [10]. Η διακριτοποίηση περιορίζεται στην επιφάνεια του εδάφους—μέχρι μία πεπερασμένη απόσταση από το κέντρο της μηχανής— και στην επιφάνεια του ορύγματος, και γίνεται με τετραπλευρικά επιφανειακά στοιχεία.

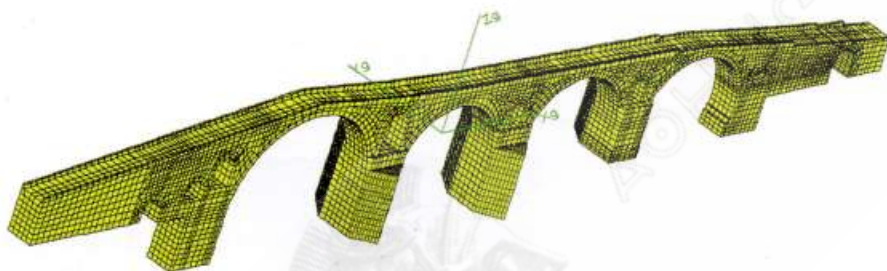


Σχ. 6. Ενεργητική απομόνωση ταλαντούμενης μηχανής με ορύγματα.

Το τρίτο παράδειγμα αναφέρεται στη σεισμική ανάλυση της Γέφυρας της Άρτας. Η γέφυρα αυτή, όπως φαίνεται στο Σχ. 7α, αποτελείται από τέσσερα λιθόκτιστα τόξα. Η συμπεριφορά της κατασκευής είναι ανελαστική και προσομοιώνεται με τη βοήθεια της Θεωρίας Βλάβης. Η σεισμική ανάλυσή της στο πλαίσιο τριδιάστατης θεώρησης έγινε με τη βοήθεια της ΜΠΣ στο πεδίο του χρόνου από τους Nikolaou et al. [11]. Η διακριτοποίηση της γέφυρας φαίνεται στο Σχ. 7b, ενώ η κατανομή της βλάβης για την περίπτωση επιβολής στη γέφυρα του σεισμού El Centro—προσαρμοσμένου στα τοπικά χαρακτηριστικά της περιοχής—δίδεται από το Σχ. 7c.



(a)



(b)

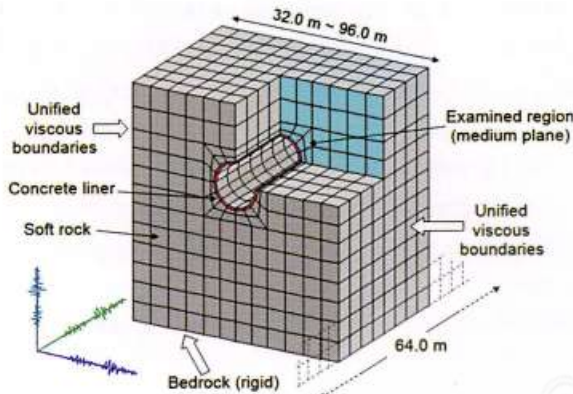


(c)

Σχ. 7. Κατανομή σεισμικής βλάβης σε 3-D προσομοίωμα της Γέφυρας της "Αρτας.

Τὸ τελευταῖο παράδειγμα ἔχει νὰ κάνει μὲ τὴ μελέτη τῆς τριδιάστατης σεισμικῆς συμπεριφορᾶς τῆς ἐπένδυσης ἀπὸ ὀπλισμένο σκυρόδεμα μιᾶς σήραγγας κυκλικῆς διατομῆς σὲ μαλακὸ βραχυῶδες ἔδαφος (Σχ. 8). Ἡ συμπεριφορὰ τῆς ἐπένδυσης καὶ τοῦ ἐδάφους εἶναι ἀνελαστική καὶ προσομοιώνεται μὲ τὴ Θεωρία Βλάβης. Τὸ πρόβλημα αὐτὸ ἐπιλύθηκε ἀπὸ τοὺς Hatzigeorgiou and Beskos [12] μὲ τὴ βοήθεια τῆς ΜΠΣ στὸ πεδίο τοῦ χρόνου. Ἡ διακριτοποίηση τοῦ συστήματος ἐδάφους-κατασκευῆς φαίνεται ἐπίσης στὸ Σχ. 8. Παρατηρεῖται ὅτι στὶς πλευρὲς τοῦ δημιουργούμενου λόγω διακριτοποίησης ὀρθογωνικοῦ παραλληλεπίπεδου τοποθετοῦνται εἰδικὰ ἱζώδη σύνορα, γιὰ ἀπορρόφηση τῶν προσπιπτόντων ἐκεῖ κυμάτων, τὰ ὁποῖα διαφορετικὰ θὰ ἀνακλῶντο καὶ θὰ μόλυναν τὴ λύση στὸ ἐσωτερικόν.





Σχ. 8. 3-D άνελαστικής επένδυσης σήραγγας σε άνελαστικό έδαφος υπό σεισμό.

Περισσότερα παραδείγματα εφαρμογής των ΜΠΣ και ΜΣΣ στη Μηχανική των Κατασκευών μπορούν να εύρεθούν, π.χ., στο βιβλίο των Beskos and Maier [7], και στα άρθρα των Stamos and Beskos [13] και Vasilopoulos and Beskos [14].

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Από τα προηγούμενα χωρία μπορεί κανείς να καταλήξει στα παρακάτω συμπεράσματα σχετικά με τις ΜΠΣ και ΜΣΣ, όπως αυτές εφαρμόζονται σε προβλήματα Μηχανικής των Κατασκευών:

- 1) Οί σύγχρονες αριθμητικές μέθοδοι, όπως ή ΜΠΣ και ή ΜΣΣ, είναι απαραίτητες για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων ανάλυσης και σχεδιασμού κατασκευών μηχανικού.
- 2) Οί μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται με έπιτυχία για την ανάλυση και τó σχεδιασμό μιās ευρύτατης ποικιλίας κατασκευών υπό στατικά ή δυναμικά (σεισμικά) φορτία, με τή βοήθεια κατάλληλων προγραμμάτων Η/Υ τὰ όποια διαρκώς βελτιώνονται και επεκτείνονται.
- 3) Οί μέθοδοι ΜΠΣ και ΜΣΣ διακρίνονται από πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε ό,τι αφορά τó πεδίο εφαρμογής τους, τήν ακρίβειά τους και τήν αποδοτικότητά τους, με τή ΜΠΣ νά είναι ή πλέον δημοφιλής.
- 4) Σύζευξη των άνωτέρω δύο μεθόδων καταλήγει στο υβριδικό ΜΠΣ/ΜΣΣ σχήμα, τó όποιο συνδυάζει με έπιτυχία τὰ πλεονεκτήματα των δύο μεθόδων και μειώνει ή και εξαλείφει τὰ αντίστοιχα μειονεκτήματά τους.

Οι προοπτικές σχετικά με την περαιτέρω ανάπτυξη, εξέλιξη και τις εφαρμογές των ΜΠΣ και ΜΣΣ εμφανίζονται πολύ μεγάλες, όπως αυτό καταδεικνύεται από τη συνεχή αύξηση της έρευνητικής δραστηριότητας στον τομέα των μεθόδων αυτών και των αριθμητικών μεθόδων επίλυσης προβλημάτων γενικότερα. Η πρόοδος των ΜΠΣ και ΜΣΣ, καθώς και των άλλων υπάρχουσών αριθμητικών μεθόδων προβλέπεται ότι θα συμβαδίζει με την πρόοδο που συντελείται:

- α) στην αύξηση της δύναμης των Η/Υ σε μνήμη και ταχύτητα και στη μείωση του μεγέθους τους,
- β) στη δημιουργία πιο εύκολων σε χρήση και λειτουργία γλωσσών προγραμματισμού,
- γ) στην κατασκευή πιο αποδοτικών αλγορίθμων,
- δ) στη δημιουργία πιο φιλικών προς τον χρήστη δυνατοτήτων πριν και μετά την επεξεργασία.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] O.C. Zienkiewicz and R.L. Taylor, *The Finite Element Method*, Vols 1-3, 5th Edition, Butterworth - Heinemann, Oxford, 2000.
- [2] R.H. Gallagher, *Finite Element Analysis: Fundamentals*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- [3] K.J. Bathe, *Finite Element Procedures*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1996.
- [4] C.A. Brebbia, J.C.F. Telles and L.C. Wrobel, *Boundary Element Techniques: Theory and Applications in Engineering*, Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- [5] P.K. Banerjee, *The Boundary Element Methods in Engineering*, McGraw-Hill Book Company, London, 1994.
- [6] D.E. Beskos, Editor, *Boundary Element Methods in Mechanics*, North-Holland, Amsterdam, 1987.
- [7] D.E. Beskos and G. Maier, Editors, *Boundary Element Advances in Solid Mechanics*, Springer, Wien, 2003.
- [8] S. Kobayashi, N. Nishimura and K. Mori, Application of boundary element-finite element combined method to three-dimensional viscoelastodynamic problems, pp. 67-74, in *Boundary Elements*, Q. Du, Editor, Pergamon Press, Oxford, 1986.
- [9] G.F. Karlis, S.V. Tsinopoulos, D. Polyzos and D.E. Beskos, Boundary element analysis of mode I and mixed mode (I and II) crack problems of 2-D gradient elasticity, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 196, 5092-5103, 2007.
- [10] S.E. Kattis, D. Polyzos and D.E. Beskos, Vibration isolation by a row of piles using a 3-D frequency domain BEM, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 46, 713-728, 1999.

- [11] P. Nikolaou, M.G. Sfakianakis, G.D. Hatzigeorgiou and D.E. Beskos, Seismic analysis of masonry bridges by a nonlinear 3-D FEM, pp. 97-106, in *Earthquake Resistant Engineering Structures IV*, G. Latini and C.A. Brebbia, Editors, WIT Press, Southampton, 2003.
- [12] G.D. Hatzigeorgiou and D.E. Beskos, Soil-structure interaction effects on seismic inelastic analysis of 3-D tunnels, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30, 1106-1118, 2010.
- [13] A.A. Stamos and D.E. Beskos, Dynamic analysis of large 3-D underground structures by the BEM, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 24, 917-934, 1995.
- [14] A.A. Vasilopoulos and D.E. Beskos, Seismic design of space steel frames using advanced methods of analysis, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29, 194-218, 2009.





ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2010\*

---

ΥΠΟΔΟΧΗ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ERIC LANDER

ΕΙΣΙΤΗΡΙΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ERIC LANDER

THE HUMAN GENOME

---

\* Το κείμενο τῆς ὁμιλίας δὲν ἀπεστάλη στὸ Γραφεῖον Δημοσιευμάτων.

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 18ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 2010

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΑΞΗ ΣΤΟ ΧΑΟΣ  
ΣΤΗΝ ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΤΩΝ Γ. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΚΑΙ Χ. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. Γ. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τò χάος στην Κβαντική Μηχανική εμφανίζεται κοντά σε κομβικά σημεία όπου η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  μηδενίζεται. Οί περιοδικές τροχιές κοντά σε ένα κομβικό σημείο είναι πολύπλοκες. Οί μη περιοδικές τροχιές όμως εκτρέπονται κυρίως από ένα ασταθές σημείο  $X$  πού είναι κοντά στο κομβικό σημείο και έχει δύο αντίθετες ασταθείς και δύο αντίθετες ευσταθείς ιδιοδιευθύνσεις. Λίγες μόνο τροχιές πλησιάζουν ή απομακρύνονται από τò κομβικό σημείο. Τò χάος είναι μεγαλύτερο όταν τò ασταθές σημείο  $X$  είναι κοντά στο κομβικό σημείο  $O$ , διότι ή μεγαλύτερη ιδιοτιμή  $\lambda$  του σημείου  $X$  είναι αντιστρόφως ανάλογη του  $D^{1.5}$ , όπου  $D$  είναι ή απόσταση μεταξύ του σημείου  $X$  και του κομβικού σημείου.

Η θεωρία αυτή εφαρμόζεται στη σκέδαση φορτισμένων σωματίων από έναν κρυσταλλικό στόχο  $O$ . Στην κλασική θεωρία, οί τροχιές πού είναι κοντά στον άξονα  $z$  (πηγής-στόχου) εκτρέπονται σε μεγάλες γωνίες ( $\theta > \pi/2$ ), ενώ οί τροχιές πού αρχικά είναι πιο μακριά από τόν άξονα  $z$  εκτρέπονται λιγότερο ( $\theta < \pi/2$ ). Ο χρόνος εκτροπής είναι μεγαλύτερος στην πρώτη περίπτωση (για θετικά φορτισμένα σωματίδια). Αντιθέτως στην κβαντική θεωρία των τροχιών (θεωρία de Broglie-Bohm) οί τροχιές οί πλησιέστερες πρòς τόν άξονα  $z$  εκτρέπονται λίγο ( $\theta < \pi/2$ ), ενώ οί πιο μακρινές τροχιές εκτρέπονται πολύ ( $\theta > \pi/2$ ), και ό χρόνος εκτροπής είναι μικρότερος στις μακρινές τροχιές. Οί κβαντικές εκτροπές λαμβά-

νουν χώρα σὲ μιὰ λεπτὴ ζώνη ὅπου ὑπάρχουν πολλὰ κομβικὰ σημεῖα καὶ ἀσταθῆ σημεῖα X, πού προκαλοῦν τὶς ἐκτροπές. Οἱ διαφορὲς τῶν χρόνων ἐκτροπῆς σὲ διαφορὲς γωνίες εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθοῦν μὲ σύγχρονα μέσα ἀκριβεῖας. Ἡ μέτρηση χρόνων στὴν Κβαντομηχανικὴ εἶναι ἓνα ἀνοικτὸ πρόβλημα. Μιὰ πειραματικὴ μέτρηση θὰ μποροῦσε νὰ συγκρίνει τὴ Θεωρίαν τῶν Τροχιῶν (κατὰ Bohm) μὲ ἄλλες προτάσεις γιὰ τὴ μέτρηση χρόνων πού ἔχουν ἀναπτυχθεῖ στὸ πλαίσιο τῆς Κβαντικῆς Θεωρίας.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ παρούσα ἀνακοίνωση εἶναι συνέχεια προηγούμενης ἀνακοινώσεως τῶν Γ. Κοντόπουλου καὶ Χ. Εὐθυμίουπουλου στὴν Ἀκαδημία τὴν 6η Ἀπριλίου 2006, μὲ θέμα «Χάος στὴν Κβαντομηχανικὴ». Τὰ κύρια πορίσματα τῆς πρώτης ἀνακοινώσεώς μας δημοσιεύθηκαν στὸ περιοδικὸ *Journal of Physics A* (Efthymiopoulos and Contopoulos 2006).

Ἡ ἐργασία ἐκείνη προκάλεσε ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον καὶ μπῆκε στὴν τιμητικὴ λίστα τοῦ Ἰνστιτούτου Φυσικῆς τῆς Ἀγγλίας (Institute of Physics Select).

Ἡ μελέτη τῆς Τάξεως καὶ τοῦ Χάους στὴν Κβαντομηχανικὴ ξεκινᾷ ἀπὸ τὴν ἐξίσωση τοῦ Schrödinger, ἡ ὁποία σὲ δύο βαθμοὺς ἐλευθερίας γράφεται:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}\right) + V(x,y)\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \quad (1)$$

ὅπου  $\hbar$  εἶναι ἡ σταθερὰ τοῦ Planck,  $m$  ἡ μάζα ἐνὸς μικροῦ σωματίου,  $V$  τὸ δυναμικόν, καὶ  $\Psi$  ἡ κυματοσυνάρτηση:

$$\Psi = \text{Re}^{iS/\hbar} \quad (2)$$

ὅπου  $R$  εἶναι τὸ εὖρος καὶ καὶ  $S/\hbar$  ἡ φάση τῆς κυματοσυναρτήσεως.

Παράλληλα ὀρίζεται ἓνα κβαντικὸ δυναμικόν:

$$Q = -\frac{\hbar^2}{2mR}\left(\frac{\partial^2 R}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 R}{\partial y^2}\right) \quad (3)$$

τὸ ὁποῖο λαμβάνει τὴ μορφή:

$$Q = -\frac{1}{2}\frac{\nabla^2|\Psi|}{|\Psi|} \quad (4)$$

ὅταν χρησιμοποιοῦνται μονάδες τέτοιες ὥστε νὰ δίνουν  $\hbar = m = 1$ .

Οι εξισώσεις κινήσεως στην Κλασική και την Κβαντική Μηχανική είναι:

Κλασική Μηχανική $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\partial V}{\partial x}$	Κβαντική Μηχανική $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\partial(V+Q)}{\partial x}$
--	--

(5)

και ομοίως για το  $y$ .

Η διαφορά μεταξύ των κλασικών και των κβαντικών τροχιών είναι σημαντική, διότι το κβαντικό δυναμικό  $Q$  δεν είναι εν γένει μικρή ποσότητα.

Οι κβαντικές εξισώσεις γράφονται και ως εξής:

$$\frac{dx}{dt} = \text{Im}\left(\frac{\partial\Psi/\partial x}{\Psi}\right) \quad (6)$$

όπου  $\text{Im}$  ο συντελεστής του φανταστικού μέρους —και ομοίως για το  $y$ .

Έχει λεχθεί ότι η Θεωρία του Bohm είναι θεωρία «κρυμμένων μεταβλητών» που έρχεται σε αντίθεση με τα πορίσματα της Θεωρίας Άνισοτήτων Bell (1965), τα οποία έχουν επιβεβαιωθεί πειραματικά από τους Aspect et al. (1982). Εντούτοις, είναι σήμερα κοινά αποδεκτό ότι η ένσταση αυτή δεν ευσταθεί αλλά αντίθετως η Θεωρία του Bohm είναι μία «μη τοπική» θεωρία, η οποία είναι απολύτως συμβατή με τη Θεωρία του Bell. Την απόδειξη αυτή έδωσε ο ίδιος ο Bell (1987), ο οποίος είναι ένας από τους κυριότερους υποστηρικτές της Θεωρίας του Bohm.

Στή μελέτη μας επικεντρώνουμε την προσοχή μας στα σημεία όπου  $\Psi = 0$ , τα οποία λέγονται κομβικά σημεία.

Στα σημεία αυτά οι ταχύτητες  $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}$  εν γένει απειρίζονται, άρα τα σημεία αυτά είναι ανώμαλα σημεία των τροχιών που περνούν από αυτά. Γενικά, όταν μία τροχιά πλησιάζει ένα κομβικό σημείο, η ταχύτητα αυξάνει απότομα και αυτό οδηγεί εν γένει σε χάος.

Είναι γνωστό ότι υπάρχουν συστήματα που είναι οργανωμένα κλασικά ενώ είναι χαοτικά στην Κβαντική Μηχανική, και αντίστροφα (Efthymiopoulos and Contopoulos 2006). Η διαφορά αυτή οφείλεται στο κβαντικό δυναμικό  $Q$ . Π.χ. το σύστημα δύο αρμονικών ταλαντωτών με δυναμικό:

$$V = \frac{1}{2}(\omega_1^2 x^2 + \omega_2^2 y^2) \quad (7)$$

είναι κλασικά οργανωμένο —έχει μόνο οργανωμένες τροχιές—, ενώ κβαντικά είναι



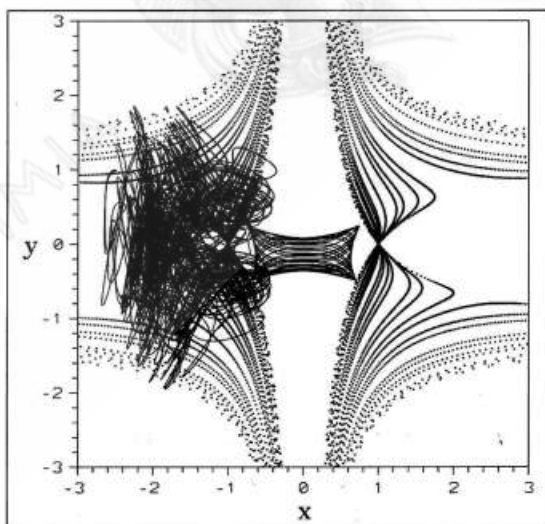
χαοτικό –και αυτό σημαίνει ότι έχει τόσο χαοτικές όσο και οργανωμένες τροχιές.

Αντιθέτως ή τυπική απεικόνιση:

$$\begin{aligned}x' &= x + y' \pmod{1} \\ y' &= y + \frac{K}{2\pi} \sin(2\pi x)\end{aligned}\quad (8)$$

είναι κβαντικά οργανωμένο σύστημα, ενώ κλασικά έχει εν γένει τόσο χαοτικές όσο και οργανωμένες τροχιές.

Στο Σχ. 1 έχουμε μια χαοτική και μια οργανωμένη τροχιά (Contopoulos and Efthymiopoulos 2008), καθώς και τις κομβικές γραμμές όπου  $\Psi=0$  για κάποια χρονική στιγμή. Οι κομβικές γραμμές δημιουργούνται από την κίνηση των κόμβων συναρτήσει του χρόνου. Παρατηρούμε ότι η οργανωμένη τροχιά δεν φθάνει στις κομβικές γραμμές, άρα η τροχιά ποτέ δεν πλησιάζει ένα κομβικό σημείο. Η χαοτική τροχιά όμως τέμνει πολλές κομβικές γραμμές, και επομένως έχει πολλές πιθανότητες να πλησιάσει ένα κομβικό σημείο. Υπάρχουν όμως και οργανωμένες τροχιές που τέμνουν όρισμένες κομβικές γραμμές, αν τις στιγμές που ένα κινούμενο σημείο διασχίζει τις κομβικές γραμμές ο κινούμενος κόμβος δεν βρίσκεται κοντά στα σημεία τομής της τροχιάς με τις κομβικές γραμμές.



Σχ. 1. Μία χαοτική (α) και μία οργανωμένη τροχιά (β) στο κβαντικό σύστημα που αντιστοιχεί στο δυναμικό (7) με  $\omega_1=1$ ,  $\omega_2=c^2=\sqrt{2}/2$  και κυματοσυνάρτηση της μορφής (A4) με  $a=b=1$ . Οι αρχικές συνθήκες είναι (α)  $x_0=y_0=-1$ , (β)  $x_0=0.75$ ,  $y_0=0.25$ . Εκτός των τροχιών δίδονται οι κομβικές γραμμές, όπου  $\Psi=0$ .

Ἡ διάκριση μεταξύ ὀργανωμένων καὶ χαοτικῶν τροχιῶν γίνεται μετὰ τὸν ὑπολογισμό τῶν Χαρακτηριστικῶν Ἀριθμῶν Lyapunov (Lyapunov Characteristic Numbers, LCN).

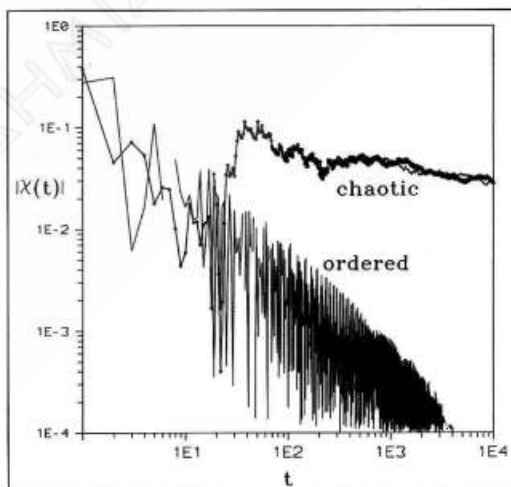
Θεωροῦμε δυὸ γειτονικὲς τροχιές, σὲ ἀπειροστή ἀπόσταση, ποὺ ἀρχίζουν στὰ σημεῖα  $x_0$  καὶ  $x_0 + \xi_0$ , καὶ παρακολουθοῦμε τὴν ἀπόστασή των  $\xi$  συναρτήσει τοῦ χρόνου  $t$ . Ὑπολογίζουμε τὴν ποσότητα

$$\chi(t) = \frac{\ln \left| \frac{\xi}{\xi_0} \right|}{t} \quad (9)$$

συναρτήσει τοῦ χρόνου. Τὸ  $\chi(t)$  ὀνομάζεται «Χαρακτηριστικός Ἀριθμὸς Lyapunov Πεπερασμένου Χρόνου». Τὸ ὄριο τοῦ  $\chi$ , ὅταν ὁ χρόνος τείνει στὸ ἄπειρο, εἶναι ὁ συνήθης «Χαρακτηριστικός Ἀριθμὸς Lyapunov».

$$LCN = \lim_{t \rightarrow \infty} \chi \quad (10)$$

Ἄν ὁ ἀριθμὸς Lyapunov εἶναι μηδέν ἢ τροχιά εἶναι ὀργανωμένη, ἐνῶ ἂν ὁ ἀριθμὸς Lyapunov εἶναι θετικὸς ἢ τροχιά εἶναι χαοτικὴ. Στὸ Σχ. 2 παρατηροῦμε ὅτι τὸ  $\chi$  τῆς ἐπάνω τροχιᾶς τείνει πρὸς μιὰ σταθερὴ ποσότητα καθὼς ὁ χρόνος  $t$  αὐξάνει σημαντικά. Τότε ἡ τροχιά εἶναι χαοτικὴ καὶ τὸ  $\xi$  αὐξάνει ἐκθετικά μετὰ τὸ χρόνο. Ἀντιθέτως τὸ  $\chi$  τῆς κάτω τροχιᾶς συνεχῶς ἐλαττώνεται καὶ τείνει στὸ μηδέν· τὸ μέγιστο  $\chi$  γιὰ κάθε  $t$  εἶναι περίπου ἀντιστρόφως ἀνάλογο πρὸς τὸ χρόνο  $t$ , παρὰ τίς διάφορες αὐξομειώσεις. Ἡ τροχιά αὕτη εἶναι ὀργανωμένη.

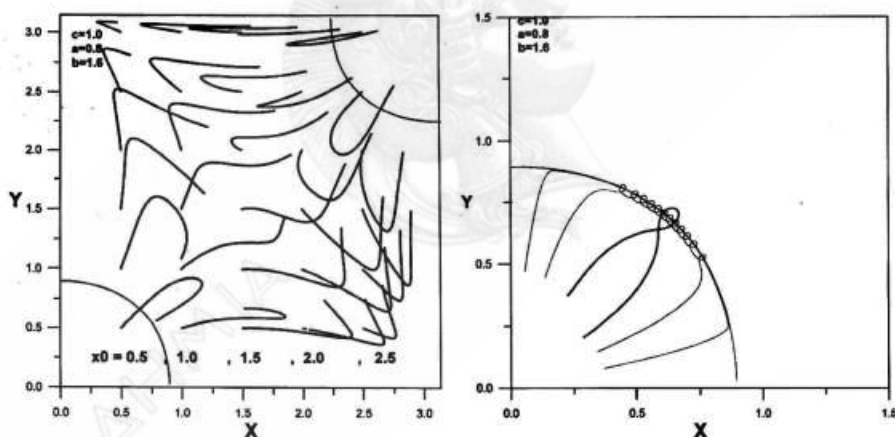


Σχ. 2. Οἱ συναρτήσεις  $\chi(t)$  ποὺ δίνουν τὸ «Χαρακτηριστικὸ Ἀριθμὸ Lyapunov Πεπερασμένου Χρόνου» γιὰ τὴ χαοτικὴ καὶ τὴν ὀργανωμένη κβαντικὴ τροχιά τοῦ Σχ. 1.

## 2. ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ

Μελετούμε τις τροχιές σε ένα σύστημα όπου η κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  είναι της μορφής (A4) (Παράρτημα Α). Εάν η σταθερά  $c$  είναι ίση με  $c=1$ , όλες οι τροχιές είναι περιοδικές. Στο Σχ. 3α έχουμε σχεδιάσει πολλές περιοδικές τροχιές στο διάστημα  $(0 < X < \pi, 0 < Y < \pi)$ . Οι τροχιές αυτές έχουν αρχικές συνθήκες  $X_0 = 0.5, 1, \dots, 2.5$  και  $Y_0 = 0.5, 1, \dots, 3$ , και είναι άπλες περιοδικές. Επίσης έχουμε σχεδιάσει τις κομβικές γραμμές, οι οποίες μοιάζουν με τόξα κύκλου αριστερά κάτω και δεξιά επάνω.

Όταν οι περιοδικές τροχιές πλησιάζουν κομβικά σημεία (Σχ. 3b) γίνονται πολύπλοκες. Στο Σχ. 3b έχουμε μια περιοδική τροχιά που κάνει μια θηλιά γύρω από ένα κομβικό σημείο, και δυο άλλες περιοδικές τροχιές με πολλές θηλιές γύρω από ένα κινούμενο κομβικό σημείο κατά μήκος μιας κομβικής γραμμής.



Σχ. 3. Περιοδικές τροχιές στο κβαντικό σύστημα (A2-A4) με  $c=1$ ,  $a=0.8$  και  $b=1.6$ .

(α) Άπλες περιοδικές τροχιές με διάφορες αρχικές συνθήκες.

(β) Περιοδικές τροχιές που πλησιάζουν ένα κομβικό σημείο.

Οι τροχιές αυτές μετά από έναν ορισμένο αριθμό περιστροφών γύρω από το κομβικό σημείο απομακρύνονται από αυτό (άνω και κάτω κλάδος), επανερχόμενες όμως περιοδικά πλησίον του κομβικού σημείου, το οποίο επίσης εκτελεί περιοδική κίνηση κατά μήκος της κομβικής γραμμής.

Όσο πιο κοντά πλησιάζει μια τροχιά ένα κομβικό σημείο, τόσο περισσότερες θηλιές σχηματίζει γύρω από αυτό. Οι περιοδικές τροχιές διαφέρουν τότε



αίσθητά μεταξύ τους, ιδιαίτερα όταν ο αριθμός των θηλιών αυξάνει απεριόριστα καθώς οι διάφορες τροχιές πλησιάζουν το κομβικό σημείο.

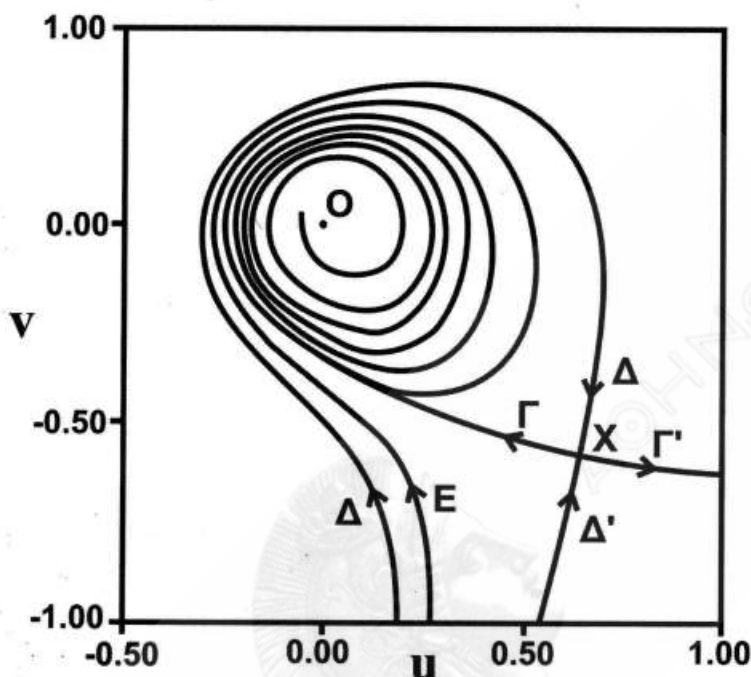
Οι περιοδικές τροχιές είναι προφανώς πάντοτε οργανωμένες. Όταν όμως προσεγγίζουν ένα κομβικό σημείο γίνονται αρκετά πολύπλοκες και η διαφορά μεταξύ δύο περιοδικών τροχιών αυξάνει σημαντικά.

Το κομβικό σημείο είναι αυτό που προκαλεί αυτήν την απομάκρυνση των τροχιών, η οποία ναί μὲν δὲν εἶναι χαοτική, ἀλλὰ ὑποδεικνύει ὅτι μπορεῖ ἡ ἀπομάκρυνση αὐτὴ νὰ εἶναι χαοτικὴ σὲ περιπτώσεις μὴ περιοδικῶν τροχιῶν.

### 3. ΜΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ

Όταν ἡ σταθερὰ  $c$  δὲν εἶναι ρητὸς ἀριθμὸς, τότε οἱ τροχιές δὲν εἶναι περιοδικές καὶ ἐπομένως θὰ μπορούσαν ἐνδεχομένως νὰ πλησιάσουν αὐθαιρέτως κοντὰ σὲ κομβικὰ σημεία, ὅποτε θὰ εἴχαμε τὴν ἐμφάνιση χάους. Πράγματι, ἡ γνώμη τῶν περισσοτέρων εἰδικῶν ἐρευνητῶν ποὺ ἀσχολοῦνταν μὲ τὸ χάος στὴν Κβαντομηχανική, ἦταν ὅτι τὸ χάος ὀφείλεται στὴν προσέγγιση τῶν τροχιῶν στὰ κομβικὰ σημεία (π.χ. Makowski et al. 2000, Wisniaski and Pujals 2005). Όμως οἱ μελέτες μας ἔδειξαν ὅτι τὸ θέμα δὲν εἶναι τόσο ἀπλό. Πράγματι, πολὺ λίγες τροχιές εἶναι δυνατὸν νὰ πλησιάσουν πολὺ κοντὰ πρὸς ἓνα κομβικὸ σημείο.

Συγκεκριμένα, ὅπως φαίνεται στὸ Σχ. 4, ἂν παρατηρήσουμε τὴ ροὴ σὲ ἓνα σύστημα ἀναφορᾶς προσαρτημένο στὸν κινούμενο κόμβο (συντεταγμένες  $u = x - x_0$ ,  $v = y - y_0$ , ὅπου  $x_0, y_0$  εἶναι οἱ συντεταγμένες τοῦ κόμβου ποὺ μεταβάλλονται στὸ χρόνο), τότε κοντὰ σὲ ἓνα κομβικὸ σημείο  $O$  ( $x_0, y_0$ ) ὑπάρχει ἓνα σημείο ἀσταθοῦς ἰσοροπίας (ἀσταθὲς σημείο  $X$ ), ἀπὸ τὸ ὁποῖο περνοῦν δύο ἀσταθεῖς καμπύλες πρὸς τὰ ἔξω (πρὸς τὸ  $\Gamma$  καὶ τὸ  $\Gamma'$ ) καὶ δύο εὐσταθεῖς καμπύλες (ἀπὸ τὰ  $\Delta$ ,  $\Delta'$  πρὸς τὸ  $X$ ). Στὸ Σχ. 4, ἡ καμπύλη  $\Gamma$  εἶναι μιὰ σπείρα ἡ ὁποία καταλήγει μετὰ ἀπὸ ἅπειρες περιελίξεις στὸ κομβικὸ σημείο  $O$ . Ἡ καμπύλη  $\Delta$  περιβάλλει τὶς σπείρες γύρω ἀπὸ τὸ  $O$  καὶ καταλήγει στὸ ἀσταθὲς σημείο  $X$ .



Σχ. 4. Τò σύμπλοκο «κομβικό σημείο-σημείο X» σέ ὀρθογώνιες μεταβλητές ( $u=x-x_0$ ,  $v=y-y_0$ ) γύρω ἀπὸ τὸ κομβικὸ σημείο  $O$  ( $u=v=0$ ). Ἀπὸ τὸ ἀσταθὲς σημείο  $X$  ξεκινοῦν δύο ἀσταθεῖς ἀσυμπτωτικές καμπύλες  $\Gamma$ ,  $\Gamma'$  καὶ δύο εὐσταθεῖς ἀσυμπτωτικές καμπύλες  $\Delta$ ,  $\Delta'$ . Ἡ  $\Gamma$  ἀκολουθεῖ μιὰ σπείρα γύρω ἀπὸ τὸ  $O$ . Ἀνάλογη σπείρα ἀκολουθεῖ ἡ τροχιά  $E$  μεταξύ τῶν  $\Delta$  καὶ  $\Delta'$ .

Οἱ τροχιές πού εἶναι ἔξω, ἀριστερά καὶ ἐπάνω ἀπὸ τὴν καμπύλη  $\Delta$  δὲν πλησιάζουν καθόλου τὸ κομβικὸ σημείο  $O$ . Ἐπίσης, οἱ τροχιές πού περνοῦν δεξιά ἀπὸ τὸ σημείο  $X$  δὲν πλησιάζουν τὸ κομβικὸ σημείο. Μόνον οἱ τροχιές πού ἔρχονται ἀπὸ κάτω, ἀνάμεσα στὶς καμπύλες  $\Delta$  καὶ  $\Delta'$ , δημιουργοῦν σπείρες παρόμοιες μὲ τὴν καμπύλη  $\Gamma$  καὶ πλησιάζουν τὸ  $O$ . Ἐπομένως μόνο λίγες τροχιές στὴ γενικότερη περιοχὴ τοῦ  $O$  καὶ τοῦ  $X$  φθάνουν κοντὰ στὸ  $O$ . Τὸ σύστημα τῶν σημείων  $O$  καὶ  $X$  ὀνομάζεται σύμπλοκο «κομβικὸ σημείο-σημείο X».

Τὸ χάος δημιουργεῖται κυρίως κοντὰ στὸ σημείο  $X$ , ὅπως γίνεται κοντὰ σὲ κάθε ἀσταθὲς σημείο στὸ χῶρο.

Τὸ κομβικὸ σημείο, ἐκτὸς τοῦ ὅτι δημιουργεῖ σπείρες γύρω ἀπὸ αὐτό, ἐπηρεάζει ἐμμέσως τὸ βαθμὸ τοῦ χάους γύρω ἀπὸ τὸ ἀσταθὲς σημείο  $X$ . Ὁ βαθμὸς τοῦ χάους ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ μεγαλύτερη ιδιοτιμὴ  $\lambda$  τοῦ σημείου  $X$ . Στὶς ἐργα-

σίες μας αποδεικνύουμε ότι το σημείο  $X$  είναι πάντα σαγματικό, δηλαδή έχει μια ιδιοτιμή  $\lambda > 1$  κατά τη διεύθυνση των ασταθών ιδιοδιευθύνσεων και μια ιδιοτιμή  $\lambda' < 1$  κατά τη διεύθυνση των ευσταθών ιδιοδιευθύνσεων. Εάν  $\xi_0$  είναι μια μικρή εκτροπή από το  $X$  κατά μήκος της ασταθούς ιδιοδιευθύνσεως, μετά από μια περίοδο ή απόσταση  $\xi$  είναι ίση με:

$$\xi = \lambda \xi_0 \quad (11)$$

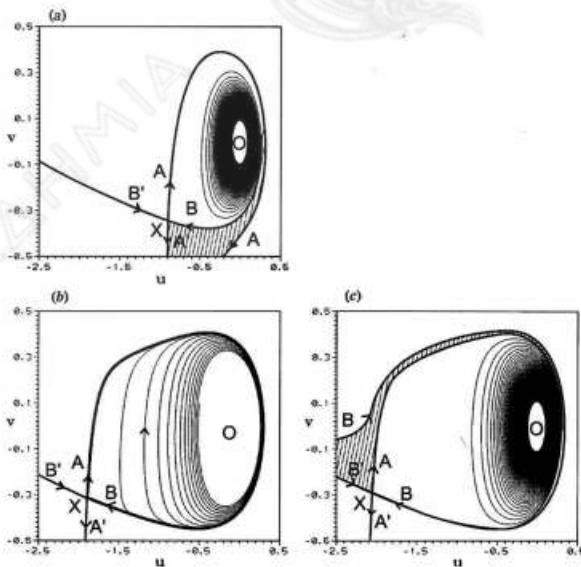
και μετά από  $n$  περιόδους είναι  $\xi = \lambda^n \xi_0$ , δηλαδή μεγαλώνει εκθετικά. Όσο πιο μεγάλο είναι το  $\lambda$ , τόσο μεγαλύτερο είναι το χάος.

Παρατηρήσαμε ότι η τιμή του  $\lambda$  εξαρτάται από την απόσταση  $D$  του  $X$  από το  $O$ . Είναι περίπου:

$$\lambda \propto \frac{1}{D^{1.5}} \quad (12)$$

και επομένως το  $\lambda$  είναι μεγαλύτερο όσο η απόσταση  $D$  είναι μικρότερη. Άρα το κομβικό σημείο επηρεάζει εμμέσως το χάος γύρω από το σημείο  $X$ .

Σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, το κομβικό σημείο μπορεί να είναι έλκυστής (attractor) ή απωθητής (repellor). Μια μετάβαση από την κατάσταση του απωθητή στην κατάσταση του έλκυστή, καθώς μεταβάλλεται ο χρόνος, φαίνεται στο Σχ. 5.



Σχ. 5. Μεταβολή του κομβικού σημείου από απωθητή (a) σε έλκυστή (c) μετά από μια ενδιάμεση κατάσταση (b).



Στό Σχ. 5a ἡ εὐσταθής, ὡς πρὸς τὸ X, καμπύλη B ξεκινᾷ ἀπὸ τὸ O, ποὺ εἶναι ἀπωθητής, μὲ μιὰ σπειροειδῆ κίνηση κατὰ τὴ φορά τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου καὶ φθάνει στὸ X. Ἐξάλλου, ἡ ἀσταθής καμπύλη A περιβάλλει τὴ σπείρα B καὶ κατευθύνεται πρὸς τὰ κάτω. Τροχιές ποὺ ξεκινοῦν μεταξύ τῆς B καὶ τῆς A περιβάλλουν τὴ σπείρα B καὶ διαφεύγουν μεταξύ A καὶ A' πρὸς τὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος (γραμμοσκιασμένη περιοχὴ).

Στό Σχ. 5b, ἡ καμπύλη B εἶναι συνέχεια τῆς καμπύλης A. Μποροῦμε νὰ φαντασθοῦμε ὅτι ἡ καμπύλη A, ἀφοῦ φθάσει τὸ σημεῖο X ὡς καμπύλη B, στρέφεται ἀπότομα πρὸς τὰ κάτω κατὰ μῆκος τῆς A'. Ὅσες τροχιές βρίσκονται γύρω ἀπὸ τὸ O παραμένουν ἐγκλωδισμένες στὸ ἐσωτερικὸ τῆς καμπύλης AB. Δὲν ὑπάρχουν διαφυγές τροχιῶν πρὸς τὰ κάτω, ὅπως στὸ Σχ. 5a.

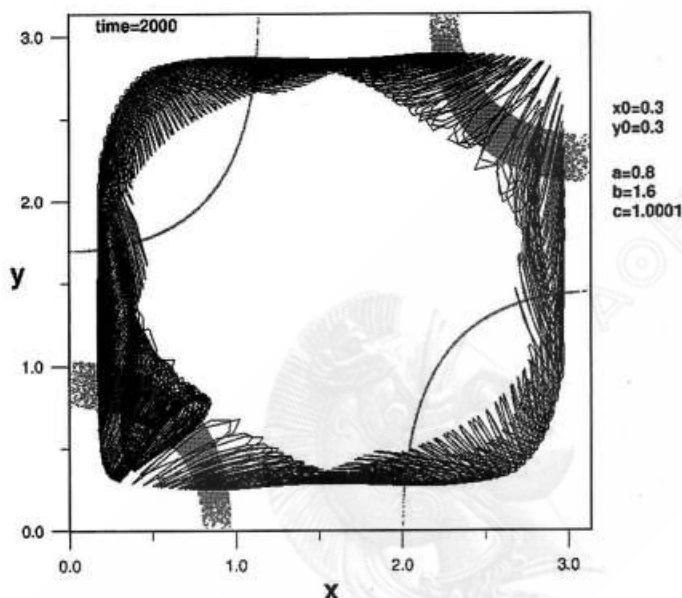
Στό Σχ. 5c, ἡ καμπύλη A ἀκολουθεῖ μιὰ σπείρα ποὺ πλησιάζει τὸ O μετὰ ἀπὸ σπειροειδεῖς περιελίξεις κατὰ τὴ φορά τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου. Τὸ κομβικὸ σημεῖο εἶναι τώρα ἐλκυστής. Ἡ καμπύλη B περιβάλλει τὴ σπείρα καθὼς ἔρχεται ἀπὸ ἀριστερά καὶ φθάνει στὸ σημεῖο X ἀπὸ δεξιά. Στὴν περίπτωση αὐτή, οἱ τροχιές ποὺ ἔρχονται ἀπὸ ἀριστερά μεταξύ B' καὶ B εἰσέρχονται στὸ χῶρο τῆς σπείρας γύρω ἀπὸ τὸ κομβικὸ σημεῖο O δημιουργώντας παρόμοιες σπείρες (γραμμοσκιασμένη περιοχὴ).

Ἐὰν ἀπὸ τὸ Σχ. 5c πᾶμε βαθμὴδὸν πίσω πρὸς τὸ Σχ. 5b, βλέπουμε ὅτι ἡ καμπύλη B πλησιάζει καὶ τείνει πρὸς τὴν καμπύλη A καὶ κοντὰ στὸ σημεῖο X τείνει πρὸς τὴν τεθλασμένη γραμμὴ B'XA τοῦ Σχ. 5b.

Περисσότερες λεπτομέρειες γιὰ τὸ σύμπλοκο «κομβικὸ σημεῖο-σημεῖο X» μπορεῖ νὰ δεῖ κανεὶς στὶς ἐργασίες μας (Efthymiopoulos et. al 2007, 2009).

Σὲ ὅλες τὶς περιπτώσεις, τὸ χάος ὀφείλεται σὲ προσέγγιση τῶν τροχιῶν στὸ σύμπλοκο «κομβικὸ σημεῖο-σημεῖο X» καὶ εἰδικότερα στὸ ἀσταθὲς σημεῖο X. Ὅμως μιὰ χαοτικὴ τροχιά δὲν παραμένει κοντὰ στὸ σύμπλοκο αὐτὸ ἀλλὰ μπορεῖ νὰ καλύπτει ἓνα μεγάλο μέρος τοῦ χώρου. Ἐνα τέτοιο παράδειγμα εἶναι ἡ τροχιά τοῦ Σχ. 6. Ἡ τροχιά ἀρχίζει ἀριστερά καὶ κάτω, μέσα στὴν περιοχὴ μιᾶς δέσμης κομβικῶν γραμμῶν, ποὺ σχηματίζουν δύο παχείς δακτυλίους ἀριστερά καὶ κάτω καθὼς καὶ δεξιά καὶ ἐπάνω, ὅπως ἐπίσης δύο λεπτοὺς δακτυλίους ἀριστερά καὶ ἐπάνω καθὼς καὶ δεξιά καὶ κάτω. Ἀρχικὰ ἡ τροχιά ἔχει ταλαντώσεις, περνώντας ἀπὸ τὸ δακτύλιο τῶν κομβικῶν γραμμῶν. Ἀργότερα οἱ ταλαντώσεις τὴ φέρνουν πρὸς τὰ ἐπάνω, κατόπιν δεξιά, καὶ στὴ συνέχεια πρὸς τὰ κάτω καὶ πάλι ἀριστερά, ὥστε φθάνει κοντὰ στὸ ἀρχικὸ σημεῖο. Ἡ τροχιά αὐτὴ εἶναι πολὺ διαφορετικὴ ἀπὸ τὴ χαοτικὴ τροχιά τοῦ Σχ. 1.

Γενικά ή τοπολογία των τροχιών είναι πολύ διαφορετική από τη μία περιοχή στην άλλη και από ένα σύστημα σε άλλο (Contopoulos and Efthymiopoulos 2008).

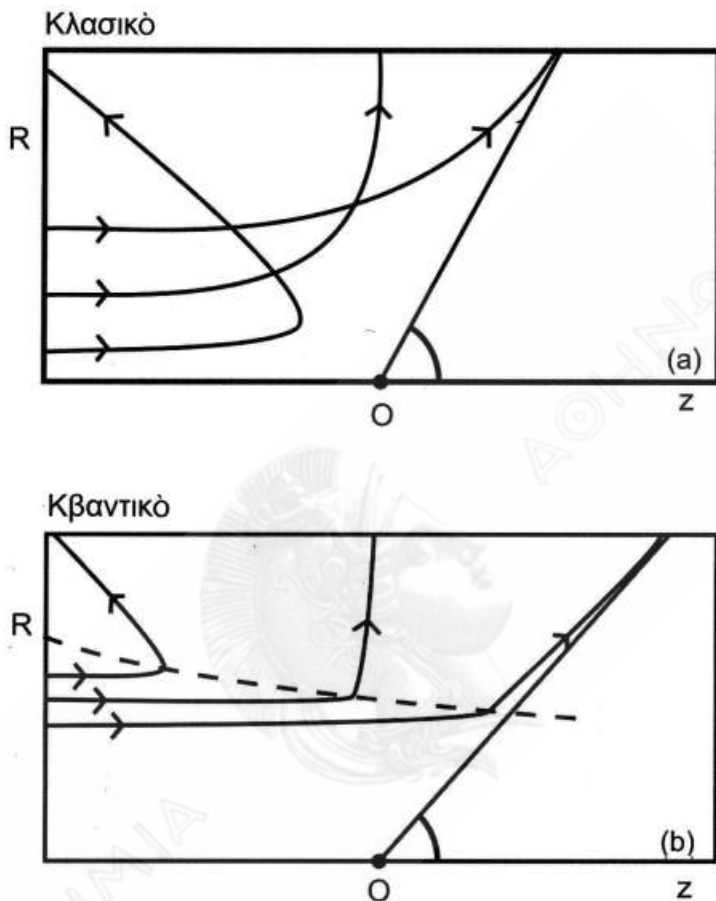


Σχ. 6. Μία χαοτική τροχιά που σχηματίζει ένα δακτύλιο γύρω από το κέντρο του σχήματος.

#### 4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι διάφοροι τύποι των τροχιών έχουν ιδιαίτερη σημασία σε διάφορα πρακτικά προβλήματα. Θα αναφερθούμε εδώ με συντομία στη σκέδαση θετικά φορτισμένων σωματιών που προσκρούουν σε έναν πολυκρυσταλλικό στόχο.

Θεωρούμε μία δέσμη φορτισμένων σωματιών που έρχεται από αριστερά και κινείται κατά τον οριζόντιο άξονα  $z$  (Σχ. 7a, b). Για απλότητα παίρνουμε στο Σχ. 7a φορτία όμοσημα προς τους πυρήνες των στόχων. Η δέσμη θεωρείται συμμετρική ως προς τον άξονα  $z$ , και  $R$  είναι η απόσταση από τον άξονα αυτόν. Η κατανομή της δέσμης ως προς  $R$  μπορεί να θεωρηθεί ως κατανομή Gauss γύρω από το  $R=0$ . Ο στόχος είναι ένα κρυσταλλικό φύλλο κάθετο στον άξονα  $z$ . Κάθε φορτισμένο σωματίο προσκρούει στο στόχο, δηλαδή πλησιάζει κάποιο άτομο του στόχου και εκτρέπεται από αυτόν.



Σχ. 7. Ἐκτροπές τῶν τροχιῶν σωματίων πού πλησιάζουν τὸ στόχο  $O$  στὴν κλασικὴ περίπτωση (a), καὶ στὴν κβαντικὴ περίπτωση (b). Ἀρχικὰ οἱ τροχιές εἶναι παράλληλες πρὸς τὸν ἄξονα  $z$ , ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρο τοῦ στόχο  $O$ , ἐνῶ τελικὰ οἱ τροχιές κινοῦνται περίπου ἀκτινικὰ πρὸς τὰ ἔξω ἀπὸ τὸ  $O$  μὲ γωνία  $\theta$  μεταξὺ τοῦ ἄξονα  $z$  καὶ τῆς ἐπιβατικῆς ἀκτίνας ἀπὸ τὸ  $O$ . Στὴ δεύτερη περίπτωση ὑπάρχει μιὰ διαχωριστικὴ περιοχὴ πολὺ μικροῦ πάχους (διακεκομμένη γραμμὴ) ὅπου γίνονται οἱ ἐκτροπές τῶν σωματίων.

Ἄν οἱ τροχιές εἶναι κλασικὲς καὶ οἱ δυνάμεις ἀπωθητικὲς (δυνάμεις Coulomb), τότε ὅσο πιὸ κοντὰ εἶναι μιὰ τροχιά στὸν ἄξονα  $z$  τόσο πλησιέστερα θὰ περάσει ἀπὸ τὸ στόχο καὶ τόσο περισσότερο θὰ ἐκτραπεί (Σχ. 7a). Ἡ κατανομὴ τῶν φορτισμένων σωματίων ἀποδεικνύεται ὅτι ἀκολουθεῖ τὸ Νόμο τοῦ



Rutherford (1911), δηλαδή τὸ πλῆθος τῶν σωματίων  $dN$  σὲ μιὰ ὀρισμένη στερεὰ γωνία  $d\Omega = \sin\theta d\theta$  —ὅπου τὸ  $d\theta$  εἶναι μιὰ μικρὴ γωνία γύρω ἀπὸ τὴ γωνία  $\theta$  ( $\theta=0$  εἶναι ὁ ἄξονας  $z$ )— εἶναι:

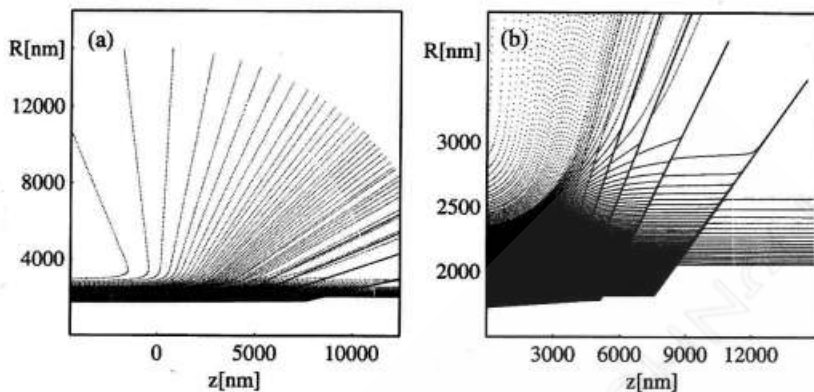
$$dN \propto \frac{d\Omega}{\sin^4(\theta/2)} \quad (13)$$

Ἄν ὅμως θεωρήσουμε φορτισμένα σωματῖα ποὺ ἀκολουθοῦν τὰ κβαντικὰ κύματα (de Broglie 1926, Bohm 1952 a,b), τότε ἡ εἰκόνα τῆς σκέδασης εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὴ (Σχ. 7b). Ἡ κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  ποὺ καθοδηγεῖ τὰ φορτισμένα σωματῖα ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη:

$$\Psi = \Psi_{in} + \Psi_{out} \quad (14)$$

ὅπου  $\Psi_{in}$  εἶναι τὸ εἰσερχόμενο κύμα (ingoing), τὸ ὁποῖο κινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ μαζὶ μὲ τὰ εἰσερχόμενα σωματῖα, ἐνῶ τὸ  $\Psi_{out}$  εἶναι τὸ ἐξερχόμενο (outgoing) κύμα ποὺ ἐκτείνεται ἀκτινικὰ πρὸς τὰ ἔξω μὲ σφαιρικὴ συμμετρία γύρω ἀπὸ τὸ στόχο.

Ἀρχικὰ ὑπερισχύει τὸ εἰσερχόμενο κύμα  $\Psi_{in}$  καὶ τὰ σωματῖα κινοῦνται περίπου ὀριζόντια πρὸς τὰ δεξιὰ. Κάποια στιγμή ὅμως συναντοῦν τὸ διεσπασμένο ἐξερχόμενο κύμα  $\Psi_{out}$  καὶ αὐτὸ παρασύρει τὰ σωματῖα πρὸς διάφορες διευθύνσεις ἀκτινικὰ πρὸς τὰ ἔξω ἐν σχέσει μὲ τὸ στόχο. Ἡ μεταβολὴ διευθύνσεως τῶν τροχιῶν ἀπὸ ὀριζόντιες σὲ ἀκτινικὲς πρὸς τὰ ἔξω γίνεται σχεδὸν ἀπὸτομα μέσα σὲ μιὰ λεπτὴ ζώνη ὅπου τὰ δύο κύματα  $\Psi_{in}$  καὶ  $\Psi_{out}$  εἶναι σχεδὸν ἰσοδύναμα σὲ ἔνταση. Ἡ ζώνη αὕτὴ ὀνομάζεται διαχωριστικὴ (separator), καὶ ἔχει ἐν γένει ἀρνητικὴ κλίση, δηλαδή τὸ  $R$  ἐλαττώνεται καθὼς τὸ  $z$  αὐξάνει (Σχ. 7b). Κατὰ συνέπεια, οἱ πιὸ ἐξωτερικὲς τροχιές (μεγαλύτερο  $R$  ἀρχικὰ) ἐκτρέπονται πρὸς μεγαλύτερες γωνίες  $\theta$ , δηλαδή πρὸς τὰ πίσω, ἐν σχέσει μὲ τὸ στόχο, ἐνῶ οἱ τροχιές ποὺ εἶναι πιὸ κοντὰ πρὸς τὸν ἄξονα ἐκτρέπονται πρὸς μικρότερες γωνίες  $\theta$ , δηλαδή πρὸς τὰ ἐμπρός. Παρατηροῦμε ὅτι ὁ μηχανισμὸς ἐκτροπῆς τῶν κβαντικῶν τροχιῶν εἶναι πολὺ διαφορετικὸς ἀπὸ τὸν κλασικὸ μηχανισμό.



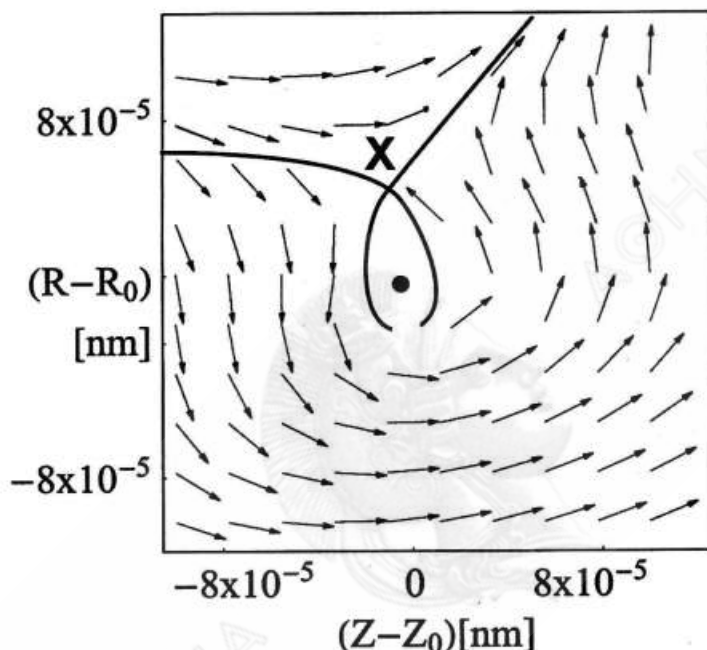
Σχ. 8. (a) Κβαντικές τροχιές φορτισμένων σωματίων με διαφορετικές γωνίες σκεδάσεως. (b) Λεπτομέρεια του Σχ. 8a στην περιοχή των γωνιών Bragg.

Είναι περίεργο ότι η κατανομή των σωματίων συναρτήσει της γωνίας  $\theta$  στην κβαντική περίπτωση ακολουθεί κατά προσέγγιση τον ίδιο νόμο του Rutherford [Εξ. (13)] (Σχ. 8a), καιτοι ο μηχανισμός έκτροπής είναι τόσο διαφορετικός. Πάντως η συμφωνία αυτή είναι συμπτωματική, δηλαδή ισχύει μόνο όταν η δύναμη που προκαλεί τη σκέδαση ακολουθεί το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου της απόστασης.

Αν παρακολουθήσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια τις κβαντικές τροχιές θα διαπιστώσουμε όρισμένα μέγιστα πυκνότητας σε κάποιες γωνίες (Σχ. 8b). Οι γωνίες αυτές ονομάζονται γωνίες Bragg, και είναι γνωστό ότι η συγκέντρωση αυτή οφείλεται στις κβαντικές (κυματικές) ιδιότητες των φορτισμένων σωματίων (Davisson and Germer 1927, Thomson 1928). Πράγματι, η συγκέντρωση των σωματίων κατά τις διευθύνσεις των γωνιών Bragg, που παρατηρήθηκε πειραματικά, αποτέλεσε μια βασική απόδειξη ότι τα φορτισμένα σωματάρια έχουν και κυματικές ιδιότητες. Για την ανακάλυψη αυτή οι Davisson και Thomson πήραν το Βραβείο Νόμπελ το 1937.

Στο Σχ. 8b δίνουμε τις έκτροπές των κβαντικών τροχιών που δημιουργούν τις συγκεντρώσεις στις γωνίες Bragg. Μελετήσαμε λεπτομερώς τις σκεδάσεις των φορτισμένων σωματίων μέσα στη διαχωριστική ζώνη (Σχ. 7b). Η ζώνη αυτή είναι πολύ λεπτή. Μέσα σε αυτήν, όμως, υπάρχουν πολλά σύμπλοκα «κομβικών σημείων-σημείων X» που δημιουργούν τοπικά χάος, διαμορφώνοντας τη ροή των σωματίων.

Στο Σχ. 9 έχουμε ένα τέτοιο παράδειγμα της ροής των σωματιίων κοντά σέ ένα ζευγος σημείων, ενός κομβικού σημείου  $O$  και ενός ασταθούς σημείου  $X$  μέσα στη διαχωριστική ζώνη. Παρατηρούμε ότι ή ροή των σωματιίων (βέλη) περιβάλλει έν γένει τó κομβικό σημείο.



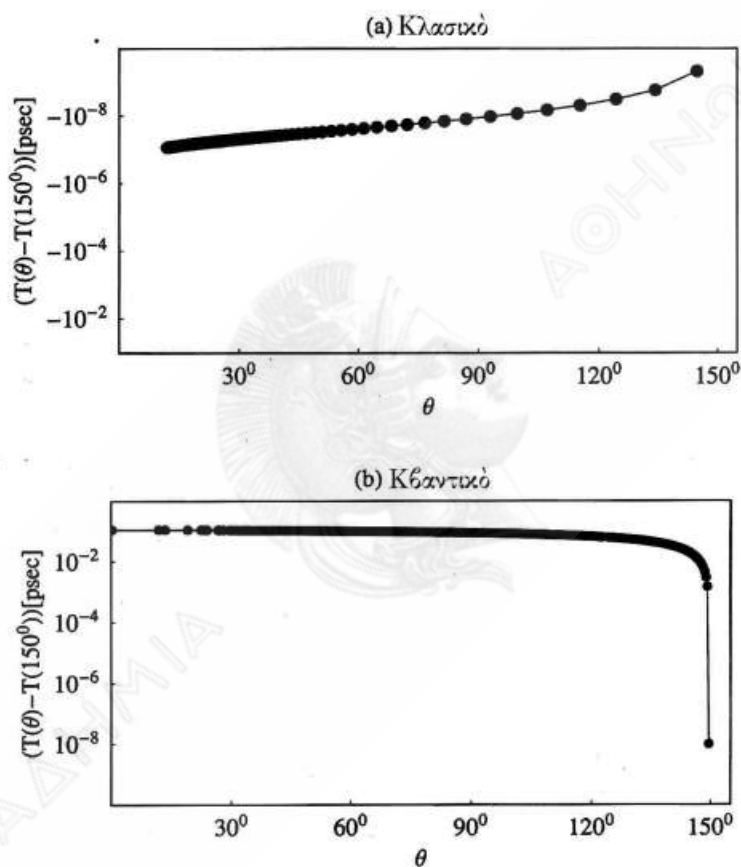
Σχ. 9. "Ένα σύμπλοκο «κομβικό σημείο-σημείο  $X$ » μέσα στη διαχωριστική περιοχή σκέδασης και ή ροή των σωματιίων κοντά σέ αυτό. Παρατηρούμε ότι οι διαστάσεις της περιοχής είναι πολύ μικρές, της τάξεως των  $10^{-11}$  cm.

Κοντά στο ασταθές σημείο  $X$ , ή ροή αλλάζει κατεύθυνση και από οριζόντια πρòς τὰ δεξιά γίνεται ακτινική πρòς τὰ άνω δεξιά. Μετά την αλλαγή των τροχιών από οριζόντιες σέ ακτινικές, οι τροχιές γίνονται άσυμπτωτικά εύθύγραμμες κατά την ακτινική διεύθυνση από τó στόχο πρòς τὰ έξω (Σχ. 8a).

Ένα τελευταίο σημείο, τó όποιο μελετήσαμε, ήταν ό χρόνος μεταξύ έκπομπής και άνιχνεύσεως των σωματιίων. Στο κλασικό πρόβλημα του Σχ. 7a, οι χρόνοι μεταξύ έκπομπής (άριστερά) και άνιχνεύσεως των σωματιίων από άνιχνευτές πού ίσαπέχουν από τó στόχο  $O$  αύξάνουν μέ τή γωνία  $\theta$  (Σχ. 10a). Άντιθέτως, στην κβαντική περίπτωση, ό χρόνος πού κάνει ένα σωματίο πού εκτρέπεται πρòς τὰ πίσω νά φθάσει τόν άνιχνευτή είναι μικρότερος από τó χρό-



νο που κάνει ένα άλλο σωματίο που εκτρέπεται προς τα εμπρός να φθάσει σε έναν ανιχνευτή ίσης απόστασης από το στόχο (Σχ. 10b). Αυτό οφείλεται στο ότι το μήκος της τροχιάς είναι μικρότερο στην πρώτη περίπτωση, ενώ η κίνηση γίνεται με πρακτικά σταθερή ταχύτητα.



Σχ. 10. Η διαφορά χρόνων άφιξης φορτισμένων σωματίων που εκτρέπονται από το στόχο κατά τις γωνίες  $\theta$  και  $150^\circ$  (a) στην Κλασική Μηχανική, και (b) στην Κβαντική Μηχανική. Στην πρώτη περίπτωση ο χρόνος αυξάνει λίγο καθώς η γωνία  $\theta$  αυξάνει, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο χρόνος ελαττώνεται (περισσότερο) καθώς το  $\theta$  αυξάνει.

Στην περίπτωση φορτισμένων σωματίων με ενέργειες της τάξεως των δεκάδων keV, οι διαφορές άφιξης σωματίων για μικρά  $\theta$  ( $< \pi/2$ ) και μεγάλα  $\theta$  ( $> \pi/2$ ) είναι της τάξεως του ενός picosecond, και επομένως είναι δυνατόν να με-

τρηθούν με σύγχρονες πειραματικές τεχνικές. Ἀντιθέτως, στήν Κλασική Θεωρία, οἱ διαφορές χρόνων εἶναι πολύ μικρότερες (τῆς τάξης τοῦ  $10^{-19}$  sec). Γιά αὐτό προτείνουμε νά γίνει ἕνα πείραμα μετρήσεως τοῦ χρόνου αὐτοῦ ὥστε νά ἐλεγχθεῖ ἡ θεωρία μας.

Ἡ σύγκριση τῶν χρόνων ἀφίξεως γιά μικρές καί πολύ μεγάλες γωνίες  $\theta$  θά μᾶς ἐπιτρέψει ἐπίσης νά κάνουμε μιὰ διάκριση μεταξύ διαφόρων προτάσεων πού ἔχουν ἀναπτυχθεῖ στό πλαίσιο τῆς Κβαντικῆς Θεωρίας ἀναφορικά πρὸς τὸ πρόβλημα τῆς μέτρησης χρόνων. Τονίζουμε ὅτι ὁ χρόνος στή συνήθη Κβαντομηχανικὴ δὲν εἶναι τελεστής, καί ἐπομένως προβλέψεις γιά τίς κατανομές τῶν χρόνων ἀφίξης τῶν φορτισμένων σωματίων δὲν μποροῦν νά γίνουν με βάση τὸν ἴδιο φορμαλισμὸ πού ἐφαρμόζεται στοὺς τελεστές τῆς Κβαντομηχανικῆς.

Γιά τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἔχουν προταθεῖ διάφορες θεωρίες (βλ. π.χ. Muga and Leavens 2000), πού βασίζονται ὅλες στήν ἐξίσωση τοῦ Schrödinger [ἐξ. (1)] καί δίνουν τὰ ἴδια ἀποτελέσματα ὅσον ἀφορᾷ τὰ παρατηρήσιμα μεγέθη τελεστικῆς μορφῆς (operator valued observables). Ἐν τούτοις ἔχουν ὀρισμένες διαφορές ὅσον ἀφορᾷ τίς μετρήσεις τοῦ χρόνου. Π.χ. ὁ ὑπολογισμὸς τῶν χρόνων σκεδάσεως ἀπὸ τὸν Kijowski (1974) δίνει ἴσους χρόνους γιά ὅλες τίς γωνίες  $\theta$ , ἐνῶ ὁ ὑπολογισμὸς μετὰ τὴ μέθοδο τῶν πολλῶν διαδρομῶν (path integrals) τοῦ Feynman (Feynman and Hibbs 1965) δίνει πολὺ μικρές διαφορές τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ picosecond. Οἱ παραλλαγές αὐτές τῶν Kijowski καί Feynman δὲν χρησιμοποιοῦν καθόλου τροχιές. Ἀντιθέτως, οἱ ὑπολογισμοὶ πού ἀναφέραμε προηγουμένως (Σχ. 10b) προκύπτουν ἀπὸ τὴ Θεωρία τῶν Τροχιῶν κατὰ Bohm, καί δίνουν ἐκτροπές τῆς τάξεως τοῦ picosecond πού μποροῦν νά παρατηρηθοῦν με πειράματα μεγάλης ἀκρίβειας. Ἐπομένως ἕνα σχετικὸ πείραμα θά μᾶς δείξει ποιά θεωρία εἶναι προτιμητέα.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τὰ κύρια νέα συμπεράσματά μας εἶναι:

α) Ὄταν οἱ τροχιές πλησιάσουν ἕνα κομβικὸ σημεῖο —σημεῖο ὅπου ἡ κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  μηδενίζεται—, ἀκόμη καί οἱ περιοδικές τροχιές γίνονται πολύπλοκες.

β) Πλησίον ἐνὸς κομβικοῦ σημείου  $O$  ὑπάρχει ἕνα ἀσταθὲς σημεῖο  $X$  με δύο ἀσταθεῖς καί δύο εὐσταθεῖς ἀσυμπτωτικές καμπύλες. Μία ἀπὸ τίς τέσσερις αὐτὲς καμπύλες κάνει σπεῖρες γύρω ἀπὸ τὸ κομβικὸ σημεῖο, ἐνῶ οἱ τρεῖς ἄλλες

εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις. Το χάος οφείλεται βασικά στην ύπαρξη του ασταθοῦς σημείου  $X$ .

γ) Το χάος είναι ισχυρότερο όταν η απόσταση του ασταθοῦς σημείου  $X$  από το κομβικό σημείο  $O$  είναι μικρότερη.

δ) Το κομβικό σημείο μπορεί να είναι έλκυστής ή άπωθητής. Πάντως λίγες τροχιές φθάνουν κοντά στο κομβικό σημείο  $O$  ή διαφεύγουν από την άμεση γειτονία του κομβικού σημείου. Οί περισσότερες τροχιές περιβάλλουν την περιοχή γύρω από το κομβικό σημείο και το σημείο  $X$ .

ε) Στην περίπτωση σκεδάσεως φορτισμένων σωματίων από έναν κρυσταλλικό στόχο, οί κλασικές τροχιές είναι πολύ διαφορετικές από τις κβαντικές τροχιές. Οί γωνίες έκτροπής είναι μεγαλύτερες όταν οί κλασικές τροχιές είναι πιο κοντά στον άξονα  $z$ , ἐπὶ τοῦ ὁποίου βρίσκεται ὁ στόχος, ἐνῶ τὸ ἀντίθετο συμβαίνει στὶς κβαντικὲς τροχιές. Παρ' ὅλα αὐτὰ ἡ κατανομὴ τῶν τροχιῶν ἀκολουθεῖ προσεγγιστικὰ καὶ στὶς δύο περιπτώσεις τὸ Νόμο τοῦ Rutherford, διαμορφωμένο κατάλληλα κοντά σε γωνίες Bragg.

στ) Οί έκτροπές τῶν τροχιῶν στὴν κβαντικὴ περίπτωσις οφείλονται στὴν ὕπαρξη πολλῶν συμπλόκων «κομβικῶν σημείων-σημείων  $X$ » μέσα στὴ ζώνη διαχωρισμοῦ.

ζ) Ἄν θεωρήσουμε μετρητὲς ποὺ ἀνιχνεύουν τὰ σκεδαζόμενα σωματῖα ποὺ ἀκολουθοῦν τὰ κύματα  $\Psi$  σὲ διάφορες γωνίες  $\theta$ , σὲ ἴσες ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ στόχο, ὁ χρόνος  $T(\theta)$  ποὺ μετροῦμε μὲ τὴ χρησιμοποίησις τροχιῶν εἶναι μικρότερος ὅσο ἡ γωνία  $\theta$  εἶναι μεγαλύτερη. Ἀντιθέτως, στὴν κλασικὴ περίπτωσις, ὁ χρόνος εἶναι μεγαλύτερος ὅταν ἡ γωνία  $\theta$  εἶναι μεγαλύτερη. Ἐπομένως ἓνα πείραμα θὰ ἦταν χρήσιμο γιὰ νὰ ἐλέγξει τὴ θεωρίαν αὐτή, καθὼς καὶ ἄλλες θεωρίες σχετικές μὲ τὴ μέτρησις χρόνων ποὺ ἔχουν ἀναπτυχθεῖ στὸ πλαίσιο τῆς Κβαντομηχανικῆς.

## SUMMARY

### Transition from Order to Chaos in Quantum Mechanics

Chaos in Quantum Mechanics appears near nodal points, where the wavefunction  $\Psi$  is zero. The periodic orbits near a nodal point are complicated. But the nonperiodic orbits are deflected mainly by an unstable point  $X$ , close to the nodal point, which has two opposite unstable and two opposite stable eigendirections. Only a few orbits approach or escape from the nodal point. Chaos is larger when the unstable point  $X$  is close to the nodal point  $O$ , because the larger eigenvalue  $\lambda$  of the



point X is inversely proportional to  $D^{1.5}$  where  $D$  is the distance between the point X and the nodal point.

This theory is applied to the scattering of charged particles from a crystal target O. According to the classical theory the orbits that are close to the z-axis (source-target) deviate to larger angles ( $\theta > \pi/2$ ), while the orbits that are initially further away from the z-axis deviate along smaller angles ( $\theta < \pi/2$ ). The deviation time is larger in the first case (for positively charged particles). On the contrary in the quantum orbit theory (the de Broglie-Bohm Theory) the orbits closer to the z-axis deviate less ( $\theta < \pi/2$ ), while the orbits further away deviate more ( $\theta > \pi/2$ ) and the deviation time is less along the more distant orbits. The quantum deviations take place in a thin zone where there are many nodal points and unstable points X that produce the deviations.

The time differences along different angles are measurable with the present levels of accuracy. The measurement of time in quantum mechanics is an open problem. An experimental measurement would be able to compare the theory of orbits (according to Bohm) with other proposals for time measurements that have been developed in the framework of Quantum Mechanics.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κοντόπουλος, Γ., Εὐθυμίουπουλος, Χ. (2006), *Πρακτικά τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν* 81, 111.
- Aspect, A., Delibard, J., Roger, G. (1982), *Phys. Rev. Lett.* 49, 1804.
- Bell, J.S. (1965), *Phys.* (N.Y.) 1, 195.
- Bell, J.S. (1987), *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, 173.
- Bohm, D. (1952a), *Phys. Rev.* 85, 106.
- Bohm, D. (1952b), *Phys. Rev.* 85, 180.
- Contopoulos, G., Efthymiopoulos, C. (2008), *Celest. Mech. Dyn. Astron.* 102, 219.
- Davisson, C., Germer, L.H. (1927), *Phys. Rev* 30, 705.
- de Broglie, L. (1926), *Nature* 118, 441.
- Efthymiopoulos, Ch., Contopoulos, G. (2006), *J. Phys. A*, 39, 1819.
- Efthymiopoulos, Ch., Kalapotharakos C., Contopoulos, G. (2007), *J. Phys. A* 40, 12945.
- Efthymiopoulos, Ch., Kalapotharakos C., Contopoulos, G. (2009), *Phys. Rev E* 79, 036203.
- Feynmann, R.P., Hibbs, A.R. (1965), *Quantum Mechanics and Path Integrals*. Mc Graw-Hill, N. York.
- Kijowski, J. (1974), *Rep. Math. Phys.* 6, 362.
- Konkel, S., Makowski, A.J. (1958), *Phys. Lett. A* 238, 95.
- Makowski, A.J., Peplowski, P., Dembinski, S.T. (2000), *Phys. Lett. A* 266, 241.
- Muga, J.G., Leavens, C.R. (2000), *Phys. Rep.* 338, 353.
- Thomson, G.P. (1928), *Proc. R. Soc. London A* 117, 600.
- Wisniaski, D.A., Pujals, E.R. (2005), *Europhys. Lett.* 73, 671.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Μελετούμε δύο άπλες περιπτώσεις δυναμικοῦ τῆς μορφῆς:

$$V = \frac{1}{2}(\omega_1^2 x^2 + \omega_2^2 y^2) \quad (A1)$$

Στὴν πρώτη περίπτωση λαμβάνουμε  $\omega_1 = \omega_2 = 0$ , δηλαδή θεωρούμε ἓνα φρέ-αρ δυναμικοῦ:

$$V = 0 \quad (A2)$$

μὲ διαστάσεις 1 κατὰ  $x$  καὶ  $c$  κατὰ  $y$  καὶ ἀπείρως ὑψηλὰ τοιχώματα. Οἱ ἰδιοσυναρτήσεις τῆς ἐξίσωσης τοῦ Schrödinger στὴν περίπτωση αὐτὴ εἶναι:

$$\Psi_{nk} = \Psi_{nk} = \frac{2}{\sqrt{c}} \sin(n\pi x) \sin\left(\frac{k\pi y}{c}\right) \exp\left[-\frac{i\pi\hbar^2}{2m}(n^2 + k^2)t\right] \quad (A3)$$

γὰ διάφορες ἀκέραιες τιμές τῶν  $n$  καὶ  $k$  (Konkel and Makowski 1998).

Ἡ κυματοσυνάρτηση  $\Psi$  λαμβάνεται ὡς ἄθροισμα 3 ἀπλῶν ἰδιοσυναρτήσεων:

$$\Psi = \Psi_{11} + a\Psi_{21} + b\Psi_{22} \quad (A4)$$

Ἡ θέση τοῦ κομβικοῦ σημείου δίδεται ἀπὸ τὶς ἐξισώσεις:

$$\cos X_N = -\frac{\sin\left[\left(1 + \frac{1}{c^2}\right)T\right]}{a \sin\left(\frac{T}{c^2}\right)}, \quad \cos \frac{Y_N}{c} = -\frac{a \sin T}{b \sin\left[\left(1 + \frac{1}{c^2}\right)T\right]} \quad (A5)$$

Στὴν περίπτωση  $c=1$ , ἡ θέση τοῦ κομβικοῦ σημείου εἶναι:

$$\cos X_N = -\frac{2 \cos T}{a}, \quad \cos Y_N = -\frac{a}{2b \cos T} \quad (A6)$$

ἐπομένως ἡ ἐξίσωση τῶν κομβικῶν γραμμῶν εἶναι:

$$\cos X_N \cos Y_N = \frac{1}{b} \quad (A7)$$

Στὴ δεύτερη περίπτωση λαμβάνουμε  $\omega_1=1$ ,  $\omega_2=c^2=\sqrt{2}/2$  καὶ ἡ κυματοσυνάρτηση εἶναι πάλι τῆς μορφῆς (A4).



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΑΝ

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΑΝΗΓΥΡΙΚΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 23<sup>ΗΣ</sup> ΜΑΡΤΙΟΥ 2010

---

## ΑΠΟΝΟΜΗ ΒΡΑΒΕΙΩΝ

### ΠΡΟΚΗΡΥΞΗ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΕΙΟΥ ΤΩΝ ΚΑΛΩΝ ΤΕΧΝΩΝ ΚΑΙ ΒΡΑΒΕΙΩΝ

ΑΠΟ ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ κ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗ\*

1. Κατά τή σημερινή Πανηγυρική Συνεδρία, σύμφωνα με τή σχετική προκήρυξη τής 24ης Μαρτίου 2009, απονέμεται τὸ Βραβεῖο τοῦ Πανελληνίου Ἱεροῦ Ἰδρύματος Εὐαγγελιστρίας τῆς Τήνου στὸ καλύτερο ἔργο θεολογικοῦ περιεχομένου ποὺ ἔχει ἐκδοθεῖ τὴν τελευταία πενταετία.

Πρόκειται γιὰ ἓνα ὀγκῶδες ἔργο, μεγάλου σχήματος καὶ σὲ καλαίσθητη ἐκδοση, στὸ ὁποῖο ἐπιχειρεῖται ἡ ἐκδίπλωση τῆς ἐκκλησιαστικῆς ἱστορίας μιᾶς ἀπὸ τίς πλέον σημαντικὲς μητροπόλεις τῆς Θράκης ἀπὸ τοὺς πρώτους χρόνους τοῦ χριστιανισμοῦ μέχρι σήμερα. Ὁ συγγραφέας κατέβαλε ἐργώδη προσπάθεια νὰ συγκεντρώσει καὶ νὰ ἀποθησαυρίσει ἄγνωστα καὶ ἐν πολλοῖς ἀνέκδοτα μέχρι σήμερα στοιχεῖα, προερχόμενα ἀπὸ πηγὲς ὅπως οἱ πατριαρχικοὶ κώδικες ἐκλογῆς ἀρχιερέων, τὰ Πρακτικὰ τῆς Ἱερᾶς Συνόδου τῆς Ἐκκλησίας τῆς Ἑλλάδος, ὀθωμανικὰ ἔγγραφα ἄγνωστα ἕως σήμερα, βουλγαρικὰ ἔγγραφα, ἐνθύμια καὶ ἐπιγραφές, κώδικες καὶ βιβλία τοῦ Ἁγίου Ὁρους, τῆς Μητροπόλεως Ξάνθης καὶ τῶν Μονῶν τῆς, καὶ ἄλλα. Μεγάλο ἐνδιαφέρον καὶ πρωτοτυπία παρουσιάζουν τὰ πρῶτα κεφάλαια τοῦ ἔργου, τὰ ὁποῖα ἀναφέρονται στὴ διάδοση τοῦ χριστιανισμοῦ στὴ Θράκη, καὶ στὰ ὁποῖα ὁ συγγραφέας χρησιμοποιοῖ ἀρχαιολογικὲς καὶ ἱστορικὲς μαρτυρίες.

---

\* Ἀνεγνώσθη ἀπὸ τὸν ἀναπληροῦντα τὸν Γενικὸ Γραμματέα κ. Κωνσταντῖνο Κριμπά.

Ἡ βιβλιογραφία εἶναι πλούσια, χρησιμοποιεῖται δὲ γιὰ τὴν τεκμηρίωση τῶν θέσεων τοῦ συγγραφέα.

Γιὰ τὸ βιβλίο του *Συμβολὴ στὴν Ἐκκλησιαστικὴ Ἱστορία τῆς Ἱερᾶς Μητροπόλεως Ἐάνθης καὶ Περιθεωρίου*, ἀπονέμεται τὸ βραβεῖο τοῦ Πανελληνίου Ἱεροῦ Ἰδρύματος Εὐαγγελιστρίας Τήνου, μὲ χρηματικὸ ἔπαθλο 5.000 εὐρώ, στὸν κ. Πέτρο Γεωργαντζή.

2. Ὁ βραβευόμενος συνδυάζει, κατὰ τρόπο σπάνιο, ὑψηλὲς ἐπαγγελματικὲς ἐπιδόσεις, μὲ παράλληλῃ ἰδιαίτερα σημαντικὴ ἀπόδοση στὸ κυρίως ἐρευνητικὸ καὶ ἐπιστημονικὸ πεδίο.

Ἀσχολούμενος μὲ τὴν ἱστορία τῆς Μακεδονίας κατὰ τοὺς νεότερους χρόνους σὲ ἔδαφος καθαρὰ ἐπιστημονικόν, καθὼς καὶ μὲ τὰ μείζονα βαλκανικὰ προβλήματα, ἐξεπόνησε ἔργο τὸ ὁποῖο ἔχει τύχει εὐρύτερης διεθνoῦς ἀναγνώρισης. Μεταξὺ τῶν δημοσιευμάτων του, ἄξια ἰδιαίτερης μνείας εἶναι τὰ *Greece and Eastern Crisis of 1875-8* καὶ *Ἱστορία τοῦ Μακεδονικοῦ Ζητήματος κατὰ τὸν 19ο καὶ 20ο αἰώνα*. Διεθνή ἀπήχηση εἶχε τὸ βιβλίο τοῦ *Nationalism and communism in Macedonia* (πρώτῃ ἐκδόσει τὸ 1964 καὶ δεύτερη τὸ 1993, ἐπανεξημένη μὲ τρεῖς νεότερες ἐργασίες του), ἔργο ποὺ παραμένει κλασικὸ στὴ διεθνή βιβλιογραφία. Ἰδιαίτερα ἐπισημαίνονται οἱ νεότερες μελέτες του στὰ συλλογικὰ ἔργα τὰ ὁποῖα συνεπιμελήθηκε μὲ ἱστορικοὺς τῆς νεότερης γενιᾶς: *Ἀθήνα-Σκόπια. Ἡ ἐπτάχρονη συμβίωση (1995-2002)* (2003) καὶ *Μακεδονικὲς ταυτότητες στὸ χρόνο*. *Διεπιστημονικὲς προσεγγίσεις* (2008).

Προηγουμένως, ἀλλὰ καὶ ἔκτοτε, δημοσίευσε σημαντικὸ ἀριθμὸ αὐτοτελῶν ἔργων, ἀρθρῶν καὶ ἀνακοινώσεων σὲ συνέδρια στὴν Ἑλλάδα καὶ τὸ ἐξωτερικὸ μὲ εἰδικότερη ἀναφορὰ στὴ Βαλκανικὴ. Δίδαξε, ἐξάλλου, στὸ Πανεπιστήμιον τῆς Ὁξφόρδης ὡς ἐπισκέπτῃς καθηγητῆς καὶ διετέλεσε σύμβουλος τῶν πλέον ἔγκυρων ἐπιστημονικῶν ἐταιρειῶν τῆς χώρας μὲ ἀναφορὰ στὰ θέματα τῆς χερσονήσου τοῦ Αἴμου.

Παράλληλα, ἀπὸ τὸ 1962, ὑπηρέτησε ἀρχικὰ στὴ θέση τοῦ Εἰδικoῦ Συνεργάτη καὶ στὴ συνέχεια τοῦ Συμβούλου καὶ τοῦ Πρεσβευτῆ-Ἐμπειρογνώμονα τοῦ Ὑπουργείου Ἐξωτερικῶν ἐπὶ βαλκανικῶν θεμάτων. Μετὰ τὴ συνταξιοδότησή του, ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελεῖ κορυφαῖο γνώστη τῶν θεμάτων τῆς περιοχῆς.

Τὸ ἔτος 1999 ὁ κ. Κωνσταντῖνος Στεφανόπουλος, ὡς Πρόεδρος τῆς Δημοκρατίας, τοῦ ἀπένευμε τὸν Χρυσοῦν Σταυρὸ τοῦ Τάγματος τοῦ Φοίνικος.

Γιὰ τὸ σύνολο τοῦ ἐπιστημονικοῦ του ἔργου, ἀπονέμεται τὸ βραβεῖο τῆς



Ἀκαδημίας στὸν Ἱστορικὸ καὶ Πρεσβευτὴ-Ἐμπειρογνώμονα κ. Εὐάγγελο Κωφό.

Προκηρύσσεται τὸ Ἀριστεῖο τῶν Καλῶν Τεχνῶν, ἀπονειμόμενο σὲ Ἑλληνα γλύπτη, ἐγκατεστημένον στὴν Ἑλλάδα ἢ τὸ ἐξωτερικόν, ὁ ὁποῖος παράλληλα μὲ τὸ σύνολο τοῦ προγενεστέρου ἔργου του συνέβαλε σὲ μεγάλο βαθμὸ μὲ ἔργο πού συντελέσθηκε τὴν τελευταία τετραετία στὴν πρόοδο τῆς ἐλληνικῆς τέχνης. Προθεσμία ὑποβολῆς αἰτήσεων ἢ προτάσεων μέχρι τὴν 31η Δεκεμβρίου 2010. Τὸ Ἀριστεῖο θὰ ἀπονεμηθεῖ κατὰ τὴν Πανηγυρικὴ Συνεδρία τοῦ Μαρτίου 2011.



ΑΚΑΔΗΜΙΑ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 15ΗΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2010

---

## ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ὁ Πρόεδρος κ. Κωνσταντῖνος Σβολόπουλος ἀναγγέλλει τὸ θάνατο τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Καίσαρα Ἀλεξόπουλου καὶ λέγει:

«Ὁ Καῖσαρ Ἀλεξόπουλος (1909-2010) ὑπῆρξε ἐξέχον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν. Κάτοχος τῆς Ἑδρας Φυσικῶν Ἐπιστημῶν, ἀφοῦ σπούδασε στὴ Ζυρίχη, θήτευσε ὡς Ὑφηγητῆς (ἀπὸ τὸ 1936) καὶ ἐν συνεχείᾳ ὡς Τακτικὸς Καθηγητῆς τῆς Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, τοῦ ὁποῖου ὑπῆρξε καὶ Πρύτανης μεταξὺ τῶν ἐτῶν 1970-1972. Δίδαξε ἐπίσης στὰ Πανεπιστήμια τῆς Ὁξφόρδης καὶ τοῦ Μίτσιγκαν, ἐνῶ παράλληλα κατέλαβε ἰθύνουσες θέσεις στοὺς κόλπους τῆς πολιτείας.

Οἱ ἔρευνες τοῦ Καίσαρα Ἀλεξόπουλου ἀναφέρονται κυρίως στὴν Πυρηνικὴ Φυσικὴ καὶ τὴ Φυσικὴ τῶν Στερεῶν. Μέχρι τὸ τέλος τοῦ βίου του διεξῆγε ἔρευνες καὶ συνεργαζόταν μὲ νεότερους συναδέλφους του, χάριν πάντοτε τῆς προαγωγῆς τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης.

Τὸ 1963 ἐξελέγη Τακτικὸ Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, τῆς ὁποίας καὶ διετέλεσε Πρόεδρος κατὰ τὸ ἔτος 1979».

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγῇ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

---



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 4ΗΣ ΜΑΪΟΥ 2010

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΛΟΥΚΑ Γ. ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ

### 1. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Στὴν ἀρχὴ τοῦ κόσμου ὅλα ἦσαν ἐνέργεια, «ἄπειρη» ἐνέργεια. Ἄν καὶ δὲν γνωρίζουμε ἐπιστημονικὰ ἀπὸ ποῦ προῆλθε αὐτὴ ἡ ἀρχικὴ ἐνέργεια, σύμφωνα μὲ τὴ θεωρίαν τῆς κοσμικῆς ἑκρήξης τεράστιες ποσότητές της μετατράπηκαν σὲ ὕλη καὶ ἀντιὕλη. Γέμισε, στιγμιαῖα, ὁ ἄμορφος κοσμικὸς χώρος ἀπὸ μυριάδες σωματίδια καὶ ἄρχισε, ἔκτοτε, ὁ ἀέναςος χορὸς τῶν ἀκατάπαυστων μετατροπῶν τῆς ἐνέργειας, τῶν ἀλληλεπιδράσεων τῆς ὕλης καὶ τῆς ἐνέργειας, τῆς ὑλοποίησης τῆς ἐνέργειας καὶ τῆς ἐξαῦλωσης τῆς ὕλης<sup>1</sup>.

Τί εἶναι ἡ ἐνέργεια; Ὁ Richard Feynman, ἓνας ἀπὸ τοὺς διασημότερους φυσικοὺς τοῦ 20οῦ αἰῶνα, ἀπάντησε ὡς ἑξῆς: «Εἶναι οὐσιώδεις νὰ ἀναγνωρίσουμε ὅτι στὴ Φυσικὴ, σήμερα, δὲν γνωρίζουμε τί εἶναι ἡ ἐνέργεια»<sup>2</sup>. Καὶ ὅμως, ἡ ἐνέργεια εἶναι μία ἀπὸ τίς πλέον σημαντικὲς ἔννοιες τῆς φυσικῆς ἐπιστήμης. Γνωρίζουμε, γιὰ παράδειγμα, ὅτι ἡ ὕλη εἶναι ἐνέργεια ἐν ἡρεμίᾳ. Γνωρίζουμε, ἀκόμη, ὅτι στὴ φύση ἡ ἐνέργεια συνδέεται μὲ τὴ μάζα καὶ τὴν κίνηση ἐνὸς σώματος, καθὼς καὶ μὲ τίς θεμελιώδεις δυνάμεις τῆς φύσης (μὲ τὰ πεδία τῆς βαρύτητας, τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τοῦ μαγνητισμοῦ, τοῦ πυρῆνα). Γνωρίζουμε, ἐπιπλέον, ὅτι ἡ ἐνέργεια ἐκδηλώνεται μὲ διάφορες μορφές —ὡς κινητικὴ ἐνέργεια, ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια, ὡς θερμικὴ ἐνέργεια, ὡς χημικὴ ἐνέργεια, ὡς ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια, ὡς ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐνέργεια, ὡς πυρηνικὴ ἐνέργεια, κ.ο.κ. Μάλιστα τίς μορφές αὐτὲς τῆς ἐνέργειας τίς μελετᾶμε, καθὼς καὶ τοὺς μηχανισμοὺς τῆς μετατροπῆς τῆς ἐνέργειας ἀπὸ τὴ μία μορφή στὴν ἄλλη καὶ τὴ μεταφορὰ τῆς ἐνέργειας ἀπὸ ἓνα μέρος σὲ ἄλλο.

Στὸν Πίν. 1 δίδονται παραδείγματα μετασχηματισμῶν (μετατροπῶν) τῆς ἐνέργειας.

Ἀπό:	Από:	Από:	Από:	Από:	Από:
ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ	ΧΗΜΙΚΗ	ΠΥΡΗΝΙΚΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ	ΚΙΝΗΤΙΚΗ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ
Σέ:	Σέ:	Σέ:	Σέ:	Σέ:	Σέ:
ΧΗΜΙΚΗ (φωτο- σύνθεση)	ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (χημική- φωταύγεια)	ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (πυρηνική βόμβα)	ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (θερμική ἀκτινοβολία)	ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (ἐπιταχυνό- μενα φορτία, ἀκτινοβολία σύγχροτρου)	ΗΛΕΚΤΡΟ- ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (ἀκτινοβολία LED**)
ΘΕΡΜΙΚΗ (ἀπορρόφηση ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας)	ΘΕΡΜΙΚΗ (καύση)	ΘΕΡΜΙΚΗ (πυρηνική σχάση/ τήξη)	ΧΗΜΙΚΗ (ἐξάτμιση)	ΘΕΡΜΙΚΗ (τριβή)	ΘΕΡΜΙΚΗ (ὠμική θέρμανση)
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ (φωτο- βολταϊκά)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ (κυψέλες καυσίμων, μπαταρίες)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ (πυρηνικές μπαταρίες, ἀκτινοβο- λία β)	ΚΙΝΗΤΙΚΗ (ἐσωτερική καύση)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ (παραγωγή ἡλεκτρισμοῦ)	ΚΙΝΗΤΙΚΗ (ἡλεκτρικοί κινητήρες)

Πίν. 1. Παραδείγματα μετασχηματισμῶν τῆς ἐνέργειας.\*

\* Βλ. ἐπίσης σημ. 3 καὶ 4.

\*\* LED: Light-Emitting Diodes.

Σὲ ὅλες τὶς μετατροπὲς τῆς ἐνέργειας, ἡ συνολικὴ ποσότητα τῆς ἐνέργειας παραμένει σταθερὴ. Γιὰ τὴν κάθε μετατροπὴ τῆς ἐνέργειας, ὅμως, ἀπαιτεῖται ἐνέργεια. Γιὰ νὰ πάρει κανεὶς μιὰ ὀρισμένη μορφή ἐνέργειας ἀπὸ ἓνα σύστημα πρέπει νὰ δαπανήσῃ συνολικὰ τουλάχιστον ἴση ποσότητα ἐνέργειας μὲ αὐτὴν ποὺ παίρνει. Πληρώνει κανεὶς γιὰ τὴν ὀρισμένη μορφή ἐνέργειας ποὺ παίρνει ἀπὸ ἓνα σύστημα μὲ ἄλλη μορφή ἐνέργειας.



Για τις μετατροπές της ενέργειας έπιννοούνται καί χρησιμοποιοούνται ειδικές μηχανές καί μηχανικά συστήματα, όπως, λόγου χάριν, τὰ έργοστάσια ήλεκτρο-παραγωγής πού καίνε κάρβουνο καί μετατρέπουν τή χημική ενέργεια πού είναι αποθηκευμένη στο κάρβουνο σέ ήλεκτρισμό. Τὰ μηχανικά συστήματα μετατροπής τής ενέργειας είναι ουσιώδες μέρος τών εν γένει ενεργειακών συστημάτων καί συνδέουν τις πηγές τής ενέργειας μέ τις χρήσεις τής ενέργειας. Τό τελικό κατάλοιπο όλων των μετασχηματισμών τής ενέργειας είναι ή απορριπτόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας.

Όλα τα φαινόμενα παραγωγής έργου έχουν έναν κοινό παράγοντα: Τήν ενέργεια. Για αυτόν τόν λόγο συνηθίζεται νά ορίζεται ή ενέργεια ενός συστήματος άπλά ως ή ικανότητά του νά παράγει έργο. Για τόν σκοπό τής παρούσας διάλεξης τρία μεγέθη τής ενέργειας είναι ουσιώδη (Πίν. 2): Ή ποσότητα τής ενέργειας, ή ισχύς τής ενέργειας καί ή πυκνότητα τής ενέργειας.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (στατική ποσότητα)	Joule
ΙΣΧΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα χρόνου)	Watt (Joules/second)
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας μιās πηγής ενέργειας)*	Joule/g

Πίν. 2. Μεγέθη καί μονάδες τής ενέργειας.

\* Μέγεθος κρίσιμης σημασίας στην αξιολόγηση καυσίμων.

Όλες οι γνωστές μορφές τής ενέργειας είναι αναγκαίες για τή ζωή. Χρειαζόμαστε ενέργεια για τόν καθετί πού κάνουμε, καί ή κάθε μας δραστηριότητα συνδέεται μέ κάποια μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας. Ή κατανόηση τής φυσικής θεμελίωσης καί τής εξέλιξης τής ζωής, ιδιαίτερα, προϋποθέτει κατανόηση τών μετασχηματισμών καί τής μεταφοράς τής ενέργειας στα βιολογικά συστήματα. Πέρασαν, όμως, χιλιετηρίδες προτού ανακαλύψει καί αναγνωρίσει ό άνθρωπος αυτήν τή θεμελιώδη σχέση τής ζωής μέ τήν ενέργεια.

## 2. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Ἡ ἐνέργεια εἶναι βασικὸ στοιχεῖο τοῦ πολιτισμοῦ. Ἡ πολιτιστικὴ ἐξέλιξη τοῦ ἀνθρώπου παραλληλίζεται μὲ ἐκείνη τῆς κυριαρχίας του ἐπὶ τῶν πηγῶν ἐνέργειας. Ἡ ἐξέλιξη τῆς κοινωνίας, τὰ ἀγαθὰ καὶ οἱ ὑπηρεσίες ποὺ παρέχονται στοὺς πολίτες μιᾶς κοινωνίας, τὸ βιοτικὸ ἐπίπεδο καὶ ἡ ποιότητα τῆς ζωῆς ἑνὸς λαοῦ ἐξαρτήθηκαν καὶ ἐξαρτῶνται στενὰ ἀπὸ τὴ χρῆση συνεχῶς μεγαλύτερων ποσοτήτων καὶ περισσότερο συγκεντρωμένων μορφῶν ἐνέργειας.

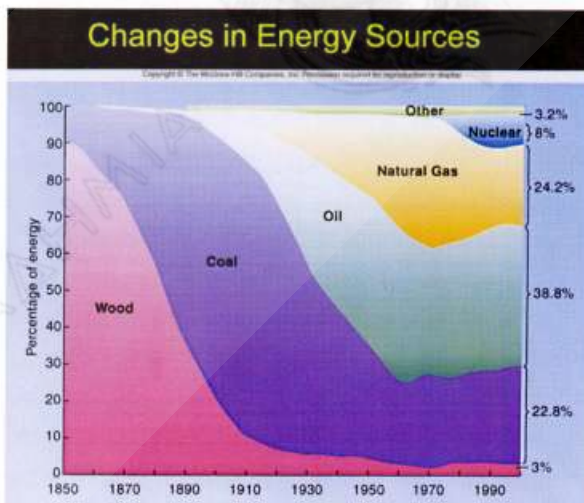
Ἡ ἐξάρτηση τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὶς ἐξωτερικὲς πηγὲς ἐνέργειας ἄρχισε ἀπὸ τότε ποὺ ἔθεσε ὑπὸ τὸν ἑλεγχό του τὴ φωτιά καὶ ἔκανε χρῆση τῆς φωτιᾶς. Ἡ ἀνάγκη του γιὰ ξύλο ὡς καύσιμο αὐξήθηκε κυρίως ὅταν ἔμαθε νὰ ἐπεξεργάζεται τὰ μέταλλα. Ἐτσι, ἐνῶ ὁ ἄνθρωπος γιὰ χιλιετηρίδες ἔκανε χρῆση τοῦ ἀνθρώπου, τοῦ ζώου, τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ ἀέρα ὡς πηγῶν ἐνέργειας, σταδιακὰ ἡ χρῆση τοῦ ξύλου ὡς καυσίμου κατέστη καθοριστικὴ καὶ εὐθύνεται γιὰ τὴν καταστροφὴ μεγάλων δασικῶν ἐκτάσεων. Στὴν προβιομηχανικὴ Εὐρώπῃ, τὸ δάσος ἔπαιξε τὸ ρόλο ποὺ ἔπαιξαν ἀργότερα τὸ κάρβουνο καὶ τὸ πετρέλαιο. Τὰ ὀρυκτὰ καύσιμα, ἂν καὶ ἦταν γνωστὰ στὸν ἄνθρωπο πρὶν ἀπὸ 3.000 χρόνια (λ.χ. στὴν Κίνα χρησιμοποιοῦσαν κάρβουνο γιὰ θέρμανση καὶ φυσικὸ ἀέριο γιὰ φωτισμὸ πρὶν ἀπὸ τὸ 1.000 π.Χ.)<sup>3, 5</sup>, δὲν ἀποτελέσαν κύρια πηγὴ ἐνέργειας γιὰ τὸν ἄνθρωπο παρὰ γύρω στὰ μέσα τοῦ 18ου αἰῶνα. Ἡ ἀνακάλυψη τῆς ἀτμομηχανῆς τὸ 1765 σηματοδότησε τὴν ἀρχὴ τοῦ βιομηχανικοῦ πολιτισμοῦ καὶ τὴν κρίσιμη στροφὴ τοῦ ἀνθρώπου στὴν τεχνολογία τῆς ἐνέργειας καὶ τὴν ἀνεύρεση καὶ τελειοποίησι νέων μηχανισμῶν καὶ μηχανῶν μετατροπῆς τῆς ἐνέργειας (λ.χ. ἠλεκτρικὲς συσκευές, μηχανὲς ἐσωτερικῆς καύσης κ.λπ.), μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ὀλοκληρωτικὴ ἀλλαγὴ στὶς σχέσεις τοῦ ἀνθρώπου μὲ τὴν ἐνέργεια. Ἡ ἀνακάλυψη τῆς ἀτμομηχανῆς σηματοδότησε καὶ τὴ στροφὴ, διαδοχικὰ, ἀπὸ τὴ χρῆση τοῦ ξύλου ὡς καυσίμου, στὴ χρῆση πηγῶν ἐνέργειας μεγαλύτερης ἐνεργειακῆς πυκνότητος καὶ συγκεκριμένα τοῦ κάρβουνο, τοῦ πετρελαίου, τοῦ φυσικοῦ ἀερίου καὶ τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας (Πίν. 3).

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (kWh/kg) <sup>α</sup>
Ξύλο (καυσόξυλα)	4,4 <sup>6</sup>
Κάρβουνο	8,0 <sup>6</sup>
Πετρέλαιο	12,0 <sup>7</sup>
Φυσικό αέριο	14,9 <sup>6</sup>
Φυσικό Ουράνιο (σχάση μόνο <sup>235</sup> U)	160.000 <sup>7</sup>
Φυσικό Ουράνιο (σχάση 100% σε αναπαραγωγικό αντιδραστήρα)	22.800.000 <sup>7</sup>

α: 1 kWh = 3.6 MJ

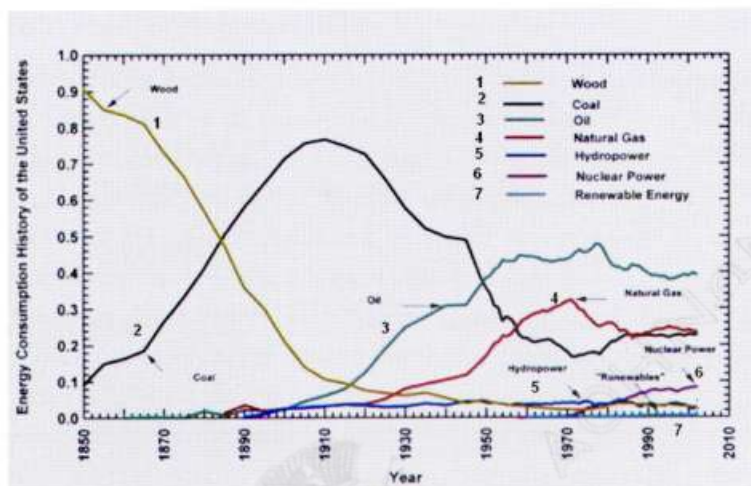
Πίν. 3. Ήνεργειακή πυκνότητα διάφορων πηγών ενέργειας.

Η Είκ. 1 δείχνει τή διαδοχική χρήση αὐτῶν τῶν πηγῶν ἐνέργειας καί ἡ Είκ. 2 δείχνει τήν κατανάλωση τῶν διάφορων μορφῶν ἐνέργειας ὡς ποσοστό τῆς συνολικῆς κατανάλωσης μεταξύ 1850 καί 2000 στίς ΗΠΑ.



Είκ. 1. Ἀλλαγές στίς ἐνεργειακές πηγές<sup>8</sup>.





Εἰκ. 2. Κατανάλωση τῶν διάφορων μορφῶν ἐνέργειας ὡς ποσοστὸ τῆς συνολικῆς κατανάλωσης ἀπὸ τὸ 1850 ἕως τὸ 2000 στὶς ΗΠΑ<sup>9</sup>.

Ἡ ἀπόκτηση τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας στὰ μέσα τοῦ 20οῦ αἰῶνα σηματοδοτεῖ μία ἀκόμη ἀλλαγὴ στὶς σχέσεις τοῦ ἀνθρώπου μὲ τὴν ἐνέργεια: Τὴν πρόσβαση τῆς ἀνθρωπότητας σὲ πηγὲς ἐνέργειας ἀνεξάρτητες ἀπὸ τὸν ἥλιο.

Ἐπενθυμίζω ὅτι οἱ πρῶτοι μεγάλοι πολιτισμοὶ ἀναπτύχθηκαν κυρίως σὲ κοιλάδες ποταμῶν ὅπου ὑπῆρχε ἀφθονο νερό, γόνιμη γῆ ἀλλὰ καὶ εὐκολὴ πρόσβαση γιὰ μετακίνηση καὶ ἐμπόριο, ὅπως στὴν κοιλάδα τοῦ Νεῖλου στὴν ἀρχαία Αἴγυπτο, τοῦ Τίγρη καὶ τοῦ Εὐφράτη στὴ Μεσοποταμία, τοῦ Ἰνδοῦ Ποταμοῦ στὴν περιοχὴ τοῦ σύγχρονου Πακιστάν καὶ τοῦ Κίτρινου Ποταμοῦ τῆς Κίνας<sup>10,11</sup>. Ἄν καὶ τὰ αἷτια παρακμῆς τῶν ἀρχαίων πολιτισμῶν ποικίλλουν, πολλοὶ συνδέουν τὴν παρακμὴ καὶ τὴν ἐξαφάνισή τους μὲ τὴν ἐξάντληση τῆς κύριας πηγῆς ἐνέργειας πού εἶχαν στὴ διάθεσή τους, τὸ ξύλο (τὴ βιομάζα), ἀλλὰ καὶ τὴν ἐξάντληση τῆς γόνιμης γῆς. Ἔτσι κατέστησαν ἐνεργειακὰ μὴ βιώσιμοι. Ἀκόμη καὶ ἡ παρακμὴ τῆς δουλείας ὡς πηγῆς ἐνέργειας στὴ χριστιανικὴ Εὐρώπη –λόγω τοῦ κοινωνικοῦ στίγματος τοῦ θεσμοῦ– θεωρεῖται<sup>5, 11</sup> ὅτι μείωσε τὴν κατανάλωση τῆς ἐνέργειας, μείωσε τὸν ἀριθμὸ τῶν δούλων καὶ συνέτεινε στὴν παρακμὴ τοῦ Μεσαίωνα.

Ἀπὸ τὸν 18ο αἰῶνα ἄρχισε μία ἀνοδικὴ πορεία τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ στηριγμένη στὴν ἐπιστήμη, τὴν τεχνολογία καὶ τὴν κατανάλωση ἐνέργειας, πού

έν πολλοῖς ταύτισε σταδιακά τὴν ἔννοια τοῦ πολιτισμοῦ μὲ τὸ βιομηχανικὸ πολιτισμὸ καὶ τὴν κοινωνία τῶν ἀνέσεων, τὴν ἀφθονία ὑλικῶν ἀγαθῶν καὶ ὑπηρεσιῶν, τὴν «affluent society».

Μερικὰ ἀπὸ τὰ πλέον διακριτὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ πολιτισμοῦ τῶν τελευταίων δύο αἰῶνων εἶναι τὰ ἑξῆς:

### (1) Ἡ αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς.

Γιὰ χιλιετηρίδες, ἡ αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς ἦταν μικρὴ (Εἰκ. 3, ἀριστερά). Ἡ ραγδαία ὁμως αὔξηση τῆς χρήσης τῆς ἐνέργειας τοὺς τελευταίους δύο αἰῶνες καὶ τῶν ἄμεσων καὶ ἔμμεσων θετικῶν ἐπιπτώσεων τῆς ἐπιστημονικῆς τεχνολογίας στὴν ὑγεία ἐπέφερε ραγδαία, ἀπότομη αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ, ἀπὸ περίπου 1 δισεκατομμύριο τὸ 1800 σὲ περίπου 7 δισεκατομμύρια τὸ 2000 (Εἰκ. 3, δεξιά). Ἡ ἀνακάλυψη νέων πηγῶν ἐνέργειας, γράφει ὁ ἱστορικὸς Fernández-Armesto<sup>14</sup>, σχεδὸν πάντοτε πολλαπλασίαζε τὸν πληθυσμό.

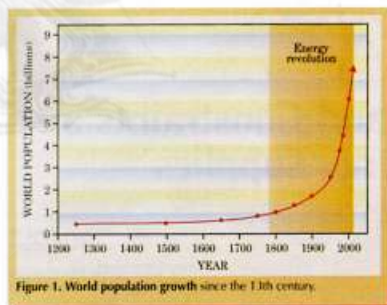
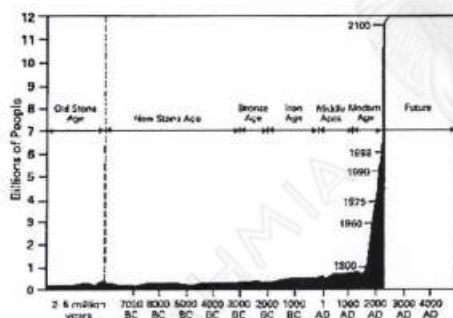


Figure 1. World population growth since the 11th century.

Εἰκ. 3. Ἀριστερά: Ἡ αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς στὴν ἱστορία<sup>12</sup>. Δεξιά: Ἡ ραγδαία αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς τοὺς τελευταίους δύο αἰῶνες λόγω τῆς αὔξησης τῆς χρήσης τῆς ἐνέργειας<sup>13</sup>.

### (2) Ἡ αὔξηση τῶν ἀστικῶν κέντρων.

Ἡ αὔξηση τῆς χρήσης τῆς ἐνέργειας, τὰ νέα ὑλικά, τὰ νέα προϊόντα, τὰ νέα ἐπαγγέλματα, οἱ νέες τεχνολογίες καὶ οἱ νέες βιομηχανίες εἶχαν ὡς συνέπεια τὴ μετακίνηση τοῦ πληθυσμοῦ ἀπὸ τίς ἀγροτικὲς περιοχὲς στὰ ἀστικά κέντρα καὶ τὴ συνακόλουθη αὔξηση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μεγαλουπόλεων, ὁ ἀριθμὸς καὶ τὸ μέ-

γεθος των οποίων συνεχίζουν να αυξάνονται (Πίν. 4), με ταχεία επέκταση και στις χώρες του λεγόμενου Τρίτου Κόσμου.

ΠΟΛΕΙΣ ΑΝΩ ΤΟΥ 1 ΕΚΑΤ. ΚΑΤΟΙΚΩΝ		ΠΟΛΕΙΣ ΑΝΩ ΤΩΝ 10 ΕΚΑΤ. ΚΑΤΟΙΚΩΝ		ΠΟΣΟΣΤΟ (%) ΤΟΥ ΠΑΝΘΥΣΜΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ ΣΤΙΣ ΠΟΛΕΙΣ	
ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
1800	1 (4) <sup>17</sup>	—	—	1800	<3
1900	13 (16) <sup>17</sup>	1900	0	1900	~ 10
2000	375 (299) <sup>18</sup>	2003	20	2000	~ 50
2010	>472 <sup>18</sup>	2010	>26 <sup>18</sup>		

Πίν. 4. Αύξηση του αριθμού των μεγαλουπόλεων και του μεγέθους των<sup>15, 16</sup>.

(3) Ἡ αύξηση τῆς κατανάλωσης τῆς ἐνέργειας, κυρίως τῶν ὀρυκτῶν καυσίμων.

Μὲ τὴν αύξηση τῆς κατανάλωσης τῆς ἐνέργειας, ὁ ἄνθρωπος ἐπεξέτεινε τὸ σύγχρονο πολιτισμὸ σχεδὸν σὲ κάθε γωνιά τῆς Γῆς καὶ ἀνέβασε ἔτσι τὸ βιοτικὸ ἐπίπεδο μεγάλου μέρους τῆς ἀνθρωπότητος. Οἱ ἀνάγκες, ὅμως, τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ ἀπαιτοῦν τεράστιες ποσότητες ἐνέργειας, οἱ ὁποῖες συνεχῶς αὐξάνονται, πρωτίστως ἐκεῖνες τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας.

Ἡ εἰκόνα 4 δείχνει τὴν αύξηση τῆς παγκόσμιας κατανάλωσης ἐνέργειας ἀπὸ τὸ 1950<sup>19, 20</sup>.

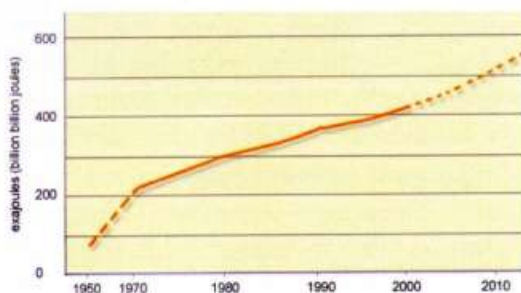


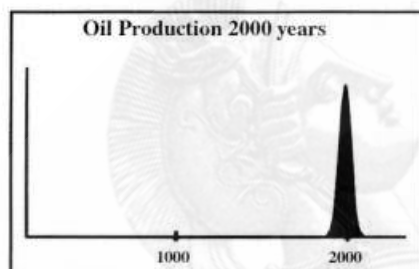
Chart E1. World energy consumption since 1950 including projections.

Εἰκ. 4. Παγκόσμια κατανάλωση ἐνέργειας ἀπὸ τὸ 1950<sup>19, 20</sup>.



Τò 2000, ή παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας υπερβαίνει τὰ 400 δισεκατομμύρια δισεκατομμυρίων Joules (400 EJ), ποσò ισοδύναμο με περίπου 10 δισεκατομμύρια τόνους πετρελαίου έτησίως. Όπως ανέφερα και σέ προηγούμενη έμιλία μου<sup>20</sup>, αν ή ποσότητα αὐτή τής παγκόσμιας έτήσιας κατανάλωσης ενέργειας εκφραστεί ως ύψος στήλης από βαρέλια πετρελαίου, τò ύψος τής στήλης αὐτής είναι περίπου 200 φορές μεγαλύτερο από τήν απόσταση μεταξύ τής Γῆς και τής Σελήνης.

Η αύξηση τής κατανάλωσης τής ενέργειας επιφέρει τήν εξάντληση τών αποθεμάτων τών γνωστών ενεργειακών πηγών. Η Είκ. 5 δείχνει σχηματικά τήν παραγωγή τού πετρελαίου σέ περίοδο 2.000 χρόνων. Ο αιώνας τού πετρελαίου φαίνεται νά είναι ιδιαίτερα βραχύς (1930-2030).

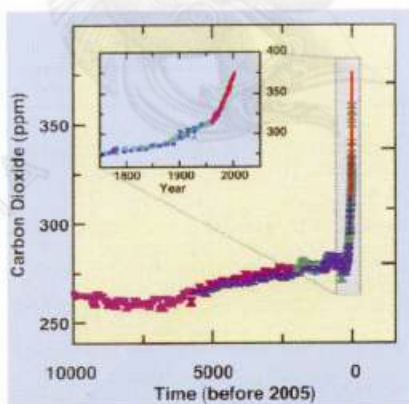


Είκ. 5. Η παραγωγή πετρελαίου σέ δύο χιλιετίδες<sup>21, 22</sup>.

Παραβλέπει, προφανώς, ό σύγχρονος πολιτισμός τὰ φυσικά περιοριστικά όρια τών ενεργειακών πηγών και στηρίζει τή δυναμική του στή μονοσήμαντη αύξηση τής κατανάλωσης ενέργειας έχοντας ως βασικό κριτήριο «προόδου» τή διαρκή ανάπτυξη, τή συνεχή αύξηση τού ΑΕΠ λόγω χάριν. Στό παρελθόν, όμως, πολιτισμοί όπως τής Μεσοποταμίας και τής Αιγύπτου<sup>11</sup>, τής Κίνας και τής Ινδίας<sup>3, 23, 24</sup>, τών Μάγιας<sup>3, 23</sup> και τών Άζτέκων<sup>11</sup> στήν αμερικανική ήπειρο αποδυναμώθηκαν όταν τὰ ενεργειακά τους αποθέματα εξαντλήθηκαν, όταν τὰ προστατευτικά δάση κόπηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμα, και οί πολιτισμοί αὐτοί τελικά κατέρρευσαν. Η τυφλή πίστη τού σύγχρονου πολιτισμού στήν αναγκαιότητα τής συνεχούς ανάπτυξης ως βασικού αξιοκρατικού κριτηρίου τού πολιτισμού θέτει, έπομένως, σέ κίνδυνο τή βιωσιμότητά του.

- (4) Ἡ αὔξηση τῆς μόλυνσης τοῦ περιβάλλοντος καὶ ἡ κλιματική ἀλλαγὴ.

Ἡ αὔξηση τῆς κατανάλωσης τῆς ἐνέργειας ὀφείλεται κυρίως σὲ δύο παγκόσμιους παράγοντες: Τὴν αὔξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς καὶ τὴν ἀνοδο τοῦ βιοτικού ἐπιπέδου συνεχῶς μεγαλύτερου μέρους του. Ἡ αὔξηση τῆς κατανάλωσης τῆς ἐνέργειας, ὅμως, ἔχει ἐπηρεάσει ἀρνητικὰ τὸν πλανήτη. Οἱ κύριες πηγὲς ἐνέργειας ποὺ ὑποβαστάζουν τὶς δραστηριότητες καὶ τὴν ὑποδομὴ τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ —τὸ κάρβουνο, τὸ πετρέλαιο, τὸ φυσικὸ ἀέριο καὶ τὸ οὐράνιο— ἔχουν σοβαρὲς ἀρνητικὲς ἐπιπτώσεις στὸ περιβάλλον, καὶ ἐκείνες τῶν ὀρυκτῶν καυσίμων προμηνύουν ἐπικίνδυνες κλιματικὲς ἀλλαγές. Ἡ Εἰκ. 6 δείχνει τὰ κλασικὰ πλέον δεδομένα σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴ συγκέντρωση τοῦ κύριου ἀερίου τοῦ θερμοκηπίου, τοῦ  $\text{CO}_2$ , στὴν ἀτμόσφαιρα τὶς τελευταῖες 10 χιλιετηρίδες καὶ τὴν ἀνησυχητικὴ αὔξηση τοῦ  $\text{CO}_2$  στὴν ἀτμόσφαιρα τοὺς τελευταίους δύο αἰῶνες<sup>25</sup> (ἀπὸ τὴ σταθερὴ μακροχρόνια τιμὴ τῶν 280 ppm —μέρη στὸ ἑκατομμύριο μορίων ἀέρα— σὲ περίπου 400 ppm σήμερα).



Εἰκ. 6. Συγκεντρώσεις  $\text{CO}_2$  (σὲ μέρη στὸ ἑκατομμύριο μορίων ἀέρα, ppm) στὴν ἀτμόσφαιρα τὶς τελευταῖες χιλιετηρίδες (ἐνθεμα ἀπὸ τὸ 1750)<sup>25</sup>.

Ὑπάρχει σύγκλιση ἀπόψεων στὸ ὅτι ἡ μέση θερμοκρασία τῆς ἐπιφάνειας τῆς Γῆς αὐξάνει, ἀν καὶ παρατηρεῖται ἀπόκλιση ἀπόψεων σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὸ μέγεθος αὐτῆς τῆς αὔξησης, ἡ ὁποία ὀφείλεται, κατὰ μείζονα λόγο, στὴν ἀνεπάρκεια τῶν θεωρητικῶν μοντέλων ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὶς προβλέψεις αὐτές<sup>26</sup>. Ἡ αὔξηση τῆς μέσης θερμοκρασίας τῆς ἐπιφάνειας τῆς Γῆς στὸ τέλος τοῦ 21ου

αιώνα μᾶλλον θὰ κυμαίνεται μεταξύ 1,8 καὶ 4,0 °C καὶ δὲν θὰ εἶναι ὁμαλὴ ἡ πορεία στὴν τελικὴ τῆς τιμῆς<sup>26</sup>.

Ἡ ἐνέργεια, λοιπόν, εἶναι βασικὸς παράγων στὴν κατανόηση τῆς ἐπίδρασης τοῦ ἀνθρώπου στὸ περιβάλλον. Ἡ παγκόσμια κλιματικὴ ἀλλαγὴ εἶναι οὐσιαστικὰ παγκόσμια ἐνεργειακὴ ἀλλαγὴ. Ὑπολογίζεται ὅτι ἡ παραγωγὴ καὶ ἡ χρῆση τῆς ἐνέργειας εὐθύνονται γιὰ περισσότερο ἀπὸ τὸ 60% τῶν παγκόσμιων ἐκπομπῶν ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου<sup>6, 27, 28</sup>. Οἱ συνέπειες αὐτὲς δείχνουν ὅτι ὑπάρχουν περιοριστικὰ ὅρια στὴν ποσότητα τῆς ἐνέργειας πού μπορεῖ νὰ χρησιμοποιήσῃ ὁ ἀνθρώπος ἀπὸ τίς παρούσες πηγές καὶ δυσκολίες στὴν ἐξασφάλιση τῆς βιωσιμότητας τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ, ὅταν μάλιστα ἡ κατανάλωση ἀφορᾷ κυρίως μέρος μόνον τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Γῆς. Ἐπισημαίνω ὅτι οἱ συνέπειες αὐτὲς θὰ ἐπιδεινωθοῦν ἀκόμη περισσότερο στὸ μέλλον, διότι ἡ κατανάλωση τῆς ἐνέργειας προβλέπεται νὰ συνεχίσει τὴν ἀνοδική της πορεία λόγω, κυρίως, τῶν ἀναγκῶν τῶν ὑπὸ ἀνάπτυξη χωρῶν.

(5) Ἡ αὔξηση τῆς ἀρνητικῆς χρήσης τῆς ἐνέργειας (χρῆση τῆς ἐνέργειας γιὰ καταστρεπτικούς σκοπούς).

Ἡ ὑπαρξὴ καὶ ἡ χρῆση μεγάλων ποσοτήτων ἐνέργειας προωθεῖ τὸν πολιτισμὸ ἀλλὰ μπορεῖ καὶ νὰ ἀποδεῖ καταστρεπτικὴ. Ἐπανειλημμένα στὸ παρελθὸν λαοὶ χρησιμοποίησαν τὴν ἐνέργεια πού εἶχαν γιὰ νὰ κυριαρχήσουν σὲ ἄλλους λαοὺς. Στὶς πολεμικὲς ἀντιπαράθεσεις ἐπικράτησαν, κατὰ κανόνα, ἐκεῖνοι οἱ λαοὶ πού εἶχαν στὴ διάθεσή τους περισσότερη ἐνέργεια —καὶ αὐτὸ ἰσχύει καὶ γιὰ τὸ Β' Παγκόσμιο Πόλεμο<sup>5, 29</sup>. Σήμερα, ὅπως καὶ στὸ παρελθόν, ἡ μεγάλη κατανάλωση ἐνέργειας εἶναι προαπαιτούμενο στρατιωτικῆς ἰσχύος, ἀνάληψης πολεμικῶν ἐπιχειρήσεων καὶ πολιτικῆς ὑπεροχῆς. Ἀκόμη καὶ τεχνολογικὰ χαμηλοῦ ἐπιπέδου κράτη μὲ ἐνεργειακὲς πηγές στὴ διάθεσή τους ἀπολαμβάνουν δυσανάλογη διεθνή ἐπιρροή. Καὶ χώρες ὅπως οἱ ΗΠΑ ἀπέκτησαν καὶ διατηροῦν τὴν ἰσχύ τους καὶ τὴν παγκόσμια ἐπιρροή τους κατὰ μείζονα λόγο μὲ τὴ χρῆση τῆς ἐνέργειας<sup>5, 29</sup>. Ὑπενθυμίζω ὅτι σήμερα οἱ τεχνολογίες τῆς ἐνέργειας καὶ οἱ τεχνολογίες τοῦ πολέμου εἶναι ἄρρηκτα καὶ πολλαπλὰ συνδεδεμένες.

(6) Ἡ αὔξηση τῆς κοινωνικῆς πολυπλοκότητας.

Ὑποστηρίζεται ὅτι ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ποσότητα τῆς ἐνέργειας πού ἔχει στὴ διάθεσή της μία κοινωνία τόσο μεγαλύτερος εἶναι ὁ βαθμὸς τῆς πολυπλοκώ-



τητάς της<sup>3, 23, 30</sup>. "Όταν όμως ή ποσότητα τής ενέργειας πού ἔχει στη διάθεσή της καί πού χρησιμοποιεῖ μία πολύπλοκη κοινωνία μειωθεῖ ἢ σταματήσει νά αὐξάνει ἐνῶ οἱ ἐνεργειακές της ἀνάγκες συνεχίζουν νά αὐξάνονται, ἡ κοινωνία αὐτή κινδυνεύει ἂν δέν ἐξασφαλίσει νέες πηγές ἐνέργειας ἢ ἂν δέν κάνει πιό ἀποτελεσματική χρήση τής ἐνέργειας πού διαθέτει.

Διερωτᾶται λοιπὸν κανεῖς γιὰ πόσο ἀκόμη χρονικὸ διάστημα θὰ συνεχίσει ἡ αὔξησις τής κατανάλωσης τής ἐνέργειας καί τής πολυπλοκότητος τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ προτοῦ αὐτὸς καταστῇ ἀσταθὴς καί ἐπομένως μὴ βιώσιμος; "Αν ἡ κατανάλωσις τής ἐνέργειας καί ἡ πολυπλοκότης τής σημερινῆς κοινωνίας εἶναι οἱ καθοριστικοὶ παράγοντες προόδου τής κοινωνίας, μέχρι πότε οἱ παράγοντες αὐτοὶ μποροῦν νά αὐξάνουν καί ἡ σημερινή τεχνολογική κοινωνία νά διατηρεῖ τὴ σταθερότητά της; Πολύπλοκα συστήματα πού δέν ἔχουν ἄλλη ἐπιλογὴ παρὰ νά συνεχίζουν νά αὐξάνουν, τελικὰ καταρρέουν.

Ἡ συνεχὴς αὔξησις τής πολυπλοκότητος τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ, ἐπομένως, τὸν καθιστᾷ εὐθραυστο καί λειτουργικὰ εὐπρόσβλητο. Ὁ κίνδυνος τής μὴ λειτουργικότητάς του ἐξαρτᾶται κρίσιμα ἀπὸ τὰ ἐξαιρετικὰ πολύπλοκα καί ἀλληλοεξαρτώμενα συστήματα πού τὸν ὑποβαστάζουν καί πού ὅλα στηρίζονται στὴν ἐνέργεια. Ἐπαρκεῖ ἡ ἀπενεργοποίηση μερικῶν ἀπὸ αὐτὰ γιὰ νά ἐπέλθῃ κατακλυσμικὴ καταστροφὴ τής λειτουργικότητος ὁλόκληρου τοῦ συστήματος. Ωθεῖται, ἔτσι, κανεῖς στὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ βιωσιμότητα τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ κινδυνεύει χωρὶς τεράστιες νέες ποσότητες ἐνέργειας.

(7) Αὔξησις τοῦ χάσματος μεταξὺ τῶν ἐνεργειακῶν πλούσιων καί ἐνεργειακῶν φτωχῶν λαῶν.

Ἐπὶ πᾶσι καί ὑπάρχει ἀσύμμετρο κατανάλωσις ἐνέργειας ἀνάμεσα στοὺς λαοὺς τῆς Γῆς, πού τοὺς χώρισε σὲ πλούσιους καί σὲ φτωχοὺς. Τὸ εὐρὸν αὐτὸ χάσμα μεταξὺ τῶν πλούσιων λαῶν τοῦ Βορρᾶ καί τῶν φτωχῶν λαῶν τοῦ Νότου ἀντανανκλᾷ τὸ μεταξὺ τους ὑφιστάμενο ἐνεργειακὸ χάσμα. Οἱ βιομηχανικὰ προηγμέναις κοινωνίαι στηρίζονται στὰ ὀρυκτὰ καύσιμα καί τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργεια, ἐνῶ οἱ φτωχὲς περιοχὲς τῆς Γῆς—ὅπως οἱ ἀγροτικὲς περιοχὲς τῆς Ἀφρικῆς, τῆς Λατινικῆς Ἀμερικῆς καί τῆς Ἀσίας—στηρίζονται κατὰ κανόνα στὶς ζωικὰς πηγὰς ἐνέργειας καί τὴ βιομάζα (Εἰκ. 7). Ἡ τεράστια κατανάλωσις τῆς ἐνέργειας στὶς βιομηχανικὰς χώρας μᾶλλον ἐπιδεινώνει τὴν ἐνεργειακὴν φτώχεια στὶς χώρας τοῦ Τρίτου Κόσμου.

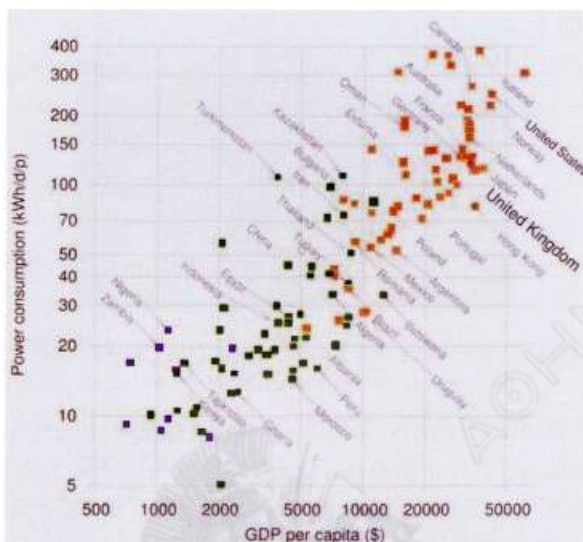


Εἰκ. 7. Γυναῖκες στὸ Σουδάν μεταφέρουν καυσόξυλα<sup>31</sup>.

Παραμένει ἀδιαμφισβήτητο δεδομένο, ἀκόμη καὶ σήμερα, ὅτι σχεδὸν κάθε ἀναπτυξιακὸ πρόβλημα τῶν φτωχῶν λαῶν σχετίζεται ἄμεσα ἢ ἔμμεσα μὲ τὴν ἐνέργεια. Ἡ ἐξάλειψη, ἐπομένως, τῆς φτώχειας καὶ ἡ ὑπαρξὴ μιᾶς ἀξιοπρεποῦς ζωῆς στὶς φτωχὲς περιοχὲς τῆς Γῆς προϋποθέτει ἐξάλειψη τῆς ἐνεργειακῆς τους ἀνέχειας καὶ αὐτὸ θὰ ἀπαιτήσῃ μεγαλύτερη κατανάλωση ἐνέργειας στὸ μέλλον. Παραμένουν, ὅμως, τὰ ἐμπόδια λόγῳ τῶν περιοριστικῶν ὁρίων τῶν ὑπαρχουσῶν ἐνεργειακῶν πηγῶν. Τὰ ὀρυκτὰ καύσιμα δὲν εἶναι ἀνανεώσιμα καὶ ἡ Γῆ εἶναι περιορισμένη καὶ εὐάλωτη. Εἶναι γιὰ αὐτὸν ἀκριβῶς τὸ λόγο ποὺ πιστεύω ὅτι ἡ υἱεία τοῦ πλανήτη θὰ συνεχίσει νὰ κινδυνεύει καὶ ἡ φτώχεια καὶ ἡ ἀξιοπρέπεια μεγάλου μέρους τῆς ἀνθρωπότητας θὰ καταρρεύσουν σὲ ἀκόμη χαμηλότερα ἐπίπεδα χωρὶς τὴν τελειοποίηση νέων πηγῶν ἐνέργειας, οἰκονομικὰ προσιτῶν καὶ φιλικῶν πρὸς τὸ περιβάλλον.

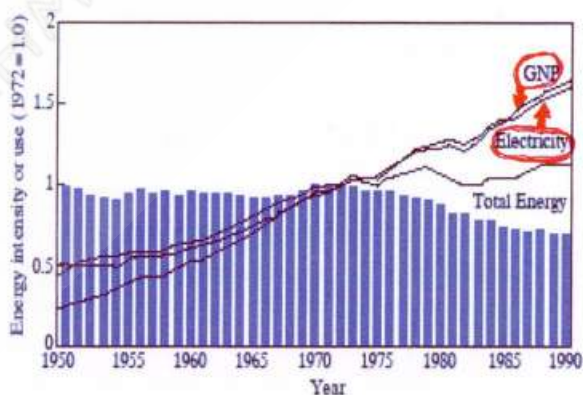
### 3. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΣ ΒΑΣΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Σήμερα, ὑπάρχει μία σαφὲς σχέση μεταξύ τῆς κατανάλωσης ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας καὶ τοῦ Ἀκαθάριστου Ἐθνικοῦ Προϊόντος —τὸ ΑΕΠ μιᾶς χώρας αὐξάνει ἀνάλογα μὲ τὴν κατανάλωση ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας ἀπὸ τὴ χώρα αὐτή<sup>6</sup>.



Είκ. 8. Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ΑΕΠ<sup>6</sup>.

Η συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μίας χώρας και του ΑΕΠ της χώρας αυτής είναι ιδιαίτερα έντυπωσιακή για τις ΗΠΑ (Είκ. 9). Τα δεδομένα στην Είκ. 9 δείχνουν σαφώς ότι το ΑΕΠ των ΗΠΑ συμβαδίζει με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.



Είκ. 9. Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ΑΕΠ (GNP) στις ΗΠΑ. Οι κάθετες μπλε λωρίδες είναι το κλάσμα της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας και του ΑΕΠ του αντίστοιχου έτους (στο κλάσμα αυτό έχει δοθεί ή τιμή 1 το 1972)<sup>32</sup>.



Ὡς συνέπεια, σήμερα, κάθε χώρα αναζητεῖ συνεχῶς περισσότερη ἐνέργεια. Αὐτὸ ἀπαιτεῖ ἡ διατήρηση καὶ ἡ ἐπέκταση τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ. Στὴν ἀρχὴ ἦταν ἡ βιομηχανικὴ ἀνοδος τῶν χωρῶν τῆς Δυτικῆς Εὐρώπης, ἀκολούθως ἦταν ἡ βιομηχανικὴ ἀνοδος τῶν ΗΠΑ, τώρα βλέπουμε τὴ βιομηχανικὴ ἀνοδο τῶν ἀναπτυσσόμενων χωρῶν τοῦ ὑπόλοιπου κόσμου.

Ὅμως, ἡ βιομηχανικὴ ἀνάπτυξη χωρῶν ὅπως οἱ Ἰνδίες καὶ οἱ χῶρες τῆς Νότιας Ἀμερικῆς μᾶλλον δὲν μπορεῖ νὰ ἐπιτευχθεῖ μὲ τίς ὑφιστάμενες πηγές ἐνέργειας. Τὸ ἴδιο ἰσχύει καὶ γιὰ τὴν Κίνα, τὴ χώρα μὲ τὴ μεγαλύτερη παραγωγή καὶ χρῆση κάρβουνου. Τὸ 80% τῶν τεράστιων ἐνεργειακῶν ἀναγκῶν τῆς Κίνας γιὰ ἠλεκτροπαραγωγή προέρχεται ἀπὸ ἐργοστάσια μὲ καύση κάρβουνου<sup>33,34,35</sup>. Οἱ περιβαλλοντικὲς καὶ οἱ κλιματικὲς συνέπειες αὐτῆς τῆς τεράστιας κλίμακας χρήσης ὀρυκτῶν καυσίμων ἀπὸ τὴν Κίνα εἶναι ἀνησυχητικὲς, ἂν μάλιστα ἡ Κίνα συνεχίσει νὰ ἐμμένει ὅτι πρέπει «νὰ ἀναπτυχθεῖ πρῶτα καὶ μετὰ νὰ καθαρῇ τὴν ἐνεργειακὴ τῆς βιομηχανία».

Ἀνεξάρτητα, οἱ ὑπὸ ἀνάπτυξη χῶρες θὰ συνεχίσουν τὴν ἀναζήτησιν ἐνέργειας, καὶ μάλιστα ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, θὰ συμβάλουν στὴν ἀνοδικὴ πορεία τῶν ἐνεργειακῶν ἀναγκῶν τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ καὶ θὰ καταστοῦν ἡ μία μετὰ τὴν ἄλλη νέες πηγές ἀερίων τοῦ θερμοκηπίου. Διαφαίνεται, ἐπομένως, ὅτι ἡ ἀνάπτυξη τοῦ λεγόμενου Τρίτου Κόσμου πρέπει μᾶλλον νὰ ἀκολουθήσῃ διαφορετικὴ διαδρομὴ παραγωγῆς καὶ χρήσης τῆς ἐνέργειας ἀπὸ αὐτὴν ποὺ ἀκολούθησαν οἱ πλούσιες βιομηχανικὲς χῶρες τῆς Δύσης καὶ γενικότερα τοῦ Βορρᾶ.

Ἡ βασικὴ πρόκληση, ἐπομένως, συνίσταται στὸ πῶς νὰ ἀντιμετωπιστοῦν ἀποτελεσματικὰ οἱ τεράστιες ἐνεργειακὲς ἀνάγκες τῶν ὑπὸ ἀνάπτυξη χωρῶν, χωρὶς νὰ τεθεῖ σὲ μεγαλύτερο κίνδυνο ἡ ὑγεία τοῦ πλανῆτη καὶ ἡ βιωσιμότητα τοῦ πολιτισμοῦ.

#### 4. ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Βιώσιμος πολιτισμὸς προϋποθέτει βιώσιμη ἀνάπτυξη καὶ βιώσιμη ἀνάπτυξη προϋποθέτει βιώσιμες πηγές ἐνέργειας –πηγές ἐνέργειας σταθερές, ἀξιόπιστες, οἰκονομικὰ προσιτές, ἐλεύθερες ἀπὸ τὸν ἄνθρακα καὶ φιλικὲς πρὸς τὸ περιβάλλον. Τὸ ἐνεργειακὸ πρόβλημα, ἐπομένως, εἶναι καὶ θὰ παραμείνῃ θέμα παραγωγῆς, μετατροπῆς, χρήσης καὶ ὑπεύθυνης διαχείρισης τῆς ἐνέργειας<sup>37</sup>.

Στό άμεσο μέλλον:

- Θα χρειασθεί ρεαλιστική αξιολόγηση τών δυνατοτήτων όλων των πηγών ενέργειας που ο άνθρωπος έχει σήμερα στη διάθεσή του (όρυκτά καύσιμα, πυρηνική ενέργεια, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), λαμβάνοντας υπόψιν τά πλεονεκτήματα και τά μειονεκτήματα, τά άμεσα και τά έμμεσα κόστη και τήν επικινδυνότητα τής τεχνολογίας τής κάθε είδους ενέργειας.

- Θα χρειασθεί νά εύρεθούν νέοι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας.
- Θα χρειασθεί νά αντικατασταθεί τó πετρέλαιο με άλλες πηγές ενέργειας, όχι όμως με γεωργικά προϊόντα. Δέν είναι σοφή ή επιλογή νά καίγονται τά τρόφιμα.
- Θα χρειασθεί ακόμη νά εύρεθούν τρόποι αποδοτικότερης και καθαρότερης καύσης τών παραδοσιακών καυσίμων και κατακράτησης του CO<sub>2</sub>.

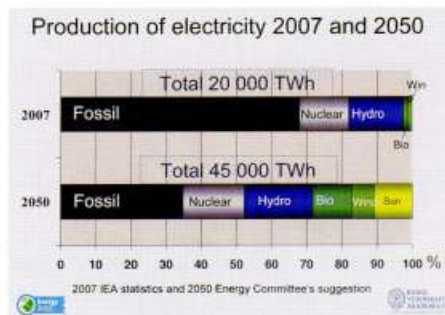
Ή ηλεκτρική ενέργεια θά καταστεί ιδιαίτερα σημαντική μορφή ενέργειας διότι:

- Ή χρήση τής ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζεται στενά με τήν οικονομική και τή βιομηχανική ανάπτυξη αλλά και με τίς κάθε είδους κοινωνικές υποδομές και ύπηρεσίες, τήν υγεία, τήν παιδεία, κ.ο.κ.

- Ή επέκταση του ηλεκτρισμού παγκοσμίως ως του κύριου φορέα ενέργειας, και μάλιστα από ανανεώσιμες πηγές, θά αποτελέσει βασική επιδίωξη τής ανθρωπότητας. Θα επιταχύνει τή μετατροπή τών οικονομιών που στηρίζονται στην καύση όρυκτων καυσίμων σε οικονομίες στηριγμένες στην ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. τή μετάβαση στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα), εάν μάλιστα ή κοινωνία κατορθώσει νά χρησιμοποιήσει τήν ήλιακή ενέργεια σε μαζική και παγκόσμια κλίμακα και εάν εφεύρει αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς και αποθήκευσής της.

- Μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού τών φτωχών περιοχών τής Γῆς θά αποκτήσει πρόσβαση στον ηλεκτρισμό, κυρίως με νέες, αποδοτικότερες τεχνολογίες ήλιακής ενέργειας. Μερικοί φιλοδοξούν και αισιόδοξα προβλέπουν ότι μέχρι τó 2050 τó 95% του πληθυσμού τής Γῆς θά έχει πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια (τό 2000 μόνο τó 75% τής ανθρωπότητας είχε αὐτήν τή δυνατότητα)<sup>36</sup>.

- Στην Είκ. 10 συγκρίνεται ή παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρισμού από τά όρυκτά καύσιμα, τήν πυρηνική ενέργεια και τίς ανανεώσιμες πηγές τó έτος 2007, με τίς προβλέψεις τής Βασιλικῆς Σουηδικῆς Ἀκαδημίας Ἐπιστημῶν (Royal Swedish Academy of Sciences)<sup>37</sup> γιά τó 2050. Ἀπό τίς προβλέψεις αὐτές βλέπει κανείς τó διπλασιασμό τής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ 2007 και 2050 και τή μεγαλύτερη προέλευσή της από τίς ανανεώσιμες πηγές και τήν πυρηνική ενέργεια.



Εἰκ. 10. Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρισμοῦ ἀπὸ διάφορες πηγές ἐνέργειας τὸ 2007 καὶ ἀντίστοιχες προβλέψεις γιὰ τὸ 2050<sup>37</sup>.

Παράλληλα λοιπὸν μὲ τὴ μαζικὴ στροφὴ στὴν ἡλιακὴ ἐνέργεια καὶ τὶς ἄλλες ἀνανεώσιμες πηγές ἐνέργειας γιὰ παραγωγή ηλεκτρικῆς ἐνέργειας, ὁ ἄνθρωπος θὰ χρειασθεῖ νὰ τελειοποιήσει καὶ νὰ ἐπεκτείνει τὴ χρῆση τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας ἀπὸ τὴν πυρηνικὴ σχάση γιὰ ηλεκτροπαραγωγή. Πρὸς τοῦτο θὰ ἀπαιτηθοῦν ὑψηλότερα ἐπίπεδα ἀσφάλειας καὶ θὰ ἐπιδιωχθεῖ ἡ ἐπίλυση τῶν προβλημάτων πού ἀφοροῦν στὰ πυρηνικὰ κατάλοιπα. Θὰ ἐπιδιωχθεῖ ἡ χρῆση ἀναπαραγωγικῶν ἀντιδραστήρων (breeder reactors), καὶ ἰδιαίτερα ἡ χρῆση<sup>38, 39</sup> τοῦ  $^{232}\text{Th}$  γιὰ παραγωγή θυγατρικῶν σχάσιμων πυρήνων  $^{233}\text{U}$ , μέσω τῆς ἀντίδρασης:



Στὴν ἀντίδραση (1) τὸ μὴ σχάσιμο φυσικὸ στοιχεῖο θόριο  $^{232}\text{Th}$  μετασχηματίζεται στὸ σχάσιμο οὐράνιο  $^{233}\text{U}$  μὲ τὴν ἀπορρόφηση ἑνὸς νετρονίου  $n$ , καὶ ἀκολούθως τὸ θυγατρικὸ  $^{233}\text{U}$  σχάται μὲ τὴν ἀπορρόφηση ἑνὸς δεύτερου νετρονίου ἀπελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες ἐνέργειας καὶ ἐπιπλέον νετρόνια γιὰ τὴ συνέχιση τῆς ἀντίδρασης (στὴν πράξη, γιὰ κάθε νετρόνιο πού ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸ σχάσιμο ἰσότοπο ἀπαιτοῦνται περισσότερα ἀπὸ δύο νετρόνια λόγω τῶν ἀναπόφευκτων ἀπωλειῶν). Ἐπειδὴ τὸ φυσικὸ στοιχεῖο  $^{232}\text{Th}$  περιέχει μόνο ἴχνη σχάσιμου ὕλικου ( $^{231}\text{Th}$ ), πού δὲν ἐπαρκοῦν γιὰ νὰ ἀρχίσει ἡ ἀλυσιδωτὴ πυρηνικὴ ἀντίδραση σὲ ἕναν πυρηνικὸ ἀντιδραστήρα ἰσχύος μὲ βάση τὸ θόριο, τὸ φυσικὸ  $^{232}\text{Th}$  θὰ χρησιμοποιεῖται σὲ συνδυασμὸ μὲ σχάσιμο  $^{235}\text{U}$  ἢ  $^{239}\text{Pu}$ . Ἕνας ἄλλος τρόπος πού προτάθηκε γιὰ τὴν παραγωγή συμπληρωματικῶν νετρονίων εἶναι ἡ χρῆση ἐπιταχυντῶν ὑψηλῶν ἐνεργειῶν σὲ συνδυασμὸ μὲ τὸν ἀντιδραστήρα<sup>39</sup>.



Θά επιδιωχθῇ ἀκόμη ἡ πλήρης καύση τοῦ οὐρανίου σέ ἀναπαραγωγικούς ἀντιδραστήρες μέσω τῆς ἀντίδρασης:



Ἐδῶ, τὸ φυσικὸ μὴ σχάσιμο στοιχεῖο  $^{238}\text{U}$  χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν παραγωγή τοῦ θυγατρικοῦ σχάσιμου στοιχείου  $^{239}\text{Pu}$ .

Οἱ ἀναγεννητικὲς ἀντιδράσεις (1) καὶ (2) ἔχουν σημαντικὰ πλεονεκτήματα<sup>38, 39</sup> σέ σύγκριση μὲ τοὺς θερμικοὺς ἀντιδραστήρες τοὺς βασισμένους σέ ἐμπλουτισμένο ἢ φυσικὸ  $^{235}\text{U}$ : (α) Δὲν ὑπάρχει ἀνάγκη ἐμπλουτισμοῦ τοῦ καυσίμου ἐφόσον ὁλόκληρη ἡ ποσότητα τοῦ φυσικοῦ στοιχείου (Th ἢ U) ἀναλώνεται, (β) ἡ μετατροπὴ ὁλόκληρης τῆς ποσότητας τοῦ φυσικοῦ στοιχείου σέ σχάσιμο αὐξάνει σχεδὸν 200 φορές τὴν ἐνέργεια πού παρέχεται ἀπὸ μόνη τῇ χρήσῃ τοῦ  $^{235}\text{U}$ , καὶ (γ) τὰ πυρηνικὰ κατάλοιπα χαρακτηρίζονται κυρίως ἀπὸ πυρηνικὰ θραύσματα ὑψηλοῦ μὲν ἐπιπέδου ραδιενέργειας ἀλλὰ μικροῦ χρόνου ὑποδιπλασιασμοῦ.

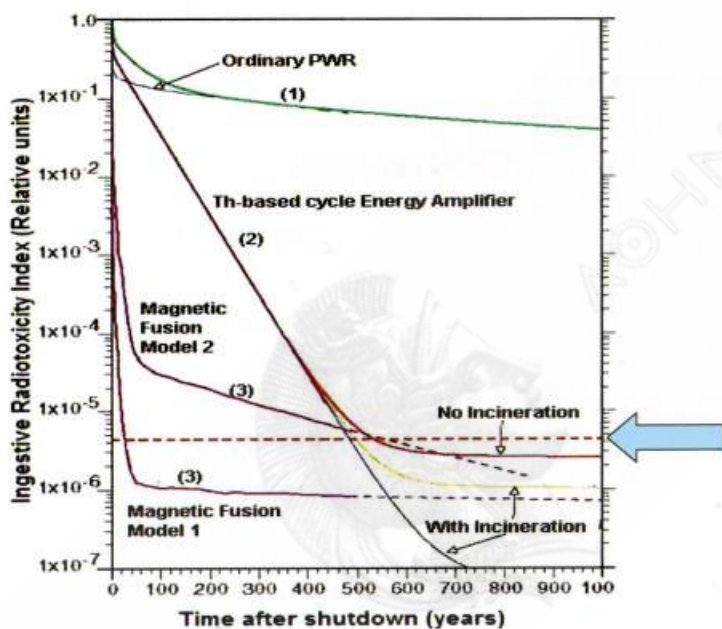
Σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴ δυνατότητα διασπορᾶς πυρηνικῶν ὑλικῶν πού θά μποροῦσαν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν κατασκευὴ πυρηνικῶν ὅπλων, ἡ ἀναγεννητικὴ ἀντίδραση (2) ἐνέχει σοβαρὰ προβλήματα διότι παράγει μεγάλες ποσότητες  $^{239}\text{Pu}$ , ἐνῶ ἡ ἀντίδραση (1), μὲ χρῆσιν θορίου, εἶναι ἐλεύθερη ἀπὸ τέτοιου εἶδους προβλήματα.

Ὁ κύκλος καυσίμου μὲ βάση τὸ θόριο ἔχει δύο ἀκόμη πλεονεκτήματα: Τὰ ἀποθέματα τοῦ θορίου εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἐκείνων τοῦ οὐρανίου καὶ τὸ θόριο ἔχει καλύτερες ιδιότητες, ὡς πυρηνικὸ καύσιμο, ἀπὸ τὸ  $^{235}\text{U}$ .

Ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια ἀπὸ τὴ σύντηξη ἰσοτόπων τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου, γιὰ παράδειγμα τοῦ δευτέρου καὶ τοῦ τρίτου τὰ ὁποῖα εἶναι πρακτικὰ ἀνεξάντλητα, παρὰ τίς τεχνολογικὲς δυσκολίες πιστεύω ὅτι θά καταστεῖ μιὰ μέρα πραγματικότητα καὶ ἐνέχει ὅλα τα χαρακτηριστικὰ μίας βιώσιμης πηγῆς ἐνέργειας, ἱκανῆς νὰ ἀνταποκριθῇ στὶς ἐνερειακὲς ἀνάγκες τῆς ἐπεκτεινόμενης παγκόσμιας βιομηχανικῆς βάσης τοῦ σύγχρονου πολιτισμοῦ.

Ὅπως βλέπει κανεὶς (Εἰκ. 11) ἀπὸ τὴ σύγκριση τῆς ραδιενέργειας τῶν καταλοίπων συναρτῇ τὸν χρόνον, στοὺς διάφορους τύπους πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων, στὴν περίπτωσιν τῆς πυρηνικῆς σύντηξης ἡ ραδιενέργεια ταχέως καταπίπτει σὲ πολὺ χαμηλὰ ἐπίπεδα πού ἐπιτρέπουν τὴν ἐπαναφορὰ τῶν καταλοίπων στὸ φυσικὸ περιβάλλον [ὅταν ἡ στάθμῃ τῆς ραδιενέργειας εἶναι κάτω ἀπὸ τὴν ὀριζόντια διακεκομμένη γραμμὴ (---), ὅπως δείχνει τὸ βέλος στὰ δεξιὰ], ἐνῶ

στην περίπτωση των αναγεννητικών αντιδραστήρων αυτό καθίσταται δυνατό μετά από 500 περίπου χρόνια. Στους συνηθισμένους πυρηνικούς αντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα, η στάθμη της ραδιενέργειας των καταλοίπων παραμένει υψηλή για χιλιάδες χρόνια.



Είχ. 11. Σύγκριση της στάθμης της ραδιενέργειας των πυρηνικών καταλοίπων από συνηθεις πυρηνικούς αντιδραστήρες (1), από αναγεννητικούς αντιδραστήρες με βάση το θόριο (2) και από αντιδραστήρες σύντηξης (3). Η οριζόντια διακεκομμένη γραμμή (---) δείχνει το ύψος της ραδιενέργειας υπό το όποιο καθίσταται δυνατή ή επαναφορά των καταλοίπων στο φυσικό περιβάλλον<sup>39</sup>.

Στο άπωτερο μέλλον:

Η εξάρτηση του σύγχρονου πολιτισμού από την ηλιακή ενέργεια θα συνεχισθεί και θα επεκταθεί. Θα συνεχισθεί επίσης η εξάρτηση του πολιτισμού από την πυρηνική ενέργεια βασισμένη στην πυρηνική σχάση, και, κατά πάσα πιθανότητα, θα μετατοπισθεί προς την πυρηνική ενέργεια από την πυρηνική σύντηξη.

Ποιός όμως μπορεί να αποκλείσει την ανακάλυψη νέων χρήσιμων πηγών ενέργειας, νέων μορφών ενέργειας, νέων τεχνολο-

γιών πρόσβασης στις υπάρχουσες μορφές ενέργειας και νέων μηχανισμών μετατροπής τους σε πιο χρήσιμες μορφές, ή νέων τεχνολογιών αποδοτικότερης χρήσης της ενέργειας; Η συνολική ενέργεια στο σύμπαν παραμένει σταθερή, λέει η φυσική επιστήμη. Έπομένως, η πρόκληση είναι να εφεύρει κανείς νέες μεθόδους πρόσβασης στην ανεξάντλητη ενέργεια που υπάρχει.

Παραμένουν ανοικτοί οι όριζοντες στην περιοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όλων των μορφών<sup>40</sup>. Ήδη συζητείται η καλλιέργεια άγονων περιοχών της Γης και η παραγωγή βιομάζας με χρήση θαλάσσιου νερού.

Συζητούνται, ακόμη, νέοι τρόποι παραγωγής καυσίμων με χημική ανακύκλωση του  $\text{CO}_2$  από φυσικές, βιομηχανικές και άλλες πηγές, αλλά και από τη δέσμευση του  $\text{CO}_2$  από τον ατμοσφαιρικό αέρα<sup>41</sup>.

Έπιννοούνται, μάλιστα, και μεγαλεπήβολα σχέδια «διαχείρισης» της ήλιακής ακτινοβολίας στο διάστημα, προτού αυτή φθάσει στην επιφάνεια της Γης, για την παραγωγή, λ.χ. μεγαλύτερης και χρονικά σταθερής ηλεκτρικής ενέργειας<sup>40</sup> ή για την επιστροφή στο διάστημα μέρους της ήλιακής ακτινοβολίας που θα έφθανε στην επιφάνεια της Γης για να αποφευχθεί έτσι η υπερθέρμανση του πλανήτη<sup>42</sup>.

Στο άπωτο μέλλον, εάν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες ενέργειας και εάν επεκταθεί η χρήση της ενέργειας με κατάλληλες τεχνολογίες στην παραγωγή τροφίμων και πρώτων υλών, ή κοινωνία θα μπορούσε να ικανοποιήσει τις ανάγκες της χρησιμοποιώντας τα πετρώματα στο φλοιό της Γης, τα αέρια στην ατμόσφαιρα και το νερό στους ωκεανούς. Όταν όμως η ανθρωπότητα φτάσει σε αυτό το σημείο, η βιωσιμότητά της θα εξαρτηθεί πλέον κρίσιμα από τη λειτουργικότητα της βιομηχανικής υποδομής του πολιτισμού. Η οποιαδήποτε σοβαρή καταστροφή της βιομηχανικής βάσης του πολιτισμού μάλλον θα καταστήσει την ανάκαμψή του άπιθανη<sup>43</sup>.

Έτσι νομίζω ότι σκιαγραφείται ενεργειακά το κοινό μέλλον της ανθρωπότητας. Ένα μέλλον με διαφορετική αντίληψη για την ενέργεια, στο οποίο θα μάθουμε να καταναλώνουμε την ενέργεια διαφορετικά και φειδωλά, να ταξιδεύουμε διαφορετικά, να παράγουμε τρόφιμα διαφορετικά, να κατοικούμε διαφορετικά, να σχεδιάζουμε την οικονομία διαφορετικά, να κτίζουμε τις πόλεις διαφορετικά, αλλά και να σκεφτόμαστε διαφορετικά σε ό,τι αφορά τον αριθμό των ανθρώπων σε αυτόν τον πλανήτη. Ένα μέλλον όπου η ισορροπία ανάμεσα στις ενεργειακές ανάγκες της κοινωνίας και την υπεύθυνη διαχείριση των περιβαλλοντικών συνε-



πειών της παραγωγής και της χρήσης της ενέργειας θα καταστεί πολυδιάστατη και πολλαπλή κοινή ευθύνη. Ο σύγχρονος πολιτισμός πρέπει να αλλάξει για να επιζήσει.

##### 5. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΟΧΙ ΟΜΩΣ ΚΑΙ ΙΚΑΝΗ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ ΓΙΑ ΕΝΑ ΒΙΩΣΙΜΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ

Τελικά, κ. Πρόεδρε, θεωρώ ότι η ενέργεια είναι αναγκαία, όχι όμως και ικανή προϋπόθεση για ένα βιώσιμο πολιτισμό. Θεωρώ ότι το μέλλον του πολιτισμού θα εξαρτηθεί όχι μόνον από τη συνολική ποσότητα της ενέργειας που θα έχει ή ανθρωπότητα στη διάθεσή της, αλλά και από το πώς αυτή η ενέργεια θα κατανέμεται στους διάφορους λαούς και από το πώς θα χρησιμοποιείται από αυτούς τους λαούς. Όσο, μάλιστα, πλησιάζουμε τα ενεργειακά όρια, η πρόσβαση στην ενέργεια μάλλον θα θεωρηθεί ως θεμελιώδες δικαίωμα του κάθε ανθρώπου και ως ηθική υποχρέωση του πολιτισμού.

Διαβλέπει, έτσι, κανείς δύο αναγκαίες συνιστώσες της βιωσιμότητας του σύγχρονου πολιτισμού:

(1) Το θεμελιώδη ρόλο της Έπιστήμης και της Τεχνολογίας στην επίλυση των βασικών ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας, και

(2) το θεμελιώδη ρόλο των πανανθρώπινων αξιών ως βάση για τη συνύπαρξη των λαών υπό συνθήκες συνεχώς ανεπαρκών πηγών ενέργειας.

##### 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κυρίες και κύριοι, θα κλείσω την ομιλία μου με τα εξής δύο συμπεράσματα:

(1) Χωρίς νέα επιστημονική γνώση, τεχνολογία και περιβαλλοντικά φιλικές πηγές ενέργειας, η περαιτέρω εξέλιξη του σύγχρονου πολιτισμού είναι αβέβαιη και η βιομηχανική ανάπτυξη των περασμένων δύο αιώνων μάλλον θα θεωρηθεί ως μία ανωμαλία στην ιστορία της ανθρωπότητας, η οποία προέκυψε από τη χρήση –και κατάχρηση– των ορυκτών καυσίμων, και

(2) είναι δύσκολο να διαβλέψει κανείς πώς η ανθρωπότητα θα μπορέσει να οδηγηθεί σε κάποια μορφή δικαιότερης πρόσβασης στην ενέργεια και ταυτόχρονα να θέσει υπό έλεγχο τη μόλυνση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, χωρίς την ανάπτυξη βιώσιμων πηγών ενέργειας.

Ευχαριστώ.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. L. G. Christophorou, *Place of Science in a World of Values and Facts*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2001.
2. Richard Feynman, *The Feynman Lectures in Physics*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Mass., 1977, 4-2.
3. Vaclav Smil, *Energy in World History*, Westview Press, Boulder, CO, 1994 (ISBN 0-8133-1902-1).
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Energy>.
5. H. G. Rickover, Energy resources and our future (1957 speech), *Energy Bulletin*, December 2, 2006 (<http://energybulletin.net/23151.html>).
6. David J. C. MacKay, *Sustainable Energy-without the hot air*, UIT, Cambridge, England, 2009 (ISBN 978-0-9544529-3-3).
7. Γεώργιος Γιαδοκιάρογλου, στο βιβλίο *Πυρηνική Ένέργεια και Ένεργειακές Ανάγκες της Ελλάδος της Έπιτροπής Ένέργειας της Ακαδημίας Αθηνών* (έπιμ. Λουκά Γ. Χριστοφόρου). Ακαδημία Αθηνών, 2009, σ. 169 και σ. 209.
8. [http://www.eoearth.org/article/Fundamental\\_principles\\_of\\_energy](http://www.eoearth.org/article/Fundamental_principles_of_energy) (the McGraw-Hill Companies, Inc).
9. Thomas A. Blasingame, *A White Paper on Fossil Energy Issues Related to China and the United States*, Texas A&M University, March 2004. Βλ. επίσης *Encyclopedia of Earth*, Fundamental principles of energy ([http://www.eoearth.org/article/Fundamental\\_principles\\_of\\_energy](http://www.eoearth.org/article/Fundamental_principles_of_energy)).
10. Keith Chandler, *Beyond Civilization*, Authors Choice Press, San Jose, CA, 2001.
11. Rene Dubos, *A God Within*, Charles Scribners Sons, New York, 1972.
12. Joseph A. McFall, Jr., *Population Bulletin*, vol. 46, no 2, 1991 ([http://www.guibord.com/Democracy/files-html/overpopulation\\_e.html](http://www.guibord.com/Democracy/files-html/overpopulation_e.html) και <http://www.susps.org/overview/numbers.html>).
13. P. B. Weisz, *Physics Today*, July 2004, p. 47.
14. Felipe Fernandez-Armesto, *Civilizations*, Simon & Schuster, New York, 2001, pp. 444-452.
15. T. Chandler, *Four Thousand Years of Urban Growth: An Historical Census*, St. Davids University press, 1987.
16. Βλ. επίσης σημ. 3, σ. 209.
17. <https://faculty.washington.edu/modelski/WcitiesH.tml>· [http://en.wikipedia.org/wiki/Historical\\_urban\\_community\\_sizes](http://en.wikipedia.org/wiki/Historical_urban_community_sizes)
18. <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>
19. <http://resources.schoolscience.co.uk/nirex/chelglobecons.html>
20. Λουκάς Γ. Χριστοφόρου, *Βήματα στην Έπιστήμη και τή Ζωή, Σύλλογος πρὸς Διάδοσιν Ὡφελίμων Βιβλίων, Αθήνα 2009*, σ. 67.
21. James Leigh, A geopolitical tsunami: Beyond oil in world civilization clash, *Energy Bulletin*, September 2008 (<http://www.energybulletin.net/node/46451>).
22. M. K. Hubbert, Energy from Fossil Fuels (historical) *Encyclopedia of Earth*, [http://www.eoearth.org/article/Energy\\_from\\_Fossil\\_Fuels\\_\(historical\)](http://www.eoearth.org/article/Energy_from_Fossil_Fuels_(historical)).
23. Jean-Claude Debeir, Jean-Paul Deleage and Daniel Hemery, *In the Servitude of Power: Energy and Civilization through the Ages* (translated by John Barzman), Zed Books, London, 1991.
24. Congressman Roscoe Bartlett ([www.bartlett.house.gov/EnergyUpdates](http://www.bartlett.house.gov/EnergyUpdates)) August 15, 2007.
25. IPCC-Report 2007, Working Group I (<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>).

26. Lennart Bengtsson, The status of climate change research, *Energy 2050- International Symposium on fossil-free energy options*, Stockholm University, Sweden, October 19-20, 2009 (organized by the Royal Swedish Academy of Sciences).

27. Λουκάς Γ. Χριστοφόρου, *Υλικά για Ένεργειακές Εφαρμογές*, Έπιτροπή Ένεργειας τής Ακαδημίας Αθηνών 2010, σ. 11.

28. Διεθνής Όργανισμός Ένεργειας, *IEA World Energy Outlook 2008 Report*.

29. Σημ. 3, σσ. 215-218.

30. G. McPherson, The end of civilization and the extinction of humanity, <http://www.energybulletin.net/node/34030>

31. [http://www.eoearth.org/article/Fundamental\\_principles\\_of\\_energy](http://www.eoearth.org/article/Fundamental_principles_of_energy)

32. Σημ. 20, σ. 45. *Physics Today*, July 1991.

33. Ανάλογα με την τεχνολογία και το είδος του κάρβουνου που χρησιμοποιείται, ένα έργο-στάσιο ηλεκτροπαραγωγής με χρήση κάρβουνου εκπέμπει 1.600 έως 2.100 pounds διοξειδίου του άνθρακα για κάθε kWh ηλεκτρικής ένεργειας που παράγει (σημ. 34, σ. 161).

34. Fred Krupp and Mirian Horn, *Earth: The Sequel*, W. W. Norton & Company, New York, 2008.

35. Thomas L. Friedman, *Hot, Flat and Crowded*, Farrar, Straus and Giroux, New York, 2008.

36. *World Energy Outlook 2002*.

37. The Royal Swedish Academy of Sciences, *Energy 2050- Symposium organized by the Royal Swedish Academy* (private communication to the author by Prof. Sven Kullander).

38. Βλ., για παράδειγμα, [http://en.wikipedia.org/wiki/Thorium\\_fuel\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Thorium_fuel_cycle) [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE\\_1450\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1450_web.pdf) <http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/fnss/fulltext/tdi33008.pdf>.

39. Carlo Rubbia, Subcritical Thorium Reactors, *Energy 2050- International Symposium on fossil-free energy options*, Stockholm University, Sweden, October 19-20, 2009. Organized by the Royal Swedish Academy of Sciences (<http://energy2050.se/uploads/files/rubbia2.pdf>).

40. Βλ. για παράδειγμα Kimberly K. Smith, *Powering our Future*, Alternative Energy Institute, Universe Inc., New York, 2005 (ref. 33).

41. G. A. Olah, Beyond fossil fuels, *Energy 2050- International Symposium on fossil-free energy options*, Stockholm University, Sweden, October 19-20, 2009. Organized by the Royal Swedish Academy of Sciences (<http://energy2050.se/uploads/files/rubbia2.pdf>). Βλ. επίσης G. A. Olah, *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*, Angew. Chem. Int. Ed. 2005, 44, 2636-2639 και G. A. Olah, A. Goepfert and G. K. Prakah, Wiley-VCH Verlag, KGaA, Weinheim, Germany.

42. The Royal Society, *Geoengineering the climate*, September 2009; Steve Fetter, *Energy 2050*, *Bulletin of Atomic Scientists*, July/August 2000, vol. 56 (no 4, pp. 28-38).

43. Βλ. επίσης H. Brown, J. Bonner and J. Weir, *The next hundred years*, The Viking Press, New York, 1963.



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΑΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 13ΗΣ ΜΑΪΟΥ 2010

ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΤΟΥ ΘΑΝΑΤΟΥ  
ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΕΩΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗ

Ὁ Πρόεδρος κ. Κωνσταντῖνος Σβολόπουλος ἀναγγέλλει τὸ θάνατο τοῦ Γενικοῦ Γραμματέως τῆς Ἀκαδημίας Νικολάου Μатσανιώτη καὶ λέγει τὰ ἑξῆς:

«Θλιβερὸ καθήκον μοῦ ἐπιβάλλει νὰ ἀναφερθῶ ἀπὸ τὸ βῆμα αὐτὸ στὸ θάνατο τοῦ Νικολάου Μатσανιώτη.

Ὁ Νικόλαος Μатσανιώτης καταύγασε τὸν ἐπιστημονικὸ καὶ τὸν κοινωνικὸ ὀρίζοντα. Ὁρατὴ ἦταν καὶ σταθερὴ ἡ ἀγάπη του πρὸς τὴν Ἐπιστῆμη καί, στὴ διάρκεια τῶν τελευταίων δεκαετιῶν, ἡ ἀπέραντη στοργή πού ἔτρεφε πρὸς τὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν, πράττοντας ἢ υἱοθετώντας ὁτιδήποτε προσφερόταν γιὰ νὰ συμβάλει στὴν πρόοδό της, στὴν κίνησή της πρὸς τὰ ἔμπροσ.

Διακρινόταν γιὰ τὸ θάρρος καί, ἀκόμη περισσότερο, γιὰ τὸ σθένος του, γιὰ τὴν καλοσύνη καὶ περισσότερο γιὰ τὴν ἀνθρωπιά του, γιὰ τὸ αἶσθημα ὅχι ἀπλὰ τῆς δικαιοσύνης, ἀλλὰ περισσότερο τῆς κατανόησης, ὅσων —ἀνθρώπων ἢ γεγονότων— τὸν περιέβαλλαν. Χαρακτηρίζοταν, τέλος, ὅχι γιὰ ἓναν ἀπλὸ πραγματισμό, ἀλλὰ γιὰ τὴν ὀρθολογικὴ ἀποτίμηση μιᾶς πραγματικότητος δομημένης πάντοτε στὴν ἀντίληψή του γιὰ τὸ «δέον».

Τὸ ὑπόδειγμα πού ὑποστήριζε ὁ Νικόλαος Μатσανιώτης ἄς μᾶς καθοδηγεῖ στὶς ἀναζητήσεις καὶ τὶς ἐπιλογές μας».

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Γρηγόριος Σκαλκέας προσθέτει τὰ ἀκόλουθα:

«Μετὰ ἀπὸ μακρὰ καὶ ἥρωική πάλη ὑπέκυψε εἰς τὴν ἐπάρατον νόσον ἓνας μεγάλος ἐπιστήμων καὶ Ἑλλήν, ὁ Νικόλαος Μатσανιώτης.

Σαράντα χρόνια φιλίας καὶ συνεργασίας στὸ Πανεπιστήμιο καὶ στὴν Ἀκα-

δημία είναι φυσικό να μου προκαλούν βαθιά συγκίνηση αλλά συγχρόνως και τη δυνατότητα να εκτιμήσω τις σοβαρές επιπτώσεις που συνεπάγεται ή απώλεια αυτού του άνδρος.

Για τον επιστήμονα και έρευνητή Ματσανιώτη είναι περιττό να ομιλήσω, διότι όχι μόνον οι Έλληνες αλλά και οι γιατροί διεθνώς τον γνωρίζουν.

Ο Ν. Ματσανιώτης σε νεαρά ηλικία κατέλαβε την έδρα του θανόντος, μεγίστου παιδίατρου της εποχής, Κωνσταντίνου Χωρέμη, την οποία κατόρθωσε να διοικήσει, με το ταλέντο που τον διέκρινε, κατά υποδειγματικό τρόπο και να την επιβάλει ως κέντρο αναφοράς της Παιδιατρικής διεθνώς.

Δημιούργησε σχολή από την οποία απεφοίτησαν οι περισσότεροι παιδίατροι της Ελλάδος αλλά και μεγάλος αριθμός καθηγητών και διευθυντών παιδιατρικών κλινικών νοσοκομείων.

Διά της διδαχής και της συγγραφής του προσδιόρισε τη σωστή θέση του παιδιού στην οικογένεια, προσεγγίζοντας το παιδί στις συνθήκες της οικογένειας.

Ιδιαίτερα αγωνίστηκε για την Κοινωνική Παιδιατρική, συνέβαλε και απέδειξε τη σπουδαιότητα του μητρικού θηλασμού, έμειωσε τη βρεφική θνητότητα και προσπάθησε να καταπολεμήσει τις επιβλαβείς έξεις του καπνίσματος και των ναρκωτικών και να συμβάλει στην ενημέρωση για την πρόληψη του Aids.

Την Ακαδημία υπηρέτησε ως Πρόεδρος της Τάξεως των Θετικών Επιστημών και ως Πρόεδρος της, αλλά εκεί όπου διεκρίθη ιδιαίτερα ήταν ως Γενικός Γραμματέας της επί δώδεκα συναπτά έτη.

Με το όραμα και τις διοικητικές ικανότητές του εφάρμοσε πολλές καινοτομίες και συνέβαλε εις την εύρυθμη λειτουργία του ανωτάτου αυτού πνευματικού ιδρύματος.

Στο γραφείο του υπάρχει πίνακας ζωγραφικής που απεικονίζει μπουκέτο λουλουδιών με τον υπότιτλο «Μάτσα-Νιότης». Σκέπτομαι ότι κατά το τέλος της ζωής του θα αναλογιζόταν τα πραγματικά «μάτσα της νιότης» που διέσωσε από σοβαρές ασθένειες και τα προστάτεψε από επικίνδυνες έξεις που μαστίζουν τη νεότητα. Είμαι βέβαιος ότι ή σκέψις αυτή θα αποτελούσε βάλαμο μέσα στον πόνο του.

Εύχομαι να είναι και θα είναι αιώνια ή μνήμη του».



# ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 10ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2010

---

## ΑΝΑΓΓΕΛΙΕΣ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ὁ Πρόεδρος κ. Κωνσταντῖνος Σβολόπουλος ἀναγγέλλει τὸ θάνατο τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους τῆς Ἀκαδημίας Παναγιώτη Συμεωνίδη. Ὁ κ. Σκαλκιάς λαμβάνει τὸ λόγο καὶ λέγει ὅτι ὁ Συμεωνίδης ἦταν Καθηγητῆς Ὀρθοπαιδικῆς τοῦ Ἀριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης καὶ διαπρεπῆς ἐπιστήμων, ὁ ὁποῖος ξεκίνησε ἀπὸ τὸ σῶμα τῆς Ἀεροπορίας.

Ὁ Πρόεδρος, ἀκολούθως, ἀναγγέλλει τὸν θάνατο τοῦ Σπυρίδωνος Κυριάκη, καθηγητῆ Κτηνιατρικῆς τοῦ Ἀριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγὴ εἰς μνήμην ἀμφοτέρων τῶν ἐκλιπόντων.

---

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 10ΗΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2010

## ΑΔΙΑΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟΥΣ

[The effect of corruption on life losses caused by earthquakes]\*

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ

κ. ΝΙΚΟΛΑΟ ΑΜΒΡΑΖΗ

Ἡ ἀδιαφάνεια ἢ ἡ διαφθορά καὶ ὁ ρόλος τῆς στὶς ἀπώλειες ἀπὸ σεισμούς εἶναι ἓνα ἐπὶκαιρο θέμα ποὺ ἀπασχολεῖ σημαντικὰ τὴ διεθνή οἰκονομία. Τὸ ἐνδιαφέρον ἐδῶ ἔγκειται στὸ ὅτι, παρ' ὅλη τὴν πρόοδο τῆς Ἐπιστήμης καὶ τῆς Τεχνολογίας γιὰ τὴν ἀντισεισμικὴ κατασκευὴ τεχνικῶν ἔργων, οἱ ὑλικές καὶ ἀνθρώπινες ἀπώλειες ἀπὸ σεισμούς ἐξακολουθοῦν νὰ αὐξάνονται ἀλματωδῶς.

Οἱ τελευταῖοι σεισμοὶ στὴν Αἴτη καὶ τὸ Πακιστάν σκότωσαν 250.000 καὶ 86.000 ἀνθρώπους ἀντιστοίχως, ἐνῶ ἀντιθέτως, σεισμοὶ στὴν Καλιφόρνια καὶ τὴ Νέα Ζηλανδία ποὺ εἶχαν τὸ ἴδιο μέγεθος σκότωσαν μερικὲς δεκάδες ἄτομα. Περιμέναμε ὅτι ἡ ἐφαρμογὴ τῶν ἀντισεισμικῶν κανονισμῶν καὶ ἡ ἐπίβλεψη καὶ ὁ ἔλεγχος τῆς κατασκευῆς τῶν τεχνικῶν ἔργων θὰ ἐξασφάλιζαν τὴν ἀπαιτούμενη ἀντισεισμικὴ ἀντοχὴ τους, πράγμα ποὺ δυστυχῶς δὲν εἶναι ἐμφανὲς μέχρι σήμερα, καὶ τὸ ἐρώτημα εἶναι γιατί.

Οἱ λόγοι γιὰ τοὺς ὁποίους ἡ ἐφαρμογὴ τῶν ἀντισεισμικῶν κανονισμῶν καὶ ἡ ὀρθὴ ἐπίβλεψη καὶ ὁ ἔλεγχος τῆς κατασκευῆς τῶν τεχνικῶν ἔργων δὲν δίνουν ἀποτελέσματα μποροῦν νὰ γίνουν κατανοητοὶ μόνο μὲ ἓνα ἐλεγχόμενο πείραμα ποὺ βασίζεται στὶς ὑπάρχουσες παρατηρήσεις καὶ τὰ στοιχεῖα τῶν τελευταίων

---

\* Τὸ πλῆρες κείμενο τῆς ἀνακοινώσεως δημοσιεύεται στὸ περιοδικὸ Nature (MS 2010/12/1527).



δεκαετιῶν. Τὰ ἀκόλουθα συνοψίζουν τὰ πρῶτα ἀποτελέσματα μελέτης μου πού γίνεται γιὰ τὴν Εὐρωπαϊκὴ Κοινότητα.

Ἡ ἀνάλυση τῶν ζημιῶν πού ἔχουν προκαλέσει σεισμοὶ κατὰ τὰ τελευταῖα εἴκοσι χρόνια παγκοσμίως ἀποδεικνύει ὅτι σὲ πολλὲς χώρες οἱ κανονισμοὶ δὲν ὑστεροῦσαν καὶ ὅτι οἱ ἐλληνικοὶ κανονισμοὶ εἶναι μεταξύ τῶν καλύτερων. Ἀλλὰ βρέθηκε ἐπίσης ὅτι αὐτὸ δὲν εἶναι ἀρκετό, γιὰτὶ αὐτὸ πού ὑστερεῖ εἶναι ἡ ἐφαρμογὴ τῶν κανονισμῶν, ἡ ἐπιβλεψὴ στὸ στάδιο τῆς κατασκευῆς καὶ ἡ συντήρησις. Βλέπετε, σὲ ὁρισμένες χώρες οἱ κανονισμοὶ εἶναι ἀναγκαστικοί, σὲ ἄλλες προαιρετικοί, ἐνῶ στὶς περισσότερες εἶναι ἀπλῶς διακοσμητικοί.

Αὐτὸ πού ἐξηγεῖ γιατί δὲν ἐφαρμόζονται οἱ κανονισμοὶ καὶ προπαντὸς ἡ ἐπιβλεψὴ στὴν κατασκευὴ τῶν τεχνικῶν ἔργων εἶναι ἡ ἀδιαφάνεια πού ἀπορρέει ἀπὸ τὴν κατάχρησιν ἐξουσίας ἀπὸ μελετητές, κατασκευαστές, ἐπιβλέποντες κυβερνητικούς ὑπαλλήλους, καὶ προπαντὸς ἀπὸ τὴν Πολιτείαν. Ὅλες οἱ μορφὲς κυβερνήσεων εἶναι ἐπιρρεπεῖς στὴ διαφθορά, τὸ νεποτισμὸ καὶ τὴν πολιτικὴ δωροδοκία. Σὲ ὁρισμένα κράτη ἡ διαφθορά εἶναι τόσο κοινὴ πού θεωρεῖται βέβαιη ὅταν ἀλληλοεπιδρῶν οἱ μικρὲς ἐπιχειρήσεις καὶ οἱ ἀπλοὶ πολῖτες μὲ τοὺς κυβερνητικούς ὑπαλλήλους ἢ μεταξύ τους, καὶ διαφέρει ἀνάλογα μὲ τὴ χώρα ἢ τὸ εἶδος ἐξουσίας. Παραδείγματος χάριν ὁρισμένες πολιτικὲς πρακτικὲς, ὅπως χρηματοδοτήσεις πού εἶναι νόμιμες σὲ μιὰ χώρα, μπορεῖ νὰ εἶναι παράνομες σὲ μιὰ ἄλλη.

Τὰ τελευταῖα εἴκοσι χρόνια ἡ διαφθορά ἔχει διεισδύσει σὲ ὅλες τίς μορφὲς καὶ τὰ συστήματα συναλλαγῶν, μὲ σοβαρὲς ἐπιπτώσεις προπαντὸς στὴν οἰκονομία καὶ τίς ἀνθρώπινες σχέσεις. Ὁ βαθμὸς διαφθορᾶς σὲ μιὰ χώρα ἐκτιμᾶται ἀπὸ διεθνεῖς ἐπιχειρηματικούς, ἀσφαλιστικούς καὶ οἰκονομολογικοὺς ὀργανισμούς, καὶ ἀνακοινώνεται ἐτησίως ἀπὸ διεθνεῖς ὀργανισμούς ὅπως ὁ Ὄργανισμὸς Οἰκονομικῆς Συνεργασίας καὶ Ἀνάπτυξης, τὸ Κέντρο Διεθνούς Διαφάνειας, ἡ Παγκόσμιος Τράπεζα καὶ τὰ Ἠνωμένα Ἔθνη.

Ὁ Δείκτης Διαφθορᾶς CPI (Corruption Perception Index) βαθμολογεῖ τὴ διαφθορά πού γίνεται ἀντιληπτὴ μεταξύ ἀτόμων, δημοσίων ὑπαλλήλων καὶ πολιτικῶν σὲ μιὰ χώρα. Βαθμολογεῖται μὲ 0 γιὰ χώρες μεγάλῃς ἀδιαφάνειας ἢ διαφθορᾶς, καὶ παίρνει 10 γιὰ διαφανεῖς χώρες. Τὸ Διάγραμμα 2 τοῦ ἀγγλικοῦ κειμένου δείχνει τὴ διαχρονικὴ μεταβολὴ τοῦ CPI σὲ ἑξὶ χώρες ἀπὸ τὸ 1995, συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς Ἑλλάδας.

Σὲ πλούσιες χώρες ὁ δείκτης CPI παραμένει σχετικὰ σταθερὸς καὶ σὲ ἐπίπεδα μεγάλῃς διαφάνειας. Ἀντιθέτως σὲ φτωχὲς χώρες ὁ δείκτης CPI ὑπόκειται διαχρονικὰ σὲ αὐξομειώσεις μεταξύ ὁρίων μεγάλῃς ἀδιαφάνειας. Στὴν Ἰταλία, οἱ ἀνώμαλες χρονικὲς μεταβολὲς τοῦ δείκτη CPI ἀκολουθοῦν πιστὰ τὸν ἀντίκτυπο

πολιτικῶν ἀλλαγῶν πού προέρχονται κυρίως ἀπὸ τὰ νότια διαμερίσματα τῆς χώρας. Στὴν Ἑλλάδα, ἡ διαφάνεια ἄρχισε νὰ αὐξάνεται μετὰ τὸ 2005 καὶ ἐν συνεχείᾳ νὰ ἐλαττώνεται ἀπότομα σὲ τιμές πού σήμερα, δυστυχῶς, δείχνουν διαφθορά μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν Τουρκία. Στὴν Αἴτῃ ἡ διαφθορά εἶναι σχεδὸν ἀπόλυτη\*.

Τὰ στοιχεῖα πού ἔχουμε δείχνουν ὅτι ἡ οἰκονομικὴ ἀνάπτυξη μιᾶς χώρας περιορίζει τὴ διαφθορά. Δηλαδή ἀπὸ τοὺς συντελεστὲς πού ἐπηρεάζουν τὸ μέγεθος τῆς διαφθορᾶς ὁ κυριότερος εἶναι τὸ χαμηλὸ κατὰ κεφαλὴν ἐτήσιο ἐθνικὸ εἰσόδημα (GNI), ἰδιαίτερος ὅταν αὐτὸ δὲν εἶναι κατανεμημένο ἴσα μεταξὺ τῶν κατοίκων μιᾶς χώρας.

Αὐτὸ εἶναι ἐμφανὲς ἀπὸ τὴ συσχέτιση τοῦ ἐθνικοῦ εἰσοδήματος μὲ τὴ διαφθορά στὶς 27 χώρες τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως πού δείχνει ἡ καμπύλη παλινδρόμησης τοῦ Σχ. 4 [βλ. ἀγγλικὸ κείμενο] μὲ συντελεστὴ συσχέτισης 0.85. Ἀπὸ τίς 27 χώρες τῆς Εὐρωπαϊκῆς Ἑνώσεως, οἱ πλέον διαφανεῖς εἶναι ἡ Δανία, ἡ Φινλανδία καὶ ἡ Σουηδία πού βαθμολογοῦνται μὲ 9.5. Ἡ Ἑλλάδα πρὸ τοῦ 2007 ἦταν 23η, μὲ συντελεστὴ διαφθορᾶς 4.7. Σήμερα, ὁ βαθμὸς πού παίρνει ἡ Ἑλλάδα ἔχει πέσει στὸ 3.8. Στὴν Αἴτῃ τὸ κατὰ κεφαλὴν ἐτήσιο ἐθνικὸ εἰσόδημα εἶναι μόνο 2 εὐρὼ τὴν ἡμέρα, ἀνεπαρκὲς γιὰ τὴν ἐπιβίωση τῶν κατοίκων. Συμπληρώνεται ὅμως ἀπὸ ἓνα δεύτερο εἰσόδημα τὸ ὁποῖο λόγω τῆς διαφθορᾶς ἀποκτᾶται ἀπὸ ἀδιαφανεῖς πηγές (παραοικονομία).

Ὅπως δείχνει τὸ Διάγραμμα 5 [βλ. ἀγγλικὸ κείμενο] ἡ ἴδια συσχέτιση μεταξὺ ἐθνικοῦ εἰσοδήματος καὶ διαφθορᾶς ἰσχύει καὶ γιὰ 143 χώρες τῶν Ἡνωμένων Ἐθνῶν, μὲ τὸν ἴδιο συντελεστὴ συσχέτισης 0.82. Οἱ πλέον διαφανεῖς χώρες εἶναι πάλι ἡ Ἰσλανδία, ἡ Φινλανδία καὶ ἡ Νέα Ζηλανδία πού βαθμολογοῦνται γιὰ διαφάνεια μὲ 9.5, ἐνῶ ἡ ἀδιαφάνεια στὴν Αἴτῃ εἶναι 1,8.

Αὐτὲς οἱ συσχετίσεις ἀποδεικνύουν ποσοτικὰ τὸ ἀναμενόμενο, δηλαδή ὅτι ὁ δείκτης διαφθορᾶς εἶναι συνάρτηση τοῦ κατὰ κεφαλὴν ἐθνικοῦ εἰσοδήματος πού ἀποτυπώνει ἀρκετὰ ἱκανοποιητικὰ τὸ δείκτη τοῦ βιοτικοῦ ἐπιπέδου μιᾶς χώρας καὶ χρησιμοποιεῖται σὲ διαχρονικὲς συγκρίσεις καὶ συσχετίσεις μὲ ἄλλες χώρες. Οἱ φτωχὲς χώρες τείνουν νὰ εἶναι πιὸ ἀδιαφανεῖς ἀπὸ τίς πλούσιες, πράγμα πού εἶναι μὲν γνωστὸ ἀλλὰ πού δὲν εἶχε τεκμηριωθεῖ ποσοτικὰ μέχρι σήμερα.

Ἐρχόμαστε τώρα στὴν ἀπάντηση τοῦ ἐρωτήματος, γιατί παρὰ τὴν πρόοδο

---

\* Τὸ θέμα τῆς διαφθορᾶς στὴν Ἑλλάδα μελέτησε τελευταῖα στὸ βιβλίο του ὁ κ. Γκιζέλης Τὸ πελατειακὸ σύστημα, παρουσίαση τοῦ ὁποίου ἐγινε στὴν Ἀκαδημία ἀπὸ τὸν συνάδελφο κ. Ρούκουνα.



τῆς Τεχνολογίας γιὰ τὴ θεωρητικῶς ἀσφαλὴ ἀντισεισμικὴ κατασκευὴ τεχνικῶν ἔργων οἱ ἀνθρώπινες ἀπώλειες ἀπὸ σεισμούς ἐξακολουθοῦν νὰ αὐξάνουν.

Οἱ ἀνθρώπινες ἀπώλειες ἐξαρτῶνται κυρίως ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν σεισμῶν, τὴν πυκνότητα κατοίκησης, τὴν τρωτότητα τῶν κατασκευῶν καὶ τὸ δείκτη διαφθορᾶς. Τὰ στοιχεῖα στὴ διάθεσή μας εἶναι ὁ ἀριθμὸς ἀνθρωπίνων ἀπωλειῶν γιὰ 41 σεισμούς, μεγέθους  $M_W 7 \pm 0.5$ , σὲ 29 σεισμογενεῖς χῶρες, ποὺ συνέβησαν ἀπὸ τὸ 1994.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀνάλυσης τῶν στοιχείων αὐτῶν εἶναι ἐνδιαφέροντα. Ὅπως δείχνει ἡ παλινδρόμηση μὲ συντελεστὴ συσχέτισης 0.6 στὸ Σχ. 6 [βλ. ἀγγλικὸ κείμενο], ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀνθρωπίνων ἀπωλειῶν ἐξαρτᾶται σαφῶς ἀπὸ τὸ δείκτη διαφθορᾶς καὶ ἐπηρεάζεται λίγο ἀπὸ τὶς ἄλλες παραμέτρους, ἰδιαίτερος σὲ φτωχὲς χῶρες. Ὁ λόγος εἶναι ὅτι οἱ ἄλλες παράμετροι, ὅπως ὁ τύπος κατασκευῆς καὶ ἡ τρωτότητα, ἀποτελοῦν καὶ αὐτὲς συνάρτηση τοῦ βαθμοῦ διαφθορᾶς.

Τὰ ἴδια συμπεράσματα ἔχουμε καὶ ἀπὸ τὴ σύγκριση τοῦ κατὰ κεφαλὴν ἐτήσιου ἐθνικοῦ εἰσοδήματος μὲ τὸν ἀριθμὸ ἀνθρωπίνων ἀπωλειῶν, ὅτι δηλαδὴ ἡ οἰκονομικὴ ἀνάπτυξη ἐπιδρᾷ θετικὰ στὸν περιορισμὸ τῶν καταστροφῶν καὶ συνεπῶς στὴ μείωση τοῦ ἀριθμοῦ θυμάτων.

Ὁ κύριος λόγος γιὰ τὸν ὁποῖο ἡ ἐφαρμογὴ τῶν ἀντισεισμικῶν κανονισμῶν καὶ ἡ ὀρθὴ ἐπίβλεψη καὶ ὁ ἔλεγχος δὲν δίνουν ἀποτελέσματα, ὅπως εἶπαμε, μπορεῖ νὰ ἐκτιμηθεῖ μόνο ἀπὸ παρατηρήσεις ἐμπειρικοῦ χαρακτῆρα, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ βασικὸ μηχανισμὸ προόδου κάθε ἐπιστήμης.

Ἡ ἀνάλυση καταλήγει ὅτι ἡ διαφθορά εἶναι ὁ κυριότερος λόγος γιὰ τὶς μεγάλες ἀπώλειες ποὺ προκαλοῦν οἱ σεισμοί, ποὺ ἐπισκιάζει σὲ μεγάλο βαθμὸ ὅλες τὶς ἄλλες ἐνεχόμενες ἀρνητικὲς παραμέτρους. Ἡ ἀσφάλεια, ἡ ἰσότητα εὐκαιριῶν, ἡ προστασία τοῦ φυσικοῦ περιβάλλοντος καὶ τῶν πολιτῶν ἀπὸ σεισμούς ἀποτελοῦν δείγματα γραφῆς γιὰ τὸ βιοτικὸ ἐπίπεδο τοῦ λαοῦ ἐνὸς κράτους καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ ἐθνικὸ εἰσόδημα.

Ἡ διαφθορά ὑπονομεύει στὴ ρίζα τοὺς ὅλες τὶς προσπάθειες ποὺ κάνει ἡ Ἐπιστῆμη καὶ ἡ Τεχνολογία γιὰ τὴ μείωση τῶν ἀνθρωπίνων καὶ ὑλικῶν ἀπωλειῶν, γιὰ τὶς ὁποῖες δὲν εὐθύνονται μόνον οἱ σεισμοί. Εἶναι περίεργο ὅτι, ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος ἡ Πολιτεία ἐπενδύει σημαντικὰ ποσὰ στὴ θεωρητικὴ ἀντισεισμικὴ προστασία μιᾶς χώρας, καὶ ἀπὸ τὸ ἄλλο ἀγνοεῖ τελείως ὅτι στὴν πραγματικότητα τὰ ποσὰ αὐτὰ διαρρέουν λόγω τῆς διαφθορᾶς. Τὸ γενικὸ συμπέρασμα ποὺ συνάγεται εἶναι ὅτι κάποτε οἱ καταστροφὲς ποὺ προκαλοῦσαν οἱ σεισμοὶ ἀποδίδονταν σὲ ἐξωτερικοὺς παράγοντες. Σήμερα, μὲ τὴν πρόοδο τῆς Ἐπιστήμης καὶ τῆς Τεχνολογίας δὲν μπορεῖ παρὰ νὰ ἀποδοθοῦν στὴν ἀμέλεια καὶ τὴ διαφθορά.



## THE EFFECT OF CORRUPTION ON LIFE LOSSES CAUSED BY EARTHQUAKES

N. AMBRASEYS

This talk was prompted by the earthquake of 12 January in Haiti, which is not the only earthquake in recent years in which hundreds of thousands of people were killed as compared to the near zero death toll which was caused by earthquakes of the same magnitude elsewhere.

The Haiti earthquake raises several points that must be addressed in any realistic attempt to mitigate life losses from earthquakes, in particular of whether this enormous difference in human losses is almost entirely due to poorly constructed houses due to corrupt practices that allowed poorly sited and constructed houses to be built in seismic regions.

Corruption or lack of transparency may be defined as the abuse of entrusted power for private gain, in the present case in the citing, designing, building and maintaining of engineered structures in seismic regions.

What follows is an inquiry into the effect of corruption on life losses in earthquakes globally which is made for two reasons. The first is to see to what extent wealth does affect the degree of corruption in a country. The second is to assess the effect corruption has on the high vulnerability of houses which ultimately is responsible for the loss of life. These are questions rarely aired or discussed in technical papers, despite the fact that corruption today weakens insidiously all the efforts that are made to improve the siting, design, construction and maintenance of structures to resist earthquakes and mitigate loss of life.

Earthquakes are one of the most destructive natural hazards to the works of man, most certainly of human life and although they cannot be prevented their disastrous effects can be minimized. The sudden loss of lives and crippling of the economy, particularly of a poor country, may bring about long-lasting social even political unexpected upheavals, examples of which we have seen in the past.

Earthquakes are destructive because man has made them so by investing his wealth with a disregard for the hazards that Nature may have in store for him. This stems from a variety of causes, chiefly lack of education and apathy which is due to ignorance and also from the mere lack of awareness or interest for the need to apply existing technical knowledge to alleviate such hazards.

Differences in attitude to earthquake hazards in various countries cannot be explained in terms of the magnitude or the frequency of the disaster alone. It is not only lack of education, scientific knowledge or of the technological capacity which is at fault. It is the consequences of its corrupt use once it escapes from the realm of technology into the realm of human affairs.

Seismic codes and regulations are designed to guarantee the earthquake safety of houses and other engineering structures in seismic regions. Yet, despite the advancements made in earthquake resistant design, life losses continue to increase, with the Haiti earthquake killing 250,000 people. And this is not the only earthquake in recent years that caused comparable losses; the earthquake of 2005 in Kashmir killed 79,000 people, while in the Sichuan earthquake in China 51,000 people perished.

A comparison of earthquake losses with losses from other preventable causes shows that in the period 1980-2010 the average number of people killed annually by earthquakes worldwide is about 19,000, losses that can be much reduced by appropriate siting and building of structures.

These losses are comparable to the number of people killed annually by motor cars (35,000) or drugs (32,000) in the United States alone, while preventable diseases kill more people. Yet, although an earthquake may be more horrifying than road accidents, the impact of its destructiveness is more traumatic because it involves wholesale rather than piecemeal catastrophe, just a massacre appears more horrifying than a series of murders. Indeed, the fact that road accidents and losses from earthquake can be reduced makes the number of its victims infuriating, rather than terrible.

Of course, one may say that this increase in human losses is partly due to the growth of population, urbanisation and industrial development. But it can be shown that this increase is also due to the fact that scientific progress and technical knowledge is not reflected in practice and that its application in some countries is hindered to the extent that earthquake regulations and building control are seen as instructions that must be followed, while in other countries they are considered to be only suggestions, while in many countries they are simply empty words. And the question is why. It is simply the misapplication of technological knowledge that exists because of inability to manage a corrupt social system, and sometimes because of inability to apply such knowledge where it does exist.

It is not uncommon after an earthquake, particularly during the period of reconstruction boom that the enforcement of building control is not sufficiently strict and codes of practice are violated, becoming the victim of



what might be called lack of transparency. Obviously one may ask why despite the scientific and technological achievements in recent years loss of lives keep on increasing steadily with time. Certainly, apart from the scientific and technical reasons, which may be responsible, there must be also other, non-technical causes, which are not so apparent, that could explain these enormous losses of lives. One of these causes is in the way in which engineered structures are sited, designed, built and maintained. Simply it is not realised that earthquakes do not kill people; it is the houses we build that do, and that acts of God of today are often tomorrows acts of criminal negligence

The influence of corruption has been a subject in which there is increasing concern among economists and engineering, not least among politicians. The experience, common sense and intuition of the practicing engineer do point to corruption as one of the most important and responsible cause for the exorbitant material and life losses in earthquakes.

Corruption or lack of transparency may be defined as the abuse of entrusted power for private gain, in our case, in the citing, designing, building and maintaining of engineered structures in seismic regions. The degree to which corruption is perceived to exist among the people, public officials and politicians in different countries is ranked annually by the Corruption Perceptions Index CPI. This Index is in fact a "poll of polls" representing the average score which individual countries have been given by international business and financial experts when polled in a variety of contexts. It assesses the level at which corruption is perceived by businessmen as impacting on commercial life and as such CPI is less reliable for countries with fewer sources of information.

Experts who began to survey the CPI sources from 1995 were business people from industrial of less developed countries and of emerging market economies. A CPI score relates the perception of the degree of corruption as seen by business analysts and marks countries with 0 for highly corrupt or zero transparency and with 10 for highly clean or transparent.

As the CPI index is based on data from the past two to three years it is by nature only an index and its values for different years are not necessarily comparable. This means that a change in perceptions of corruption for a particular country would only emerge in the index over longer periods of time (see Transparency International 2010).

Year-to-year changes in a countrys score results not only from a changing perception of a countrys performance but also from a changing



sample and methodology. Each year, some sources are not updated and must be dropped from the CPI, while new, reliable sources are added. With different respondents and somewhat differing methodologies, a change in a country's score may also relate to the fact that different viewpoints have been collected and different questions been asked, so it is often difficult to improve a CPI score over a short period, such as one or two years.

One of the difficulties here is that what is legally defined or perceived to be corruption, differs between different countries: a political donation legal in some jurisdiction may be illegal in another; a matter viewed as acceptable tipping or *pourboire* in one country may be viewed as bribery in another. The causes and consequences of and solutions for corruption tend to be intertwined but each case is a special case for which the lack of long-term observational data prevents the derivation of general rules.

Fig. 1 shows the distribution of the standard deviation of the average CPI estimates for 153 countries over the period 1995-2009 which is less than 10% and is not significant.

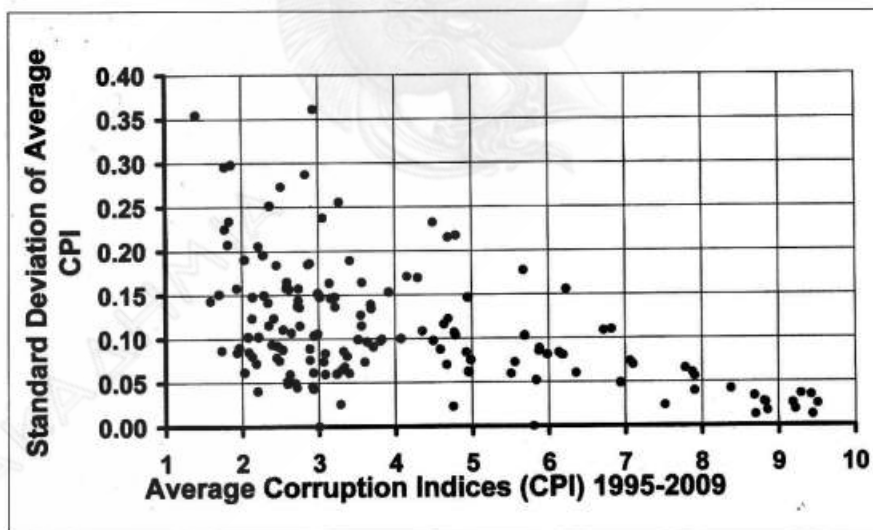


Fig. 1. Standard deviations of the average Corruption Perceptions Indices (CPI) for 153 countries.

CPI estimates are available for more than 150 countries, but only for the period 1995 to 2009. The variation of CPI with time for a number of countries is shown in Fig. 2.

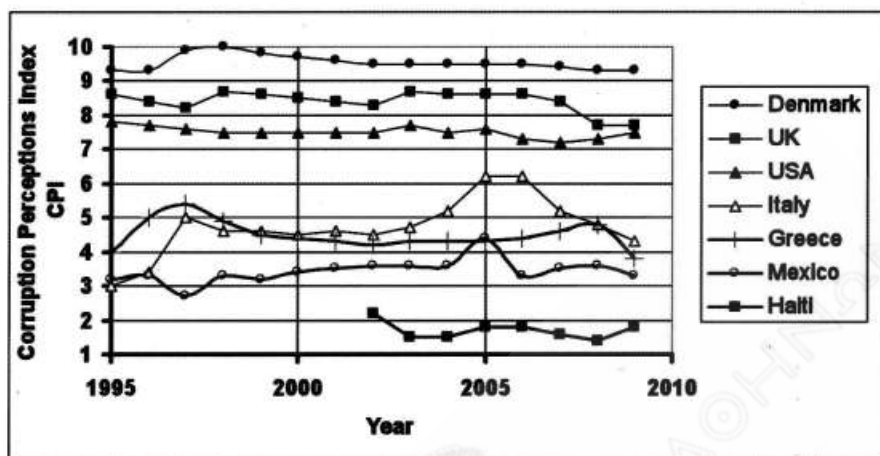


Fig. 2. Variation of the annual Corruption Perceptions Index (CPI) for seven countries for the period 1995 to 2009.

The next question is which is the most important quantifiable parameter that affects the values of CPI. If not the most important, the most obvious is certainly the relative wealth of a country which has produced a stable constitution guaranteeing the rule of law.

A standard measure that allows comparison of the wealth between countries or across economies is the Gross National Income per capita GNI. It provides a country's final gross national income in dollar value divided by its population and reflects the gross average income of a country's citizen.

The World Bank uses two methods to estimate GNI, the Purchasing Power Parities method PPP and the Atlas method A. In the Purchasing Power Parity PPP method conversion factors take into account differences in the relative prices of goods and services providing a better overall measure of the real value of output produced by an economy compared to other economies. GNI(PPP) is measured in current international dollars which, in principal have the same purchasing power as a dollar spent on GNI in the U.S. economy. Because GNI(PPP) provides a better measure of the standard of living of residents of an economy, they are the basis for the World Bank's calculations of poverty rates at \$1 and \$2 a day.

In the Atlas method official estimate of the size of economies used by the World Bank is the GNI(A) converted to current U.S. dollars using the Atlas method. GNI takes into account all production in the domestic economy (i.e., GDP) and smoothes exchange rate fluctuations by using a three year moving average, price-adjusted conversion factor.

The two methods, Atlas and PPP, therefore, give GNI estimates which are numerically different, in most cases the latter method giving larger values than the former. Fig. 3 shows this for 147 countries, GNI estimates being larger for developing countries.

For the comparison of the wealth between countries using average GNI estimates we chose the Atlas method with data averaged over the period 1960 to 2009 which is the longest period of reliable information about earthquakes life losses.

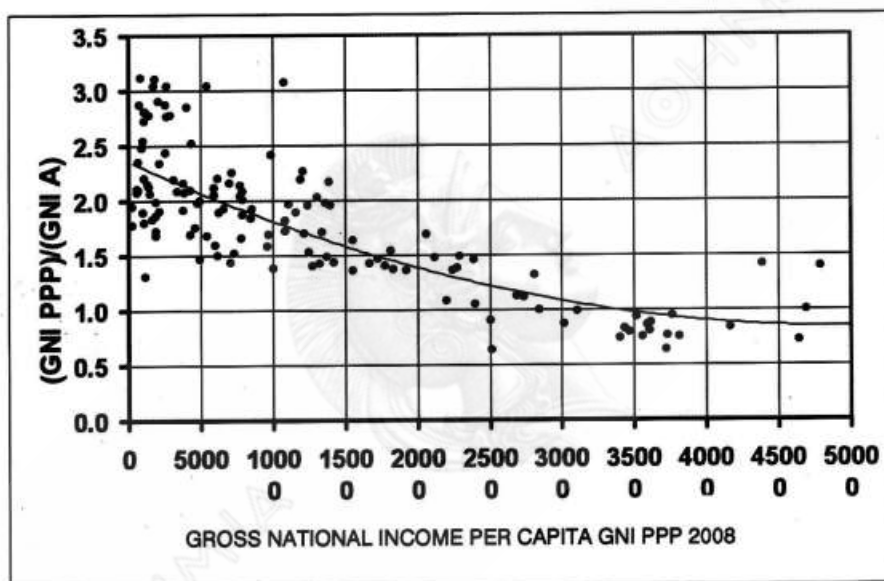


Fig. 3. Comparison of the 2008 GNI Atlas (\$) with the GNI PPP estimates for 147 countries.

#### EFFECT OF GROSS NATIONAL INCOME PER CAPITA GNI ON CORRUPTION

The effect of the average GNI on the Corruption Perceptions Index CPI was investigated using the minimum, maximum and average values of GNI for each country, adopting finally average estimates.

I tested first the data for the European Union, that is for 27 countries for the period 1995 to 2008. As can be seen from Figure 4 the data confirm beyond doubt that the wealth in a country does affect the degree of corruption.



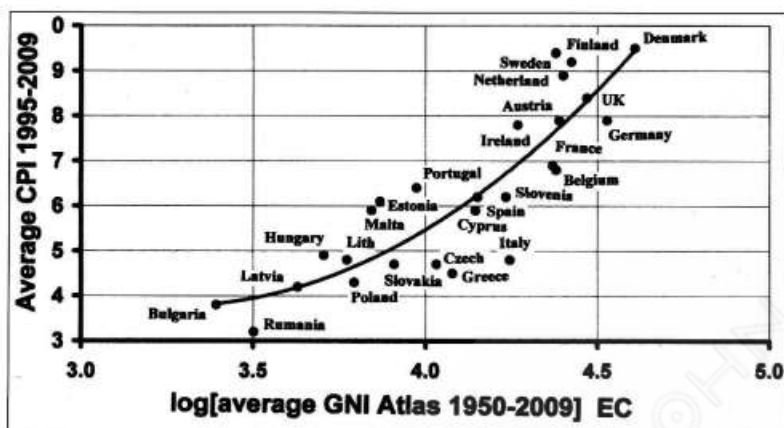


Fig. 4. Effect of average Gross National Income per capita (GNI Atlas) on the average Corruption Perceptions Index (CPI), for the period 1995 to 2008 for countries of the European Union.

Equally satisfactory results obtain from the correlation of the average Gross National Income per capita (GNI Atlas) with the mean Corruption Perceptions Index CPI. Figure 5 which shows a plot of the data from 130 countries for the period 1960 to 2008 leaves little doubt that clearly there is a strong dependence of GNI on CPI.

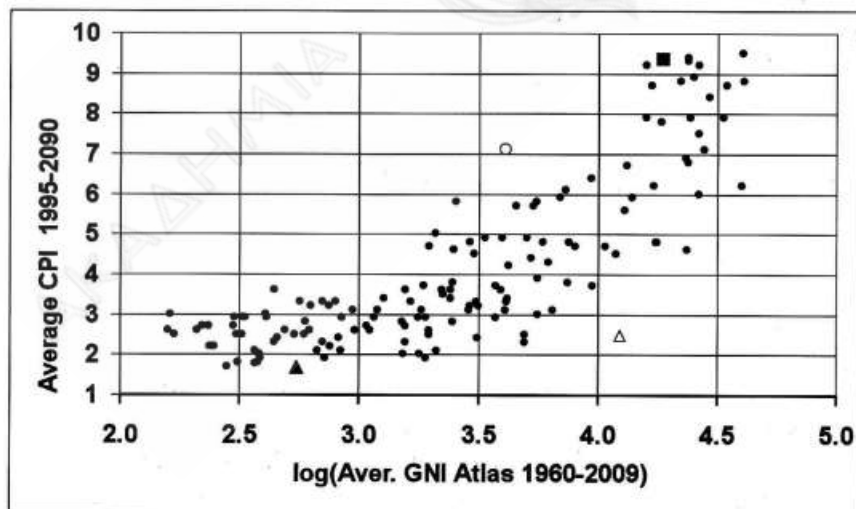


Fig. 5. Effect of average Gross National Income per capita (GNI Atlas) on the Corruption Perceptions Index (CPI) for the period 1960 to 2009, for 148 countries world wide. Solid square and triangle correspond to New Zealand and Haiti respectively; open circle and triangle are for Chile and Libya.

Lack of information and the uncertainties involved in the assessment of the available CPI values, particularly of the actual regional distribution of CPI within a large country, does not allow the refinement of the results by taking into consideration other variables.

Life loss in a single earthquake depends on the population density of the region and this must be taken into consideration when casualty numbers are calculated or compared with those from other earthquakes or used in the analysis. Even relatively small magnitude earthquakes can exact a terrible toll when they happen to occur near or in a populous urban centre located in an otherwise low density areas but they may pass almost unnoticed in a very sparsely populated region.

Here, the main interest is in the effect of corruption on the number of Deaths Resulting from a single Earthquake=DRE, which is defined as the number of people killed from the collapse of houses due to ground shaking, excluding life losses from aftershocks, and from zero-magnitude effects such as landslides, fire, tsunami or missing people. It differs from DRe, which is the commonly used designation of the number of fatalities caused not only by ground shaking but also caused by secondary earthquake effects such as landslides, fire, tsunami, or people missing.

In the original sources and local press one could find examples in which the number of fatalities had been exaggerated, presumably with the purpose of attracting attention for more generous assistance, or for various reason, political biases downplaying or exaggerating life losses. Also there were instances in which the intensity of the earthquake had been reported too large, allegedly to justify the collapse of an unjustifiably large number of otherwise substandard vulnerable houses with great loss of life. There were also cases in which casualty figures did not exist at all because of official restrictions to divulge or publish data about life losses related to earthquakes, particularly in the USSR, in China, and to a lesser extent elsewhere, a restriction that lasted for a long time.

There is a number of factors that affect the values of DRE which are difficult to evaluate. Population density and the vulnerability of the building stock in the epicentral region of an earthquake are two of them. Even within the short period of the last 30 years, there has been a rapid decrease in rural population and an increase in urban, particularly in developing countries. This implies a time dependance on both the population density and the vulnerability of the built environment which is difficult to account for in the assessment of DRE.

Another difficulty is that DRE depends on the value of CPI, not of the year in which an earthquake causes the collapse of houses but of the year they were built, perhaps decades earlier. DRE values depend even on whether an earthquake happens at night or in the daytime, in the winter or in the summer, in a mountainous region or in a valley, after strong and protracted foreshocks with or without warning. An earthquake occurring on a winter night is likely to kill two to five times more people than if it happened in a summer morning, particularly on a rural region. There are other common factors between DRE and CPI that are not easy to identify. The CPI-DRE relationship is unlikely to be a direct one, since other variables, such as time effects intervene and involve considerable uncertainties which there is no foreseeable way of estimating.

For the period 1980 to there are 132 earthquakes in 37 countries which, in this 31-year period have caused a total loss of 590,564 lives, or on average 19,685 deaths per annum.

The location, depth, magnitude and aftershocks were reassessed and the vulnerability of the predominant type of affected building stock was recorded. An approximate classification of the perceived vulnerability of houses was derived from reports, recent site visits and from opinions of colleagues familiar with the affected region. Population density at the time of the earthquake was estimated on a comparative basis and divided into four categories

The period 1995 to 2010 is the only time period for which CPI values are available and for which the effect of CPI on DRE can be assessed which is a very short period of observations. However, since corruption does not seem to change very rapidly with time, it may be safe to assume that on average CPI values before 1995 remain constant up to 1980 and that the observations may be extended backwards by 15 years. For the period 1980 to 2010 the influence of CPI on the death toll DRE was examined for earthquakes of  $7.9 \geq M \geq 6.8$ , a range of magnitudes for which information is more complete.

In order to ensure that damage information was representative of an epicentral area on land, earthquakes located more than 20 km off shore were excluded as well as subcrustal events deeper than 35 km mostly in subduction areas. Earthquakes with epicentral areas in very low density or sparsely inhabited regions were also removed.

Fig. 6 is a plot of the data for the period 1980-2010 which is very similar to that shown in Fig. 6. There are DRE estimates for 17 countries from 27 earthquakes which plot with CPI almost with a standard error of 0.65. This



is a small data base which is clearly biased towards countries of small transparency, to some extent inevitable as so far most large earthquakes happen to occur there. It confirms, however, that in spite of the uncertainty in precise numbers even at this low level of discrimination of the various variables involved, the effect of corruption on the number of people killed by earthquakes is valid.

It is obvious that these figures have no predictive value; they simply portray the effect of corruption on life losses during the last three decades.

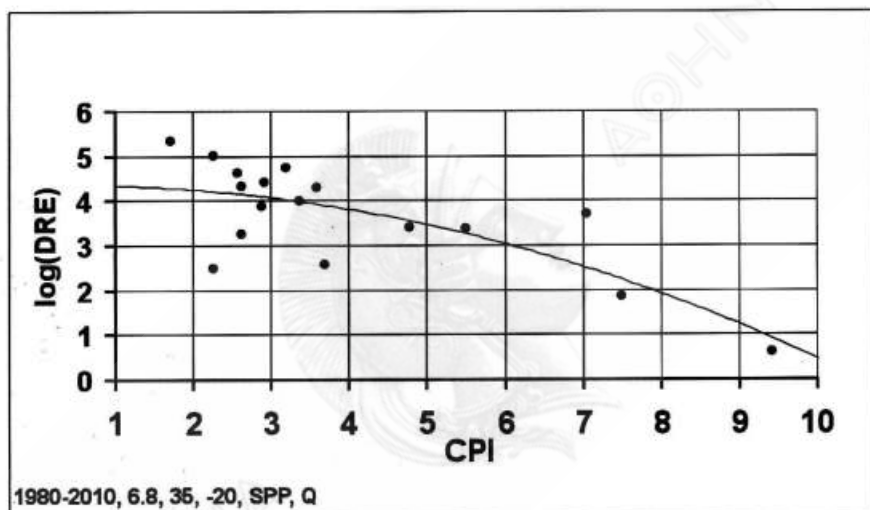


Fig. 6. Death toll (DRE) during the period 1980-2010 as function of the average. Corruption Perceptions Index (CPI) over the period 1995-2009, for shallow earthquakes on land of  $7.9 \geq M \geq 6.8$

At the end, it is not only the serious consequences of earthquakes that matter but that earthquakes comparable in size have proportionately negligible effects and that those serious consequences are not inevitable. The data we used are crude and to some degree incomplete, nevertheless they do show that there is an undeniable relation between corruption and death toll.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2010

---

## ΑΝΑΓΓΕΛΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ

Ὁ Πρόεδρος κ. Κωνσταντίνος Σβολόπουλος ἀναγγέλλει τὸ θάνατο τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Νικόλαου Ἀρτεμιάδη καὶ λέγει τὰ ἑξῆς:

«Ἄς μοῦ ἐπιτραπεῖ, κύριοι Ἀκαδημαῖοί, νὰ πῶ λίγα λόγια γιὰ τὸν μεταστάντα Νικόλαο Ἀρτεμιάδη. Ὁ Νικόλαος Ἀρτεμιάδης γεννήθηκε στὴν Κωνσταντινούπολη τὸ ἔτος 1917. Σπούδασε στὸ Ἀριστοτέλειο Πανεπιστήμιο τῆς Θεσσαλονίκης, δίδαξε Μαθηματικά σὲ σχολεῖα τῆς πρωτεύουσας κατὰ τὰ ἔτη 1943-1951, καὶ τὸ 1951 μετέβη στὴ Σορβόνη ὅπου ἐκπόνησε τὴ διδακτορικὴ του διατριβή.

Ἀπὸ τὸ 1958 ἕως τὸ 1975 δίδαξε στὰ Πανεπιστήμια τοῦ Wisconsin, τοῦ Southern Illinois καὶ τῆς Θεσσαλονίκης. Μεταξὺ τοῦ 1975 καὶ τοῦ 1984 ὑπῆρξε Τακτικὸς Καθηγητὴς στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν, τὸ ὁποῖο παράλληλα ὑπηρέτησε παντοιοτρόπως βάσει τῶν κατὰ καιροὺς θέσεων καὶ διακρίσεων του. Διετέλεσε Πρόεδρος καὶ Μέλος πολλῶν ἐθνικῶν καὶ διεθνῶν ἐπιτροπῶν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου τῆς ἐπιστήμης τῶν Μαθηματικῶν. Δημοσίευσε σωρεῖα ἐρευνῶν καὶ μελετῶν του, αὐτοτελῶς ἢ σὲ ἔγκριτα διεθνῆ περιοδικά.

Τὸ 1986 ἐξελέγη Τακτικὸ Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ διετέλεσε Πρόεδρος τῆς κατὰ τὸ ἔτος 2000».

Ἡ Ὀλομέλεια τηρεῖ ἐνὸς λεπτοῦ σιγὴ εἰς μνήμην τοῦ ἐκλιπόντος.

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ



ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 11ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2010

ΜΑΡΑΘΩΝΟΣ ΜΑΧΗ, 490 π.Χ.\*

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΚΑΡΒΕΛΗ

«Όταν οί Πέρσες είδαν τούς Ἀθηναίους νά κατεβαίνουν χωρίς ίππικό  
ἤ τοξότες καί μέ μικρή δύναμη, πίστεψαν ὅτι ἦταν ἕνας στρατός τρελῶν  
πού ἔτρεχε νά συναντήσει τήν καταστροφή του».

«Ἦταν οί πρῶτοι Ἕλληνες, ἀπ' ὅσο ξέρω, πού ἐπιτέθηκαν τρέχοντας καί οί πρῶτοι πού  
ἀντίκρισαν χωρίς φόβο τή μηδική ἐνδυμασία καί τούς ἄνδρες πού τή φοροῦσαν· γιατί, ὡς  
τότε, κανείς Ἕλληνας δέν ἄντεχε οὔτε ν' ἀκούσει τὸ ὄνομα Μῆδος χωρίς νά νιώσει τρόμο».

Ἡρόδοτος

Στόν ἱερὸ χῶρο τῆς Πνύκας, ὅπου λειτούργησε τὸ δημοκρατικὸ πολίτευμα  
μέ τή συμμετοχὴ τῶν πολιτῶν στήν πλέον ἀμιγρὴ καί αὐθεντικὴ μορφὴ του πρὶν  
ἀπὸ ἀκριβῶς δύομισι χιλιάδες χρόνια (τὸ 490 π.Χ.), ἐλήφθη μία ἱστορικὴ ἀπό-  
φαση ἀπὸ τούς Ἀθηναίους πολίτες.

Ἡ ἀπόφαση ὑπαγόρευε ἀντίσταση κατὰ τοῦ Πέρση εἰσβολέως, καταπολέ-  
μησή του καί ἐκδίωξή του ἀπὸ τὸ πάτριον ἔδαφος. Ἡ ἀπόφαση ἦταν γενναία,  
λαμβάνομένων ὑπ' ὄψιν τῆς ἰσχύος τοῦ ἀντιπάλου ὡς πολεμικῆς μηχανῆς τῆς  
μεγαλύτερης τότε αὐτοκρατορίας, τῆς Περσικῆς, τῆς ἀριθμητικῆς ὑπεροχῆς  
του καί τῆς πολεμικῆς πείρας του, ἀφοῦ μόλις εἶχε καταστείλει τὴν Ἰωνικὴ  
Ἐπανάσταση, ἀλλὰ καί τοῦ ὑψηλοῦ ἠθικοῦ του. Ἀναμφίβολα, ἡ ἀγάπη πρὸς  
τὴν ἐλευθερίαν καί τὴν ἀνεξαρτησίαν πρέπει νά ἐπρυτάνευσαν στὴ λήψη τῆς  
ἀπόφασης ἀπὸ τούς Ἀθηναίους πολίτες ἔναντι ὅλων τῶν ὑπολογισμῶν καί τῶν  
στρατιωτικῶν ἀναλύσεων.

\* Στὸ πλαίσιο ὁμίλων γιὰ τὰ 2.500 χρόνια ἀπὸ τὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος.

Ὁ φανερός λόγος τῆς δεύτερης αὐτῆς ἐκστρατείας τῶν Περσῶν κατὰ τῆς Ἑλλάδος — ἡ πρώτη ἦταν ἡ ἀποτυχημένη τοῦ Μαρδονίου — ἦταν ἐκδικητικός, ἡ τιμωρία δηλαδή τῶν Ἑλλήνων, ἰδιαίτερα τῶν Ἀθηναίων καὶ Ἑρετριέων, διότι ἔστερξαν καὶ βοήθησαν μὲ πολεμικά μέσα τοὺς ἐπαναστατήσαντες κατὰ τῆς περσικῆς κατοχῆς Ἴωνες. Λόγος ὅμως ἀνεπαρκὴς γιὰ τὴν ἐπιμονὴ τῶν Περσῶν σὲ μία δευτέρη ἐκστρατεία κατὰ τῆς Ἑλλάδος, καὶ κυρίως γιὰ τὸ μέγεθος τῆς προετοιμασίας τῆς καὶ τὸν ὄγκο τῶν στρατιωτικῶν δυνάμεων ποὺ συμμετείχαν. Λογικά, ὁ στόχος τοῦ ἀντιπάλου ἦταν μεγαλύτερος τῆς ἀπλῆς τιμωρίας. Ἄς τὸ ἐρευνήσουμε αὐτό.

Ἡ Περσικὴ Αὐτοκρατορία εἶχε πλέον ἐξαντλήσει τὰ ἀσιατικά ὅρια τῆς ἐπέκτασής της καὶ ὁ βασιλεὺς Δαρεῖος ὁ Α΄, παντοδύναμος, εἶχε ἀρχίσει νὰ σκέπτεται τὴ μόνη κατεύθυνση ποὺ τοῦ εἶχε ἀπομείνει στὸν τότε γνωστὸ κόσμον πρὸς ἐξάπλωση τῆς κυριαρχίας του, τὴ δυτικὴ, τουτέστιν τὴν ἄγουσα στὸν εὐρωπαϊκὸ χῶρο. Ἀλλὰ τὴν κατεύθυνση αὐτὴν παρεμπόδιζε ἡ Ἑλλάδα. Προηγούμενη προσπάθειά του μὲ διάβαση τοῦ Δέλτα τοῦ Δουνάβεως καὶ ἐπιδρομὴ κατὰ τῆς χώρας τῶν Σκυθῶν δὲν εἶχε ἀποφέρει τὰ προσδοκώμενα. Ἐπρεπε λοιπὸν νὰ κατακτηθεῖ ἡ Ἑλλάδα γιὰ νὰ ἀποτελέσει τὸ σκαλοπάτι, τὸ προγεφύρωμα, θὰ λέγαμε, μὲ τὴ σημερινὴ στρατιωτικὴ ὁρολογία, γιὰ τὴν ἐπέκτασιν τῆς κυριαρχίας του πρὸς τὸν εὐρωπαϊκὸ χῶρο.

Στὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος, ἐπομένως, τὸ διακύβευμα ἦταν μέγα. Διότι ἐκεῖ, στὸ Μαραθῶνα, ἔλαβε χώρα ἡ σύγκρουση τῶν δύο κόσμων, τοῦ ἀνατολικοῦ μὲ τὸ δυτικόν. Δύο κόσμων διαφορετικῶν, τοῦ κόσμου τῆς δημοκρατίας μὲ αὐτὸν τῆς δεσποτείας, τῆς παιδείας καὶ τῆς ἀπαιδευσίας, τοῦ ἐλεύθερου πολίτη καὶ τοῦ πολίτη-δούλου. Ἀπὸ τὴν ἔκβαση τῆς σύγκρουσης δὲν εἶναι ὑπερβολὴ νὰ ποῦμε ὅτι ἄλλος θὰ ἦταν στὴ συνέχεια ὁ ροὺς τῆς ἱστορίας, ἂν ἐπικρατοῦσε ὁ ἐξ ἀνατολῶν ἀντίπαλος. Ἡ Εὐρώπη πολὺ πιθανὸν νὰ εἶχε διαφορετικὴ ἐξέλιξη, καὶ πολιτισμικά νὰ διέφερε ἀπὸ τὴ σημερινὴ ὅπως τὴ γνωρίζουμε.

Ἡ μάχη λοιπὸν στὴν ὁποία ἀναφερόμαστε, καὶ καθόλου λιγότερο οἱ ναυμαχίες τῆς Σαλαμίνος καὶ τῆς Μυκάλης καὶ οἱ μάχες τῶν Θερμοπυλῶν καὶ τῶν Πλαταιῶν, ἀποτελεῖ ἱστορικὸ ὁρόσημο ὃχι μόνον ἑλληνικῆς σημασίας ἀλλὰ παγκόσμιας, ἀκριβῶς διότι ἐπέδρασε καταλυτικὰ στὴν πορεία τῶν πραγμάτων καὶ ἰδιαίτερα σὲ ὅ,τι ἐννοοῦμε ἀναφερόμενοι σήμερον στὸ δυτικὸν πολιτισμό, τὸν ὁποῖο ἄφησε νὰ ἐξελιχθεῖ ἀνεπηρέαστα, ἔξω ἀπὸ τὴν ἀνατολικὴ παρέμβαση καὶ ἐπιρροή.

Βέβαια, ἡ κατὰ τοῦ εὐρωπαϊκοῦ χώρου ἐπέλαση τῆς Ἀνατολῆς στοὺς χρόνους ποὺ ἀναφερόμαστε δὲν θὰ ἦταν ἡ πρώτη καὶ τελευταία, ἀφοῦ αἰῶνες ἀργό-



τερα επανελήφθη ως αραβική επέλαση και αργότερα ως οθωμανική, με ασπίδα προστασίας το Βυζάντιο, και αργότερα με όροσημα τις μάχες του Πουατιέ και της Βιέννης όπως και τη ναυμαχία της Ναυπάκτου.

Ός προς την καθαρά ελληνική διάσταση του γεγονότος της μάχης του Μαραθῶνος ἀλλὰ καὶ γενικά της ἀναμέτρησης τῶν Ἑλλήνων με τὸν Πέρση εἰσβολέα κατὰ τὸ πρῶτο ἥμισυ τοῦ 5ου π.Χ. αἰῶνος, ἀναμέτρησης ποὺ ἔμεινε στὴν Ἱστορία ὡς «Περσικοὶ ἢ Μηδικοὶ Πόλεμοι», δὲν θὰ εἶχαμε φθάσει στὸ ἀποκορύφωμα τοῦ κλασικοῦ πολιτισμοῦ, στὸ δεύτερο ἥμισυ τοῦ αἰῶνος, ἂν ἡ κατάληξη τῶν μαχῶν ποὺ προανέφερα θάρυνε τὴν ἐλληνικὴ πλευρά. Δὲν γνωρίζω ἂν θὰ ὑπῆρχε καὶ ὁ ἀρχαῖος ἐλληνικὸς πολιτισμὸς, ἀλλὰ καὶ ἂν ὑπῆρχε ποιά θὰ ἦταν ἡ ἔννοια καὶ τὸ περιεχόμενό του.

Ἡ συντριβὴ τῶν Περσῶν στὴν ἐξιστορούμενη μάχη κατέδειξε ὅτι ὁ περσικὸς στρατὸς δὲν ἦταν ἀήττητος, ὅπως λίγο ἢ πολὺ ἐπιστεύετο τότε, καὶ αὐτὸ εἶχε τὴν εὐεργετικὴ ἐπίδρασή του στὸ πανελλήνιο καὶ ἦταν τὸ προανάκρουσμα τῶν νικηφόρων μαχῶν ποὺ ἀκολούθησαν τὰ ἐπόμενα χρόνια.

Ἀλλὰ καιρὸς νὰ ἀσχοληθοῦμε καὶ με αὐτὸ καθ' ἑαυτὸ τὸ γεγονὸς τῆς μάχης. Ἡ δεύτερη αὐτῇ ἐκστρατεία τῶν Περσῶν κατὰ τῆς Ἑλλάδος δὲν ἀκολούθησε τὸ δρομολόγιο τῆς πρώτης, τοῦ Μαρδονίου, ὅχι διότι οἱ Πέρσες ἦσαν προληπτικοὶ καὶ ἐφοβοῦντο τὴ θαλασσοταραχὴ τῆς χερσονήσου τοῦ Ἀθῶνος ἀλλὰ διότι ἤθελαν νὰ ἀποφύγουν τὰ κτυπήματα τῶν Θρακῶν καὶ τῶν Μακεδόνων ποὺ εἶχαν δεχθεῖ τὰ στρατεύματα τοῦ Μαρδονίου καὶ νὰ ἀκολουθήσουν ἓνα συντομότερο δρομολόγιο, τὸ θαλάσσιο, διὰ τῶν Κυκλάδων, γιὰ νὰ τιμωρήσουν τὴ Νάξο, ποὺ μᾶλλον εἶχε βοηθήσει τοὺς Ἴωνες, καὶ νὰ διαπεραιωθοῦν στὴν Εὐβοία, γιὰ νὰ τιμωρήσουν τὴν Κάρυστο καὶ κυρίως τὴν Ἐρέτρια. Ὅλα αὐτὰ τὰ ἐπέτυχαν καὶ στὶς ἀρχὲς Σεπτεμβρίου τοῦ 490 π.Χ. ἐμφανίζονται στὴ θαλάσσια περιοχὴ τοῦ Μαραθῶνος καὶ ἀποβιβάζονται στὸ μυχὸ τοῦ κόλπου.

Τῆς ὅλης ἐκστρατείας ἡγούντο δύο ἱκανοὶ καὶ ἔμπειροι περὶ τὰ πολεμικὰ ἄνδρες, ὁ Δάτις καὶ ὁ Ἀρταφέρνης. Ὁ δεύτερος μάλιστα ἦταν καὶ ἀνηψιὸς τοῦ Δαρείου. Κατὰ τὸν Ἡρόδοτο, ὁ Δαρεῖος εἶχε προαποστείλει κήρυκες σὲ ἑλληνικὲς πόλεις τοῦ νησιωτικοῦ καὶ ἡπειρωτικοῦ χώρου ζητώντας «γῆν καὶ ὕδωρ». Εἶναι γνωστὸ ὅτι οἱ Πέρσες ἀνεμειγνύοντο εἰς τὰ ἑλληνικὰ πράγματα καὶ εἶχαν «φίλα προσκειμένους» μεταξὺ τῶν Ἑλλήνων. Ἐξάλλου τοὺς Δάτι καὶ Ἀρταφέρνη συνόδευε καὶ συμβούλευε ὁ Ἰππίας, υἱὸς τοῦ Πεισιστράτου, καὶ ὅχι μόνον. Ἡ ἀποβίβαση στὸ Μαραθῶνα εἶναι φανερὸ ὅτι εἶχε ὡς στόχο τὴν



κατάληψη τῆς πόλεως τῶν Ἀθηνῶν, στήν ὁποία οἱ κήρυκες τοῦ Δαρείου εἶχαν ἄσχημη ὑποδοχή καί κακὸ τέλος κατὰ τὸν Πausanias.

Ὡς πρὸς τὴ δύναμη τώρα τῆς ἐκστρατείας, φαίνεται βέβαιον ἀπὸ πολλὰς πηγὰς ὅτι ὁ στόλος ἀριθμοῦσε περὶ τὰ 600 συνολικά πλοῖα, πολεμικά καί μεταγωγικά, καί ὁ στρατὸς ὅχι περισσότερους τῶν 200 χιλιάδων ἀνδρῶν. Οἱ παραταχθέντες ὁμως στὴ μάχη Πέρσες μᾶλλον δὲν ὑπερέβαιναν τὸν ἀριθμὸ τῶν 40-50 χιλιάδων ἀνδρῶν.

Ἀπὸ πλευρᾶς Ἑλλήνων ἡ δύναμη τῶν παραταχθέντων εἶναι ἐπακριβῶς γνωστή, ἦτοι 10.000 Ἀθηναῖοι καί 1.000 Πλαταιεῖς. Οἱ Ἀθηναῖοι ζήτησαν βοήθεια ἀπὸ ἄλλες ἐλληνικὰς πόλεις ἀλλὰ μόνον οἱ Πλαταιεῖς ἀνταποκρίθηκαν. Οἱ Σπαρτιάτες δὲν ἀρνήθηκαν, ἀλλὰ προφασισθέντες ἔθιμα ἐβράδυναν νὰ ἀναχωρήσουν, μὲ ἀποτέλεσμα μία δύναμη 2.000 Σπαρτιατῶν νὰ φθάσει στὸ πεδίο τῆς μάχης τὴν ἐπομένη ἡμέρα τῆς διεξαγωγῆς τῆς χωρὶς νὰ λάβει μέρος στὸν ἀγῶνα.

Οἱ Ἀθηναῖοι ἐφθασαν στὸ Μαραθῶνα καί ἐτάχθησαν ἔναντι τῶν Περσῶν, πλὴν ἐπὶ ἡμέρας οὔτε ὁ ἓνας οὔτε ὁ ἄλλος ἀπὸ τοὺς ἀντιπάλους προχωροῦσε σὲ μάχη. Στὸ στρατόπεδον τῶν Ἑλλήνων πολέμαρχος ἦταν ὁ Ἀφιδναῖος Καλλιμάχος, μὲ τὴν ἀρχιστρατηγία νὰ περιέρχεται ἀνὰ ἡμέρα σὲ ἓναν ἀπὸ τοὺς δέκα στρατηγούς. Τελικὰ ἐπικράτησε ἡ ἀποψη —καί σὲ αὐτὸ φαίνεται ὅτι βοήθησε ὁ Καλλιμάχος— νὰ δοθεῖ ἡ ἀρχιστρατηγία μονίμως στὸν Μιλτιάδην. Ἀνεγνωρίζετο ἔτσι ἡ ὑπεροχὴ σὲ ικανότητα τοῦ στρατηγοῦ Μιλτιάδην καί ἰδιαίτερος ἡ γνώση πού εἶχε γιὰ τὸν ἀντίπαλον καί τὴν πολεμικὴ τακτικὴ πού ἀκολουθοῦσε. Ἦταν μία συνετὴ ἀπόφασις πρὸ τοῦ κινδύνου, ἡ ὁποία καί ἀπέφερε καρπούς.

Ὁ Μιλτιάδης πρὶν ἀπὸ τὴ μάχη μελετοῦσε τὸν ἀντίπαλον, τὸν κατασκόπευε καί συγκέντρωνε πληροφορίες γιὰ αὐτόν. Τὸν ἀπασχολοῦσαν ἀφενὸς μὲν ἡ ἀριθμητικὴ ὑπεροχὴ τοῦ ἐχθροῦ καί ἀφετέρου ἡ ικανότης τῶν τοξοτῶν του νὰ δημιουργοῦν φραγμὸ ἀπὸ βέλη καί νὰ ἐπιφέρουν ἀπώλειες στὸν ἐπιτιθέμενον. Τρίτον πρόβλημά του ἦταν τὸ ἵππικόν τῶν Περσῶν, πού ἦταν ἰσχυρὸ καί ἀξιόμαχον ἐνῶ ὁ ἴδιος δὲν διέθετε ἵππικὴ δύναμη γιὰ νὰ τὸ ἀντιμετωπίσει.

Ἄς ἀρχίσουμε ἀπὸ τὸ πρόβλημα τοῦ ἵππικοῦ. Ὁ Μιλτιάδης, ἀπὸ τίς πληροφορίες πού συνέλεξε, ἐγνώριζε τίς συνήθειες τῶν ἱππέων καί σκέφθηκε νὰ στερήσει ἀπὸ τὸ ἵππικόν τὴν εὐκαιρία συμμετοχῆς του στὴ μάχη. Πῶς; Ἀπλά, δὲν θὰ ἄφηνε τὴν πρωτοβουλία τῆς ἐπίθεσης στοὺς Πέρσες ἀλλὰ μὲ αἰφνιδιαστικὴ ἐπίθεσις ἐναντίον τους καί μάλιστα πολὺ πρῶτ' οἱ ἱππεῖς δὲν πρόφθαιναν νὰ συγκεντρώσουν τοὺς ἵππους των, πού τοὺς ἄφηναν ἐλεύθερους τὴ νύκτα,

οὔτε νὰ τοὺς χαλινώσουν, νὰ τοὺς ἀρματώσουν καὶ νὰ τοὺς παρατάξουν γιὰ μάχη. Ὡς τοῦτο ἐξελίχθησαν τὰ πράγματα, καὶ πρὶν καὶ ἐτοιμαστῇ τὸ περσικὸ ἱππικὸ ἡ μάχη εἶχε κριθεῖ.

Τὸν κίνδυνον τῶν ἀπωλειῶν ἀπὸ τοὺς τοξότες τοῦ ἀντιπάλου, οἱ ὁποῖοι ἐφήμιζοντο γιὰ τὶς δυνατότητές τους στὴν τοξοβολία, ὁ Μιλτιάδης τὸν ἀντιμετώπισε μὲ τὴν τακτικὴ τῆς ταχείας ἐπίθεσης καὶ μὲ τὶς ἐντολές του ὅταν οἱ ἐπιτιθέμενοι θὰ ἔφθαναν στὸ βεληνεκὲς τῶν ἐχθρικῶν τόξων, περὶ τὰ 150 μ. ἀπὸ τὴν ἐχθρικὴ παράταξη, νὰ ἐπιταχύνουν τὸ ρυθμὸ τους ὥστε νὰ μειώσουν τὸ χρόνο παραμονῆς ὑπὸ τὰ ἐχθρικά βέλη καὶ νὰ ἀποφύγουν τὶς ἀπώλειες. Ἡ τακτικὴ τοῦ αὐτοῦ ἀποδείχθηκε ἐπιτυχής, σωτήρια, καὶ αὐτὸ θὰ γίνῃ ἀντιληπτὸ ὅταν θὰ ἀναφερθοῦμε στὶς ἐκατέρωθεν ἀπώλειες.

Τὸ τρίτο πρόβλημα τῆς ἀριθμητικῆς ὑπεροχῆς τῶν Περσῶν, πού ἦταν καὶ τὸ σοβαρότερο, ὁ Μιλτιάδης ἐγνώριζε εὐθὺς ἐξαρχῆς ὅτι μόνον μὲ τὸν κατάλληλο τακτικὸ ἐλιγμὸ θὰ μπορούσε νὰ τὸ ἀντιμετωπίσει. Ἐναν ἐλιγμὸ προσαρμοσμένο στὴν τακτικὴ πού ἀκολουθοῦσαν στοὺς πολέμους οἱ ἡγήτορες τοῦ ἐχθροῦ καὶ πού ὁ ἴδιος εἶχε γνωρίσει στὸ παρελθὸν συμμετέχοντας στὸν πόλεμον τῶν Ἰώνων κατὰ τῶν Περσῶν.

Ἐφόσον λοιπὸν ἦταν βέβαιος ὅτι οἱ Πέρσες θὰ ἐμάχοντο μὲ ἰσχυρὴ φάλαγγα στὸ κέντρο τῆς ὅλης παράταξής των, σκέφθηκε νὰ τοὺς ἀντιμετωπίσει μὲ ἀσθενεῖς δυνάμεις στὸ δικό του κέντρο καὶ νὰ ἔχει ἔτσι μίαν ἐλεγχόμενη ὑποχώρηση, καθ' ὃν χρόνον τὰ ἰσχυρὰ ἄκρα τῆς παράταξής του θὰ ἐπετίθεντο κατὰ τῶν ἀσθενῶν ἄκρων τῶν Περσῶν. Ὁ ἐλιγμὸς αὐτὸς θὰ εἶχε ὡς ἀποτέλεσμα τὴν περικύκλωση τοῦ ἐχθροῦ, μὲ τὴ νικηφόρο προχώρηση καὶ στὴ συνέχεια σύγκλιση τῶν δύο ἄκρων τῆς ἐλληνικῆς παράταξης.

Ἡ καινοφανὴς αὐτὴ τακτικὴ τοῦ Μιλτιάδη, ὅπως κάθε νέα τακτικὴ ἢ στρατηγικὴ ἰδέα πού ἐφαρμόζεται γιὰ πρώτη φορά, τοῦ ἔδωσε ἕνα σαφὲς πλεονέκτημα στὸ πεδίο τῆς μάχης, ἀντισταθμίζοντας τὴν ἀριθμητικὴ ὑπεροχὴ τοῦ ἀντιπάλου. Τῇ νέᾳ ἰδέᾳ, μὲ τὸ χαρακτηρισμὸ «ἀσθενὲς κέντρο καὶ ἰσχυρὰ ἄκρα» ἐχρησιμοποίησαν πολλοὶ στρατηγοὶ στὴ συνέχεια, ἡμέτεροι καὶ ξένοι, καθὼς καὶ ὁ Μέγας Ἀλέξανδρος. Μὲ σημερινὴ ὁρολογία θὰ λέγαμε ὅτι ἦταν ἕνας ἀμφίπλευρος κυκλωτικὸς ἢ ὑπερκερωτικὸς ἐλιγμὸς. Μία τέτοια καινοτομία δικαίως χάρισε στὸν Μιλτιάδη τὸ χαρακτηρισμὸ τοῦ ἰδιοφυοῦς στρατηγοῦ.

Ὁ Μιλτιάδης ἐπέλεξε ἡ ἡμέρα τῆς ἐπίθεσης νὰ εἶναι ἡ ἡμέρα τῆς δικῆς του ἀρχιστρατηγίας, χωρὶς νὰ κάνει χρῆση τοῦ προνομίου πού τοῦ εἶχε παραχωρηθεῖ. Ἀρχισε τὴν 5ῃ πρωινὴ ὥρα, αἰφνιδιάζοντας τὸν ἀντίπαλο. Ἐνῶ οἱ



ἀντίπαλες παρατάξεις εὐρίσκονταν σὲ μία ἀπόσταση 1.500 μ. περίπου ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλη, ἢ ταχύτητα τῶν Ἑλλήνων —γιὰ τοὺς λόγους ποὺ ἐξηγήσαμε— πολὺ γρήγορα ἔφερε κοντὰ τὶς παρατάξεις καὶ μετέτρεψε τὸν ἀγῶνα σὲ σῶμα μὲ σῶμα. Ἐδῶ ἔγινε φανερὴ ἡ ὑπεροχὴ τῶν Ἑλλήνων σὲ ἐκπαίδευση καὶ σωματικά προσόντα ἀλλὰ καὶ στὸ φρόνημα. Γιὰ αὐτὸ τὸ τελευταῖο ἡ ἐξήγησις εἶναι ὅτι οἱ μὲν Ἀθηναῖοι καὶ Πλαταιεῖς ἐμάχοντο κυριολεκτικὰ ὑπὲρ θωμῶν καὶ ἐστιῶν, γιὰ τὸ ἀγαθὸ τῆς ἐλευθερίας καὶ τὴν ἀγάπῃ πρὸς τὴν πατρίδα, ἐνῶ οἱ Πέρσες ἐμάχοντο σὲ ξένη χώρα, μακριὰ ἀπὸ τοὺς δικούς τους καὶ τὴν πατρίδα τους, γιὰ τὶς φιλοδοξίες καὶ τὰ συμφέροντα τοῦ βασιλέως. Περισσότερο ὅμως ἀπὸ κάθε ἄλλο, ἡ παιδεία καὶ ὁ πολιτισμὸς στοιχειοθετοῦσαν τὴ διαφορὰ τῶν δύο ἀντιπάλων.

Ἀρχικὰ οἱ Πέρσες ἐξεπλάγησαν μὲ τὴν ἐπίθεσις τῶν Ἑλλήνων, ἰδιαίτερα μὲ τὸ παράλογο τῆς ἐνέργειάς των, λόγῳ τῆς πολὺ μεγάλης ἀριθμητικῆς ὑπεροχῆς των. Πολὺ σύντομα ὅμως συνειδητοποίησαν τὴ σοβαρότητα τῆς καταστάσεως ὅταν, τὸ μὲν ἰσχυρὸ κέντρο τους προχωροῦσε μὲ δυσκολία καὶ βραδύτητα ἐνῶ, ἀντιθέτως, τὰ ἀσθενῆ ἄκρα τους ὑποχωροῦσαν πρὸ τῆς ὀρμῆς τοῦ ἀντιπάλου.

Τὸ σχέδιο τοῦ Μιλτιάδη γρήγορα ἔγινε φανερό ὅτι ἄρχισε νὰ ἐπιτυγχάνει. Μὲ τὸν κίνδυνον ἐγκλωβισμοῦ των οἱ Πέρσες ἄρχισαν νὰ τρέπονται σὲ φυγὴ, ἐνῶ ἡ σύγκρουσις τῆς μάχης, ἡ ἔλλειψις συντονισμοῦ καὶ ἡ ἀπώλεια τοῦ ἠθικοῦ τοὺς ἐσπρωχνε πρὸς τὰ πλοῖα των, ποὺ τὰ ἔβλεπαν ὡς τὴ μόνη ὁδὸ σωτηρίας. Οἱ Ἕλληνες «ἐνίκων» καὶ κατεδίωκαν τοὺς Πέρσες «κκόπτοντες αὐτούς». Μὴ γνωρίζοντες ἐπακριβῶς καὶ τὴν περιοχὴ, στὴ φυγὴ τους πρὸς τὰ πλοῖα, οἱ Πέρσες ἔπεσαν στὸ μεγάλο ἔλος ποὺ ὑπῆρχε ἐκεῖ, καὶ ὅπως γράφει ὁ Πausanias «ἐσπίπτουσιν οἱ βάρβαροι [sc. εἰς τὸ ἔλος] καὶ σφίσιν τὸν φόνον τὸν πολὺν ἐπὶ τούτῳ συμβῆναι», δηλαδὴ στὸ ἔλος εἶχαν τὶς περισσότερες ἀπώλειες.

Οἱ Ἀθηναῖοι προσπάθησαν νὰ ἐμποδίσουν τὴν ἐπιβίβασιν στὰ πλοῖα καὶ ἀκόμα νὰ τὰ κατακαύσουν. Ἔτσι, στὸν παράλιον χώρῳ ἔλαβε χώρα σκληρὸς ἀγῶνας σῶμα μὲ σῶμα. Ἐκεῖ ἔπεσε ὁ ἀδελφὸς τοῦ τραγικοῦ ποιητῆ Αἰσχύλου Κυναίγειρος, ἐνῶ στὴ μάχῃ συμμετεῖχε καὶ ὁ ἴδιος ὁ ποιητής.

Ἡ μάχη δὲν διήρκεσε παρὰ τρεῖς ἕως τέσσερις ὥρες. Τὴν 9ῃ πρωινὴ τὰ πλοῖα τοῦ ἐχθροῦ εἶχαν ἀπομακρυνθεῖ ἀπὸ τὴν ἀκτὴ καὶ εἶχαν ἀνοιχθεῖ μὲ κατεύθυνση πρὸς τὴν ἔξοδο τοῦ νοτίου Εὐβοϊκοῦ. Ἡ νίκη τῶν Ἑλλήνων ἦταν ἀδιαμφισβήτητη καὶ περιφανής. Οἱ Πέρσες ἐγκατέλειψαν στὸ πεδίο τῆς μάχης 6.400 νεκρούς, ἐνῶ οἱ Ἕλληνες εἶχαν 192 νεκρούς, Ἀθηναῖοι ὅλοι ἐκτὸς



από μία δεκάδα, ίσως κάτι περισσότερο, Πλαταιείς. Ἡ πολὺ μεγάλη διαφορά τῶν ἀπωλειῶν ἀντικατοπτρίζει τὴ διαφορά στρατηγικῆς, ἐκγύμνασης καὶ μαχητικότητας ἀλλὰ καὶ τὴ διαφορά ἠθικοῦ, τακτικῆς σχεδίασης καὶ ποιότητας ἡγεσίας.

Κατὰ τὴ μάχη ἔπεσαν ὁ πολέμαρχος Καλλίμαχος καὶ ὁ στρατηγὸς Στησίλαος, ἐπικεφαλῆς τῶν τμημάτων τους. Ἀξίζει νὰ ἀναφερθεῖ ὅτι σὲ αὐτὴν τὴ μάχη συμμετεῖχε ὡς στρατηγὸς ὁ Ἀριστείδης ὁ Δίκαιος ἀλλὰ καὶ ὁ μετέπειτα νικητὴς τῆς ναυμαχίας τῆς Σαλαμίνος Θεμιστοκλῆς.

Τὴ μεγάλη νίκη ἀνήγγειλαν στοὺς Ἀθηναίους, εἴτε ὁ Φειδιππίδης –μᾶλλον ἀδύνατον διότι ὁ ἴδιος εἶχε διατρέξει καὶ τὴν ἀπόσταση πρὸς τὴ Σπάρτη μεταφέροντας τὸ αἶτημα τῶν Ἀθηναίων γιὰ βοήθεια–, εἴτε ὁ Εὐκλέας, ἢ καὶ ὁ Θέρσιππος, ὁ ὁποῖος μετὰ τὸ «νενικήκαμεν» ἐξέπνευσε. Εἰς ἀνάμνησιν τοῦ γεγονότος ἔχει καθιερωθεῖ τὸ ἄθλημα τοῦ μααραθωνίου δρόμου ποὺ ἔχει συμπεριληφθεῖ στὰ ἀγωνίσματα τῶν Ὀλυμπιακῶν Ἀγώνων.

Ἀπομακρυνόμενοι ἀπὸ τὸ πεδίο τῆς ἥττας τους, οἱ Δάτις καὶ Ἀρταφέρνης σκέπτονταν ὅτι ὁ κύριος στόχος τῆς ἐκστρατείας τους, ποὺ ἦταν ἡ τιμωρία τῆς πόλης τῶν Ἀθηνῶν, δὲν εἶχε ἐκπληρωθεῖ. Ἡ πόλη, ἔχοντας στείλει τὸ στρατό της στὸ Μαραθῶνα, ἔμενε ἀφρούρητη –ἐνδεχομένως νὰ εἶχαν καὶ σχετικὸ μήνυμα ἀπὸ τοὺς ἀνθρώπους των–, καὶ αὐτὸ ἦταν πρόκληση καὶ συνάμα καλὴ εὐκαιρία. Ἀποφάσισαν νὰ περιπλεύσουν τὸ Σούνιο καὶ νὰ κατευθυνθοῦν πρὸς τὸ Φάληρο γιὰ τὴ συνέχιση καὶ ἐκπλήρωση τοῦ σκοποῦ τῆς ἐκστρατείας.

Στὸ ἄλλο στρατόπεδο, ὁ Μιλτιάδης ἀνησυχοῦσε. Σκεπτόταν ὅτι, παρὰ τὴν περιφανὴ νίκη τους, ἡ κύρια δύναμη τῶν Περσῶν δὲν εἶχε ἐξοντωθεῖ καὶ παρέμενε ἱκανὴ γιὰ συνέχιση τῶν ἐπιχειρήσεων. Σκεπτόταν ἀκόμα ὅτι ἡ πόλη του ἔμενε ἀφύλακτη αὐτὴν τὴν ὥρα καὶ ὅτι, ἂν ἤθελαν οἱ Πέρσες νὰ τὴν προσβάλουν, ἡ συντομότερη ὁδὸς ἀπὸ ξηρᾶς ἦταν ἀπὸ τὸ Φάληρο. Καθόλου ἀπίθανο, καίτοι δὲν ἀναφέρεται ἀπὸ τοὺς ἱστορικοὺς νὰ εἶχε ἀνθρώπους τοῦ οἱ ὁποῖοι παρακολουθοῦσαν τὴν κίνηση τῶν περσικῶν πλοίων καὶ τὸν ἐνημέρωναν. Ἔτσι, χωρὶς χρονοτριβή, καὶ ἀφοῦ ἄφησε στὸ πεδίο τῆς μάχης μία δύναμη ὑπὸ τὸν Ἀριστείδη γιὰ τὴν ταφὴ τῶν νεκρῶν –ἀκόμα καὶ τῶν νεκρῶν τοῦ ἐχθροῦ–, τὴν περίθαλψη τῶν τραυματιῶν καὶ τὴν περισυλλογὴ τῶν λαφύρων, ἔφερε μὲ σύντονη πορεία τὸ στράτευμα στὸ χωρὸ τοῦ Φαλήρου, παρὰ τὴν κόπωση τῆς μάχης, αὐθημερόν.

Ὅταν ἔφτασε ὁ στόλος τῶν Περσῶν καὶ οἱ Δάτις καὶ Ἀρταφέρνης ἀντελήφθησαν τί εἶχε συμβεῖ, σκέφθηκαν ὅτι μία δεύτερη πανωλεθρία δὲν θὰ ἦταν ἀνεκτὴ ἀπὸ τὸν βασιλέα, ἴσως μάλιστα νὰ ἦταν ἐπικίνδυνη καὶ γιὰ τοὺς ἰδίους.

Ἀποφάσισαν λοιπὸν τὴν ἀνάκρουση πρύμνας καὶ τὴν ἐπιστροφή στὴν ἀσιατικὴ γῇ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο ἔληξε ἡ δευτέρη αὐτῇ ἐκστρατεία τῶν Περσῶν κατὰ τῆς Ἑλλάδος.

Στὸ πεδίο τῆς μάχης ἀνηγέρθησαν τύμβοι γιὰ τοὺς Ἀθηναίους καὶ τοὺς Πλαταιεῖς νεκροὺς καὶ τρόπαιο ὅπου καὶ τὸ ἐπίγραμμα τοῦ Σιμωνίδη «Ἑλλήνων προμαχοῦντες Ἀθηναῖοι Μαραθῶνι χρυσοφόρων Μήδων ἐστόρεσαν δύναμιν» νὰ διαλαλεῖ τὴ μεγάλη νίκη ἀνὰ τὸ πανελλήνιο. Μὲ τὸ αἶσθημα ὅτι οἱ θεοὶ βοηθήσαν στὴ μάχη, ἀφιέρωσαν σὲ αὐτοὺς μέρος τῶν λαφύρων, κατασκευάσθησαν ὁ Θησαυρὸς τῶν Ἀθηναίων στοὺς Δελφοὺς καὶ ἄλλοι θησαυροί, καθὼς καὶ ἀγάλματα καὶ παραστάσεις στὴν Ποικίλῃ Στοᾷ καὶ ἄλλοι. Ἐπίσης τιμῆθησαν οἱ ἡγέτες, μὲ πρῶτο τὸν Μιλτιάδη, καὶ καθιερώθηκαν ἀθλητικοὶ ἀγῶνες γιὰ νὰ θυμίζουν τὴ μεγάλη νίκη.

Ἄς δοῦμε τώρα πολὺ σύντομα καὶ τὴν ἄλλη πλευρά. Στὴν περσικὴ αὐλή, ἡ ἥττα στὸ Μαραθῶνα δὲν ματαίωσε τοὺς κατὰ τῆς Ἑλλάδος ἐπιθετικοὺς σχεδιασμοὺς τοῦ βασιλέως. Ὁ Δαρεῖος ἄρχισε νὰ προετοιμάζει νέα ἐκστρατεία κατὰ τῆς Ἑλλάδος. Τὸ γεγονός τοῦ θανάτου τοῦ τὸ ἔτος 486 π.Χ. δὲν ἀνέκοψε τίς προετοιμασίες τίς ὁποῖες ὁ υἱός του Ξέρξης, ὁ νέος βασιλεὺς, ἐνστερνισθεὶς τὰ φιλόδοξα σχέδια τοῦ πατέρα του, συνέχισε. Τελικὰ ἀνέλαβε καὶ προσωπικὰ νὰ ἡγηθῇ ὁ ἴδιος τῆς τελευταίας ἐκστρατείας κατὰ τῶν Ἑλλήνων. Ὁ κίνδυνος γιὰ αὐτοὺς τοὺς τελευταίους δὲν εἶχε τελειώσει. Τουναντίον, ἡ μάχη τοῦ Μαραθῶνος ἦταν ἡ ἀρχή.

Ἀπὸ μικρὴ ἔρευνα γιὰ τὴν τοποθέτηση τῶν σημερινῶν Ἰρανῶν ἱστορικῶν στὸ θέμα τῆς ἐξιστορούμενης μάχης καὶ κυρίως στὴ σημασία της γιὰ αὐτοὺς, διαπιστώθηκε ὅτι αὐτὴ φαίνεται ὑποβαθμισμένη στὰ ἱστορικὰ κείμενά τους καὶ ὁ σκοπός της περιορίζεται στὴν ἐπιδίωξη τιμωρίας τῶν ἐλληνικῶν πόλεων πού εἶχαν βοηθήσει στρατιωτικὰ τοὺς Ἴωνες, χωρὶς νὰ γίνεται λόγος γιὰ ἐπεκτατισμὸ στὸν ἐλληνικὸ χῶρο καὶ δι' αὐτοῦ στὸν εὐρωπαϊκόν. Βέβαια δὲν πείθουν, διότι ὅπως προαναφέρθηκε καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἔχουν ἀποφανθεῖ καὶ ξένοι ἱστορικοί, ἀφενὸς οἱ ἀλληπάλληλες ἐκστρατεῖες κατὰ τῆς Ἑλλάδος, ἀφετέρου τὸ μέγεθος τῶν προπαρασκευῶν καὶ τὸ ὕψος τῶν δυνάμεων κάθε ἐκστρατείας, προδίδουν τὸν τελικὸ μεγαλεπήβολο στόχο τῶν Περσῶν.

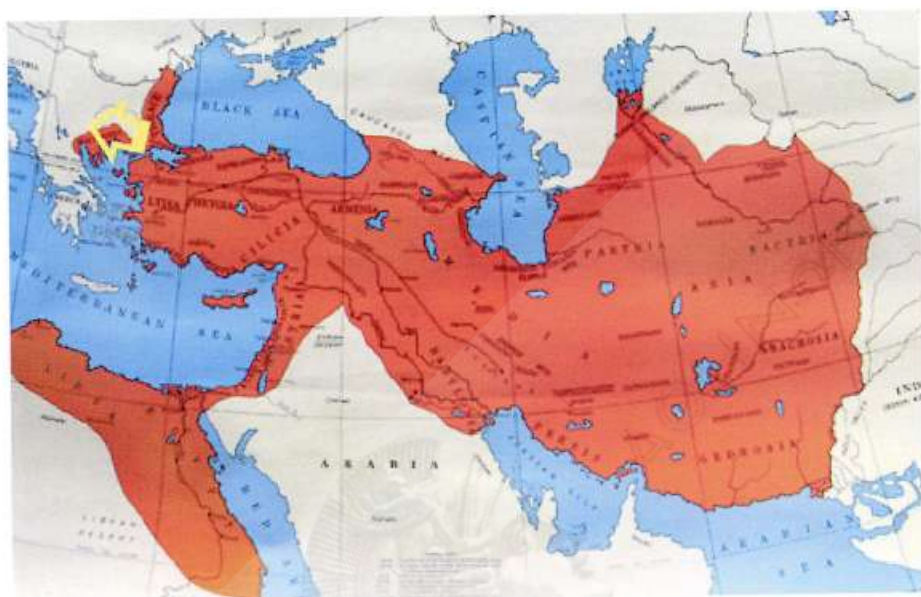
Δὲν θὰ ἐπεκταθῶ στὰ ἐπακολουθήσαντα γεγονότα. Ἡ ὁμιλία ἀφορᾷ ἀποκλειστικὰ στὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος, μέσα στὸ πλαίσιο τοῦ ἑορτασμοῦ τῶν 2.500 ἐτῶν πού ἔχουν παρέλθει ἀπὸ τὸ μεγάλο αὐτό, παγκόσμιας ἐμβέλειας, ἱστορικὸ γεγονός.

Ἡ μάχη διδάσκεται σήμερα σὲ ὅλες τὶς στρατιωτικὲς σχολές, δικές μας καὶ ξένες. Τὸν Μιλτιάδη τὸν γνωρίζουν ὅλοι οἱ ἐπαγγελματίες στρατιωτικοί. Γιατί ὅμως διδάσκεται; Ὅχι ἀσφαλῶς ἐπειδὴ ἐνδέχεται νὰ ἐπαναληφθεῖ ἓνα παρόμοιο πεδίο μάχης, μὲ τὴν τότε μορφή τοῦ πολέμου. Οὔτε κατὰ διάνοιαν, οἱ ἐποχὲς ἔχουν ἀλλάξει ἐντελῶς τὴ μορφή τοῦ πολέμου. Διδάσκεται ὅμως γιὰ τὶς ἀναλλοίωτες ἀρχές, τὶς διαχρονικὲς ἀρχές ποὺ ἀνέδειξε ἡ μάχη τοῦ Μαραθῶνος. Ὅτι μίᾱ νέα ἰδέα, σὲ στρατηγικὸ ἢ καὶ σὲ τακτικὸ ἐπίπεδο, ἐνῶ δὲν ἔχει κόστος, ἐπενεργεῖ ὡς πολλαπλασιαστὴς δυνάμεως μὲ ἐκπληκτικὰ ἀποτελέσματα. Ἐδίδαξε ἡ μάχη ὅτι ἰσχυρότερος δὲν σημαίνει καὶ ἀήττητος, ὅτι ἄξια καὶ ἰκανὴ ἡγεσία εἶναι αὐτὴ ποὺ δίνει τὸ μέτρο τῆς ἀποδοτικότητος τοῦ στρατεύματος κατὰ τὸν ἀγῶνα, ὅτι τὸ ὑψηλὸ φρόνημα καὶ τὸ ἠθικὸ τῶν μαχητῶν εἶναι ἀπαραίτητες προϋποθέσεις γιὰ ἐπιτυχία.

Ἡ μάχη τοῦ Μαραθῶνος ἔχει διδάξει πολλὰ. Πρωτίστως ὅμως ὅτι ἡ ἐλευθερία ἀπαιτεῖ συνεχὴ ἐπαγρύπνηση καὶ ἀγῶνα. Δὲν εἶναι ἐσαεὶ ἐξασφαλισμένη.

[Τὸ κείμενο συμπληρώνεται μὲ εἰκόνες καὶ χάρτες, οἱ ὁποῖοι παρατίθενται στὴ συνέχεια. Ἰδίως μὲ τοὺς χάρτες γίνεται προσπάθεια χωροθέτησης τῶν δραστηριοτήτων οἱ ὁποῖες ἀναφέρονται στὸ κείμενο, καὶ καλύπτει κατανόηση τοῦ ἐλιγμοῦ τοῦ εὐφυοῦς Μιλτιάδη].

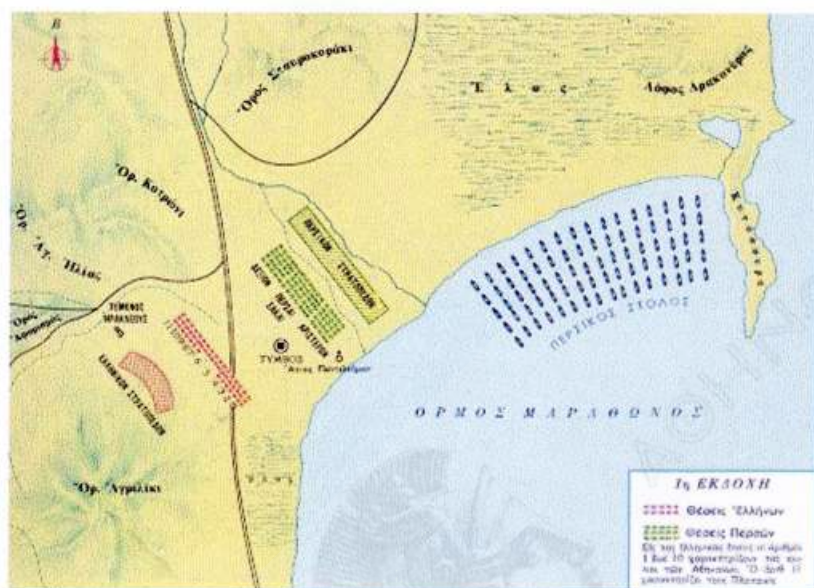




Χάρτης 1. Ἡ Περσικὴ Αὐτοκρατορία κατὰ τὸ 500 π.Χ. Τὸ κίτρινο βέλος δείχνει τὴς στρατηγικὲς ἐπιδιώξεις.



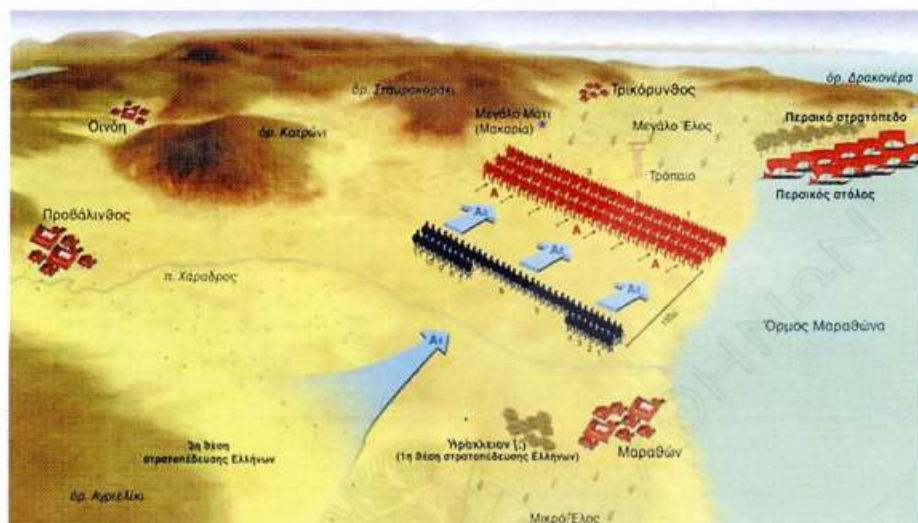
Χάρτης 2. Οἱ τρεῖς ἐκστρατεῖες τῶν Περσῶν κατὰ τῆς Ἑλλάδος.



Χάρτης 3. Ἡ περιοχή τοῦ Μαραθῶνος πρὶν ἀπὸ τὴ μάχη.



Χάρτης 4. Τὰ στρατόπεδα Ἑλλήνων καὶ Περσῶν.



Χάρτης 5. Μάχη Μαραθώνος: Παράταξη των αντιπάλων και έναρξη Α' φάσης.



Χάρτης 6. Μάχη Μαραθώνος: Συνέχιση Α' φάσης, και Β' φάση.





Χάρτης 7. Μάχη Μαραθῶνος: Γ' φάση.



Εἰκ. 1. Ὁ Τύμβος τῶν πεσόντων Ἀθηναίων, ὅπως εἶναι διαμορφωμένος σήμερα.



Εἰκ. 2. Ἡ στήλη πλησίον τοῦ Τύμβου τῶν Ἀθηναίων μετὰ τὸ ἐπίγραμμα τοῦ Σίμωνίδη.



Εἰκ. 3. Ὁ Θησαυρὸς τῶν Ἀθηναίων στοὺς Δελφοὺς.



Είκ. 4. Στο Σχοινιά, στη θέση Παναγιά Μεσσοπορίτισσα, βρίσκεται το αντίγραφο του Τροπαίου –μιά μαρμαρίνη στήλη ύψους 20 μ.– που ανήγειραν οι Ἀθηναῖοι μετά τή νίκη τους στή Μάχη τοῦ Μαραθῶνος κατά τῶν Περσῶν τὸ 490 π.Χ. Τμήματα τοῦ τροπαίου βρίσκονται στό Ἀρχαιολογικὸ Μουσεῖο Μαραθῶνος.



Είκ. 5. ᾠΓαλμα τοῦ Μιλτιάδη στήν περιοχή τοῦ Τύμβου (προσφορά τοῦ Ἑλληνοαμερικανοῦ κ. Εἰλάγγελου Γ. Σπύρου στό Δῆμο Μαραθῶνος).





Εἰκ. 6. Ἀναπαράσταση παράταξης φάλαγγας ὀπλιτῶν.



Εἰκ. 7. Ἀρχαία παράσταση Περσῶν πολεμιστῶν. Τμήμα τῆς Ζωφόρου τῶν Τοξοτῶν στὸ παλάτι τοῦ Δαρείου Α' στὰ Σοῦσα. Πίνακας ἀπὸ ἐμφιαλωμένους πλίνθους, περ. 510 π.Χ. Παρίσι, Μουσεῖο Λούβρου.



Είχ. 8. Τὸ κράνος τοῦ Μιλτιάδη, ἐπικεφαλῆς τῶν Ἑλλήνων στὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος, τὸ ὁποῖο ὁ Ἀθηναῖος στρατηγὸς ἀφιέρωσε στὸ ἱερὸ τοῦ Διὸς στὴν Ὀλυμπία μετὰ τὴ μεγάλη νίκη.



Είχ. 9. Φανταστικές σκηνές-ἀναπαραστάσεις ἀπὸ τὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος.





Εἰκ. 10. Ἀναπαράσταση τῆς συμπλοκῆς Ἑλλήνων καὶ Περσῶν κοντὰ στὰ πλοῖα τῶν τελευταίων. Διακρίνεται ὁ Κυναίγειρος ποὺ προσπαθεῖ νὰ συγκατῇσει ἓνα ἐχθρικό πλοῖο.



ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 16ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2010

## Η ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΩΝ. ΙΣΤΟΡΙΑ, ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΑΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. Γ. ΣΤΑΜΑΤΟΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ\*

Είχα ασχοληθεί με το θέμα της καταγωγής των σύγχρονων Μακεδόνων πριν περίπου σαράντα χρόνια. Μετά, ζώντας στο εξωτερικό και με τη συνήθη ένταση της ακαδημαϊκής και έρευνητικής ζωής, ουσιαστικά ξέχασα τη Μακεδονία και το λεγόμενο Μακεδονικό Ζήτημα.

Έπαιρνα επιφανειακά και παροδικά ερεθίσματα από τα γραφόμενα κατά καιρούς στον ελληνικό Τύπο, αλλά αυτά δεν ήταν αρκετά για να μου κινήσουν το ενδιαφέρον. Στις συχνές επισκέψεις μου στην Ελλάδα δεν θυμάμαι αν ποτέ συζητήθηκε το θέμα της Μακεδονίας με γνωστούς και φίλους. Στη μικρή κοινωνία των Ελλήνων πανεπιστημιακών του Πανεπιστημίου Washington δεν έχου- με συζητήσει ποτέ για τη Μακεδονία. Ούτε στην ελληνική κοινότητα της πε- ριοχής.

Ουσιαστικά κανένας στο περιβάλλον μου στο εξωτερικό ή στην Ελλάδα δεν φαινόταν να ενδιαφέρεται για τη Μακεδονία. Τουλάχιστον αρκετά ώστε να συζη- τήσει αυτό το θέμα μαζί μου. Έτυχε όμως να έχω μια συζήτηση με συμπολίτη Αμερικανό και εξεπλάγην από την έκταση της γνώσης του στο θέμα της Μα- κεδονίας. Ρωτώντας πού έμαθε ό,τι έμαθε, κατευθύνθηκα στο internet, στο δια- δίκτυο. Και δεν μου άρεσε ό,τι είδα.

---

\* Ο κ. Γεώργιος Σταματογιαννόπουλος είναι καθηγητής Γενετικής και Ιατρικής Γενε- τικής του Πανεπιστημίου Washington.

## 1. ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Τὸ διαδίκτυο ἔχει ἤδη ἀναδειχθεῖ ὡς τὸ κύριο μέσο πληροφόρησης καὶ ἐξάπλωσης ἰδεῶν στὶς προηγμένες χώρες καὶ στὸ μέλλον θὰ καλύψει ὅλη τὴν ἀνθρωπότητα. Ἡ χρήση του στοὺς ἐπιστημονικοὺς καὶ πολλοὺς ἐπαγγελματικοὺς τομεῖς εἶναι ἀνυπολόγιστη. Ἡ χρήση του στὸ ἐμπόριο αὐξάνεται συνεχῶς. Ἀλλὰ ἐκεῖ πού ἡ ἐπιρροή του εἶναι ἰδιαίτερα αἰσθητὴ εἶναι ἡ ἐκπαίδευση.

Σὲ μιὰ ἔρευνα πού ἐγίνε τὸ 2000 γιὰ τὴ χρήση τοῦ διαδικτύου ἀπὸ τὶς ἀμερικανικὲς οἰκογένειες βρέθηκε ὅτι τὸ 94% τῶν μαθητῶν τῶν σχολείων χρησιμοποιοῦν τὸ διαδίκτυο γιὰ τὴ σχολικὴ τους δουλειὰ καὶ γιὰ τὸ 71% τῶν μαθητῶν τὸ διαδίκτυο ἦταν ἡ κύρια ἢ ἡ μοναδική πηγὴ πληροφοριῶν. Τὰ τελευταῖα δέκα χρόνια, στὶς ΗΠΑ, ἡ χρήση τοῦ διαδικτύου ὡς πηγῆς πληροφοριῶν ἀπὸ μαθητὲς καὶ φοιτητὲς ἔχει πλησιάσει τὸ 100%. Παρόμοια εἶναι καὶ ἡ συχνότητα χρήσης ἀπὸ δασκάλους, δημοσιογράφους, πολιτικοὺς συμβούλους, πολιτικούς, καὶ ἀπὸ ὅλα τα ἄτομα πού ζητοῦν μιὰ ταχεῖα πληροφόρηση γιὰ ἓνα θέμα πού τοὺς ἐνδιαφέρει.

Ἄς ὑποθέσουμε τώρα ὅτι ἓνας σπουδαστής, ἓνας δάσκαλος ἢ ἓνας δημοσιογράφος θέλει νὰ πάρει πληροφορίες γιὰ τὴν ἀρχαία Μακεδονία. Πηγαίνει σὲ ἓνα πληροφοριακὸ κέντρο τοῦ διαδικτύου, ὅπως εἶναι τὸ λεγόμενο Google, καὶ γράφει «Ancient Macedonians», ὅπως φαίνεται στὴν κορυφὴ τῆς Εἰκόνας 1. Ἐμφανίζεται ἡ πρώτη σελίδα μὲ δέκα ἱστοσελίδες. Ἡ σειρά πού ἐμφανίζονται οἱ ἱστοσελίδες στὸ διαδίκτυο εἶναι πολὺ σημαντικὴ γιατί ἔρευνες ἔχουν δείξει ὅτι πολλοὶ χρήστες τοῦ διαδικτύου συνήθως ἀνοίγουν καὶ διαβάζουν μόνο τὶς πρῶτες κατὰ σειρά ἱστοσελίδες. Αὐτὸ εἶναι πολὺ σημαντικό ἀπὸ ἐμπορικῆς ἀπόψεως. Τόσο σημαντικό ὥστε νὰ ὑπάρχουν ἐταιρεῖες πού ἐξειδικεύονται, ἀντὶ σημαντικοῦ χρηματικοῦ ποσοῦ, στὸ νὰ ἐπεξεργάζονται τὶς ἱστοσελίδες κατὰ τρόπο πού αὐξάνει τὴν πιθανότητα ὅτι θὰ ἐμφανισθοῦν μεταξύ τῶν πρώτων σὲ μιὰ ἀναζήτηση στὸ διαδίκτυο.

Ὁ ἀναγνώστης ἀνοίγει ἓναν ἀπὸ τοὺς πρώτους τίτλους. Βρίσκεται στὴν ἱστοσελίδα τοῦ ὀργανισμοῦ Ἱστορία τῆς Μακεδονίας (History of Macedonia.org), πού λέει ὅτι εἶναι ἀφιερωμένος στὴ μελέτη τῶν 2.500 χρόνων τῆς ἱστορίας τοῦ μακεδονικοῦ ἔθνους. Ἐδῶ κανεὶς βρίσκει πλῆθος πληροφοριῶν γιὰ τὴν ἀρχαία Μακεδονία, τὴ ρωμαϊκὴ Μακεδονία, τὴ βυζαντινὴ Μακεδονία, τὴν ἀρχαιολογία τῆς Μακεδονίας κ.ο.κ. Βλέπει ἓναν τίτλο, «Γιατί οἱ Μακεδόνες δὲν ἦσαν ποτὲ Ἕλληνες». Ἀνοίγει τὸν τίτλο καὶ βρίσκει ἓνα ἄρθρο γραμμένο ἀπὸ ἓναν καθη-

γητή του Πανεπιστημίου του Harvard που εξηγεί λεπτομερώς γιατί οι Μακεδόνες δεν ήταν ποτέ Έλληνες. Ο αναγνώστης επανέρχεται στην ιστοσελίδα και βλέπει έναν άλλο τίτλο, «Γιατί οι Μακεδόνες δεν είναι Σλάβοι». Και ο άθως ιστορικά αναγνώστης —και επιμένω επ' αυτού, ότι δεν είσατε έσείς και εγώ που έχουμε ιστορική μόρφωση για τον ελληνικό χώρο αλλά ένας από τα εκατομμύρια ατόμων που χρησιμοποιούν κάθε ημέρα το διαδίκτυο—, ένα άτομο που αγνοεί την ελληνική ιστορία, διαβάσει σε αυτήν την ιστοσελίδα γιατί οι Σκοπιανοί Μακεδόνες είναι απόγονοι των αρχαίων Μακεδόνων. Μαύρα βέλη στην Είκ. 1 δείχνουν σκοπιανές ιστοσελίδες. Έπτά στίς δέκα ιστοσελίδες πληροφορούν τον αναγνώστη ότι οι Μακεδόνες δεν ήταν Έλληνες, και ότι οι Έλληνες σφετερίζονται την ιστορία της αρχαίας Μακεδονίας.

Ανοίγουμε τώρα μια άλλη ιστοσελίδα που έχει τον τίτλο «Αρχαία Μακεδονία» («Ancient Macedonia»). Μαθαίνουμε για τους Μακεδόνες βασιλείς, τον Φίλιππο, τον Αλέξανδρο, τον Περδίκκα, τους Πτολεμαίους. Μαθαίνουμε για την ξεχωριστή εθνική ταυτότητα των Σκοπιανών, γιατί ο Μέγας Αλέξανδρος μισούσε τους Έλληνες, για το πώς οι Γερμανοί ιστορικοί του 19ου αιώνα βάφτισαν τους Μακεδόνες Έλληνες και γιατί οι σημερινοί Έλληνες κλέβουν τη μακεδονική ιστορία.

Η επόμενη ιστοσελίδα περιέχει παρόμοιες ιστορίες. Η επόμενη έχει τον τίτλο «Ιστορία». Ανοίγουμε τον υπότιτλο «Έλληνες και Μακεδόνες» και βρίσκουμε το περίφημο άρθρο του καθηγητή του Harvard. Ανοίγουμε τον υπότιτλο «εθνικότητα των Μακεδόνων» και βρίσκουμε πλήθος άρθρων που υποστηρίζουν ότι οι Μακεδόνες δεν είναι Έλληνες.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι απλώς θέλουμε να πάρουμε μια γενική ιδέα για την ιστορία της Μακεδονίας. Γράφουμε στην αναζήτηση «Ιστορία της Μακεδονίας» και βγαίνουν οι δέκα πρώτες ιστοσελίδες. Τέσσερις ιστοσελίδες αφορούν βιβλία, στατιστικές, φωτογραφίες. Έξι ιστοσελίδες είναι πληροφοριακές. Οι πέντε είναι ανθελληνικές. Μόνο μία από τις έξι δίνει πληροφορίες που εκπροσωπούν τις ελληνικές απόψεις.

Ας υποθέσουμε ότι απλώς θέλουμε να μάθουμε τί είναι η Μακεδονία. Γράφουμε τη λέξη «Macedonia». Βγαίνουν εννέα ιστοσελίδες. Η μία περιέχει φωτογραφίες κυρίως από τα Σκόπια. Οι έπτά αναφέρονται στα Σκόπια. Μόνο η μία αναφέρεται στην Έλληνική Μακεδονία.

Θα μπορούσα να περάσω ώρες συζητώντας το τί συμβαίνει στο διαδίκτυο αναφορικά με το θέμα της Μακεδονίας και της καταγωγής των Μακεδόνων. Η



εικόνα είναι σαφής. Τὰ ἑκατομμύρια τῶν ἀνὰ τὸν κόσμον χρηστῶν τοῦ διαδικτύου, ὅταν θέλουν νὰ πληροφορηθοῦν περὶ Μακεδονίας, ἔχουν 80-90% πιθανότητες νὰ μάθουν ὅτι ἡ Μακεδονία καὶ οἱ Μακεδόνες δὲν ἔχουν καμία σχέση μὲ τοὺς Ἕλληνες καὶ τὴν Ἑλλάδα (1).

Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι διεγείρεται ἡ περιέργεια κάποιου χρήστη τοῦ διαδικτύου καὶ θέλει νὰ διαβάσει ἓνα βιβλίο περὶ Μακεδονίας. Ἐδῶ ἐμφανίζεται μιὰ ἄλλη μορφή τοῦ διαδικτύου, ἡ ἐμπορική, καὶ τὸ ἐξαιρετικὰ ἐπιτυχὲς διαδικτυακὸ βιβλιοπωλεῖο. Στὸ διαδικτυακὸ βιβλιοπωλεῖο ὑπάρχει τεράστια ἐπιλογή βιβλίων πού δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ βρεθοῦν στὰ ράφια καὶ τῶν μεγαλύτερων διεθνῶν βιβλιοπωλείων. Ἐπιπροσθέτως, στὸ διαδικτυακὸ βιβλιοπωλεῖο τῆς ἐταιρείας Amazon, γιὰ πολλὰ βιβλία ὑπάρχουν βιβλιοκριτικές (2).

Πηγαίνομε λοιπὸν στὸ διαδικτυακὸ βιβλιοπωλεῖο Amazon καὶ ἀναζητοῦμε βιβλία πού ἔχουν στὸν τίτλο τους τὴ λέξη «Μακεδονία». Ἐν ἀντιθέσει μὲ τίς ἱστοσελίδες πού ἀνέφερα προηγουμένως στίς ὁποῖες ἡ σειρὰ ἐμφάνισης μπορεῖ νὰ ἐπηρεασθεῖ ἐξωγενῶς μὲ διάφορους χειρισμούς, ἡ σειρὰ μὲ τὴν ὁποία ἐμφανίζονται τὰ βιβλία στὸ Amazon καθορίζεται βάσει δύο κριτηρίων, τὸ ἔτος ἐκδόσεως καὶ τὸν ἀριθμὸ πωλήσεων τοῦ βιβλίου. Στὴν πρώτη σελίδα τοῦ Amazon ἐμφανίζονται πέντε βιβλία γιὰ τὴ Μακεδονία. Τέσσερα ἀπὸ τὰ πέντε βιβλία ἀφοροῦν τὴ Σκοπιανὴ Μακεδονία ἢ τὴ σκοπιανὴ ἄποψη γιὰ τὸ Μακεδονικὸ Ζήτημα (3). Τὸ πέμπτο βιβλίο παρουσιάζει τὸ Μακεδονικὸ Ζήτημα χωρὶς νὰ παίρνει θέση. Ἀπὸ τὰ ἐπόμενα πέντε βιβλία, τρία εἶναι σκοπιανὰ ἢ φιλοσκοπιανὰ. Ἐνα εἶναι ἡ ἱστορία τῆς Μακεδονίας ἀπὸ τὸν Malcolm Errington (4). Ἐπτὰ στὰ δέκα βιβλία πού ἐμφανίζονται πρῶτα κατὰ σειρὰ στὴν ἀναζήτηση στὸ Amazon εἶναι φιλοσκοπιανὰ. Πρέπει νὰ ψάξει κανεὶς σχολαστικὰ στὸ Amazon καὶ στὰ ἄλλα διεθνή ἠλεκτρονικὰ βιβλιοπωλεῖα γιὰ νὰ βρεῖ τὰ ἐλάχιστα βιβλία πού ἐκφράζουν τὴν ἐλληνικὴ ἄποψη. Συμπέρασμα: Βιβλία γιὰ τὴν Ἑλληνικὴ Μακεδονία ἢ τὴν ἐλληνικὴ ἄποψη τοῦ Μακεδονικοῦ Ζητήματος γράφονται σχετικὰ σπάνια, καὶ ὅταν γράφονται σπάνια ἀγοράζονται ἀπὸ τὸ εὐρὺ ἀναγνωστικὸ κοινό.

Σκέφθηκα ὅτι θὰ πρέπει νὰ ὑπάρχει ἓνας τομέας ὅπου θὰ προβάλλεται ἡ Ἑλληνικὴ Μακεδονία στὸ διαδίκτυο: Ὁ τουρισμός. Ἕνας τρόπος τουριστικῆς προβολῆς εἶναι οἱ ταξιδιωτικοὶ ὁδηγοί. Ἐκανα μιὰ ἔρευνα στὸ διαδίκτυο καὶ μέτρησα πόσοι διεθνεῖς ταξιδιωτικοὶ καὶ ἀρχαιολογικοὶ τουριστικοὶ ὁδηγοὶ ἔχουν ἐκδοθεῖ στὴν ἀγγλικὴ γλῶσσα κατὰ διαμερίσματα τῆς Ἑλλάδος ἀπὸ τὸ ἔτος 2000 μέχρι τώρα. Ἡ Κρήτη εἶναι πρωταθλήτρια μὲ 111 πρῶτες ἐκδόσεις ἢ ἐπανεκδόσεις ἀπὸ τὸ 2000. Τὰ Ἰόνια καὶ ἡ Κέρκυρα ἀκολουθοῦν

μέ 48 και οι Κυκλάδες μέ 45, ενώ τα Δωδεκάνησα μέ 29 και η Πελοπόννησος μέ 15. Πρώτιστα ποιοί γράφουν αυτά τα βιβλία. Πολλοί ταξιδιωτικοί οδηγοί είναι ανώνυμοι. Από τους 111 ταξιδιωτικούς οδηγούς της Κρήτης, οι 72 είναι επώνυμοι. 24% εξ αυτών, δηλαδή ένα στα τέσσερα βιβλία, έχουν γραφτεί από Έλληνες συγγραφείς.

Πρώτιστα τώρα πόσα τουριστικά βιβλία έχουν γραφτεί για τη Μακεδονία. Ο αριθμός είναι 3. Και τα 3 για τη Σκοπιανή Μακεδονία. Κανένα για την Ελληνική Μακεδονία. Είναι σαν να μην ανήκει στην Ελληνική Μακεδονία ο Όλυμπος, η Χαλκιδική, το Άγιο Όρος, η Θεσσαλονίκη, η Βεργίνα και οι πολλοί άλλοι αρχαιολογικοί χώροι, οι φυσικές ομορφιές, τα βυζαντινά μνημεία.

Θα μπορούσε κανείς να μιλήσει ώρα για το τί συμβαίνει με τη Μακεδονία και το διαδίκτυο. Το συμπέρασμα είναι απλό. Ένας ξένος που θα συμβουλευτεί το διαδίκτυο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μόνο μία Μακεδονία. Η Σκοπιανή Δημοκρατία της Μακεδονίας, της οποίας οι κάτοικοι κατάγονται από τους φημισμένους αρχαίους Μακεδόνες.

Ένας Έλληνας καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι Έλληνες έχουν τελείως ξεγράψει τη Μακεδονία. Γιατί είναι γνωστό ότι όλες αυτές οι ιστοσελίδες και η προπαγάνδα δεν είναι απόρροια κυβερνητικών προσπαθειών αλλά ατομικών πρωτοβουλιών από Σλαβομακεδόνες της Αυστραλίας, του Καναδά και των ΗΠΑ. Έν συγκρίσει υπάρχουν πολύ λίγες ατομικές και συλλογικές ελληνικές πρωτοβουλίες.

## 2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ

Έρχομαι τώρα στο θέμα της ιστορίας της καταγωγής των Μακεδόνων. Η ιστορία για την καταγωγή των αρχαίων Μακεδόνων, που όλοι σέ αυτό το ακροατήριο γνωρίζουν, είναι ότι οι Μακεδόνες ήταν ένα δωρικό φύλο που μιλούσε μία τοπική διάλεκτο της ελληνικής γλώσσας και κατά την περίοδο των επιγόνων του Μεγάλου Αλεξάνδρου διέδωσε την ελληνική γλώσσα και τον ελληνικό πολιτισμό σε ένα μεγάλο κομμάτι της τότε γνωστής οίκουμένης.

Το 1980 έγινε ένα σημαντικό συνέδριο στην πρωτεύουσα των ΗΠΑ, την Washington DC. Είχαν προηγηθεί το 1977 οι αρχαιολογικές ανακαλύψεις της Βεργίνας και άλλες αρχαιολογικές έρευνες στη Μακεδονία, οι οποίες θεωρούνται διεθνώς από τις μεγαλύτερες αρχαιολογικές επιτυχίες του 20ού αιώνα. Έγινε, τότε, το 1980, ένας εορτασμός των ανακαλύψεων στην Ελληνική Μακεδονία



ὕπὸ τὴ μορφή μιᾶς ἐκθέσεως γιὰ τὰ εὐρήματα τῆς Βεργίνας καὶ ἄλλων μακεδονικῶν ἀνασκαφῶν. Ἡ ἐκθεσὴ γιόρταζε τὴν ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας (5). Τῆς ἐκθέσεως προηγήθηκε μιὰ ὁμιλία τοῦ τότε Προέδρου τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας Κωνσταντίνου Καραμανλῆ, τῆς ὁποίας τὸ θέμα ἦταν ἡ ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας. Στὸ πλαίσιο αὐτῶν τῶν ἐορταστικῶν ἐκδηλώσεων ἔγινε καὶ ἓνα συνέδριο ὑπὸ τὸν τίτλο *Μακεδονία καὶ Ἑλλάς* στὸ τέλος τῶν κλασικῶν χρόνων καὶ τίς ἀρχές τῆς Ἑλληνιστικῆς Περιόδου (6). Τὸ Συνέδριο ὁργανώθηκε ἀπὸ τὴ National Gallery τῶν ΗΠΑ καὶ προσκεκλημένοι σύνεδροι ἦταν ἱστορικοὶ ἀπὸ τὴν Ἀμερική καὶ τὴν Εὐρώπη, ἀρχαιολόγοι, ἱστορικοὶ τῆς τέχνης καὶ ἄλλοι ἀκαδημαϊκοί.

Ἕνας ἀπὸ τοὺς ὁργανωτὲς τοῦ Συνεδρίου ἦταν ὁ Eugene Borza, καθηγητὴς τῆς Ἱστορίας στὸ πολιτειακὸ πανεπιστήμιο τῆς Πενσυλβανίας, ὁ ὁποῖος εἶχε ἀποκτήσει φήμη μὲ τὰ βιβλία του γιὰ τὸν Μέγα Ἀλέξανδρο. Ἀπὸ τοὺς 16 ὁμιλητὲς 3 ἦταν ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα, ὁ ἀκαδημαϊκὸς Τρυπάνης, ὁ Μιλτιάδης Χατζόπουλος καὶ ὁ Νικόλαος Γιαλούρης. Ὁ Ἀνδρόνικος παρευρέθηκε στὸ Συνέδριο ἀλλὰ δὲν μίλησε. Ὁ κύριος ὁμιλητὴς ἦταν ὁ Ernst Badian, καθηγητὴς τῆς Ἱστορίας στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Harvard. Ὁ Badian, ἐβραϊκῆς καταγωγῆς Αὐστρο-Ἀμερικανός, μιὰ ἀπὸ τίς σημαντικότερες μορφές στὴ σύγχρονη ἀμερικανικὴ ἀκαδημαϊκὴ ἱστορικὴ ἔρευνα, ἰδιόρρυθμος, σπουδαῖος κλασικιστής, πολυμαθής, γλωσσομαθής, ἄπταιστος γνώστης τῆς ἀρχαίας ἐλληνικῆς καὶ ἱστορικὸς ρεβιζιονιστής πού μὲ τὴν καταπληκτικὴ του εὐρυμάθεια καὶ τὴ συγγραφικὴ του δεινότητα, χρησιμοποιώντας εὐχερῶς ἀρχαῖες πηγές, καὶ μὲ ἰσχυρὴ δόση φαντασίας ἐπανερμήνευε τὴν ἀρχαία ἱστορία. Σὲ ἓνα ἀπὸ τὰ ἔργα του μὲ τίτλο *Ἀπὸ τίς Πλαταῖες στὴν Ποτίδαια, μελέτη στὴν ἱστορία καὶ ἱστοριογραφία τῆς πεντηκονταετίας* (7), τὰ βάζει μὲ τὸν Θουκυδίδη. Παρακάτω εἶναι ἀποσπάσματα ἀπὸ μιὰ κριτικὴ αὐτοῦ τοῦ βιβλίου, γραμμὲν ἀπὸ τὸν καθηγητὴ Stadter καὶ δημοσιευμένη στὸ περιοδικὸ *The Classical Review* (8). Γράφει ὁ Stadter: «[...] Στὴν πάλη του μὲ τὸν Θουκυδίδη, ὁ Badian χρησιμοποιεῖ κάθε μέσο ἱστορικῆς κριτικῆς καὶ ρητορισμοῦ γιὰ νὰ πετάξει τὸν ἀτίτασο συγγραφέα στὴν ψάθα. Ἡ μέθοδός του συνδυάζει τὴ λεπτομερὴ ἐξέταση τῶν κειμένων καὶ τῶν λεπτῶν σημείων τῆς χρήσης τῆς ἐλληνικῆς γλώσσας, τὴ λογικὴ ἀνάλυση, τὴ σταθερὴ πεποίθησή του γιὰ τὴν προ-Ἀθηναϊκὴ προκατάληψη τοῦ Θουκυδίδη καὶ μιὰ εὐφάνταστη ἀνασύνθεση τῆς Ἱστορίας, παρουσιάζοντάς τα σὲ ἓνα πλαίσιο ἐμπαθοῦς ρητορικῆς». Καὶ παρακάτω: «[...] Ὁ Badian ὑποστηρίζει ὅτι ὁ Θουκυδίδης μᾶς ἔχει συχνὰ δώσει τὸ ἀπόλυτο ἀντίθετο τῆς ἀλήθειας, ἀποκρύπτοντας ἔτσι τὴν



ἀνηλεότητα τῆς ἀθηναϊκῆς ρεάλ πολιτικῆς. Βρίσκει ὅτι μεγάλο μέρος τῆς ιστορικῆς περιγραφῆς γιὰ τὰ θέματα τῆς Μακεδονίας καὶ τῆς ἐγγὺς περιοχῆς εἶναι καθαρὸ ἀποκύημα φαντασίας». Καὶ καταλήγει: «[...] Ὁ Badian ἀρέσκεται νὰ γίνεται ὑβριστικὸς ἐκδιάζοντας τοὺς ἀναγνώστες του νὰ δοῦν τὸν Θουκυδίδη μὲ νέο μάτι. Ἡ δριμεία του γλώσσα τρυπάει τὴν πλαδαρὴ σκέψη [σ.σ. τοῦ ἀναγνώστη] ἀκόμη καὶ ὅταν δὲν πείθει. Ἐπιπλέον, ἡ «εἰσαγγελικὴ» ρητορικὴ τοῦ Badian δημιουργεῖ ἓναν Θουκυδίδη πού στο τέλος εἶναι ἓνας ἀπλοϊκὸς συγγραφέας, δόλιος καὶ ἐπιδέξιος (μὲ τὴν ἀρνητικὴ ἔννοια τῆς λέξης), πού ὅμως εὐκολα γίνεται ἀντιληπτὸς ἀπὸ τὸν παρατηρητικὸ ἀναγνώστη». Αὐτὰ τὰ ἀποσπάσματα σὰς δίνουν μιὰ ἰδέα γιὰ τὸν τρόπο ἀνακατασκευῆς τῆς Ἱστορίας ἀπὸ τὸν καθηγητὴ Badian.

Ἡ ἐπιλογή τοῦ Badian ὡς κύριου ὁμιλητῆ ἀντὶ τοῦ Hammond (9), πού ἦταν ὁ κορυφαῖος μακεδονιστὴς ἱστορικὸς τοῦ 20οῦ αἰῶνα, εἶναι ἰδιαίτερα ἐνδιαφέρουσα καὶ περὶερρη. Στὴν ὁμιλία του ὁ Badian παρουσίασε μιὰ ἐμπεριστατωμένη ἐργασία μὲ τὸν τίτλο «Ἕλληνες καὶ Μακεδόνες», πού στὴν ἐκδοσὴ τῶν πρακτικῶν τοῦ συνεδρίου καταλαμβάνει ἔντεκα μεγάλου σχήματος σελίδες καὶ ὀκτὼ σελίδες ὑποσημειώσεις. Ὁ σκοπὸς αὐτῆς τῆς ἐργασίας ἦταν νὰ ἀποδείξει, μὲ διάφορα ἱστορικῶν περιεχομένου ἐπιχειρήματα, ὅτι οἱ Μακεδόνες δὲν ἦταν Ἕλληνες (10). Ἄς φανταστεῖτε τώρα τὸ σκηνικό. Εἴσατε στὸ Συνέδριο πού, ἐπ' εὐκαιρίᾳ τοῦ θριάμβου τῆς ἐλληνικῆς ἀρχαιολογίας καὶ τῶν εὐρημάτων τῆς Βεργίνας, ἐορτάζει τὴν ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας. Τὸ Συνέδριο ἀρχίζει μὲ τὴν ὁμιλία τοῦ κυρίως ὁμιλητοῦ. Καὶ ὁ ὁμιλητὴς αὐτὸς διακηρύσσει ὅτι κακῶς ἐορτάζετε τὴν ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας γιατί οἱ Μακεδόνες δὲν ἦταν ποτὲ Ἕλληνες.

Ἐχῶ διαβάσει ἐπανειλημμένα αὐτὴ τὴ διατριβὴ τοῦ Badian. Εἶναι πολὺ προσεκτικὰ γραμμένη μὲ πυκνὴ ἐπιχειρηματολογία πού βασίζεται στὴ ρεβιζιονιστικὴ του ἐρμηνεία τῶν γεγονότων καὶ τῶν ἱστορικῶν πηγῶν. Τὰ δύο του βασικὰ ἐπιχειρήματα εἶναι, πρῶτον, ὅτι ὅλα ὅσα γράφει ὁ Ἡρόδοτος περὶ ἐλληνικότητας τῶν Μακεδόνων, περὶ καταγωγῆς τῶν Μακεδόνων βασιλέων ἀπὸ τοὺς Τημενίδες τοῦ Ἀργούς, περὶ τῶν πράξεων τοῦ Ἀλεξάνδρου τοῦ Α', εἶναι ὅλα ψέματα. Ὁ Ἡρόδοτος εἶναι ἀπλῶς πράκτορας καὶ φερέφωνο τῆς μακεδονικῆς προπαγάνδας. Αὐτὴ ἡ ἐρμηνεία τῆς Ἱστορίας στηρίζεται σὲ διάφορα ἐπιχειρήματα πού εὐκολα πείθουν τὸν μὴ ἐνημερωμένο ἀκροατή.

Τὸ δεύτερο ἐπιχείρημα γιὰ τὴν —κατὰ τὸν Badian— μὴ ἐλληνικότητα τῶν Μακεδόνων εἶναι ἡ μακεδονικὴ γλώσσα. Μὲ σειρὰ λογισμῶν πού βασίζονται στὴν ἐρμηνεία κάποιων ἱστορικῶν πράξεων καὶ στὴν τέλεια ἀδιαφορία γιὰ τὴν ὑπαρξή

ἄλλων ἐνδείξεων, συμπεριλαμβανομένων καὶ τῶν ἐπιγραφῶν, ὁ Badian συμπεραίνει ὅτι ὁ μακεδονικὸς λαὸς μιλοῦσε μιὰ γλῶσσα ποῦ δὲν ἦταν ἐλληνική (11).

Ἡ παρουσίαση αὐτὴ τοῦ Badian ἦταν περίτεχνη ἀλλὰ γεμάτη ὑποθέσεις καὶ εἰκασίες. Ἐχῶ μετρήσει σὲ αὐτὴν τὴν ἐργασία πάνω ἀπὸ τριάντα ὑποθέσεις καὶ εἰκασίες (12). Ἄν εἶχε παρουσιασθεῖ σὲ ἓνα ἄλλο forum, σὲ μιὰν ἄλλη ἐποχή, αὐτὴ ἡ διατριβὴ τοῦ Badian πιθανῶς θὰ εἶχε πολὺ μικρὸ ἀντίκτυπο. Τώρα ἔχει γίνεи εὐρύτατα γνωστὴ καὶ ἔχει δώσει σημαντικὴ ὑποστήριξη στὴ σκοπιανὴ ἀποψη περὶ Μακεδονίας (13). Δυστυχῶς ἔχει μείνει ἀναπάντητη. Δὲν ἔχω δεῖ καμιά συστηματικὴ μελέτη, ἀπὸ Ἑλληνα ἱστορικό, δημοσιευμένη στὴν ἀγγλικὴ γλῶσσα, ποῦ νὰ ἀντικρούει ἓνα πρὸς ἓνα τὰ ἐπιχειρήματα τοῦ Badian.

Τὰ βήματα τοῦ Badian ἀκολουθεῖ ὁ ἱστορικός Borza (14). Ὅπως θυμᾶστε, ὁ Borza ἦταν ὁ συνδιοργανωτὴς τοῦ Συνεδρίου. Ὁ Badian εἶναι ἱστορικός ἐρευνητής. Ὁ Borza εἶναι ἱστορικός ἀλλὰ καὶ ἐκλαϊκευτής. Γλαφυρὸς καὶ παραγωγικὸς συγγραφέας ποῦ γράφει βιβλία περὶ Μεγάλου Ἀλεξάνδρου καὶ περὶ Μακεδονίας τὰ ὁποῖα ἀπευθύνονται σὲ δασκάλους καὶ σπουδαστὲς τῆς Ἱστορίας. Τὰ βιβλία του βρίσκονται στὰ ράφια τῶν κολεγιακῶν βιβλιοθηκῶν τῆς Ἀμερικῆς. Βιβλία ὅπως *Στὴ σκιά τοῦ Ὀλύμπου* (15), *Πρὶν ἀπὸ τὸν Ἀλέξανδρο* (16), *Μακεδονικά* (17). Ὁ Borza ἐπαναλαμβάνει μὲ ἐκλαϊκευμένο τρόπο τίς ὑποθέσεις καὶ εἰκασίες τοῦ Badian, ὅχι ὡς ὑποθέσεις ἀλλὰ σὰν ἱστορικὰ δεδομένα. Γιὰ παράδειγμα, στὸ πρῶτο κεφάλαιο τοῦ βιβλίου του *Πρὶν ἀπὸ τὸν Ἀλέξανδρο* γράφει συνοπτικὰ ὅτι τὰ παραμύθια γιὰ τὴν ἐλληνικὴ καταγωγὴ τῶν Μακεδόνων βασιλέων εἶναι μακεδονικὴ προπαγάνδα, ἢ συζητώντας γιὰ τὸν Ἀλέξανδρο τὸν Α' γράφει ὅτι «ὁ Ἡρόδοτος μὲ τὴ σιωπὴ καὶ ἀσάφειά του ἔκρυψε τὴν ἀλήθεια γιὰ τίς δραστηριότητες τοῦ Ἀλεξάνδρου τοῦ Α'» (16).

Καὶ ἡ μὴ ἐλληνικὴ καταγωγὴ τῶν Μακεδόνων ἀρχίζει νὰ θεωρεῖται ἀπὸ νεώτερους Ἀμερικανοὺς ἱστορικοὺς ὡς δεδομένη. Παράδειγμα εἶναι ἓνα πρόσφατο βιβλίο περὶ Μεγάλου Ἀλεξάνδρου ποῦ ἀπευθύνεται στὸ εὐρὺ κοινὸ καὶ στὰ σχολεῖα (18). Εἶναι πλουσιότατα εἰκονογραφημένο μὲ εἰκόνες ἀπὸ τὴν Ἑλληνικὴ Μακεδονία καὶ εὐρήματα ἀπὸ τὰ ἐλληνικὰ μουσεῖα. Στὴν εἰσαγωγὴ τῆς ἡ συγγραφέας συνοπτικὰ ἀποφαίνεται: «Οἱ Μακεδόνες δὲν ἦταν καὶ Ἑλληνες» (18).

Τὸ πρόβλημα εἶναι ὅτι ὅλες αὐτὲς οἱ δοξασίες ἀπὸ τοὺς Borza, Badian καὶ ἄλλους ἱστορικοὺς ὅπως ὁ Peter Green ἔχουν μείνει, μὲ ἐλάχιστες ἐξαιρέσεις, ἀναπάντητες (19).



### 3. Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ

Έρχομαι τώρα στο τρίτο μέρος αυτής της ομιλίας, τη Γενετική. Για να χειρισθώ αυτό το θέμα θα πρέπει να κάνω μια μικρή εισαγωγή.

Όλοι σε αυτήν την αίθουσα έχουμε τον ίδιο αριθμό γονιδίων αλλά διαφέρουμε μεταξύ μας. Ένας από τους λόγους που διαφέρουμε είναι ότι έχουμε διαφορετικές παραλλαγές γονιδίων. Παραλλαγές που είναι σχετικά συχνές τις ονομάζουμε γενετικούς πολυμορφισμούς.

Οι άνθρωποι πληθυσμοί έχουν περίπου τους ίδιους γενετικούς πολυμορφισμούς αλλά σε διαφορετικές συχνότητες. Έπι παραδείγματι οι συχνότητες του πολυμορφισμού των ομάδων αίματος A, B, O διαφέρουν μεταξύ πληθυσμών. Άλλα οι ομάδες αίματος A, B, O υπάρχουν σε όλους τους πληθυσμούς και είναι αδύνατον βάσει μόνο αυτής της ομάδας αίματος να καθορίσουμε σε ποιο πληθυσμό ανήκει ένα άτομο, αν είναι Έλληνας, Ισπανός ή Ιρλανδός.

Η τεράστια πρόοδος της Γενετικής και της Γονιδιωματικής την τελευταία δεκαετία έχει αλλάξει τελείως το σκηνικό γιατί μπορούμε να προσδιορίσουμε όχι έναν, δέκα ή εκατό διαφορετικούς γενετικούς πολυμορφισμούς σε έναν πληθυσμό αλλά εκατοντάδες χιλιάδες ή και εκατομμύρια. Μπορούμε έτσι να καθορίσουμε ένα συνδυασμό συχνότητων γενετικών πολυμορφισμών που να αποτελεί ένα είδος γενετικής ταυτότητας του πληθυσμού. Και με βάση αυτήν τη γενετική ταυτότητα μπορούμε να καθορίσουμε, με μεγάλη πιθανότητα, σε ποιο πληθυσμό ανήκει ένα άτομο. Ουσιαστικά, αναλύοντας το DNA ενός ατόμου για χιλιάδες πολυμορφισμούς, είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε τον τόπο καταγωγής του ατόμου σε απόσταση περίπου 300 χιλιομέτρων. Να προσδιορίσουμε δηλαδή αν ένα άτομο είναι Έλληνας, Κροάτης ή Σουηδός. Παρόμοιες μελέτες γίνονται στον ελληνικό χώρο από την έρευνητική μου ομάδα και τους συνεργάτες μου.

Τα έρωτήματα Γενετικής που θα συζητήσω είναι τέσσερα.

- Πρώτο έρώτημα: Είναι οι Νεο-Έλληνες απόγονοι των Σλάβων;

Ο Fallmerayer πίστευε ότι οι Σλάβοι αντικατέστησαν στην Πελοπόννησο και την υπόλοιπη Ελλάδα τους αρχαίους Έλληνες που είχαν αφανισθεί από τις επιδημίες και τις αλληπάλληλες βαρβαρικές επιδρομές. Βάσισε τη θεωρία του στα σλαβικά τοπωνύμια της Πελοποννήσου και σε κείμενα βυζαντινών και άλλων πηγών. Παρά τα περί του αντιθέτου επιχειρήματα διαφόρων ιστορικών όπως ο



Παπαρρηγόπουλος, ἡ θεωρία ἐπιζεῖ μέχρι σήμερα, κυρίως στὰ γραφόμενα ἀπὸ Σλάβους ἱστορικούς, καὶ ἀναφέρεται κατὰ κόρον στὸ διαδίκτυο. Χαρακτηριστικὸ τῆς ἐπιρροῆς τοῦ Fallmerayer στὴ σημερινὴ Γερμανία εἶναι ὅτι τὸ χειμῶνα τοῦ 2010, ὅταν ἡ οἰκονομικὴ κρίση τῆς Ἑλλάδας ἔγινε παγκόσμιον γεγονός καὶ μερίδα τοῦ γερμανικοῦ Τύπου ἐξετράπη σὲ προσβλητικὰ γιὰ τὴν πατρίδα μας σχόλια, ἐπανεκδόθηκαν, στὴ Γερμανία, ὡς paperbacks, δηλαδὴ βιβλία εὐρείας καταναλώσεως, τὰ ἔργα τοῦ Fallmerayer.

Ὁ Fallmerayer ὀρθῶς ὑπέθεσε ὅτι οἱ Σλάβοι ποὺ ἐπέδραμαν ἀπὸ τὸν 6ο μέχρι τὸν 9ο αἰ. στὴν Ἑλλάδα προέρχονταν ἀπὸ τὴ σλαβικὴ κοιτίδα ποὺ γεωγραφικὰ τοποθετεῖται στὴν Οὐκρανία καὶ τὴ Νότια Ρωσία. Γιὰ αὐτὸ ὅταν ἀναζητοῦσε τὴ σλαβικὴ ἀντιστοιχία πελοποννησιακῶν τοπωνυμίων, τὴν ἔβρισκε στὴ σλαβικὴ κοιτίδα τῆς κεντροανατολικῆς Εὐρώπης.

Τὸ 1/3 τοῦ πληθυσμοῦ τῆς Εὐρώπης εἶναι Σλάβοι καὶ ὡς ἐκ τούτου ἔρευνες γιὰ τὴ γενετικὴ δομὴ τῶν σλαβικῶν πληθυσμῶν ἀφθονοῦν. Χαρακτηριστικά, σὲ ὅλες τὶς μελέτες ποὺ περιλαμβάνουν ἑλληνικούς καὶ σλαβικούς πληθυσμούς, οἱ Ἕλληνες διακρίνονται γενετικῶς ἀπὸ τοὺς Σλάβους. Στὴν Εἰκ. 2 δείχνω ἀποτελέσματα μιᾶς ἀπὸ αὐτὲς τὶς μελέτες γιατί εἶναι σχηματικὰ εὐκολονόητα (20). Μιὰ μεγάλη ομάδα, κυρίως Σλάβων ἐρευνητῶν, ἀποφάσισε νὰ καθορίσει, χρησιμοποιοῦντας πολυμορφισμοὺς τοῦ χρωμοσώματος Υ, τὴ γενετικὴ συγγένεια τῶν σημερινῶν πληθυσμῶν ποὺ κατοικοῦν στὴν ἱστορικογεωγραφικὰ σλαβικὴ κοιτίδα στὴ βορειοανατολικὴ Εὐρώπη. Ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα, οἱ τρεῖς σλαβικοὶ πληθυσμοὶ σχεδὸν δὲν ξεχωρίζονται γενετικὰ μεταξύ τους. Ἄλλοι πληθυσμοὶ ὅπως Φινλανδοί, Σουηδοί, Γερμανοί, Ἰταλοί, Τούρκοι καὶ Ἕλληνες χρησιμοποιήθηκαν ὡς controls, καὶ ὅπως εἶναι καταφανὲς ξεχωρίζουν τελείως ἀπὸ τοὺς Σλάβους. Οἱ Ἕλληνες ἀπέχουν ἀπὸ τοὺς Σλάβους καὶ εἶναι κοντὰ μὲ τοὺς Τούρκους καὶ τοὺς Ἰταλούς.

Ἄν ὑπῆρχε σημαντικὴ σλαβικὴ ἐπιμειξία στὸν ἑλληνικὸ πληθυσμὸ οἱ Ἕλληνες θὰ ἔπρεπε νὰ ἐφάπτονται στὴν Εἰκ. 2 μὲ τοὺς σλαβικούς πληθυσμούς. Αὐτὸ δὲν συμβαίνει. Πάμπολλες γενετικὲς μελέτες ξεχωρίζουν τοὺς ἑλληνικούς ἀπὸ τοὺς σλαβικούς πληθυσμούς. Ἡ θεωρία τοῦ Fallmerayer εἶναι ἀπλῶς μιὰ πολυσυζητημένη θεωρία τοῦ 19ου αἰῶνα ποὺ δὲν ὑποστηρίζεται ἀπὸ τὰ σημερινὰ δεδομένα τῆς Πληθυσμιακῆς Γενετικῆς. Αὐτὸ δὲν σημαίνει ὅτι δὲν ὑπάρχει στὴν Ἑλλάδα ἐπιμειξία μὲ Σλάβους ἐποικιστές. Ὑπάρχει, καὶ θὰ καταστεῖ δυνατόν νὰ μετρηθεῖ ποσοτικὰ μὲ σύγχρονες γενετικὲς τεχνικὲς. Ἀλλὰ αὐτὸ δὲν εἶναι ἄσχημο. Ὅλοι οἱ εὐρωπαϊκοὶ πληθυσμοὶ ἔχουν ἐπιμειξίες. Αὐτὰ

πού ἀκούγονται μερικές φορές περί καθαρότητας τῆς ἐλληνικῆς φυλῆς εἶναι, γενετικῶς, ἀνοησίες.

Θὰ ἤθελα νὰ κάνω ἓνα σχόλιο γιὰ τὴ γενετικὴ συγγένεια ἐλληνικῶν καὶ τουρκικῶν πληθυσμῶν. Ὅπως βλέπετε στὴν Εἰκ. 2, οἱ δύο πληθυσμοὶ ἐφάπτονται. Ἡ συγγένεια ὀφείλεται σὲ δύο κυρίως λόγους:

Πρῶτον, ὅπως γίνεται τώρα ὅλο καὶ περισσότερο ἀποδεκτό, ἡ ἀρχικὴ πατρίδα τῶν Ἰνδοευρωπαίων δὲν ἦταν ἡ βορειοανατολικὴ Εὐρώπη, ὅπως πολλὲς θεωρίες ὑποστηρίζουν, ἀλλὰ ἡ Ἀνατολία. Οἱ Ἰνδοευρωπαῖοι προφανῶς μετακινήθηκαν μὲ τὴν ἐξάπλωση τῆς γεωργίας πρὶν 9.000 μὲ 11.000 χρόνια ἀπὸ τὴν Ἀνατολία στὴν Εὐρώπη μέσω Θράκης καὶ Μακεδονίας. Μιὰ ομάδα ἐποίκισε τὸν ἐλληνικὸ χῶρο. Πολλαπλὲς γενετικὲς μελέτες δείχνουν ὅτι οἱ Ἰνδοευρωπαῖοι οὐσιαστικὰ εἴμαστε γενετικὰ ἀνατολίτες.

Ὁ δεύτερος καὶ κυριότερος λόγος ἔχει σχέση μὲ τὴ γενετικὴ δομὴ καθ' ἑαυτὴν τοῦ τουρκικοῦ πληθυσμοῦ. Οἱ σημερινοὶ τουρκοὶ πληθυσμοὶ εἶναι ἀπόγονοι τῶν παλαιῶν πληθυσμῶν τῆς Μικρᾶς Ἀσίας, δηλαδὴ τῶν Ἰώνων, Δωριέων, Βυζαντινῶν, Παφλαγόνων, Καρύων, Καππαδόκων κ.λπ. Ἡ γενετικὴ συμβολὴ τῶν τουρκικῶν φύλων πού κατέκτησαν τὴ Μικρὰ Ἀσία ἔχει ὑπολογισθεῖ σὲ διαφορὲς γενετικὲς μελέτες νὰ κυμαίνεται ἀπὸ 10% μέχρι 30% (21, 22). Μιὰ λεπτομερὴς μελέτη ἀπὸ μιὰ ομάδα Τούρκων καὶ ἐπιφανῶν δυτικῶν ἐρευνητῶν μέτρησε τὴν ἀρχικὴ τουρκικὴ γενετικὴ συμβολὴ στὸ σημερινὸ τουρκικὸ πληθυσμὸ ἀπὸ 5% μέχρι 8% (23). Ἡ Τουρκία εἶναι ἓνα ἀπὸ τὰ παραδείγματα ὅπου μιὰ γενετικὴ μειοψηφία κατακτητῶν ἐπιβάλλει τὴ γλῶσσα ἀλλὰ ὅχι καὶ τὰ γονίδιά της στὴν πλειοψηφία τῶν μικρασιατικῶν πληθυσμῶν.

• Δεύτερο ἐρώτημα: Εἶναι οἱ Σκοπιανοὶ ἐκσλαβισμένοι ἀπόγονοι τῶν ἀρχαίων Μακεδόνων;

Τὸ ὅτι οἱ Σκοπιανοὶ δὲν εἶναι Σλάβοι προβάλλεται κατὰ κόρον στὸ διαδίκτυο. Τὰ ἐπιχειρήματα ἀφθονοῦν. Παραδείγματος χάριν:

– ὑποστηρίζεται ὅτι οἱ ἰσχυρισμοὶ περὶ σλαβικῆς καταγωγῆς τῶν Σκοπιανῶν εἶναι παλιὰ κομμουνιστικὴ προπαγάνδα,

– ὑποστηρίζεται ὅτι ὑπάρχουν ἱστορικὲς ἀποδείξεις περὶ τῆς καταγωγῆς τῶν Σκοπιανῶν ἀπὸ τοὺς ἀρχαίους Μακεδόνες,

– ὑποστηρίζεται ὅτι οἱ γενετικὲς ἐρευνες ἀποδεικνύουν ὅτι οἱ Σκοπιανοὶ εἶναι ἐκσλαβισμένοι ἀρχαῖοι Μακεδόνες, κ.ο.κ.

Διερωτῶμαι ἂν αὐτὰ περιλαμβάνονται στὴν ἱστορία πού διδάσκεται στὰ σκο-



πιανά σχολεία και πανεπιστήμια, αλλά φαίνεται ότι έχουν γίνει αποδεκτά και από Σκοπιανούς διανοούμενους. Πριν από χρόνια είχα μια εμπειρία με τον τότε Πρόεδρο της Μακεδονικής Ακαδημίας Επιστημών, που προσπαθούσε να με πείσει ότι οι Σλαβομακεδόνες είναι εκσλαβισθέντες απόγονοι των αρχαίων Μακεδόνων. Είναι αυτό σωστό ή όχι; Μπορεί η Γενετική να απαντήσει στο ερώτημα αν οι Σκοπιανοί είναι Σλάβοι ή όχι;

Το διάγραμμα της Είκ. 3α δείχνει μια γενετική μέθοδο με την οποία μπορούμε, χρησιμοποιώντας τις συχνότητες γενετικών πολυμορφισμών, να καθορίσουμε τη συγγένεια μεταξύ διαφόρων πληθυσμών. Οι πληθυσμοί τοποθετούνται σαν κλαδιά δένδρων. Πληθυσμοί που απέχουν μεταξύ τους, όπως οι Α και Γ έχουν μικρότερη συγγένεια σε σχέση με πληθυσμούς όπως οι Δ, Ε, Ζ που τοποθετούνται ό ένας κοντά στον άλλο. Έρευνήτες από διάφορες σλαβικές χώρες έρευνήσαν τη συγγένεια μεταξύ 25 σλαβικών πληθυσμών (24), και η Είκ. 3β είναι από μία δημοσίευση που συνοψίζει τα ευρήματά τους. Επικεντρώστε την προσοχή σας στο μέρος του διαγράμματος όπου είναι τα κλαδιά του δένδρου. Ένα κλαδί ανεβαίνει προς τα επάνω και καταλήγει σε μερικά κλαδάκια που τα έχω κυκλώσει. Οι πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των κλαδιών μέσα στον κύκλο δείχνουν ότι αυτοί οι πληθυσμοί είναι ουσιαστικά αδέρφια. Ποιοι είναι αυτοί οι πληθυσμοί;

Se=Σέρβοι, Bu=Βούλγαροι, Bo=Βόσνιοι, Ma=Σκοπιανοί Μακεδόνες

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι Σκοπιανοί είναι γενετικά αποδεδειγμένα ένας σλαβικός πληθυσμός. Τα περί καταγωγής από τους αρχαίους Μακεδόνες είναι φαντασιώσεις.

• Το τρίτο ερώτημα: Είναι οι σημερινοί Μακεδόνες Έλληνες ή είναι εξελιγμένοι Σλάβοι;

Αυτό το ερώτημα με απασχόλησε πριν σαράντα χρόνια. Τότε είχαμε στη διάθεσή μας ελάχιστους γενετικούς πολυμορφισμούς που μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε για να κάνουμε συγκρίσεις μεταξύ πληθυσμών. Αποφάσισα τότε να χρησιμοποιήσω 5 πολυμορφισμούς ερυθροκυτταρικών ενζύμων και να μελετήσω τις συχνότητές τους στους Μακεδόνες και τους άλλους Έλληνες. Δεν υπάρχει καμία διαφορά μεταξύ Μακεδόνων και των άλλων Ελλήνων (25).

Όταν έγραφα την εργασία, η συνεργάτης μου Eloise Giblett, φημισμένη αιματολόγος ερευνήτρια και μέλος της Αμερικανικής Ακαδημίας των Επιστημών, βρήκε στη βιβλιογραφία μια εργασία που περιέγραφε τη συχνότητα



αὐτῶν τῶν ἴδιων γενετικῶν πολυμορφισμῶν στοῦ βουλγαρικοῦ πληθυσμοῦ. Ὅποτε εἶχαμε μιὰ μοναδική εὐκαιρία νὰ συγκρίνουμε τοὺς Ἑλλήνες Μακεδόνες μὲ τοὺς Βούλγαρους. Τὰ ἀποτελέσματα εἶναι στὴν Εἰκ. 4 (βλ. δεξιὰ στήλη τῆς εἰκόνας, κάτω ἀπὸ τὸ γράμμα ρ). Οἱ ἀριθμοὶ κάτω ἀπὸ τὸ ρ δείχνουν τὴν πιθανότητα οἱ διαφορὲς μεταξὺ Μακεδόνων καὶ Βουλγάρων νὰ ἔχουν βρεθεῖ τυχαῖα. Ἡ πιθανότητα ὅτι ἡ διαφορὰ στοῦ δευτέρου πολυμορφισμοῦ παρατηρήθηκε κατὰ τύχη εἶναι 8 στοῦ ἑκατομμύριου. Γιὰ τὸν τέταρτο πολυμορφισμό 3 στίς 10.000. Γιὰ τὸν πέμπτο 2%. Καὶ τὸ συμπέρασμά μας ἦταν ὅτι προφανῶς εἶναι τελείως ἀπίθανο οἱ σημερινοὶ Μακεδόνες νὰ εἶναι ἐξελληνισμένοι Σλάβοι (25).

- Τὸ τέταρτο ἐρώτημα: Τί ἦταν οἱ ἀρχαῖοι Μακεδόνες; Δωρικό φύλο ἢ ἓνα μὴ ἑλληνικό φύλο, ὅπως ὁ Badian καὶ ρεβιζιονιστὲς ἱστορικοὶ ὑποστηρίζουν; Εἶναι δυνατόν ἡ σύγχρονη Γενετική νὰ ἀπαντήσει σὲ αὐτὸ τὸ ἐρώτημα;

Ἡ ἀπάντηση εἶναι ναί, ἀλλὰ θὰ πάρει μερικὰ χρόνια.

Ἀρχισα νὰ ἀσχολοῦμαι μὲ τὴν Ἀρχαιογενετική πρὶν ἀπὸ δέκα περίπου χρόνια, καὶ ὁ σκοπός μου ἦταν νὰ μελετήσω ὅλους τοὺς ἀρχαίους ἑλληνικοὺς πληθυσμούς ἀλλὰ γρήγορα ἐπικεντρώθηκα στοὺς Μινωίτες. Ἡ προέλευση τῶν Μινωιτῶν εἶναι ἄγνωστη. Ο Sir Arthur Evans πίστευε ὅτι Αἰῶνιοι καὶ Αἰγύπτιοι μετανάστευσαν στὴν Κρήτη καὶ ἀνέπτυξαν τὸ μινωικό πολιτισμό. Ἄλλες θεωρίες ἔχουν ἐπίσης ὑποστηριχθεῖ. Ἡ ἐπικρατέστερη ἀποψη εἶναι ὅτι οἱ Μινωῖτες δὲν ἀνήκουν στοὺς γλωσσικὰ Ἰνδοευρωπαϊκούς πληθυσμούς ποὺ ἐποίκισαν τὴν Εὐρώπῃ τῇ Νεολιθικῇ Ἐποχῇ. Ἀπὸ μινωικά ὀστικά ὑπολείμματα 4.000 χρόνων ἀπομονώσαμε DNA καὶ καθορίσαμε τοὺς πολυμορφισμούς τοῦ μιτοχονδριακοῦ DNA, καθὼς τὸ μιτοχονδριακὸ DNA εἶναι εὐκολότερο νὰ ἀπομονωθεῖ ἀπὸ ἀρχαῖα ὀστά. Οἱ πολυμορφισμοὶ τοῦ μινωικοῦ μιτοχονδριακοῦ DNA ἔχουν τὰ χαρακτηριστικά τοῦ εὐρωπαϊκοῦ πληθυσμοῦ. Νομίζω ὅτι εἶναι πιθανὸ ὅτι οἱ Μινωῖτες ἦταν καὶ αὐτοὶ ἓνας κλάδος τῶν Ἰνδοευρωπαίων ποὺ μετακινήθηκαν στὴν Εὐρώπῃ κατὰ τὴ Νεολιθικῇ Ἐποχῇ ἀπὸ τὴν Ἀνατολία.

Ἀλλὰ γιὰ νὰ καθορίσει κανεὶς ἐπακριβῶς ἂν οἱ ἀρχαῖοι Μακεδόνες ἦταν πράγματι δωρική φυλὴ δὲν ἐπαρκεῖ ἡ ἀνάλυση τοῦ μιτοχονδριακοῦ DNA. Πρέπει νὰ γίνῃ σύγκριση ἀρχαίων Μακεδόνων καὶ ἄλλων ἀρχαίων ἑλληνικῶν φύλων, χρησιμοποιώντας ἑκατοντάδες χιλιάδες γενετικῶν πολυμορφισμῶν τοῦ πυρηνικοῦ DNA. Αὐτὸ θὰ ἦταν καθαρὴ οὐτοπία ἀκόμη καὶ πρὶν τρία χρόνια. Εἶναι ὅμως σαφές ὅτι αὐτὸ θὰ εἶναι ἐφικτὸ στοῦ μέλλον.

Τὰ τελευταῖα χρόνια ἔγινε μιὰ ἀλματώδης ἀνάπτυξη τῆς τεχνολογίας τοῦ ἀρχαίου DNA. Ἐπετεύχθη ἡ ἀπομόνωση DNA ἀπὸ μουσειακὰ ἐκθέματα ὁστῶν καὶ ὁ καθορισμὸς τοῦ γονιδιώματος τῶν ἀνθρώπων Νεάντερταλ (26-28). Ἐνα ἄγνωστο μέχρι πρὸ ὀλίγου εἶδος ἀνθρώπου ἀνακαλύφθηκε μὲ τὴν ἀνάλυση τοῦ μιτοχονδριακοῦ γονιδιώματος σὲ ὅσα τριάντα χιλιάδων ἐτῶν (29). Τὸ γονιδίωμα ἐνὸς Παλαιο-Ἑσκιμώου, ποὺ πέθανε πρὸ χιλιάδων ἐτῶν, καθορίστηκε χρησιμοποιοῦντας DNA ἀπὸ τὶς τρίχες τῆς κεφαλῆς του ποὺ βρέθηκαν διατηρημένες μέσα στὸν πάγο (30). Αὐτὴν τὴν καινούρια τεχνολογία, ποὺ εἶναι ἐξαιρετικὰ δύσκολη καὶ πανάκριβη, ἀναπτύσσομε τώρα στὴν ἐρευνητικὴ μου ὁμάδα μὲ σκοπὸ τὴ σύγκριση μεταξὺ Μινωιτῶν καὶ Μυκηναίων.

Μὲ τὴν περαιτέρω ἀνάπτυξη καὶ ἀπλοποίηση τῆς τεχνολογίας τοῦ ἀρχαίου DNA πιστεύω ὅτι θὰ ἔχουμε τὴ δυνατότητα νὰ ἀπαντήσομε, μὲ γονιδιακὰς μελέτες τοῦ DNA τῶν ἀρχαίων Μακεδόνων καὶ τῶν πληθυσμῶν τῆς κλασικῆς ἐποχῆς, στὸ ἐρώτημα ἂν οἱ ἀρχαῖοι Μακεδόνες ἦταν ἐλληνικὸ φύλο. Μέχρις οὗτο αὐτὸ καταστεῖ τεχνικὰ καὶ οἰκονομικὰ ἐφικτό, οἱ ἀρχαιολόγοι μας θὰ πρέπει νὰ φυλάνε τὰ ἀρχαῖα ὅσα σὰν κόρη ὀφθαλμοῦ.

Γιατί, ὅσο καὶ νὰ εἶναι δύσκολο νὰ τὸ φανταστεῖ κανεὶς, στὸ ἐγγὺς μέλλον θὰ ἔχουμε τὴ δυνατότητα νὰ ἐρευνῶμε σκοτεινὰ ἢ ἀμφισβητούμενα σημεῖα τῆς Ἱστορίας μας ἀναλύοντας τὸ DNA τῶν ἀρχαίων προγόνων μας.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αὕτῃ ἡ μονοπώληση στὸ διαδίκτυο τῶν λέξεων «Μακεδονία» καὶ «μακεδονικός» ἀπὸ τοὺς Σκοπιανούς ἀφορᾷ τὰ πάντα. Ἐπὶ παραδείγματι στὴν ἀναζήτηση «macedonian mountains» θὰ βγοῦν τὰ ὄρη τῶν γειτόνων μας, δὲν θὰ βγεῖ ὁ Ὀλυμπος. Στὴν ἀναζήτηση «macedonian monasteries» θὰ βγοῦν μόνο τὰ μοναστήρια τῶν Σκοπιῶν. Τὸ ἴδιο καὶ στὴν ἀναζήτηση «macedonian tourism». Ὅσο καὶ νὰ ψάξει κανεὶς δὲν μπορεῖ νὰ βρεῖ ἱστοσελίδες γιὰ τὸν τουρισμὸ τῆς Ἑλληνικῆς Μακεδονίας, πιθανότατα γιατί δὲν ὑπάρχει καὶ τέτοια ἱστοσελίδα. Αὐτὸ πιθανῶς ἀντανακλᾷ εἴτε ἀπάθεια τῶν Ἑλλήνων σχετικὰ μὲ τὴ Μακεδονία ἢ ἀπειρία στὴ χρησιμοποίηση τοῦ διαδικτύου, ἢ ἀμφότερα.
2. Ἡ ἀνθελληνικὴ καὶ φιλοσκοπιανὴ προπαγάνδα ἐπεκτείνεται καὶ στὴ βιβλιοκριτικὴ. Ὅταν ἓνα βιβλίον παρουσιάζει μιὰ οὐδέτερη ἀποψη τοῦ Μακεδονικοῦ Ζητήματος ὑφίσταται δριμύεια ἐπίθεση. Τὰ ἴδια ἐπιχειρήματα κατὰ τῆς ἐλληνικότητος τῆς Μακεδονίας ἐπαναλαμβάνονται στὶς κριτικὰς διαφόρων βιβλίων. Συχνὰ οἱ κριτικὰς βιβλίων ποὺ παίρνουν οὐδέτερη θέση στὸ Μακεδονικὸ Ζήτημα εἶναι καθαρὰ προπα-



γανδιστικές. Δυστυχώς, λίγοι Έλληνες σχολιάζουν βιβλία. Η βιβλιοκριτική είναι σημαντική γιατί επηρεάζει τα άτομα που δεν είναι επαρκώς πληροφορημένα επί του Μακεδονικού Ζητήματος, και εμμέσως τα αποτρέπει από το να διαβάσουν βιβλία που δεν προπαγανδίζουν τη σκοπιανή πλευρά του Μακεδονικού Ζητήματος.

3. Τα πρώτα δύο βιβλία είναι τουριστικοί οδηγοί για τη Σκοπιανή Μακεδονία. Το τρίτο βιβλίο έχει τίτλο *Macedonia and Macedonians*, γραμμένο από τον Andrew Rossos, καθηγητή της Ιστορίας στο Πανεπιστήμιο του Τορόντο, στον Καναδά. Το βιβλίο έχει εκδοθεί από το Ίδρυμα Hoover. Παρότι υποτίθεται ότι τα βιβλία που εκδίδονται από το Ίδρυμα Hoover δεν εκφράζουν τις απόψεις του Ιδρύματος, αυτή καθ' εαυτή η έκδοση βιβλίου από το συγκεκριμένο οργανισμό προσδίδει κύρος στο βιβλίο. Ο καθηγητής Ρόσσος είναι Σλαβομακεδόνας, καταγόμενος από την Έλληνική Μακεδονία, και σε αυτό το βιβλίο δίνει μια αποκλειστικά σκοπιανή αποψη για το Μακεδονικό Ζήτημα και την ιστορία της Μακεδονίας.
4. R. Malcolm Errington, *A history of Macedonia*, University of California Press 1990 (Barnes and Noble Books). Η *Ιστορία της Μακεδονίας* του Errington είναι μια καλογραμμένη και σχετικώς συνοπτική ιστορία της Μακεδονίας (320 σελίδες με τη βιβλιογραφία). Τίποτα το προ-έλληνικό. Δεν απέφυγε τη δηκτική βιβλιοκριτική των Σκοπιανών. Γράφει ένας Σκοπιανός σχολιαστής: «Ο Errington συμπεραίνει ότι οι Μακεδόνες ήταν Έλληνες παρά τις συντριπτικές αρχαίες ενδείξεις επί του αντιθέτου [...]. Είναι λάθος να συμπεραίνει κανείς ότι οι Μακεδόνες μιλούσαν μια ελληνική διάλεκτο, όταν και ο Μέγας Αλέξανδρος έλεγε ότι η μακεδονική γλώσσα ήταν η μητρική του γλώσσα». Ψάχνοντας καλύτερα στο Amazon, βρίσκουμε το δεύτερο τόμο του κλασικού τρίτομου βιβλίου του Hammond *Ιστορία της Μακεδονίας*. Το βιβλίο επισύρει τη μνην των Σκοπιανών. Γράφει ένας Σκοπιανός στην κριτική αυτού του κλασικού βιβλίου: «[...] όταν οι Έλληνες κατέκτησαν τη Μακεδονία του Αιγαίου, σκότωσαν, βασάνισαν και εκδίωξαν χιλιάδες Μακεδόνες». Προπαγάνδα αντί βιβλιοκριτικής! Τα αναφέρω αυτά για να δείξω το βαθμό φανατισμού καθώς και το γεγονός ότι η ελληνικότητα της Μακεδονίας αμφισβητείται σε όλα τα επίπεδα.
5. Η έκθεση άρχισε από τη Θεσσαλονίκη και στη συνέχεια περιόδεψε στο εξωτερικό. Στις ΗΠΑ πήγε το 1980 με τον τίτλο *The Search for Alexander* και οργανώθηκε από την National Gallery των ΗΠΑ σε συνεργασία με το Έλληνικό Υπουργείο Πολιτισμού. Η έκθεση επιχορηγήθηκε από την Έθνική Τράπεζα και το Time Inc., περιόδεψε σε αρκετές πόλεις της Αμερικής και προσέλκυσε μεγάλα πλήθη.
6. Τα πρακτικά του Συνεδρίου έχουν εκδοθεί σε έναν καλαίσθητο τόμο *Macedonia and Greece in Late Classical and Early Hellenistic Times. Study in the History of Art 10* (B. Barr-Sharrar & E. N. Borza, eds), National Gallery of Art, Washington DC 1982.



7. E. Badian, *From Plataea to Potidaea. Studies in the History and Historiography of the Pentecontaetia*. John Hopkins University Press, Baltimore and London 1993.
8. A. Stadter, Badian on Thucydides. *The Classical Review*, 44: 337-338, 1994.
9. 'Ο Hammond ήλθε στην 'Ελλάδα πρὶν ἀπὸ τὸ Β' Παγκόσμιον Πόλεμον ὡς φοιτητής, ὑπηρέτησε στὴν Ἀντίσταση στὴ διάρκεια τῆς Κατοχῆς ὡς σύνδεσμος τῶν συμμάχων, περπάτησε κυριολεκτικὰ ὅλη τὴν Ἠπειρο καὶ τὴ Μακεδονία ὡς ἀντάρτης, καὶ μετὰ τὸν πόλεμον σταδιοδρόμησε στὴ Βρετανία ὡς ἱστορικός καὶ ἑλληνιστής. Ἡ προσφορά του στὴν ἱστοριογραφία τῆς Ἠπείρου καὶ τῆς Μακεδονίας εἶναι ἀνυπολόγιστη. Τὸ 1980 ὁ Hammond ἦταν ἀκμαῖος καὶ σὲ πλήρη δράση, καὶ αὐτὸ κάνει πρὶν ἐνδιαφέρουσα τὴν ἐπιλογὴ τοῦ Badian ὡς κύριου ὁμιλητῆ τοῦ Συνεδρίου. Ἡ τρίτομη ἱστορία τῆς Μακεδονίας εἶναι: N. G. L. Hammond, *A History of Macedonia, Volume I: Historical Geography and Prehistory*, 1972, N. G. L. Hammond - G. T. Griffith, *A History of Macedonia, Volume II: 550-336 BC*, Oxford University Press 1979, N. G. L. Hammond - F. W. Walbank, *A History of Macedonia, Volume III: 336-167 BC*, Oxford University Press 1988.
10. E. Badian: Greeks and Macedonians. *Studies in the History of Art Volume 10: Macedonia and Greece in Late Classical and Early Hellenistic Times* (B. Barr-Sharrar & E. N. Borza, eds), Washington 1982, 33-51.
11. Ἡ σαθρότητα τῶν ἐπιχειρημάτων προδίδεται στὴν ὑποσημείωση 66 τῆς ἐργασίας του, ὅπου ὁ Badian παραδέχεται ὅτι: «[...] I am not concerned with the argument as to whether Macedonian was a 'dialect' (σ.σ. μιὰ ἑλληνικὴ διάλεκτος) or a language». Βεβαίως, χρησιμοποιώντας τὸ ἐπιχείρημα ὅτι μιὰ ἑλληνικὴ διάλεκτος δὲν σημαίνει ἑλληνικότητα, μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀφαιρέσει τὴν ἑλληνικὴ ταυτότητα ἀπὸ ὅλους ὅσους μιλοῦσαν τὶς ἀρχαῖες ἑλληνικὲς διαλέκτους!
12. Ἀλλεπάλληλες ὑποθέσεις καὶ εἰκασίες μετατρέπουν τὴν ἱστοριογραφία καὶ τὴν ἱστορικὴ ἐρευνα σὲ ἱστορικὸ μυθιστόρημα. Ὑπερβολικὸς ἀριθμὸς εἰκασιῶν καὶ ὑποθέσεων εἶναι χαρακτηριστικὰ τῶν ρεβιζιονιστῶν ἱστορικῶν, ὅπως εἶναι, στὴν περίπτωσιν τῆς Μακεδονίας καὶ τῆς Ἑλληνικῆς Ἱστορίας, οἱ Badian, Borza, Green. Οἱ ἱστορικοὶ καὶ οἱ ἱστοριογράφοι, ὅπως καὶ οἱ θετικοὶ ἐπιστήμονες, ἀγωνίζονται καὶ ἀγωνιοῦν γιὰ τὴν πρωτοτυπία τῆς ἐρευνᾶς τους. Οἱ βασικοὶ ἐπιστήμονες ἐπιδιώκουν τὴν πρωτοτυπία μὲ τὰ πειράματά τους. Οἱ ἱστορικοὶ καὶ ἱστοριογράφοι ἐπιδιώκουν τὴν πρωτοτυπία μὲ ἐρμηνεῖες ἀρχαίων πηγῶν καὶ πράξεων, ἐρμηνεῖες ποὺ συχνὰ ἐπηρεάζονται ἀπὸ τὴ φαντασία τους. Ὁ Kenneth M. Setton, ἓνας ἀπὸ τοὺς πρὶν σημαντικοὺς ἱστορικοὺς τῆς μεσαιωνικῆς Εὐρώπης καὶ τῶν Σταυροφοριῶν, σὲ μιὰ ἀπὸ τὶς ἐργασίες του, συνοψίζει αὐτὸ τὸ πρόβλημα τῶν ἱστορικῶν ἐρευνητῶν ὡς ἑξῆς: «Originality is the bane of historical scholarship. We all suffer from it. When the facts are insufficient for logic (itself a source of deception), imagination comes to our aid. Then we leave the pathway of history, narrow and confining,

and turn aside into the open fields of speculation» (βλ. σελ. 319 τῆς ἐργασίας τοῦ K. M. Setton, On the raids of the Moslems in the Aegean in the ninth and tenth centuries and their alleged occupation of Athens, *American Journal of Archaeology*, vol. 58: 311-319, 1954).

13. Ἡ ἐργασία τοῦ Badian ἀναπαράγεται συνεχῶς σὲ πλῆθος σκοπιανῶν ἱστοσελίδων καὶ προβάλλεται σταθερὰ στὰ σκοπιανὰ ἄρθρα περὶ μὴ ἐλληνικότητος τῆς Μακεδονίας.
14. Ὁ ἀναγνώστης θὰ κατανοήσει καλύτερα τὸ πῶς ὁ ἱστορικός Borza βλέπει τὸ Μακεδονικὸ Ζήτημα, τὴν ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας καὶ τὴ σημερινὴ Δημοκρατία τῆς Μακεδονίας διαβάζοντας τὴν ἐργασία, Alexander the Great: History and cultural politics, δημοσιευμένη στὸ *Journal of the Historical Society*, 4: 411-442, 2007. Σημειωτέον ὅτι σὲ αὐτὴν τὴν ἐργασία ὁ Borza διακηρύσσει ὅτι εἶναι φιλέλληνη (σελ. 437, στ. 2). Καὶ ἐνῶ βρίσκει διάφορους τρόπους νὰ εἰρωνευθεῖ καὶ νὰ κριτικάρει τὴν εὐαισθησία τῶν Ἑλλήνων γιὰ τὴ Μακεδονία καὶ τὴ λατρεία τους γιὰ τὸν Μέγα Ἀλέξανδρο, δὲν ἀναφέρει λέξη γιὰ τὴν ἐκμετάλλευσή τοῦ ὀνόματος καὶ τῆς κληρονομίᾳς τοῦ Μεγάλου Ἀλεξάνδρου ἀπὸ τοὺς Σκοπιανούς, παρότι ὁ ὑπότιτλος τῆς ἐργασίας του εἶναι History and cultural politics! Σὲ μὴ διάλεξή του τὸ 1996, στὸ Συνέδριο τῆς Ἀμερικανικῆς Φιλολογικῆς Ἑταιρείας μὲ τὸν τίτλο Ποιοὶ ἦταν –καὶ εἶναι– οἱ Μακεδόνες, τῆς ὁποίας ἔχω διαβάσει τὴν περίληψη, οὐσιαστικὰ ἐπαναλαμβάνει τίς ἱστορίες ποὺ προωθοῦνται στὶς σκοπιανὲς ἱστοσελίδες: Ὅτι ἡ μακεδονικὴ γλῶσσα δὲν εἶναι ἐλληνικὴ, ὅτι οἱ ἀρχαῖοι συγγραφεῖς θεωροῦσαν τοὺς Ἕλληνες καὶ τοὺς Μακεδόνες δύο διαφορετικοὺς λαοὺς ποὺ ἀλληλομισοῦνταν, ὅτι οἱ Μακεδόνες βασιλεῖς δὲν εἶχαν ἐλληνικὴ καταγωγή, καὶ ὅτι αὐτὰ ποὺ γράφει ὁ Ἡρόδοτος ἦταν μακεδονικὴ προπαγάνδα. Εἶναι λυπηρὸ νὰ διαβάζει κανεὶς κείμενο Ἀμερικανοῦ καθηγητῆ τῆς Ἱστορίας καὶ νὰ νομίζει ὅτι διαβάζει προπαγανδιστικὸ φυλλάδιο. Ὁ Borza ἀποκαλύπτει πλήρως τὴ φιλοσκοπιανὴ του τοποθέτησή σὲ μὴ ἄλλῃ του ἐργασία μὲ τὸν τίτλο Macedonian Redux ποὺ δημοσιεύτηκε στὸν τόμο *The Eye Expanded: Life and the Arts in Greco-Roman antiquity*. Αὐτὸς ὁ τόμος περιέχει σειρά ἀρθρῶν, κυρίως γιὰ τὴν Ἑλληνιστικὴ Ἐποχὴ, καὶ ἡ ἐργασία τοῦ Borza εἶναι τελείως ἐκτὸς θέματος γιὰτὶ ἀσχολεῖται ἀποκλειστικὰ μὲ φιλοσκοπιανὴ προπαγάνδα. Αὐτὸ τὸ βιβλίο θὰ μοὺ διέφευγε τὴν προσοχή ἂν δὲν ἔβλεπα μὴ περίληψή τῆς ἐργασίας τοῦ Borza σὲ σκοπιανὴ ἱστοσελίδα ὥστε νὰ ἀναζητήσω τὸ βιβλίο. Σὲ αὐτὴν τὴν ἐργασία ὁ Borza περιγράφει τὸ πῶς, ξεκινώντας ἀπὸ πληροφορίες μιᾶς φοιτήτριας, ἐπισκέφθηκε ἓνα νεκροταφεῖο στὴν πόλὴ Steelton τῆς Πενσυλβανίας καὶ βρῆκε τάφους ἀπὸ τὰ τέλη τοῦ 19ου καὶ τίς ἀρχές τοῦ 20ου αἰῶνα, ὅπου ἀναγραφόταν ὅτι ὁ ἀποθανὼν καταγόταν ἀπὸ τὴ Μακεδονία. Ἀπὸ ἐκεῖ ξεκινᾷ καὶ πλέκει ὀλόκληρη ἱστορία περὶ μακεδονικῆς ταυτότητας. Δὲν διερωτήθηκε τί ἄλλο θὰ ἀναγραφόταν στὶς ταφόπλακες τῶν Μακεδόνων τὸν καιρὸ ποὺ ἡ Μακεδονία



ἦταν ἐπαρχία τῆς Ὀθωμανικῆς Αὐτοκρατορίας. Οἱ ἱστορικοὶ δὲν φαίνεται νὰ γνωρίζουν κάτι πὺν οἱ θετικοὶ ἐπιστήμονες χρησιμοποιοῦμε συνεχῶς στὴν ἐρευνά μας: Controls! Καὶ τὰ controls τοῦ καθηγητῆ Borza βρίσκονται στὰ ἀμερικανικὰ νεκροταφεῖα ὅπου ἔχουν ταφεῖ Κρητικοὶ πρὶν ἀπὸ τὴν ἐνσωμάτωση τῆς Κρήτης στὴν Ἑλλάδα. Τί γράφουν αὐτὲς οἱ ταφόπλακες; "Ὅτι ὁ μακαρίτης καταγόταν ἀπὸ τὴν Κρήτη. Κατὰ τὸν ἱστορικὸ Borza αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ θεωρηθεῖ ἐνδειξὴ μὴ ἐλληνικῆς ταυτότητας τῶν Κρητικῶν. Ἀναφέρομαι ἰδιαίτερος στὸν Borza γιὰτὶ σήμερα θεωρεῖται ὁ κατ' ἐξοχὴν μακεδονιστὴς ἱστορικός στίς ΗΠΑ καὶ διεθνῶς.

15. E. N. Borza, *In the Shadow of Olympus: The Emergence of Macedon*. Princeton University Press, New Jersey 1990.
16. E. N. Borza, *Before Alexander: Constructing Early Macedonia*. *Publications of the Association of Ancient Historians* no. 6, Regina Books, Claremont California 1999.
17. E. N. Borza, *Makedonika*. Regina Books 1995.
18. L. Foreman, *Alexander the Conqueror: The Epic Story of the Warrior King*. Da Capo Press 2004. Ἐκτός ἀπὸ αὐτὴ τὴ φράση, τὸ βιβλίον εἶναι ἀκριβές, καλογραμμένο καὶ θαυμάσια εἰκονογραφημένο.
19. Ἡ ἔλλειψη ἀντίλογου ἀπὸ τὴν ἐλληνικὴ πλευρὰ δὲν ἔχει διαφύγει τὴν προσοχὴ τῶν Σκοπιανῶν ἢ καὶ ἱστορικῶν τῆς ὁλκῆς τοῦ Borza ὁ ὁποῖος ἐπιστημαίνει, σὲ μιὰ ἀπὸ τὶς ἐργασίες του, ὅτι τὰ μόνὰ συγγράμματα ὑπὲρ τῆς ἐλληνικότητος τῆς Μακεδονίας εἶναι αὐτὸ τοῦ Α. Δασκαλάκη *The Hellenism of the Ancient Macedonians* (Institute of Balkan Studies, 1965), καὶ τοῦ Ν. Μάρτη *The falsification of Macedonian History* (Athens 1984). Ὁ Borza ἀπορρίπτει συνοπτικὰ καὶ τὰ δύο βιβλία σὰν ἐπιστημονικὰ ἀνάξια. Δὲν ἔχει ἀπόλυτο δίκιο γιὰ τὸ βιβλίον τοῦ Δασκαλάκη πού, ὅσον ἀφορᾷ τὶς ἀρχαῖες πηγές, εἶναι ἀρκετὰ τεκμηριωμένο ἀλλὰ δυστυχῶς δὲν ἀντιμετωπίζει κριτικὰ τὴ σύγχρονη ἱστοριογραφία περὶ Μακεδονίας. Οἱ Borza, Badian καὶ λοιποὶ ρεβιζιονιστὲς ἱστορικοὶ συστηματικὰ ἀποσιωποῦν τὴν ἐρευνητικὴν προσφορὰ Ἑλλήνων ὅπως ὁ Χατζόπουλος, τῶν ὁποίων ἡ ἐρευνα τεκμηριώνει τὴν ἐλληνικότητα τῆς Μακεδονίας (βλ. Μ. Β. Hatzopoulos, *Macedonian Institutions under the Kings. A Historical and Epigraphical Study*, 2 vols, Athens 1996). Μὲ αὐτὲς τὶς λιγοστὲς ἐξαιρέσεις, ἡ σπανιότητα τῆς ἐλληνικῆς προσφορᾶς στὴν ἀγγλόφωνη ἱστοριογραφία τῆς Μακεδονίας εἶναι πασιφανής.
20. O. Balanovsky, S. Rootsi, A. Pshenichnov et. al., Two Sources of the Russian Patrilineal Heritage in Their Eurasian Context. *Am. J. Hum. Genet.* 82: 2360-250, 2008.
21. B. Rolf, A. Rohl, P. Forster et. al., On the genetic origins of the Turks: Study of six Y-chromosomal short tandem repeats. *Genomic Diversity: Applications in human population genetics* (S. Papiha, R. Deka, R. Chakraborty, eds), Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York 1999, 75-82.



22. G. Di Benedetto, A. Ergüven, M. Stenico et. al., DNA diversity and population admixture in Anatolia. *Am. J. Phys. Antropol.* 115:144-156, 2001.
23. C. Cinnioglu, R. King, T. Kivisild et. al., Excavating Y-chromosome haplotype strata in Anatolia. *Hum. Genet.* 114: 127-148, 2004.
24. K. Rebala, A. I. Mikulich, I. S. Tsybovsky et. al., Y-STR variation among Slavs: Evidence for the Slavic homeland in the middle Dnieper basin. *J. Hum. Genet.* 52: 406-414, 2007.
25. G. Stamatoyannopoulos, A. Thomakos, E.R. Giblett, Red cell enzyme polymorphisms in the Greek populations. *Humangenetik*, 27: 23-30, 1975.
26. A. Gibbons, Close Encounters of the Prehistoric Kind. *Science* 328: 680-684, 2010.
27. R. Dalton, Ancient DNA set to rewrite human history. *Nature* 465: 148-148, 2010.
28. R. E. Green, J. Krause, A. W. Briggs et al., A draft sequence of the Neandertal Genome. *Science* 328: 710-722, 2010.
29. J. Krause, A. W. Briggs, M. Kircher et. al., A Complete mtDNA Genome of an Early Modern Human from Kostenki, Russia. *Current Biology*, 20: 231-226, 2010.
30. M. Rasmussen, Ancient human genome sequence of an extinct Palaeo-Eskimo. *Nature*, 463: 757-762, 2010.

Google   [Advanced Search](#)

Web [Show options...](#) Results 1 - 10 of abc

**Ancient Macedonia**  
History of Ancient Macedonia and the Ancient Macedonians. The distinctive ethnicity of the Ancient Macedonians, separate from the Ancient Greeks.  
[www.ancientmacedonia.com/](http://www.ancientmacedonia.com/) - [Cached](#) - [Similar](#)

**Differences Between The Ancient Macedonians and The Ancient Greeks**  
An impressive book on the differences between the two ancient nations - Macedonians and Greeks. "To understand the history of the ancient Macedonians, ...  
[www.ancientmacedonia.com/gandeto.html](http://www.ancientmacedonia.com/gandeto.html) - [Cached](#) - [Similar](#)

[Show more results from www.ancientmacedonia.com](#)

**Ancient Macedonians - Wikipedia, the free encyclopedia**  
The Macedonians (Greek: Μακεδόνες, Makedónes) were an ancient tribe which inhabited the alluvial plain around the rivers Haliacmon and lower Axios, ...  
[Origins](#) - [Geographic location](#) - [Language](#) - [See also](#)  
[en.wikipedia.org/wiki/Ancient\\_Macedonians](http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Macedonians) - [Cached](#) - [Similar](#)

**Ancient Macedonian language - Wikipedia, the free encyclopedia**  
Ancient Macedonian was the Indo-European language of the ancient Macedonians. It was spoken in Macedonia during the 1st millennium BC. ...  
[en.wikipedia.org/wiki/Ancient\\_Macedonian\\_language](http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Macedonian_language) - [Cached](#) - [Similar](#)

[Show more results from en.wikipedia.org](#)

**Ethnicity of the Ancient Macedonians**  
Contrary to modern Greek claims, Macedonia was never part of Greece, and the ancient Macedonians were not regarded as ancient Greeks. ...  
[faq.macedonia.org/history/ancient-macedonia/ethnicity.html](http://faq.macedonia.org/history/ancient-macedonia/ethnicity.html) - [Cached](#) - [Similar](#)

**Macedonia**  
Jul 17, 2006 ... The study of ancient Macedonia is bedeviled by the Macedonian question. Scholars from modern Greece and the former Yugoslav republic of ...  
[www.lvius.org/maa-mam/macedonia/macedonia.html](http://www.lvius.org/maa-mam/macedonia/macedonia.html) - [Cached](#) - [Similar](#)

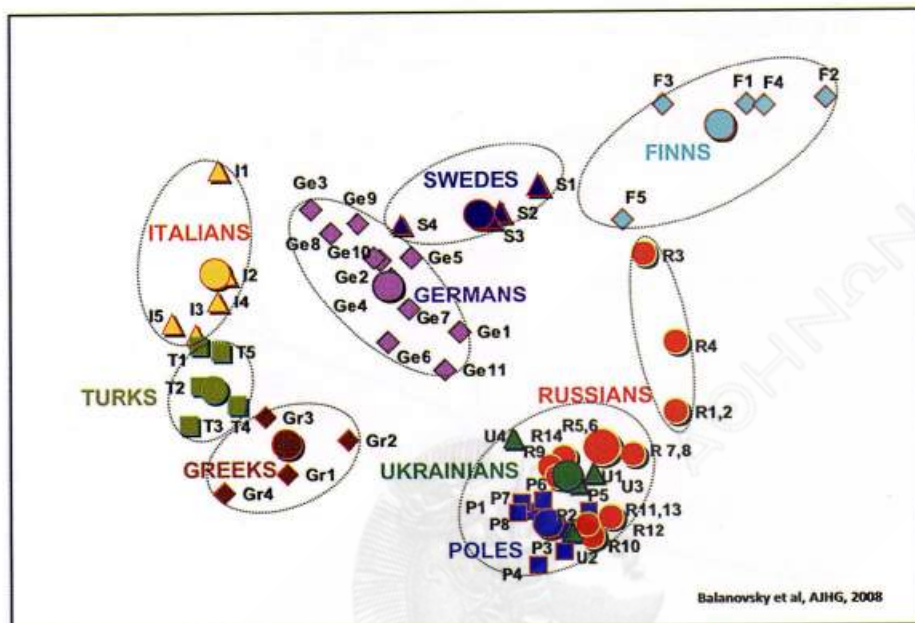
**Ancient Macedonians and their Macedonian language**  
Ancient Macedonians and their Macedonian language. Visit this site to learn more about Ancient Macedonians.  
[www.mymacedonia.net/ancient/ancient.htm](http://www.mymacedonia.net/ancient/ancient.htm) - [Cached](#) - [Similar](#)

**History of Macedonia and the Macedonian Nation**  
Genetic Research 1: Ancient Macedonian Genes found in Today's Macedonian ... Differences Between The Ancient Macedonians and the Ancient Greeks by J.S. ...  
[www.historyofmacedonia.org/](http://www.historyofmacedonia.org/) - [Cached](#) - [Similar](#)

**Ancient Macedonians: Differences Between the Ancient Macedonians ... - Google Books Result**  
J. S. G. Gandeto · 2002 · History · 320 pages  
The title "Hellenism of the ancient Macedonians" by itself, testifies to the intent, and the objectivity with which the author assumes to present his case. ...  
[books.google.com/books?rebn=0595233066...](http://books.google.com/books?rebn=0595233066...)

**Ancient Macedonian language**  
The Ancient Macedonian language (provisional ISO-DIS 639-3.5 XMK) was the tongue of the ancient Macedonians. It was spoken especially in the inland regions ...  
[www.mlahanas.de/Greeks/LX/AncientMacedonianLanguage.html](http://www.mlahanas.de/Greeks/LX/AncientMacedonianLanguage.html)

Εικ. 1. Οι πρώτες δέκα ιστοσελίδες που εμφανίζονται με την αναζήτηση «ἀρχαία Μακεδόνια» στο Google. Τα βέλη δείχνουν φιλοσκοπιανές ιστοσελίδες.



Είκ. 2. Σύγκριση του ελληνικού με σλαβικούς πληθυσμούς (βλ. κείμενο).

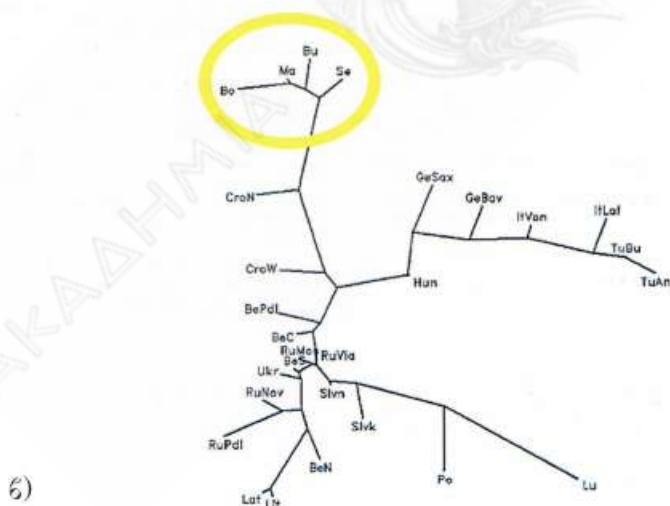


Πληθυσμοί

Α Β Γ Δ Ε Ζ

Γενετικοί πολυμορφισμοί

α β γ δ ε ζ



Ελκ. 3 α) Απλοποιημένη παράσταση γενετικής μεθόδου που υπολογίζει τη συγγένεια μεταξύ πληθυσμών.

β) Μία από τις πολλές γενετικές μελέτες που αποδεικνύουν ότι οι Σλαβομακεδόνες των Σκοπίων είναι γενετικά Νότιοι Σλάβοι (βλ. κείμενο).

Red cell enzyme phenotypes and gene frequencies in the populations of  
Greek Macedonia and Bulgaria

		Examined individuals	Gene frequencies			$\chi^2$	<i>p</i>
Adenylate kinase			<i>AK</i> <sup>1</sup>	<i>AK</i> <sup>2</sup>	<i>AK</i> <sup>4</sup>		
Macedonians	160		0.963	0.034	0.003		
Bulgarians	138		0.964	0.036	—	0.87	0.65
Phosphoglucomutase			<i>PGM</i> <sub>1</sub> <sup>1</sup>	<i>PGM</i> <sub>1</sub> <sup>2</sup>			
Macedonians	160		0.641	0.359			
Bulgarians	127		0.835	0.165		23.38	0.000008
Adenosine deaminase			<i>ADA</i> <sup>1</sup>	<i>ADA</i> <sup>2</sup>			
Macedonians	101		0.901	0.099			
Bulgarians	138		0.862	0.138		2.74	0.25
Acid phosphatase			<i>AcP</i> <sup>a</sup>	<i>AcP</i> <sup>b</sup>	<i>AcP</i> <sup>c</sup>		
Macedonians	155		0.313	0.629	0.058		
Bulgarians	119		0.160	0.798	0.042	21.06	0.0003
6-phosphogluconate dehydrogenase			<i>PGD</i> <sup>a</sup>	<i>PGD</i> <sup>b</sup>	<i>PGD</i> <sup>v</sup>		
Macedonians	166		0.949	0.051	—		
Bulgarians	138		0.989	0.011	—	7.32	0.02

Εικ. 4. Σύγκριση των συχνοτήτων πέντε γενετικών πολυμορφισμών μεταξύ Ελλήνων και Βουλγάρων (βλ. κείμενο).

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ



ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 25ΗΣ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2010

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ

τῶν Ἀθανασίου Φωκά καὶ Γεωργίου Καστῆ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ  
ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟ ΦΩΚΑ

Τὰ Μαθηματικά ἀποτελοῦν ἓνα σημαντικὸ πολιτισμικὸ ἀγαθό. Αὐτὸ ὀφείλεται σὲ δύο κυρίως λόγους: Πρῶτον, τὰ Μαθηματικά παίζουν καθοριστικὸ ρόλο στὴ δημιουργία λογικοῦ τρόπου σκέψης. Εἶναι ἐνδιαφέρον ὅτι ὁ Δαρβίνος εἶχε ἐκφράσει τὴ λύπη του ποὺ δὲν ἔμαθε Μαθηματικά γιατί κατὰ τὴ γνώμη του αὐτὸ θὰ τοῦ προσέθετε μιὰ ἔκτη αἴσθηση. Δεύτερον, οἱ βασικοὶ νόμοι τῆς φύσεως εἶναι γραμμένοι σὲ μαθηματικὴ γλώσσα. Κατὰ συνέπεια, ἡ μαθηματικὴ τους ἀνάλυση ὁδηγεῖ στὸ βαθύτερο δυνατὸ ἐπίπεδο κατανόησης τῶν μυστικῶν τῆς φύσεως. Ὁ Eugene Wigner (Nobel Φυσικῆς) γράφει: «Τὸ θαῦμα, ὅτι ἡ γλώσσα τῶν Μαθηματικῶν ἀποτελεῖ τὴν κατάλληλη γλώσσα γιὰ τὴ διατύπωση τῶν νόμων τῆς φύσεως, εἶναι ἓνα ὑπέροχο δῶρο τὸ ὁποῖο παραμένει ἀκατανόητο». Ὁ βιολόγος Changeux πιστεύει ὅτι αὐτὸ τὸ θαῦμα ὀφείλεται ἐν μέρει στὸ γεγονὸς ὅτι ὁ ἐγκέφαλος ἔχει βιολογικὴ προδιάθεση νὰ κατανοεῖ μαθηματικὲς δομές. Κατὰ συνέπεια, καὶ ἂν ἀκόμη ὑπάρχει ἄλλος τρόπος ἐκφρασης τῶν φυσικῶν νόμων, ὁ ἄνθρωπος κατανοεῖ μόνο τὸ μαθηματικὸ τρόπο διατύπωσής τους. Ὑπάρχει ὅμως πράγματι βιολογικὴ προδιάθεση πρὸς τὰ Μαθηματικά; Πρόσφατες ἐρευνες δείχνουν ὅτι βασικὲς γεωμετρικὲς ἔννοιες καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἱκανότητα τῆς κατὰ προσέγγιση ἀριθμητικῆς εἶναι ἐγγενῆς στὸν ἀνθρώπινον ἐγκέφαλο.

Γιὰ παράδειγμα, τὸ 2006 δημοσιεύθηκε στὸ περιοδικὸ *Science* μελέτη ἡ ὁποία ἔδειξε ὅτι ἡ «γεωμετρικὴ διαίσθηση» 14 παιδιῶν τῆς φυλῆς Mundoruku

είναι παρόμοια με τη διαίσθηση 30 ἐνηλίκων τῆς ἴδιας φυλῆς καθὼς ἐπίσης καὶ 26 παιδιῶν ἀπὸ τὴν Ἀμερική. Ἡ φυλὴ Mundoruku ζεῖ σὲ μιὰ ἀπομονωμένη περιοχὴ τοῦ Ἀμαζονίου, χωρὶς χάρτες καὶ ἄλλα σχετικὰ ἐργαλεῖα ποὺ βοηθοῦν στὴν ἀνάπτυξη γεωμετρικῆς διαίσθησης. Ἐπίσης, αὐτὴ ἡ φυλὴ δὲν διαθέτει λέξεις γιὰ βασικὲς γεωμετρικὲς ἔννοιες, ὅπως παράλληλος καὶ συμμετρικός. Ἀλλὰ πειράματα ἔδειξαν τὴν ἐγγενὴ ἱκανότητα τῶν παιδιῶν γιὰ πρόσθεση καὶ ἀφαίρεση, ἀλλὰ μόνο κατὰ προσέγγιση. Φαίνεται ὅτι γιὰ τὴν ἀκριβὴ ἀριθμητικὴ, γιὰ ἀριθμοὺς μεγαλύτερους τοῦ 3, ἀπαιτεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ ὑπαρξὴ συγκεκριμένου ἀλγόριθμου, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ ὑπαρξὴ συγκεκριμένης λέξης ἢ τουλάχιστον ἀφηρημένου συμβολισμοῦ γιὰ κάθε ἀριθμό.

Τί ἐννοοῦμε, ὅμως, ὅταν λέμε ὅτι τὰ παιδιά ἔχουν ἐγγενὴ μαθηματικὴ ἱκανότητα; Μήπως ὁ ἐγκέφαλος ἔχει ἔμφυτη γνώση μαθηματικῶν ἐννοιῶν; Κατὰ τὴ γνώμη μας ὄχι. Αὐτὸ ποὺ ἔχει ὁ ἐγκέφαλος εἶναι μιὰ βιολογικῶς προκαθορισμένη γνωστικὴ προδιάθεση. Ὁ ἐγκέφαλος μετατρέπει αὐτὴν τὴν προδιάθεση σὲ γνώση, ἀφ' ἑνὸς μὲν δεχόμενος συνεχεῖς ἐπιδράσεις ἀπὸ τὸ περιβάλλον, ἀφ' ἑτέρου δὲ χρησιμοποιώντας πολὺπλοκους μηχανισμούς. Ἐκπληκτικὰ ἐπιτεύγματα στὴ Μοριακὴ Βιολογία, τὴν Κυτταροβιολογία καὶ τὶς ἀπεικονιστικὲς τεχνικὲς μᾶς ἐπιτρέπουν γιὰ πρώτη φορὰ νὰ ἀνιχνεύουμε αὐτοὺς τοὺς ἐγκεφαλικούς μηχανισμούς. Γιὰ παράδειγμα, ὁ νευροεπιστήμων Ο'Keefe, μελετώντας τὴν ἠλεκτρικὴ ἐνεργοποίηση νευρῶνων στὸν ἵππόκαμπο ποντικίων ἔδειξε ὅτι ὁ ἵππόκαμπος δημιουργεῖ μιὰ ἀναπαράσταση τοῦ ἐξωτερικοῦ κόσμου. Αὐτὸ τὸ ἐπιτυγχάνει χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα κύτταρα τὰ ὁποῖα ὁ Ο'Keefe ὀνόμασε «κύτταρα χώρου» (place cells). Καθὼς ὁ ποντικός κινεῖται σὲ ἓνα κλουβί, συγκεκριμένα κύτταρα τοῦ ἐγκεφάλου τοῦ ἐνεργοποιοῦνται μόνο ὅταν ὁ ποντικός βρίσκεται σὲ μιὰ συγκεκριμένη θέση. Φαίνεται δηλαδὴ πὼς ὁ ἐγκέφαλος κατατέμνει τὸν ἐξωτερικὸν κόσμον σὲ πολλὰς ἐπικαλυπτόμενες περιοχὲς καὶ κάθε μιὰ ἀπὸ αὐτὲς ἀναπαριστᾶται στὸν ἐγκέφαλον ἀπὸ ἓνα συγκεκριμένο ἀριθμὸ κυττάρων.

Ἡ γενικὴ ἱκανότητα τοῦ ἐγκεφάλου νὰ δημιουργεῖ ἀναπαραστάσεις τοῦ χώρου εἶναι ἔμφυτη. Ἕνας συγκεκριμένος ὅμως χάρτης δημιουργεῖται μόνον ὡς ἀποτέλεσμα ἐμπειριῶν. Τὰ νευρικὰ κυκλώματα εἶναι παράδειγμα ἔμφυτης γνώσης. Ἡ δημιουργία ὅμως ἐνὸς χάρτη εἶναι ἀποτέλεσμα ἀλλαγῆς συνάψεων. Ἡ ἀλλαγὴ αὐτὴ μὲ τὴ σειρά τῆς εἶναι ἀποτέλεσμα ἐμπειριῶν. Ὁ Eric Kandel (Nobel 2000) ἔδειξε ὅτι γιὰ τὴν ἀρχικὴ δημιουργία ἐνὸς χάρτη ἀπαιτεῖται μόνο ἀλλαγὴ στὴν ἔνταση τῶν συνάψεων ἀλλὰ γιὰ τὴ διατήρησιν αὐτοῦ τοῦ χάρτη ἀπαιτεῖται ἐνεργοποίηση γονιδίων καὶ παραγωγὴ νέων συνάψεων [1].



Ἀναφέρεται στὸ ἄρθρο [2] ὅτι «ὁ Πλάτωνας ἐπιζητεῖ στὰ νευρικά κυκλώματα ἐνῶ ὁ Ἀριστοτέλης ἐπιζητεῖ στὶς συνάψεις». Τί ἐννοοῦμε μὲ αὐτό; Μὲ βάση τὸ διάλογο μὲ τὸν Φαίδωνα καὶ τὴν ἐρμηνεία τοῦ διαλόγου αὐτοῦ ἀπὸ τοὺς νεοπλατωνικοὺς φιλοσόφους (βλ. ἰδιαιτέρως τὰ σχόλια τοῦ Συριανοῦ τὰ ὁποῖα διέσωσε ὁ μαθητὴς του Ἑρμείας), ὑπάρχουν οἱ ἀκόλουθες κατηγορίες ψυχῶν: Στὸ 1ο ἐπίπεδο ὑπάρχουν οἱ ψυχὲς τῶν Θεῶν. Στὸ 2ο ἐπίπεδο ὑπάρχουν οἱ ἄχραντες ψυχές, οἱ ὁποῖες κατεβαίνουν στὴ γῆ γιὰ νὰ σώσουν τὴν κατηγορία τῶν ψυχῶν ποὺ ἔχουν ἐκπέσει. Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ἀναφέρεται ὅτι ὁ Σωκράτης «κατεπέμφθη ἐπὶ εὐεργεσίᾳ» γιὰ νὰ λυτρώσει τίς ψυχές τῶν νέων. Μὲ βάση τὴν πλατωνικὴ θεωρία, ἀκόμα καὶ ἐκεῖνες οἱ ψυχές ποὺ ἔχουν ἐκπέσει ἦσαν κάποτε ἄχραντες. Κατὰ συνέπεια περιέχουν «ἐν αὐταῖς» *a priori* γνώση. Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ἡ διαδικασία ἐκμάθησης εἶναι ἀπλῶς διαδικασία ἀνάμνησης (*recollection*). Μέσα σὲ αὐτὸ τὸ πλαίσιο εἶναι προφανές ὅτι ἡ μαιευτικὴ μέθοδος τοῦ Σωκράτη ἀποκτᾷ ἰδιαίτερη σπουδαιότητα. Ὁ δάσκαλος, μὲ τίς ἐρωτήσεις του, ἀπλῶς βοηθᾷ τὴν ψυχὴ ποὺ ἔχει ἐκπέσει νὰ ἀνακαλύψει ἢ ἴδια τὴν *a priori* γνώση ποὺ εἶχε μέσα της.

Σὲ αὐτὴν τὴν ἄποψη τοῦ Πλάτωνα περὶ ἔμφυτης γνώσης τὴν ὁποῖαν ἀνέπτυξαν περαιτέρω ὁ Leibniz καὶ ὁ Kant, ὁ Ἀριστοτέλης καὶ ἀργότερα ὁ Locke ἀντιπαρθέτουν τὴν ἄποψη ὅτι ἡ ψυχὴ εἶναι ἓνα λευκὸ πινάκιο τὸ ὁποῖο γεμίζει μόνον χάρις σὲ συνεχεῖς ἐμπειρίες. Εἶναι ἐνδιαφέρον νὰ παρακολουθήσουμε τὴν ἐξέλιξη τῆς γνώσης. Ὁ Ἀριστοτέλης καὶ ὁ Locke θεωροῦσαν ὅτι ἡ βάση τῆς μαθήσεως εἶναι ὁ συσχετισμὸς ἰδεῶν, οἱ συνειρμοί (κατὰ αὐτοὺς ὁ ἐγκέφαλος εἶναι *tabula rasa*). Ἀργότερα, ὁ Pavlov καὶ ὁ Thorndike παρουσίασαν πειραματικὴ ἀπόδειξη ὅτι πράγματι μαθαίνουμε διὰ μέσου τοῦ συσχετισμοῦ διαφόρων ἐρεθισμάτων. Προσφάτως, ὁ Kandel ἀποσαφήνισε αὐτὴν τὴν διαδικασία σὲ μοριακὸ ἐπίπεδο. Ἐπίσης ἀπὸ αὐτὸ τὸ παράδειγμα γίνεται προφανές ὅτι θεμελιώδη ἐρωτήματα, ὅπως ἡ διαδικασία ἀπόκτησης γνώσης καὶ ἡ γέννηση ἡθικῶν ἀρχῶν, μποροῦν νὰ ἀπαντηθοῦν μόνον διεπιστημονικά. Σὲ αὐτὴν τὴ διεπιστημονικὴ διαδικασία τὰ Μαθηματικὰ παίζουν σημαντικὸ ρόλο. Πράγματι, τὰ Μαθηματικὰ, βασικὴ γλῶσσα τῆς Ἐπιστήμης, ὄχι μόνον ἀποτελοῦν τὸ θεμέλιο τῆς Φυσικῆς, ἀλλὰ εἶχαν καὶ ἔχουν σημαντικὴ προσφορὰ στὴ γενικότερη ἐπιστημονικὴ πρόοδο. Γιὰ παράδειγμα, εἶναι δύσκολο νὰ διαχωρίσουμε τὰ Μαθηματικὰ ἀπὸ τὴν ἐπιστήμη τῆς Πληροφορικῆς καὶ τίς ἐφαρμογές τους στοὺς ἠλεκτρονικοὺς ὑπολογιστές. Ὅσον ἀφορᾷ στὴν Ἰατρικὴ, τὰ Μαθηματικὰ τῆς προσέφεραν τὴν ἐξαιρετικὰ χρήσιμη τεχνικὴ τῆς Στατιστικῆς. Στὸ Κέντρον Θεωρητικῶν καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν ἔχουμε ἐστιάσει τὸ ἐνδιαφέρον μας σὲ μιὰ ἄλλη προ-



σφοδρά τῶν Μαθηματικῶν στὴν Ἱατρική: Στὸ ρόλο τους στὶς ἱατρικὲς ἀπεικονίσεις.

## 1. CT - PET - SPECT

Ἡ μελέτη συγκεκριμένων νοσητικῶν διεργασιῶν ἀπαιτεῖ τὴ μελέτη *in vivo* συγκεκριμένων νευρικῶν κυκλωμάτων. Οἱ πρόσφατες ἀπεικονιστικὲς τεχνικὲς τοῦ λειτουργικοῦ Μαγνητικοῦ Τομογράφου, τοῦ Τομογράφου Ἐκπομπῆς Ποζιτρονίων (PET) καὶ τοῦ Τομογράφου Ἐκπομπῆς Φωτονίων (SPECT) μᾶς παρέχουν τὴ δυνατότητα νὰ ἐντοπίζουμε τὴν ἐνεργοποίηση συγκεκριμένων ἐγκεφαλικῶν περιοχῶν *in vivo* μὲ ὁλοένα καὶ μεγαλύτερη ἀκρίβεια. Εἶναι σημαντικό νὰ τονίσουμε ὅτι αὐτὲς οἱ νέες ἀπεικονιστικὲς τεχνικὲς δὲν ἔχουν μόνο ἐπιπτώσεις ἐπὶ τῆς μελέτης τῆς λειτουργίας τοῦ ἐγκεφάλου ἀλλὰ εἶναι καὶ ἐξαιρετικὰ χρήσιμες σὲ πολλὰς περιοχὰς τῆς Ἱατρικῆς, ἰδιαίτερα στὴν Ὀγκολογία, τὴν Καρδιολογία καὶ τὴν Ψυχιατρική.

Γιὰ μελέτες μὲ PET δίδεται ἐνδοφλεβίως ἡ οὐσία FDG, ἡ ὁποία εἶναι γλυκόζη συνδεδεμένη μὲ ραδιενεργό φθόριο. Τὸ φθόριο ὑπόκειται σὲ ραδιενεργὸ διάσπαση καὶ τελικὰ ἀπελευθερώνει ἐνέργεια σὲ μορφή ἀκτίνων  $\gamma$  τὴν ὁποία καταγράφει ὁ σαρωτὴς τοῦ PET. Αὐτὸ ὁδηγεῖ στὴν ἀκόλουθη μαθηματικὴ ἐξίσωση:

$$I = e^{-\int_L f ds} \int_L g d\tau.$$

Τὸ  $I$  παρέχεται ἀπὸ τὶς μετρήσεις τοῦ σαρωτῆ καὶ τὸ  $f$ , ὁ λεγόμενος συντελεστὴς ἀπόσβεσης ἀκτίνων  $x$ , ὑπολογίζεται μὲ ἀξονικὸ τομογράφο. Τὸ ζητούμενο εἶναι νὰ βρεθῇ τὸ  $g$ , δηλαδὴ ἡ κατανομὴ τοῦ φθορίου καὶ κατὰ συνέπεια τῆς γλυκόζης. Οἱ περιοχὲς ποὺ εἶναι περισσότερο ἐνεργοποιημένες καταναλίσκουν περισσότερη γλυκόζη καὶ τοιοῦτοτρόπως ὁ ὑπολογισμὸς τοῦ  $g$  ἀποτελεῖ ἔμμεσο ὑπολογισμὸ ἐνεργοποίησης.

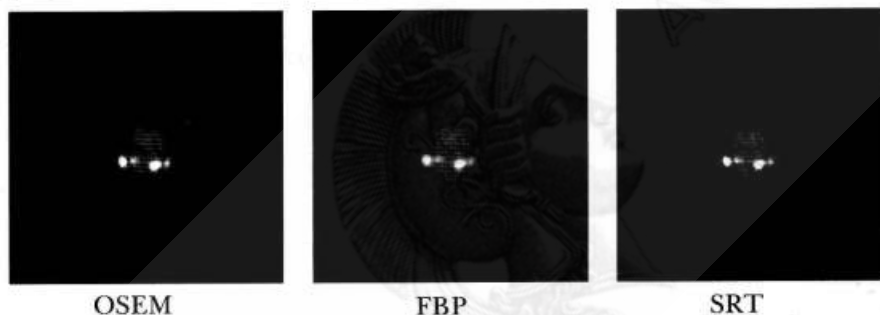
Ὁ ἄγνωστος  $g$  ἐμφανίζεται ὡς ὁλοκλήρωμα ἐπάνω στὸ εὐθύγραμμο τμήμα  $L$ . Τὸ μαθηματικὸ πρόβλημα συνίσταται στὴν εὕρεση μιᾶς συνάρτησης  $g$  ἀπὸ τὴ γνώση τοῦ ὁλοκληρώματός της κατὰ μῆκος τοῦ  $L$ . Τὸ πρόβλημα αὐτὸ ἀνήκει σὲ μιὰ μεγάλη κατηγορία μαθηματικῶν προβλημάτων τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται «ἀντίστροφα προβλήματα». Τὸ συγκεκριμένο ἀντίστροφο πρόβλημα εἶναι τὸ ἴδιο μὲ αὐτὸ ποὺ ἐμφανίζεται ὡς πρὸς τὸν ἀξονικὸ τομογράφο. Ἀντιθέτως, τὸ σχετικὸ ἀντίστροφο πρόβλημα ὡς πρὸς τὸν SPECT εἶναι πολὺ πιὸ δύσκολο καὶ ἡ ἀναλυ-

τική του λύση κατασκευάστηκε προσφάτως, με τη χρησιμοποίηση μιᾶς μαθηματικής μεθόδου που παρουσιάστηκε στο [3].

Βασικός μας ἐρευνητικός στόχος είναι ἡ ὑλοποίηση ἀναλυτικῶν ἀλγορίθμων γιὰ τὸν SPECT βασισμένων στὴν ἀνωτέρω ἀναλυτική λύση [4]. Εἶναι ἐνδιαφέρον ὅτι οἱ νέοι ὑπολογιστικοὶ ἀλγόριθμοι ποὺ ἀναπτύχθηκαν ὡς πρὸς τὸν SPECT, παρουσιάζουν σημαντικὰ πλεονεκτήματα ἀκόμα καὶ ὡς πρὸς τὸν PET [5], [6].

## 2. SRT ΓΙΑ PET

Δύο ἀπεικονιστικὰ συστήματα, διαφορετικῆς κλίμακας καὶ διακριτικῆς ἱκανότητας, χρησιμοποιήθηκαν γιὰ νὰ ἐκτιμήσουν τὶς δυνατότητες τοῦ ἀλγορίθμου Spline-Reconstruction-Technique (SRT).



Εἰκ. 1. Σύγκριση μεταξύ ἀνακατασκευασμένων εἰκόνων χρησιμοποιώντας τοὺς ἀλγόριθμους OSEM καὶ FBP, καὶ τοῦ SRT ἀλγορίθμου ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ ΚΕΘΕΜ.

### 2.1. ΣΑΡΩΤΗΣ PET/CT

Σὲ συνεργασία μὲ τὸ Ἐργαστήριο Ἱατρικῆς Φυσικῆς τοῦ Γενικοῦ Νοσοκομείου Ἀθηνῶν «Ὁ Εὐαγγελισμός» συλλέξαμε δεδομένα ἀπὸ τὸ σαρωτὴ GE Discovery ST PET/CT ποὺ διαθέτει τὸ νοσοκομεῖο. Τὸ σύστημα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ 280 block ἀνιχνευτῶν διατεταγμένων σὲ 24 δακτυλίους. Τὸ ἐγκάρσιο ὀπτικό πεδίο (field-of-view) τοῦ συστήματος εἶναι 70 cm καὶ ἡ χωρική διακριτική του ἱκανότητα εἶναι περίπου 4,5 mm στὸ κέντρο τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. Σὲ ἀσθενὴ μὲ πιθανὲς μεταστάσεις στὸν πνεῦμονα χορηγήθηκαν 370 MBq τοῦ ραδιοφαρμάκου FDG (2-Deoxy-2-( $^{18}\text{F}$ )fluoro-D-glucose) ἐνδοφλεβίως καὶ ἀπεικονίστηκε γιὰ 20 λεπτά. Στὴν Εἰκ. 1 παρουσιάζονται ἀνακατασκευασμένες εἰκόνες ἀπὸ τοὺς διαθέσιμους ἀλγόριθμους τοῦ συστήματος (OSEM καὶ FBP)

καθώς και από τον SRT. Παρατηρούμε ότι και οι τέσσερις καρκινικές εστίες στην περιοχή του πνεύμονα διακρίνονται καθαρά και με τους τρεις τρόπους ανακατασκευής. Ωστόσο ο SRT παρουσιάζει καλύτερη αντίθεση από τον FBP.

## 2.2. UNIVERSAL IMAGE QUALITY INDEX

Για πιο αντικειμενική σύγκριση των εικόνων χρησιμοποιήσαμε το *Universal Image Quality Index*,  $Q$ , όπως έχει προταθεί από τους Wang και Bovik [7]. Ο δείκτης αυτός δίδεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]}$$

όπου τα  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_{xy}$  δίδονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

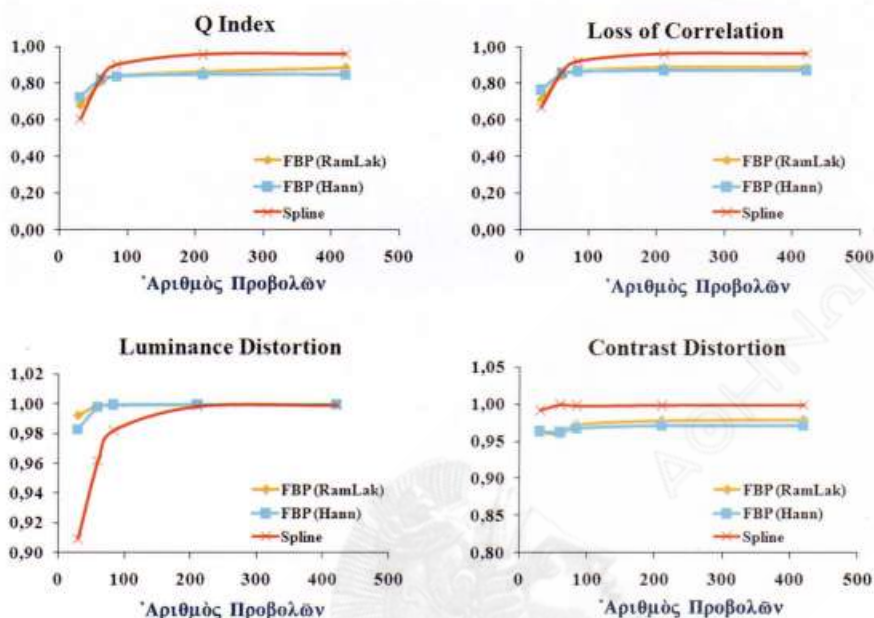
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2, \quad \sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}).$$

Παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $Q$  έχει εύρος  $[-1, 1]$ , και η καλύτερή του τιμή είναι το 1. Αυτός ο δείκτης συγκρίνει κάθε ανακατασκευασμένη εικόνα με μία προσομοιωμένη, «γνωστή» αρχική εικόνα, και μετράει το συνδυασμό τριών διαφορετικών παραγόντων: Της απώλειας της συσχέτισης (loss of correlation), της παραμόρφωσης της φωτεινότητας (luminance distortion) και της παραμόρφωσης της αντίθεσης (Contrast Distortion).

Η Εικ. 2 παρουσιάζει το συνολικό δείκτη  $Q$  καθώς και τους επιμέρους παράγοντές του για προσομοιωμένο όμοιομα Hoffmann, για εικόνες ανακατασκευασμένες με FBP (με φίλτρο RamLak), FBP (με φίλτρο Hann) και SRT. Η σύγκριση έχει γίνει συναρτήσει του συνολικού αριθμού προβολών.

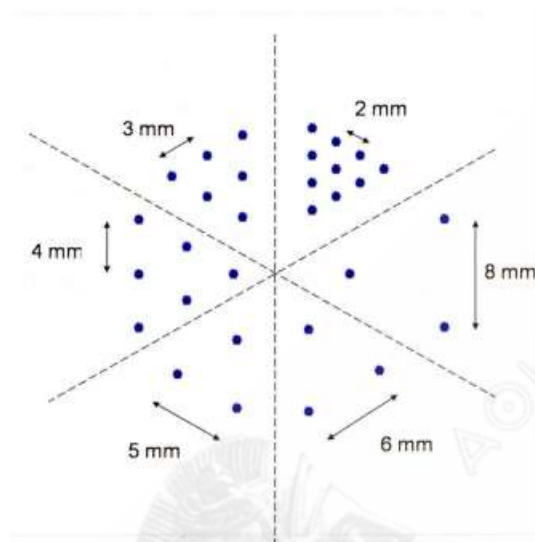




Εικ. 2. Αντικειμενική σύγκριση μεταξύ FBP (με φίλτρο RamLak), FBP (με φίλτρο Hann) και του SRT αλγόριθμου που αναπτύσσεται στο ΚΕΘΕΜ.

### 2.3. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ PET/CT ΓΙΑ ΜΙΚΡΑ ΖΩΑ ARGUS PET-CT

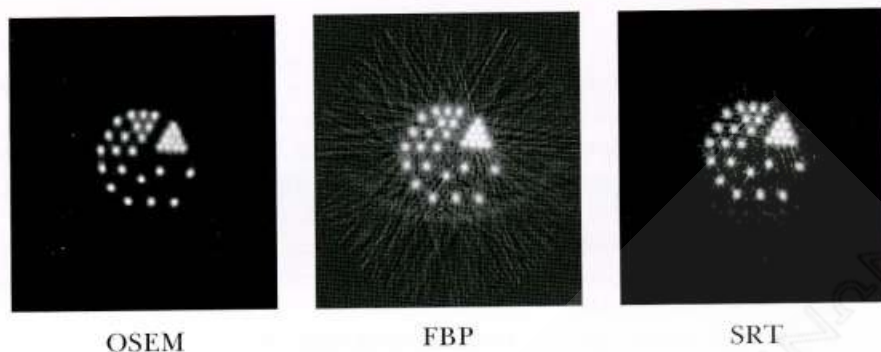
Ο τομογράφος ARGUS PET-CT της Εταιρείας SEDECAL S.A. είναι ένας εμπορικά διαθέσιμος τομογράφος που συνδυάζει τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων PET και υπολογιστική τομογραφία CT (Computed Tomography). Είναι ένα σύστημα υψηλής διακριτικής ικανότητας, σχεδιασμένο σε μικρή κλίμακα για να απεικονίζει αποκλειστικά μικρά ζώα (small-animal PET/CT system), αφού το εγκάρσιο οπτικό του πεδίο δεν ξεπερνά τα 6,8 cm. Το ARGUS PET-CT αποτελείται από 36 block ανιχνευτών διατεταγμένα σε δύο δακτυλίους των 18 block. Κάθε block ανιχνευτής απαρτίζεται από μια  $13 \times 13$  διάταξη dual layer phoswich. Ο κάθε ανιχνευτής phoswich αποτελείται από ένα στρώμα κρυστάλλου LYSO (μπροστά) και GSO (πίσω). Το σύστημα CT χρησιμοποιεί ανιχνευτές τεχνολογίας CMOS σε συνδυασμό με σπινθηριστή CsI και μία πηγή ακτίνων x.



Είκ. 3. Σχεδιάγραμμα της διατομής του όμοιώματος Derenzo.

#### 2.4. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΩΝ

Ένα όμοιομα Derenzo, κατασκευασμένο σύμφωνα με τις προδιαγραφές του NEMA NU4-2008 image quality phantom, χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμήσει τις διακριτικές ικανότητες του SRT αλγόριθμου. Ένα σχεδιάγραμμα της διατομής του όμοιώματος απεικονίζεται στην Είκ. 3. Το όμοιομα Derenzo αποτελείται από 31 πολύ μικρούς τριχοειδείς σωλήνες (72 mm μήκος και όγκο 6,6  $\mu\text{l}$ ), που είναι διατεταγμένοι σε έξι τομείς με διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ γειτονικών τριχοειδών. Οι αποστάσεις αυτές έχουν προσδιοριστεί στα 2, 3, 4, 5, 6 και 8 mm. Στο όμοιομα προστέθηκαν 5.6 MBq του ραδιοϊσότοπου  $^{18}\text{F}$  και απεικονίστηκε στον PET για 60 λεπτά.



Εικ. 4. Σύγκριση μεταξύ ανακατασκευασμένων εικόνων χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους OSEM και FBP, που παρέχονται από το σύστημα ARGUS PET-CT, και του SRT αλγόριθμου που αναπτύσσεται στο ΚΕΘΕΜ.

Οι προβολές που συλλέχθηκαν ανακατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους FBP και OSEM που είναι οι πιο συνήθεις αλγόριθμοι ανακατασκευής εικόνας διαθέσιμοι από εμπορικά συστήματα PET/CT. Τα ίδια δεδομένα προβολών ανακατασκευάστηκαν με τον SRT αλγόριθμο που αναπτύσσεται στο ΚΕΘΕΜ. Τα αποτελέσματα μας υποδηλώνουν ότι ο SRT προσφέρει καλή ποιότητα εικόνας, ακόμη και χωρίς κανένα φίλτρο (Εικ. 4). Οι κυκλικές πηγές της διατομής του ομοιώματος Derenzo, ακόμη και στα πιο κοντινά τριχρειοδή των μόλις 2 mm, διακρίνονται με σαφή όρια και μεγαλύτερη αντίθεση στον SRT από ότι στον FBP και OSEM. Περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι οι παραπάνω υποκειμενικές παρατηρήσεις μας είναι συνεπείς με τον υπολογισμό του λόγου σήματος προς θόρυβο (Signal-to-Noise Ratio, SNR) και της αντίθεσης (Contrast, CR). Αυτοί οι υπολογισμοί για προσομοιωμένα ομοιώματα Hoffman και NEMA δείχνουν ότι οι ανακατασκευασμένες εικόνες με τον SRT εμφανίζουν υψηλότερο SNR και CR σε σύγκριση με τον FBP, και σε όρισμένες περιπτώσεις, σε σύγκριση με τον OSEM.

## 2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιολόγησή μας υποδηλώνει ότι ο αλγόριθμος SRT έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τον FBP: α) δημιουργεί εικόνες με υψηλή αντίθεση και ψηλές τιμές SNR, β) δεν απαιτεί ομοιόμορφα κατανομημένους ανιχνευτές και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύπλοκες γεωμετρίες ανιχνευτών.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] E. R. Kandel, *In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind*. W.W. Norton and Company, NY (2006).
  - [2] A. S. Fokas - E. Moutsopoulos, Mathematics and Innate Knowledge: From Philosophical Positions of Ancient Greeks to Neuroscience. *Φιλοσοφία, Έπετηρίς του Κέντρου Έρευνας της Ελληνικής Φιλοσοφίας*, 40 (2010).
  - [3] A. S. Fokas, I. M. Gelfand, Integrability of linear and nonlinear evolution equations and the associated nonlinear Fourier transforms. *Letters in Mathematical Physics*, 32, 189-210 (1994).
  - [4] A. S. Fokas, A. Iserles and V. Marinakis, Reconstruction algorithm for single photon emission computed tomography and its numerical implementation. *J.R. Soc. Interface*, 3, 45-54 (2006).
  - [5] G. A. Kastis, A. Samartzis, A. S. Fokas, Comparison between Filtered Back-Projection and Spline and Chebyshev Reconstruction Techniques. *Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine EANM 2010*, Vienna, Austria, Oct. 9-13, 2010.
  - [6] G. A. Kastis, A. Gaitanis, Y. Fernandez, G. Kontaxakis, A. S. Fokas, Evaluation of a Spline Reconstruction Technique: Comparison with FBP, MLEM and OSEM. *Conference Record of the 2010 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference*, Oct. 30-Nov. 6, 2010, Knoxville, Tennessee, USA.
  - [7] Z. Wang and A.C. Bovik, A Universal Image Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, no. 3, 81-84 (2002).
-

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 3ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2010

## ΠΥΡΗΝΙΚΟΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ (Ο κίνδυνος για την ανθρωπότητα)

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΣΚΑΡΒΕΛΗ

Στήν ώραία αυτή αίθουσα και γενικά στο ναό αυτό της Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, ὅπου κάνουν αἰσθητή τήν παρουσία τους οἱ ἐπιστῆμες, τὰ γράμματα καί οἱ τέχνες, δέν ἀρμόζει ἴσως ὁ λόγος γιά τοὺς πυρηνικοὺς ἐξοπλισμούς, πού εἶναι τὸ θέμα μας. Ὅμως ἡ ἀναφορὰ στὰ πυρηνικὰ ὄπλα (π.δ.), πού εἶναι ὅ,τι πιὸ φονικὸ καὶ καταστροφικὸ ἀνακάλυψε μέχρι σήμερα ὁ ἄνθρωπος, ἐπιβάλλεται ἀφ' ἐνὸς μὲν διότι αὐτὰ συνιστοῦν μία πραγματικότητα, ἀφ' ἑτέρου δὲ διότι ἡ πραγματικότητα αὐτὴ ἐγκυμονεῖ μέγιστο κίνδυνο γιά τήν ἀνθρωπότητα. Ἡ ἄγνοια εἶναι πάντα κακὸς σύμβουλος. Διευκρινίζουμε ὅτι ἡ ὁμιλία ἀναφέρεται μόνο στοὺς πυρηνικοὺς ἐξοπλισμούς καὶ καθόλου στὴν εἰρηνικὴ χρῆση τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας, καὶ ἀκόμα ὅτι δέν ὑπεισέρχεται σὲ τεχνικὰ θέματα τῶν π.δ.

Παρὰ τὸ γεγονὸς ὅτι ὁ κίνδυνος εἶναι μέγιστος, ὅπως ἐλέχθη, καὶ καθόλου θεωρητικός, τὸ ἐνδιαφέρον σήμερα μονοπωλοῦν ἄλλα θέματα, πρωτίστως τὰ οἰκονομικὰ καὶ τὰ περιβαλλοντικά, ἀλλὰ καὶ τὰ πολιτικά, τὰ θέματα ὑγείας, οἱ φυσικὲς καταστροφές, οἱ τοπικοὶ πόλεμοι καὶ ἄλλα, καὶ πολὺ λίγο τὰ π.δ. Γιά αὐτὰ τὰ τελευταῖα οὔτε μαζικὲς ἀντιδράσεις βλέπουμε νὰ ὑπάρχουν, οὔτε καὶ νὰ βρίσκονται στίς ἀτζέντες τῶν διεθνῶν συναντήσεων τῶν διαφόρων ομάδων π.χ. G8 ἢ G20 ὅπως τίς ἀποκαλοῦν. Ἄν, πρόσφατα, εἶδαμε στίς ὁθόνες μας κινητοποιήσεις στὴ Γερμανία, αὐτὲς ἀφοροῦσαν τὰ ἀπόβλητα ἀπὸ τὴν εἰρηνικὴ χρῆση πυρηνικοῦ ὕλικου καὶ ὄχι τὰ π.δ.

Ἐντούτοις, τὸ τρέχον ἔτος μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι εἶναι μία «καλὴ χρονιά» γιά τοὺς πυρηνικοὺς ἐξοπλισμούς, ἀκριβῶς λόγῳ τῶν δραστηριοτήτων πού ἔλαβαν χώρα μέσα στὸ χρόνο, οἱ ὁποῖες ναι μὲν δέν ἔλυσαν τὸ πρόβλημα, ὅμως συ-

γkρατημένα μπορούμε νά πούμε ότι ἦσαν ἓνα βῆμα ἀπὸ τὰ πάρα πολλὰ πού πρέπει νά ἀκολουθήσουν πρὸς τὴ σωστὴ κατεύθυνση, πού δὲν εἶναι ἄλλη ἀπὸ τὸν ἀπόλυτο ἔλεγχο τῶν πυρηνικῶν ἐξοπλισμῶν καὶ τελικὰ τὸν ὀλοκληρωτικὸ ἀφοπλισμὸ. Αὐτὲς οἱ δραστηριότητες μᾶς ἔδωσαν τὴν ἀφορμὴ γιὰ τὴ σημερινή παρέμβαση καὶ εἶναι κυρίως οἱ ἑξῆς:

- 8 Ἀπριλίου : Συμφωνία Πράγας μεταξύ ΗΠΑ-Ρωσίας
- 12-13 Ἀπριλίου : Σύνοδος Κορυφῆς Οὐάσιγκτον
- 17-18 Ἀπριλίου : Σύνοδος Τεχεράνης γιὰ τὰ π.δ.
- 3-28 Μαΐου : Σύνοδος ΟΗΕ (ἀναθεώρηση τῆς NPT)
- 17 Μαΐου : Σύνοδος NATO

Κρίνεται σκόπιμο, πρὶν προχωρήσουμε στὴν ἐξέταση τῶν δραστηριοτήτων αὐτῶν, νά ἀφιερῶσουμε κάποιο χρόνο γιὰ μία πολὺ γενικὴ πληροφόρηση γύρω ἀπὸ τὰ π.δ. καὶ τίς προηγηθεῖσες γιὰ αὐτὰ συμφωνίες, ὥστε νά συνδέσουμε τὸ χθὲς μὲ τὸ σήμερα καὶ ἔτσι ἡ ὁμιλία νά εἶναι πληρέστερη. Ὡς ἀρχίσουμε μὲ τίς ὑπάρχουσες κατηγορίες ὀπλικῶν συστημάτων, πού εἶναι:

• Τὰ Συμβατικά Ὀπλικά Συστήματα: Οἱ γομώσεις των εἶναι προϊόντα πυρίτιδος καὶ ἐκρηκτικῶν ὑλῶν, στὶς ὁποῖες ὀφείλεται καὶ ἡ ἰσχὺς των, δηλαδὴ ἀπὸ τὰ ἀπλά φυσίγγια τῶν τυφεκίων ἕως τὰ βλήματα πυροβόλων, τίς βόμβες ἀεροσκαφῶν καὶ τίς ρουκέτες-πυραύλους.

• Τὰ Ὀπλα Μαζικῆς Καταστροφῆς (μαζικῶν ἀπωλειῶν). Αὐτὰ εἶναι:

- Χημικά καὶ Βιολογικά: Ἡ δράση των ὀφείλεται σὲ χημικὲς οὐσίες καὶ σὲ μικροοργανισμοὺς-μικρόβια ἀντίστοιχα·
- Ραδιολογικά: Τὰ ἐκλύοντα ραδιενέργεια, π.χ. τὰ ὅπλα ἀπεμπλουτισμένου οὐρανίου·
- Πυρηνικά: Ἡ ἰσχὺς των ὀφείλεται στὴν ἐκλύομενη ἐνέργεια ἀπὸ τὴ σχάση ἢ σύντηξη πυρηνικοῦ ὕλικου.

## ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΟΠΛΑ

Ὡς ἐστιάσουμε τώρα στὰ π.δ. Ἡ ἰσχὺς των ἐκφράζεται σὲ ἰσοδύναμα τόνων TNT (τρινιτροτολουόλης). Ἡ βόμβα στὴ Χιροσίμα, γιὰ παράδειγμα, ἦταν ἰσχύος 20.000 τόνων TNT.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἐκρηξης ἑνὸς π.δ. εἶναι τὸ ὠστικὸ κύμα, ἡ θερμικὴ ἀκτινοβολία καὶ ἡ πυρηνικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία διακρίνεται σὲ ἄμεση καὶ πα-



ραμένουςα ραδιενέργεια. Η πυρηνική ακτινοβολία συνιστά τή χαρακτηριστική διαφορά με τὰ συμβατικά όπλα, διότι ώστικό κύμα και θερμότητα παράγουν και αὐτά. Η παραμένουςα μάλιστα ραδιενέργεια έχει εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής, καλύπτει μεγάλες εκτάσεις ώς ραδιενεργός διασπορά και ραδιενεργός βροχή και έχει νετρονοπαράγωγο ακτινοβολία, με καταστρεπτικές για τὸ περιβάλλον και κυρίως τὸν ἄνθρωπο συνέπειες, ακόμα και για τις επόμενες γενεές.

Τὰ π.ό. είναι ἀρρήκτως συνδεδεμένα με τὰ «μέσα μεταφορᾶς» των. Αὐτὰ προωθοῦν τὰ π.ό. στοὺς στόχους των. Τὰ μέσα μεταφορᾶς είναι τὰ σχετικά μεγάλο διαμετρήματος πυροβόλα (ἀπὸ 155 χιλ. και ἄνω), οἱ μικροῦ και μεγάλου βεληνεκοῦς διηπειρωτικοὶ πύραυλοι, τὰ πολεμικά σκάφη ἐπιφανείας, τὰ ὑποβρύχια και τὰ ἀεροσκάφη, ἢ και συνδυασμοί, ὅπως τὰ ὑποβρύχια πού φέρουν πυραύλους.

Τὰ πυρηνικά όπλα είναι δύο κατηγοριῶν, τὰ στρατηγικά και τὰ τακτικά. Χωρίς νὰ ὑπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ τους, μπορούμε νὰ πούμε ὅτι τὰ μὲν στρατηγικά είναι μεγαλύτερης ἰσχύος, με μέσα μεταφορᾶς μεγάλων ἀποστάσεων (πλανητικῶν) και καλύπτουν ἀνάγκες θεάτρου πολέμου. Τὰ τακτικά είναι μικρότερης ἰσχύος, βαλλόμενα ἀπὸ πυροβόλα και πυραύλους μικροῦ και μέσου βεληνεκοῦς, και καλύπτουν τὸ τακτικό πεδίο. Στὰ τακτικά ὑπάγονται και νάρκες καθὼς και τὰ Ὑλικά Ἀτομικῶν Καταστροφῶν (ΥΑΚ) για καταστροφές ἐδάφους και δημιουργία κρατήρων ἢ ἄλλων ἐμποδίων, διὰ τῆς ραδιενεργοῦ μόλυνσεως, π.χ. ἐδαφικῶν περιοχῶν πρὸς «ἀπαγόρευση» (χρήσης ἀπὸ τὸν ἐχθρό).

Τὸ διαβατήριο νὰ περάσει ἡ ἀνθρωπότητα στήν πυρηνική ἐποχή ἔδωσε τὸ 1945 ἡ χρήση δύο ἀτομικῶν βομβῶν ἐναντίον πόλεων τῆς ἐμπόλεμης Ἰαπωνίας ἀπὸ τις Ε.Δ. τῶν ΗΠΑ. Στὴ Χιροσίμα πρῶτα (6.8.1945), ἡ ὁποία ἐπλήγη με βόμβα οὐρανίου, και στὸ Ναγκασάκι μετὰ (9.8.1945) με βόμβα πλουτωνίου, με ἄνω τῶν 130 χιλιάδων νεκρῶν και 150 χιλιάδων τραυματιῶν συνολικά. Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐκρήξεων είναι ἀποτυπωμένα σὲ ἀνθρώπους ακόμα και σήμερα, ὕστερα ἀπὸ 65 χρόνια. Ὁ σκοπὸς τῆς χρήσεως αὐτῶν τῶν ἀτομικῶν ὅπλων, ἐπισήμως, ἦταν ὁ ταχύς τερματισμός τοῦ πολέμου και ἡ ἐξοικονόμηση ἀνθρώπινων ζωῶν (τις ὑπολόγισαν σὲ ἓνα ἑκατομμύριο, ἂν ὁ πόλεμος παρετεινέτο). Ἀργότερα ὁ Ντὴν Ράσκ, Ὑπουργὸς Ἐξωτερικῶν τῶν ΗΠΑ, ὁμολόγησε ὅτι για τὸ συγκεκριμένο σκοπὸ ἀρκοῦσε ἡ μία μόνο βόμβα. Κάποιοι ὅμως πιστεύουν ὅτι οἱ δύο βόμβες ἐρρίφθησαν διότι οἱ δοκιμές πού εἶχαν προηγηθεῖ ἔπρεπε νὰ ἐπιβεβαιωθοῦν και σὲ πραγματικούς στόχους.

Ἡ ἀρχὴ ἔγινε τὸ 1945, ἐνῶ τὰ ἔτη 1952 και 1953 οἱ ΗΠΑ και ἡ ΕΣΣΔ δοκίμασαν ἀντίστοιχα τὴ βόμβα ὕδρογόνου, χίλιες φορές ἰσχυρότερη ἀπὸ τις βόμ-

βες Χιροσίμα και Ναγκασάκι. Σήμερα υπάρχουν ακόμα πιο ισχυρές βόμβες. Από τότε, χρόνο με το χρόνο, τα πυρηνικά όπλοστάσια μεγάλωναν, και παράλληλα νέες πυρηνικές δυνάμεις —κράτη— έκαναν την εμφάνισή τους. Πού βρισκόμαστε σήμερα από πλευράς αριθμού όπλων, πυρηνικών κεφαλών, όπως λέγονται; Κανείς δεν γνωρίζει ακριβώς. Αλλά και ποια σημασία έχει η ακρίβεια; Όταν θα προβληθούν οι αριθμοί θα συμφωνήσετε ότι 100 ή και 1.000 πυρηνικές κεφαλές πάνω ή κάτω δεν αλλάζουν την κατάσταση, τουλάχιστον για τις δύο υπερδυνάμεις (ΗΠΑ και Ρωσία), αφού και υποπολλαπλάσιο των υπάρχουσων κεφαλών επαρκεί για την ολοσχερή καταστροφή του πλανήτη μας. Θυμίζει το τρις εἰς θάνατον, αφού και το άπαξ είναι υπεραρκετό. Ακολουθεί ο πίνακας των αριθμών με τη μεγαλύτερη δυνατή προσέγγιση (στρατηγικά και τακτικά πυρηνικά όπλα μαζί, και μόνον τα έξ αὐτῶν ενεργοποιημένα).

ΗΠΑ	5.535	(1.032 πυρηνικές δοκιμές, 1945-1992)
Ρωσία	5.830	(715 πυρηνικές δοκιμές, 1949-1990)
Κίνα	200	(45 πυρηνικές δοκιμές, 1964-1996)
Βρετανία	180	(45 πυρηνικές δοκιμές, 1952-1991)
Γαλλία	350	(210 πυρηνικές δοκιμές, 1960-1996)
Πακιστάν	60	(2 πυρηνικές δοκιμές, 1998)
Ινδία	60	(3 πυρηνικές δοκιμές, 1974-1998)
Ισραήλ	200	

Για τη Ρωσία ο αριθμός των όπλων φθάνει τις 16.000 περίπου, ενώ στον πίνακα αναφέρονται οι αριθμοί των ενεργοποιημένων όπλων. Αναφερόμαστε σε ένα σύνολο π.δ. λίγο περισσότερων από 20.000. Για το Ισραήλ υπάρχουν πληροφορίες ότι έχει προβεί σε έναν άγνωστο αριθμό δοκιμών σε περιοχές της Νότιας Αφρικής. Υπόψιν ότι και η Νότια Αφρική —δεν αναφέρεται στον πίνακα— διαθέτει έναν αριθμό 10-15 όπλων, τα όποια από ετών έχει απενεργοποιήσει και έχει δηλώσει ότι δεν είναι αναγκαία για την ασφάλειά της. Πιθανολογείται ότι και η Β. Κορέα —πού και αυτή δεν αναφέρεται στον πίνακα— διαθέτει μικρό αριθμό όπλων, όχι άνω των δέκα, με δοκιμές που έγιναν μεταξύ των ετών 2006 και 2009. Η Λιβύη είχε θέσει σε εφαρμογή ένα πρόγραμμα απόκτησης π.δ. με βοήθεια της Κίνας, το οποίο όμως εγκατέλειψε το 2003.

Χώρες με πυρηνικές εξοπλιστικές φιλοδοξίες είναι πρωτίστως το Ιράν, αλλά πιθανολογούνται και η Συρία, η Βραζιλία και η Αργεντινή. Χώρες πού, ναί μὲν δὲν ἔχουν ἐκδηλώσει φιλοδοξίες νὰ καταστοῦν πυρηνικές δυνάμεις, ἔχουν ὅμως



τήν τεχνογνωσία και τὰ υλικά ὥστε μέσα σὲ πολὺ λίγο χρόνο νὰ μποροῦν νὰ κατασκευάσουν πυρηνικὲς βόμβες φέρονται ἡ Σουηδία, ἡ Ἰαπωνία καὶ ὁ Καναδὰς.

Ὅστερα ἀπὸ ὅσα ἀνεφέρθησαν πρέπει νὰ ὁμολογήσουμε ὅτι ἡ ἀνακοπὴ τῆς προόδου τῆς Ἐπιστήμης, πού εἶναι ἀδιανόητη, καὶ ἡ ἐνστικτώδης παρόρμηση τοῦ ἀνθρώπου γιὰ ὅλο καὶ μεγαλύτερη ἀσφάλεια ὁδήγησαν στὴ σημερινή πραγματικότητα. Ὡς πρὸς τὴν Ἐπιστήμη, ἃς μὴ παραβλέπουμε τὸ γεγονὸς τῆς μεγάλης ὠφέλειας πού προέκυψε ἀπὸ τὴν πυρηνικὴ ἐνέργεια, δηλαδὴ ἃς ἀποδεχθοῦμε ὅτι ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια ἔχει καὶ τὴν καλὴ, τὴ χρήσιμη πλευρὰ της. Ὅμως ἐδῶ σήμερα δὲν ὁμιλοῦμε γιὰ αὐτὴν ἀλλὰ γιὰ πυρηνικὰ ὅπλα, δηλαδὴ τὴν κακὴ πλευρὰ τοῦ πράγματος.

Τὸ πυρηνικὸ ὅπλο εἶναι γιὰ τὴν ὥρα τὸ ἀπόλυτο ὅπλο. Τίποτε δὲν θὰ μπορούσε νὰ σταματήσει τὴν προαιώνια καὶ ἐναγώνια δίψα κάθε χώρας γιὰ τὴν ἀπόκτηση πανίσχυρων ὅπλων, ὥστε νὰ ὑπερτερεῖ τοῦ ὅποιου ἀντιπάλου. Τὸ ἀντίπαλο δέος ὄντως ὠθεῖ τὸν ἄνθρωπο καὶ τὴ χώρα πρὸς αὐτὴν τὴν κατεύθυνση, συνεπικουρούμενο ἀπὸ ἓνα πρωτόγονο καὶ ἔντονα θεμελιωμένο ἐνστικτο, αὐτὸ τῆς ἐπιβίωσης. Ἡ ἰσχὺς πού τὰ π.δ. προσδίδουν στὶς χώρες πού τὰ ἔχουν ἔρχεται στὴν πρώτη γραμμὴ τῆς ἰσχύος, θεωρουμένης ὡς γεωπολιτικοῦ παράγοντα. Ἐνὸς παράγοντα πού διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στὶς διακρατικὲς καὶ διεθνεῖς σχέσεις. Σήμερα, ἡ ἰσχὺς τῶν πυρηνικῶν ἐξοπλισμῶν εἶναι βασικὸ στοιχεῖο καθορισμοῦ μιᾶς χώρας ὡς «ὑπερδύναμης» ἢ ὡς «πόλου» μέσα στὸ διεθνὲς γίγνεσθαι. Ἀντιλαμβάνεσθε λοιπὸν τὴ μαγνητικὴ ἑλξη πού αὐτὰ τὰ ὅπλα ἀσκοῦν στὰ κράτη.

Εἶναι ἐξακριβωμένο ὅτι ἐπιστήμονες τῆς τάξης τοῦ Ἀϊνστάιν συμβούλευαν τὸν Πρόεδρο Ρούσβελτ στὴν ἐπίσπευση τῆς κατασκευῆς τῆς ἀτομικῆς βόμβας, προφανῶς γιὰ νὰ προλάβουν τὴ Γερμανία καὶ νὰ μὴν ἐπιτρέψουν στὸ ναζιστικὸ καὶ φασιστικὸ σκοταδισμό νὰ σκεπάσει τὴν Εὐρώπη καὶ ἐνδεχομένως τὸν κόσμο. Τότε ἴσως δὲν μπορούσαν νὰ προβλέψουν τίς διαστάσεις πού θὰ ἔπαιρναν οἱ πυρηνικοὶ ἐξοπλισμοὶ μελλοντικά καὶ τὸν κίνδυνο πού θὰ προέκυπτε γιὰ τὴν ἀνθρωπότητα. Κάποια στιγμή τὰ π.δ. ἔφθασαν στὸν ἀριθμὸ τῶν 36.000 τὰ ὅποια, μέσα ἀπὸ τίς κατὰ καιροὺς συμφωνημένους μειώσεις, τὴν ἀπενεργοποίηση τέτοιων ὅπλων μετὰ τὴν πτώση τοῦ ὑπαρκτοῦ σοσιαλισμοῦ καὶ τὴ διάσπαση τῆς ΕΣΣΔ, ἀλλὰ καὶ τὴν ἀναγκαστικὴ ἀπομείωση λόγῳ παλαιότητας, ἐμειώθησαν στὸν προαναφερθέντα ἀριθμὸ τῶν περίπου 20.000 πυρηνικῶν κεφαλῶν. Βέβαια, ἃς ἔχουμε ὑπόψη ὅτι ἡ μείωση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν π.δ. δὲν σημαίνει καὶ πολλὰ πράγματα, ἀκόμα καὶ ἂν οἱ 20 χιλιάδες γίνουν 10 χιλιάδες ἢ καὶ 5 χιλιάδες, διότι ἡ βελτίωση τῆς ποιότητος, ἢ μᾶλλον τῆς ἰσχύος τῶν νεώτερων π.δ. ἔχει ὡς ἀπο-



τέλεσμα ή συνολική ισχύς των υπάρχοντων σήμερα π.δ. να είναι κατά χιλιάδες φορές μεγαλύτερη του αρχικού αριθμού των 36.000 π.δ.

Αναφερόμενοι στους επιστήμονες, διότι αυτοί είναι οι πατέρες των π.δ., θέτουμε αυτόματα το έρώτημα της ευθύνης των για τη σημερινή ιδιαίτερα επικίνδυνη κατάσταση για την ανθρωπότητα. Το θέμα αυτό, βέβαια, δεν έμπίπτει στο πλαίσιο αυτής της όμιλίας, εντούτοις οφείλουμε να αντιδιαστείλουμε την «ανάκαλυψη» από την «εκμετάλλευσή» της, πού είναι πάντα αποτέλεσμα της ελεύθερης επιλογής του ανθρώπου, και στο συγκεκριμένο θέμα, της ελεύθερης επιλογής των στρατιωτικών και πολιτικών ήγεσιών και όχι των επιστημόνων.

Μετά τα όσα μέχρι τουδε ελέχθησαν ως επικεντρωθούμε στο κρίσιμο σημείο της επικινδυνότητας την οποία τα π.δ. εγκυμονούν για την ανθρωπότητα. Θά ήταν ασυγχώρητη αφέλεια να επαναπαυόμαστε με την ιδέα ότι τα π.δ. υπάρχουν μέν, πλην αφού δεν εχρησιμοποιήθησαν επί 65 χρόνια, μετά τη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι, ποτέ δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Είναι όντως ένα όπλο αποτρεπτικού χαρακτήρα, ούδεις το αρνείται και θά επανέλθουμε σε αυτό, και αυτός θά παραμείνει έσαι ο ρόλος του, ή αποτροπή του πολέμου χωρίς τη χρήση του.

Μακάρι να είναι έτσι τα πράγματα αλλά δεν είναι. Και δεν είναι, πάντα ως προς την επικινδυνότητα, για τους παρακάτω λόγους:

— διότι οι πυρηνικές δυνάμεις έχουν εντάξει τα π.δ. τους στους πολεμικούς, επιχειρησιακούς σχεδιασμούς τους· μέρος αυτών είναι ενεργά και μάλιστα κάτω από κάποιο βαθμό επιχειρησιακής έτοιμότητας·

— διότι οι πυρηνικές δυνάμεις έχουν επεξεργασθεί και εκπονήσει δόγματα επιχειρησιακής χρησιμοποίησης και έχουν εκπαιδεύσει και εκπαιδεύουν συνεχώς στρατιωτικό προσωπικό με ύψηλή έτοιμότητα υπηρέτησης των π.δ. σε εφαρμογή των δογμάτων αυτών·

— διότι ή διάταξη στο χώρο των όπλων αυτών είναι τέτοια πού φανερώνει την πρόθεση των κατόχων για χρήση, αν τουτο κρίνουν αναγκαίο· ή Γερμανία, π.χ., δεν είναι πυρηνική δύναμη, εντούτοις έχει διατεταγμένα στο έδαφός της π.δ. μέσα στο πλαίσιο του νατοϊκού σχεδιασμού·

— διότι οι κατέχοντες χρησιμοποιούν την πυρηνική απειλή προς ύποστήριξη της πολιτικής των και των στρατηγικών συμφερόντων τους, όταν το κρίνουν πρόσφορο· στο πρόσφατο δόγμα των ΗΠΑ εύκρινως απειλούνται με π.δ. το Ιράν και ή Β. Κορέα, ακόμα και με πρώτη χρήση·

— διότι ή εξάπλωσή τους, δηλαδή ή απόκτηση π.δ. από περισσότερες χώρες,

κάτι που δεν αποκλείεται για την ώρα, δυσχεραίνει τον έλεγχο τους και αυξάνει την πιθανότητα χρησιμοποίησής τους·

— διότι η πρόοδος της πυρηνικής τεχνολογίας οδεύει προς την κατασκευή μικρᾶς ισχύος π.δ. (μίνι νιούκς, τύπου βαλίτσας) με αποτέλεσμα, ἀφ' ἑνὸς μὲν νὰ μειώνονται οἱ δισταγμοὶ τῶν στρατιωτικῶν καὶ πολιτικῶν ἡγεσιῶν ὡς πρὸς τὴν χρῆση τουλάχιστον τῶν μικρῶν π.δ., ἀφ' ἑτέρου δὲ νὰ κινδυνεύουμε νὰ περιέλθουν τέτοια ὅπλα στὰ χέρια τρομοκρατικῶν ὁργανώσεων (μικρὸς ὄγκος, εὐκολὴ μεταφορὰ καὶ ἀπόκρυψη)·

— διότι ὑπάρχει ἐκτεταμένο λαθρεμπόριο πυρηνικῶν ὑλικῶν καὶ ὑπόγεια μεταφορὰ πυρηνικῆς τεχνολογίας, ἀκόμη περισσότερο μετὰ τὴ διάλυση τῆς ΕΣΣΔ, μὲ πολλοὺς ἐνδιαφερομένους·

— διότι εἶναι πολλὰ τὰ μέχρι σήμερα λάθη καὶ ἀτυχήματα, κυρίως κατὰ τὴ μεταφορὰ π.δ. —ἀναφέρονται περὶ τὰ 230 σὲ ΗΠΑ, Ρωσία καὶ Μ. Βρετανία, χωρὶς νὰ εἶναι καὶ ὅλα γνωστὰ—, ἀλλὰ καὶ μεγάλα καὶ δυσεπίλυτα τὰ προβλήματα τῆς ἀπενεργοποίησής τους καὶ τῆς ἀσφάλους ἐναποθήκευσης τῶν πυρηνικῶν ὑλικῶν τους· οἱ πυρκαϊᾶς δασῶν τὸ θέρος πού πέρασε σὲ περιοχὲς τῆς εὐρύτερης Μόσχας δημιούργησαν μεγάλη ἀνησυχία γιὰ τὴν ἀσφάλεια τῶν π.δ. τῆς περιοχῆς·

— διότι, ἅπαξ καὶ χρησιμοποιηθεῖ ἓνα π.δ., εἶναι περισσότερο ἀπὸ βέβαιο ὅτι θὰ ὑπάρξει ἀνταπόδοση (retaliation, αὐτὴ εἶναι ἡ πρόβλεψη τῆς ἐπιχειρησιακῆς σχεδίασης), καὶ στὴ συνέχεια κλιμάκωση (escalation) μὲ ἀπρόβλεπτη, ἀνεξέλεγκτη ἐξέλιξη·

— διότι δὲν ὑπάρχει καμία διεθνὴς συνθήκη μὴ χρήσης π.δ., οὔτε τέτοιο θέμα στὸ Διεθνὲς Δίκαιο —θὰ ἐπανέλθουμε σὲ αὐτό·

— διότι, τέλος, ἡ συσσωρευμένη ἰσχύς τῶν ὑπαρχόντων π.δ. εἶναι τέτοια καὶ τόση, ὥστε νὰ μὴν ὑπάρχει ἀμφιβολία γιὰ τὴν ὀλοκληρωτικὴ καὶ ἴσως ἀνεπανόρθωτη καταστροφὴ τοῦ πλανῆτη Γῆ ἀπὸ ἓνα πυρηνικὸ ὀλοκαύτωμα· τὸ λεχθὲν ὅτι δὲν γνωρίζουμε πῶς θὰ διεξαχθεῖ ὁ Γ' Παγκόσμιος Πόλεμος, ὅμως ὁ Δ' θὰ διεξαχθεῖ μὲ ρόπαλα, ἀποδίδεται στὸν Ἀϊστáιν. Ὁ κόσμος μας θὰ ξαναγυρίσει στὴν ἀρχὴ τῆς ἱστορίας του.

Αὐτὰ ὅσον ἀφορᾷ στὴν ἐπικινδυνότητα τῶν πυρηνικῶν ἐξοπλισμῶν καὶ ἄς ἔλθουμε τώρα νὰ ἰδοῦμε τὴν ἐπιχειρησιακὴ σχεδίαση τῶν π.δ. Ἐλέχθη ἤδη ὅτι τὰ ὅπλα αὐτὰ εἶναι ἐντεταγμένα σὲ πολεμικὲς σχεδιάσεις καὶ μάλιστα εὐρίσκονται καὶ κάτω ἀπὸ κάποιον βαθμὸ ἐτοιμότητος. Ἡ ἀνάπτυξη τῶν ὀπλοστασίων αὐτῶν συνέπεσε μὲ τὴ δημιουργία καὶ παγίωση γιὰ δεκαετίες τοῦ διπολικοῦ συ-



στήματος Ἀνατολῆς-Δύσης, μέσα σέ ἀτμόσφαιρα ψυχροῦ πολέμου. Ἡ στρατιωτική ἔκφραση τῶν δύο πόλων ἦσαν ἀντίστοιχα τὸ Σύμφωνο τῆς Βαρσοβίας καὶ τὸ NATO, με τοὺς πρώτους ρόλους νὰ τοὺς ἔχουν οἱ δύο ὑπερδυνάμεις καὶ συγχρόνως πυρηνικὲς δυνάμεις ΕΣΣΔ καὶ ΗΠΑ. Ἡ ὑπεροπλία σὲ συμβατικές δυνάμεις τοῦ Ἀνατολικοῦ Μπλόκ ἀντιμετωπίστηκε εὐθὺς ἐξαρχῆς με πυρηνικὰ ἀντίποινα ἀπὸ τὸ Δυτικὸ Μπλόκ. Ἡ σχεδίαση τοῦ NATO στηρίχθηκε στὴν πυρηνικὴ ἀποτροπὴ (deterrence), με ἐγκατάσταση τακτικῶν π.ῶ. στὶς χῶρες τῆς Εὐρώπης, μεταξύ αὐτῶν καὶ στὴν Ἑλλάδα. Παράλληλα οἱ δύο ὑπερδυνάμεις εἶχαν στοχοποιήσει ἢ μία τὴν ἄλλη με στρατηγικὰ π.ῶ. Οἱ νατοϊκὲς στρατηγικὲς τῆς deterrence καὶ ἀργότερα τῆς flexible response ἐστηρίζοντο στὰ π.ῶ., καὶ ἐξ αὐτοῦ ἡ ἰσορροπία εἶχε χαρακτηριθεῖ ὡς ἰσορροπία τοῦ τρόμου, ὅπως καὶ ἡ εἰρήνη ποὺ ἀπολαύσαμε ἐκαλεῖτο εἰρήνη τοῦ τρόμου, δηλαδὴ τοῦ τρόμου ἐνὸς πυρηνικοῦ ὀλοκαυτώματος.

Ἡ διάλυση τοῦ Συμφώνου τῆς Βαρσοβίας καὶ ἡ διάσπαση τῆς ΕΣΣΔ σὲ ἀνεξάρτητα κράτη ἐπέφερε, παρὰ τὸν κοινοπολιτειακὸ χαρακτήρα ὀρισμένων, ἀνασχεδιασμοὺς τῶν τακτικῶν π.ῶ. γιὰ τοὺς ὁποίους δὲν ὑπάρχει θέβαιη πληροφόρηση. Ἀπὸ πλευρᾶς NATO ὁ σκελετὸς τῆς σχεδίασης παρέμεινε ὁ ἴδιος ὕστερα, ὅμως, ἀπὸ ἀπόσυρση ἀριθμοῦ π.ῶ. καὶ περιορισμὸ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν χωρῶν ὅπου καὶ εἶναι ἐγκατεστημένα. Σὲ αὐτὲς τίς τελευταῖες περιλαμβάνονται σήμερα ἡ Γερμανία, τὸ Βέλγιο, ἡ Ὁλλανδία καὶ ἡ Τουρκία, καὶ φυσικὰ ἡ Βρετανία καὶ ἡ Γαλλία. Ἀπὸ τὴ χώρα μας τὰ π.ῶ. ἀπесύρθησαν στὴ δεκαετία τοῦ 1990.

Βασικά, τὰ πυρηνικὰ ὀπλοστάσια τῶν ΗΠΑ καὶ τῆς Ρωσίας εἶναι αὐτὰ ποὺ καθορίζουν τίς πυρηνικὲς στρατηγικὲς σὲ πλανητικὴ κλίμακα, διότι αὐτὲς καὶ μόνο οἱ δύο χῶρες, παράλληλα με τὴ διάθεση ὑψηλῆς ἰσχύος π.ῶ. —στρατηγικῶν—, διαθέτουν καὶ πλανητικῆς ἐμβέλειας μέσα μεταφορᾶς τῶν ὅπλων, ὅπως ἀεροσκάφη στρατηγικοῦ βομβαρδισμοῦ, ὑποβρύχια πυρηνοκίνητα/πυραυλοφόρα καὶ διηπειρωτικούς πυραύλους. Τὰ δόγματα τῶν π.ῶ., στρατηγικῶν καὶ τακτικῶν, εἶναι πρωτίστως ἀμυντικά-ἀποτρεπτικά ἀλλὰ δὲν ἀποκλείουν τὴν ἐπιθετικότητα μέσα στὸ πλαίσιο τῆς «ἀνταπόδοσης» πυρηνικῶν πληγμάτων. Τὸ ζήτημα εἶναι ποιὸς πρῶτος θὰ κάνει τὴ χρῆση. Ἀλλὰ καὶ αὕτὴ ἡ πρώτη χρῆση δὲν ἀποκλείεται ἀπὸ τὰ δόγματα, ὑπὸ ὅρους.

Ἄν τὸν πρωτεύοντα ρόλο στὴ διαμόρφωση πυρηνικῆς στρατηγικῆς ἔχουν οἱ προαναφερθεῖσες ὑπερδυνάμεις, οὐδόλως ὕστεροῦν οἱ μικρότερες πυρηνικὲς δυνάμεις στὴν ἀνάπτυξη δόγματος γιὰ τὴ χρῆση τους, μέσα στὸ πλαίσιο τῶν δικῶν τους ἐθνικῶν συμφερόντων ἀσφαλείας καὶ τῶν δυνατοτήτων ἰσχύος καὶ ἐμβέ-



λειας τῶν ὄπλων τους. Ἐδῶ ἐμπίπτει ἡ εὐρισκόμενη συνεχῶς στήν ἐπικαιρότητα περίπτωση τοῦ Ἰράν καί τοῦ πυρηνικοῦ προγράμματός του. Μία χώρα ὅπως τὸ Ἰράν, ἡ ὁποία περιβάλλεται ἀπὸ χώρες μὲ πυρηνικὲς δυνατότητες ὅπως ἡ Ἰνδία, τὸ Πακιστάν καὶ τὸ Ἰσραήλ, μὲ τὴν τελευταία μάλιστα νὰ ἔχει ἐκδηλώσει ἀπειλητικὲς διαθέσεις ἐναντίον του, εἶναι, θὰ λέγαμε, φυσικὸ νὰ θέλει νὰ ἀποκτήσει π.δ. Ἄς ἔχουμε μάλιστα ὑπόψιν μας ὅτι τὸ Ἰσραήλ δύο φορές μέχρι τώρα ἔχει προσβάλει μὲ συμβατικὰ ὅπλα γειτονικὲς του χώρες ὅπως τὸ Ἰράκ καὶ τὴ Συρία γιὰ νὰ ἀνακόψει καὶ νὰ σταματήσει τὰ πυρηνικὰ προγράμματά τους.

Ὅλοι εἴμαστε κατὰ τῆς ἀπόκτησης π.δ. ἀπὸ νέες χώρες, ἀλλά, προσέξτε, πρῶτον οὐδεὶς ἐγγυᾶται σὲ αὐτές, ὅπως δὲν ἐγγυῶνται στὸ Ἰράν, τὴν ἀσφάλειά τους, καὶ δεύτερον οὐδεμία πυρηνικὴ δύναμη τοὺς ὑπόσχεται —ὑπόσχεται στὸ Ἰράν— ὅτι θὰ καταστρέψει καὶ τὰ δικά της ὅπλα. Ὅταν ζητᾷ κάτι ἀπὸ τὸν ἄλλο ἐξυπακούεται ὅτι δὲν θὰ ἐξαιρεῖς τὸν ἑαυτὸ σου, διαφορετικὰ δὲν πείθεις γιὰ τὸ ζητούμενο. Ἐγγυήσεις ἀσφαλείας λοιπὸν καὶ πειστικὴ ὑπόσχεση, καὶ πάνω ἀπὸ ὅλα δρομολόγησι ἐνὸς ὁλοκληρωτικοῦ πυρηνικοῦ ἀφοπλισμοῦ εἶναι ἡ λύση, καὶ ὄχι οἱ ἀναποτελεσματικὲς ἀπειλὲς καὶ τὰ ἐμπάργκο.

Κατὰ τὸ παρελθόν, οἱ ἀνησυχίες γιὰ τὴν αὐξητικὴ τάση στοὺς πυρηνικοὺς ἐξοπλισμοὺς ὡς πρὸς τὴν ποσότητα καὶ τὴν ποιότητα, ἀλλὰ καὶ ἡ ἀπόκτηση τέτοιων ὄπλων ἀπὸ νέες χώρες, πλέον τῶν ΗΠΑ καὶ τῆς ΕΣΣΔ, ὁδήγησαν σὲ συμφωνίες καὶ συνθήκες, μὲ γενικὴ ἐπιδίωξη τὸν περιορισμὸ τῆς αὐξήσεως καὶ τὴν παρεμπόδιση τῆς διάδοσης. Πολὺ συνοπτικὰ θὰ ἀναφερθοῦμε στὶς κύριες μόνο Συνθήκες τοῦ παρελθόντος, οἱ ὁποῖες ἔχουν τὴ συνέχειά τους καὶ σήμερα.

- Ἀπὸ τίς παλαιότερες Συνθήκες εἶναι ἡ NPT ἢ NNPT (Non Proliferation Treaty ἢ Nuclear Non Proliferation Treaty), ἡ ὁποία εἶναι σὲ ἰσχὺ ἀπὸ τὸ 1970 καὶ ἔχει ὡς σκοπὸ τὴν ἀποθάρρυνση τῆς ἐξάπλωσης τῶν π.δ. Περὶ τίς 189 χώρες ἔχουν προσυπογράψει τὴ Συνθήκη, ὅμως σὲ αὐτές δὲν περιλαμβάνονται ἡ Βόρεια Κορέα —ἀπεσύρθη τὸ 2003—, ἡ Ἰνδία, τὸ Πακιστάν καὶ φυσικὰ τὸ Ἰσραήλ, ἐνῶ εἶναι κάτοχοι πυρηνικῶν ὀπλοστασίων.

Τὸ Ἰράν, στὸ ὁποῖο ἀναφερθήκαμε ἤδη καὶ γιὰ τὸ ὁποῖο γίνεται σήμερα τόσος λόγος, ἔχει προσυπογράψει τὴ Συνθήκη. Αὕτῃ περιλαμβάνει τρία κύρια κεφάλαια: Τὴ μὴ διάδοση τῶν π.δ., τὸν ἀφοπλισμὸ καὶ τὴν εἰρηνικὴ χρῆση τῆς ἀτομικῆς ἐνέργειας. Χαρακτηριστικὸ εἶναι ὅτι ἀπὸ τότε (1970) στὸ δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνεται ἡ προτροπὴ, ὄχι ὑποχρέωση, γιὰ παύση τῆς κούρσας τῶν ἐξοπλισμῶν καὶ πλήρῃ ἀφοπλισμῷ.

Προβλέπεται ἡ Συνθήκη νὰ ἀναθεωρεῖται ἀνὰ πενταετία, καὶ τὸν περασμένο

Μάιο συνήλθε ή 8η από τὸ 1970 Γενική Συνέλευση τῶν Μελῶν τοῦ ΟΗΕ πρὸς τὸ σκοπὸ αὐτό, τὰ ἀποτελέσματα τῆς ὁποίας θὰ μᾶς ἀπασχολήσουν στὴ συνέχεια. Ἡ Συνθήκη μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι εἶχε κάποια ἀποτελέσματα θετικά ὡς πρὸς τὴν ἀνακοπὴ τῆς ἐξάπλωσης τῶν π.δ., ὅμως ὁ μὴ ὑποχρεωτικὸς χαρακτήρας τῆς ἔχει ἀφήσει περιθώρια καταστρατήγησης.

- Μία δεύτερη Συνθήκη εἶναι ἡ CTBT (Comprehensive Test Ban Treaty) ἡ ὁποία συμφωνήθηκε ἀκριβῶς γιὰ λόγους προστασίας τοῦ περιβάλλοντος ἀπὸ τὴ ραδιολογικὴ μόλυνση ποὺ προκαλοῦν οἱ πυρηνικὲς δοκιμὲς. Αὐτὲς οἱ δοκιμὲς γίνονται γιὰ δύο κυρίως λόγους, ἀφ' ἑνὸς γιὰ τὴ δοκιμὴ νέων πυρηνικῶν τεχνολογιῶν γιὰ νέα ὅπλα, ἀφ' ἑτέρου γιὰ τὴν ἀξιολόγηση τῆς λειτουργικότητος τῶν ὑπαρχόντων π.δ. Σκοπὸς τῆς Συνθήκης εἶναι ἡ ἀπαγόρευση δοκιμῶν π.δ. ἡ ὁποιοιδήποτε πυρηνικῶν ἐκρήξεων γιὰ στρατιωτικὸς ἢ μὴ σκοποὺς σὲ ὅλα τα εἶδη περιβάλλοντος, δηλαδὴ τῶν ὑπογείων, θαλασσίων καὶ ἐναερίων ἐκρήξεων.

Υἱοθετήθηκε ἀπὸ τὴ Γενική Συνέλευση τοῦ ΟΗΕ τὴ 10η Σεπτεμβρίου 1996. Τὴν ἔχουν ὑπογράψει 182 κράτη-μέλη καὶ τὴν ἔχουν ἐπικυρώσει 151. Ἡ Ἰνδία, τὸ Πακιστὰν καὶ ἡ Β. Κορέα δὲν ἔχουν ὑπογράψει τὴ Συνθήκη, καίτοι πυρηνικὲς δυνάμεις. Ἡ κωλυσιεργία τῆς ἐπικύρωσης ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα κράτη τῆς ἀφαιρεῖ τὸν ὑποχρεωτικὸ χαρακτήρα. Ἡ ἱστορία τῆς Συνθήκης εἶναι μακρά, ἀφοῦ ξεκίνησε ὡς PTBT (Partial Test Ban Treaty) ἀπὸ τὸ 1963. Σύμφωνα μὲ τις προβλέψεις τῆς Συνθήκης, τίς σχετικὲς μὲ τὴν παρακολούθηση καὶ καταγραφή τῶν ἐκρήξεων, ἔχουν κατασκευασθεῖ μέχρι σήμερα περὶ τίς 250 ἐγκαταστάσεις στὸν κόσμον γιὰ monitoring-verification, οἱ ὁποῖες καὶ συλλέγουν τίς σχετικὲς πληροφορίες ἀπὸ ἐκρήξεις καὶ τίς διοχετεύουν γιὰ περαιτέρω ἐπεξεργασία στὸ κέντρο συγκέντρωσης τῶν στοιχείων ποὺ λειτουργεῖ στὴ Βιέννη, ὑπὸ τὸν ΟΗΕ, διὰ τῆς ΔΥΑΕ (Διεθνὴς Ὑπηρεσία Ἀτομικῆς Ἐνέργειας), ἡ ὁποία εἶναι θεσμικὸ ὄργανο τοῦ Ὁργανισμοῦ.

Δεδομένου ὅτι ἡ Συνθήκη ἀφήνει ἓνα παράθυρο γιὰ δοκιμὲς μὲ τὸν ὅρο νὰ μὴν προκαλοῦν ραδιολογικὴ μόλυνση πέραν τοῦ τόπου ὅπου συμβαίνουν, ἀντιλαμβάνεται ὁ καθένας ὅτι οἱ δοκιμὲς δὲν ἀποκλείονται παντελῶς. Τὴ Συνθήκη ὑπονομεύει καὶ ἡ τεχνολογία τῶν ἡλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν διὰ τῶν ὁποίων λέγεται ὅτι ἔχει ἐπιτευχθεῖ ἡ ἀπεικονιστικὴ παράσταση δοκιμῶν, ἡ ὁποία καὶ καθιστᾷ τίς πραγματικὲς δοκιμὲς μὴ ἀναγκαῖες.

- Μία τρίτη κατηγορία συνθηκῶν μὲ τὴν ὀνομασία START (Strategic Arms Reduction Treaty) γιὰ τὸν περιορισμὸ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στρατηγικῶν π.δ. καὶ



των μέσων μεταφορᾶς των ἀφορᾶ κυρίως τις ΗΠΑ καὶ τὴ Ρωσία ἀφοῦ, ὅπως ἔχει λεχθεῖ, αὐτὲς οἱ δύο χῶρες διαθέτουν τέτοια ὄπλα (στρατηγικά). Ἡ START I χρονολογεῖται ἀπὸ τὸ 1991, ἔτος λήξεως τοῦ Ψυχροῦ Πολέμου, κατὰ τὴ διάρκειά τοῦ ὁποίου καὶ ἀνεπτύχθησαν τὰ στρατηγικά π.δ. ὡς ἀποτέλεσμα τῆς ἀντιπαλότητος Ἀνατολῆς-Δύσης, ἐκπροσωπουμένων κυρίως ἀπὸ τις ΗΠΑ καὶ τὴν τότε ΕΣΣΔ. Μὲ τὴ Συνθήκη αὐτὴ εἶχε τεθεῖ ἓνα ὄριο, αὐτὸ των 6.000 πυρηνικῶν κεφαλῶν (ἀπὸ περίπου 10.000) γιὰ κάθε χώρα, πάνω ἀπὸ τὸ ὁποῖο ὅσα ὄπλα ὑπῆρχαν ἔπρεπε νὰ ἀπενεργοποιηθοῦν.

Ἡ δευτέρα Συνθήκη, ἡ START II, ὑπεγράφη τὸ 1993 καὶ ἔθετε ὡς ὄριο τὸν ἀριθμὸ των 3.000 ἕως 3.500 ὄπλων ἀνὰ χώρα, μὲ ἀπενεργοποίηση των ἐπιπλέον. Πρόδρομος των Συνθηκῶν αὐτῶν ὑπῆρξαν οἱ SALT (Strategic Arms Limitation Talks) οἱ ὁποῖες ὑπεγράφησαν, ἡ μὲν SALT I τὸ 1974, ἡ δὲ SALT II τὸ 1979, ἀπὸ τις ΗΠΑ καὶ τὴν ΕΣΣΔ.

Τὸ ἔτος 2002 ἡ Ρωσία ἀπεσύρθη ἀπὸ τὴ Συνθήκη START II, σὲ ἔνδειξη διαμαρτυρίας διότι καὶ οἱ ΗΠΑ αἶφνης ἀπεσύρθησαν ἀπὸ μία συνθήκη ἡ ὁποία ἀφοροῦσε στὸν περιορισμὸ των πυραύλων των ἀντιβαλλιστικῶν συστημάτων, τὴν ABM (Anti-Ballistic Missile Treaty). Ἔτσι πάγωσε ἡ START II. Ἐντούτοις τὸ ἴδιο ἔτος (2002) συνήφθη μία ἐνδιάμεση Συνθήκη, ἡ SORT (Strategic Offensive Reduction Treaty) μὲ τὸν ἴδιο σκοπὸ, τὴν περαιτέρω μείωση τοῦ ἀριθμοῦ των στρατηγικῶν π.δ. Δεδομένου ὅτι τὸν περασμένο Δεκέμβριο (τοῦ 2009) ἐξέπνευσε ἡ προθεσμία των Συνθηκῶν START, μὲ πρωτοβουλία τοῦ Προέδρου Ὀμπάμα καὶ συναίνεση τοῦ Προέδρου Μεντβιέντεφ, ἄρχισαν ἔντονες συνομιλίες οἱ ὁποῖες κατέληξαν σὲ νέα START τὸν περασμένο Ἀπρίλιο, τὴ START III, μὲ ἀποτελέσματα ποὺ θὰ ἐξετάσουμε στὴ συνέχεια.

Σὰς ἔχω κουράσει μὲ τις Συνθήκες, καίτοι δὲν ἀνέφερα παρὰ μόνον τις πλέον σημαντικές. Ὑπάρχουν καὶ ἄλλες, οἱ ὁποῖες ἀναφέρονται στὰ μέσα μεταφορᾶς των π.δ. καὶ στὰ πυρηνικά ὕλικά. Οἱ ἀναφερθεῖσες Συνθήκες συνοδεύονται ἀπὸ πλῆθος παραρτημάτων, μὲ τεχνικὲς λεπτομέρειες, μὲ διαδικασίες ἐλέγχου καὶ ἐπαληθεύσεως, μὲ χρονοδιαγράμματα κλπ., σὲ σημεῖο ὥστε ἡ κάθε μία νὰ ἀπαιτεῖ ἀποκλειστικὴ ὁμιλία. Μετὰ ἀπὸ τὴ διαδρομὴ αὐτὴ στὸν κόσμον των πυρηνικῶν ἐξοπλισμῶν, μπορούμε νὰ προχωρήσουμε συνοπτικὰ σὲ ὅ,τι ἀνέφερα στὴν ἀρχὴ τῆς ὁμιλίας ὡς «καλὴ χρονιά» γιὰ τὰ π.δ., καὶ νὰ ἀναφερθοῦμε στὶς δραστηριότητες τοῦ 2010 τῆς σελίδος 302, οἱ ὁποῖες ἔχουν ὡς ἐξῆς:

- Συμφωνία Πράγας, 8.4.2010. Συνήφθη μετὰξὺ ΗΠΑ καὶ Ρωσίας καὶ ἀφορᾶ στὸν περιορισμὸ τοῦ ἀριθμοῦ των στρατηγικῶν π.δ. Μὲ πρωτοβουλία



Όμπάμα και ανταπόκριση του Μεντβιέντεβ, τέσσερις μόλις μήνες μετά την έκπνοή των Συμφωνιών START, υπεγράφη η νέα Συμφωνία START (START III). Η σπουδή αυτή δείχνει αναμφίβολα τη θέληση και των δύο πλευρών για μειώσεις, πίσω από την οποία ασφαλώς κρύβεται και η κατανόηση της επικινδυνότητας των όπλων αυτών για την ανθρωπότητα. Μετά τις μειώσεις στα 6.000 όπλα και αργότερα στα 3.000-3.500 όπλα, που προαναφέρθηκαν, η νέα Συνθήκη προβλέπει μειώσεις στα 1.550 για κάθε χώρα. Το χρονοδιάγραμμα των επτά ετών για την απενεργοποίηση των όπλων, σχετικά μεγάλο, δείχνει ότι κάποιος αριθμός όπλων από τις προηγούμενες Συνθήκες δεν έχει εισέτι απενεργοποιηθεί. Βλέπετε οι απενεργοποιήσεις έχουν και αυτές τα προβλήματά τους, αδρανοποίηση πυρηνικών υλικών, έναπόθεση-αποθήκευση, έλεγχοι-επαληθεύσεις αμοιβαίως, και βέβαια συνεπάγονται και ύψηλο κόστος.

Η Συνθήκη αυτή θα αποκτήσει ισχύ μετά την επικύρωσή της από τα κοινοβούλια των δύο χωρών (ΗΠΑ και Ρωσίας), ή οποία εκτιμάται ότι δεν θα συναντήσει εμπόδια, αν και η ρωσική πλευρά έχει δισταγμούς λόγω της έπιμονής των ΗΠΑ για την εγκατάσταση κάποιου αντιπυραυλικού συστήματος και της τάσεως του NATO για διεύρυνση κατά τρόπο περισφίγγοντα τη Ρωσία. Υπομονή και θά ιδούμε τη συνέχεια. Να σημειωθεί ότι η Συνθήκη αυτή αντανakλά τις απόψεις του Νέου Δόγματος Πυρηνικής Ίσχύος των ΗΠΑ (έτους 2010). Το νέο δόγμα ναί μέν θέτει ως στόχο την όλοσχερή εξαάλειψη των π.δ. αλλά αυτόν τον στόχο τον βλέπει σέ ένα βάθος χρόνου άπροσδιόριστο, ενώ για τó παρόν έπιμένει στην ανάγκη διατήρησης ενός αποτελεσματικού πυρηνικού όπλοστασίου.

Η Συνθήκη της Πράγας μειώνει και τόν αριθμό των μέσων μεταφοράς πυρηνικών κεφαλών, περιλαμβάνει ρυθμίσεις για αμοιβαίους έλέγχους και έπιθεωρήσεις και αφήνει άνοικτό τó σκηνικό για περαιτέρω μειώσεις όπλων.

• Σύνοδος Κορυφής της Ουάσιγκτον, 12-13 Άπριλίου 2010. Παρευρέθησαν ήγέτες 47 κρατών, μέ σκοπό την ανταλλαγή απόψεων και τη συμφωνία σέ θέματα ασφαλείας των π.δ., την παρεμπόδιση της διακίνησης πυρηνικών υλικών, την αποφυγή απόκτησής των από τρομοκρατικές όργανώσεις και την έπιβολή κυρώσεων σέ παραστρατημένα κράτη (outliners) άντι των rogue states (έπι Μπούς), μέ πρώτο τó Ίράν. Επίσης συζητήθηκε ή συνεργασία όλων μέ τη ΔΥΑΕ. Ήταν ή πρώτη φορά σύγκλησης μās τόσο εύρειας όμάδας αντιπροσωπειών μέ θέμα τά π.δ. Τό αποτέλεσμα έκρίθη θετικό, αν και για όλα τα προαναφερθέντα ζητήματα οι ληφθεΐσες αποφάσεις περί τού πρακτέου επαφίνονται στην καλή διάθεση των κρατών.

• *Σύνοδος Τεχεράνης.* Ήλθε χώρα στις 17-18 Ἀπριλίου, σὲ πολὺ μικρὸ διάστημα ἀπὸ τὴ Σύνοδο τῆς Οὐάσιγκτον καὶ εἶχε τὴ σκοπιμότητα ἀντιπερισπασμοῦ πρὸς αὐτὴν τὴν τελευταία. Κατὰ πληροφορίες, καὶ ἐνῶ ὁ δυτικὸς Τύπος τὴν ἀγνόησε, προσῆλθαν ἀντιπροσωπεῖες 15-17 κρατῶν καὶ κάποιων ὀργανώσεων ἀλλὰ καὶ εἰδικῶν περὶ τὰ π.δ., καὶ ὁ γενικὸς σκοπὸς τῆς Συνόδου ἦταν νὰ διακηρυχθεῖ τὸ αἶτημα γιὰ ἕναν κόσμον ἐλεύθερο ἀπὸ π.δ. Τὸ Ἰράν, χώρα ποὺ ἔχει ὑποστῆ ἐπίθεση ἀπὸ ὅπλα μαζικῆς καταστροφῆς (χημικὰ ἀπὸ τὸ Ἰράκ κατὰ τὸν μεταξὺ τους πόλεμον στὴ δεκαετία τοῦ '80), κατεδίκασε τὰ π.δ. ὡς ἀπειλὴ γιὰ τὴν ἀνθρωπότητα. Κατηγγέλθησαν οἱ Πυρηνικὲς Δυνάμεις ὅτι δὲν ἐφαρμόζουν τίς σχετικὲς μὲ τὰ π.δ. ὑπάρχουσες Συμφωνίες, καὶ ἰδιαίτερα οἱ ΗΠΑ γιὰ ἀπειλὴ κατὰ τοῦ Ἰράν μὲ π.δ. ἐνῶ δὲν εἶναι κάτοχος τέτοιων ὅπλων. Προεβλήθη τὸ αἶτημα γιὰ μία Μέση Ἀνατολὴ ἀπαλλαγμένη ἀπὸ τὴν παρουσία π.δ., καὶ ἡ Σύνοδος ἔληξε μὲ ἐκκλήση γιὰ διεθνή κινητοποίηση πρὸς ἐξάλειψη τῶν πυρηνικῶν ἐξοπλισμῶν.

• *Σύνοδος τοῦ ΟΗΕ.* Ήλθε χώρα τὸν περασμένο Μάιο (2010, ἀπὸ 3 ἕως 28 τοῦ μηνός) μὲ συμμετοχὴ ἀντιπροσωπειῶν ἀπὸ ὅλα σχεδὸν τὰ κράτη ποὺ ἔχουν ὑπογράψει τὴ Συνθήκη NPT (Non Proliferation Treaty), δηλαδὴ 172 κράτη ἀπὸ τὰ 189 ποὺ τὴν ἔχουν ὑπογράψει. Ἡ NPT εἶναι ἡ εὐρυτέρας ἀποδοχῆς Συνθήκη, δημιούργημα καὶ εὐθύνη τοῦ ΟΗΕ. Ἀνὰ πενταετία ὁ ΟΗΕ, σὲ εὐρεία σύνοδο, ἀξιολογεῖ τὴν πρόοδο ὑλοποίησης τῶν λαμβανομένων ἀποφάσεων καὶ ἐπανακαθορίζει στόχους. Πρώτιστο μέλημα εἶναι ἡ ὑπογραφή της ἀπὸ ὅλα τὰ κράτη τοῦ πλανήτη μας ἀλλὰ καὶ ἡ ἐπικύρωσή της, διότι μέχρι τώρα δὲν ἔχει τύχει ἐπικύρωσης ἀπὸ ὅλους τοὺς ὑπογράψαντες μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἀμφισβητεῖται ἡ ἰσχὺς της.

Στὸ κείμενο τῶν συμπερασμάτων καὶ συστάσεων τῆς Συνθήκης γιὰ τὴ μὴ διάδοση τῶν π.δ. βλέπει κανεὶς:

– τὸ βαθὺ ἐνδιαφέρον τοῦ ΟΗΕ γιὰ τίς καταστροφικὲς ἀνθρωπιστικὲς ἐπιπτώσεις ποὺ ἐπιφυλάσσει ἡ χρῆση π.δ., παραδέχεται δηλαδὴ τὴν ἐπικινδυνότητα τῶν π.δ. στὴν ὁποία ἤδη ἀναφερθήκαμε,

– τὴν ἐπιδιώξή του γιὰ ἕνα ἀσφαλέστερο κόσμον ἀπαλλαγμένο ἀπὸ π.δ.

Ἡ Συνθήκη:

– καλεῖ τίς Πυρηνικὲς Δυνάμεις νὰ συμμορφωθοῦν μὲ τὴν κατηγορηματικὴ ἀπαίτηση γιὰ ἐξάλειψη τῶν π.δ.,

– καλεῖ τίς Πυρηνικὲς Δυνάμεις νὰ σταματήσουν τὴν ποιοτικὴ ἀναβάθμιση τῶν π.δ. καὶ τὴν ἀνάπτυξη νέων προηγμένων τύπων,



– καλεῖ τις Πυρηνικές Δυνάμεις για διαφάνεια στις πυρηνικές δραστηριότητες τους,

– στηρίζει την TBT (Συνθήκη Ἀπαγόρευσης Πυρηνικῶν Δοκιμῶν) καὶ τὸ Σύστημα Ἐπιτήρησης (monitoring system), αὐτὸ στὸ ὁποῖο ἤδη ἔχουμε ἀναφερθεῖ.

Τέλος, χαρακτηριστικὸ εἶναι ὅτι καὶ ὁ ΟΗΕ στὴν παρ. 80 τοῦ κειμένου ἀποδέχεται τὸν κίνδυνο, «the continued risk for humanity represented by the possibility that these weapons could be used [...]». Ἐπομένως, ὅπως ἔχουμε ἤδη ἀναφέρει, δὲν εἶναι θεωρητικὸς ὁ κίνδυνος, τὸν ἀποδέχεται καὶ ὁ ΟΗΕ.

• Σύνοδος NATO. Ἦταν μία Σύνοδος προπαρασκευαστικὴ μιᾶς Συνόδου Κορυφῆς, ἡ ὁποία θὰ γίνεῖ στὴ Λισσαβόνα τὸν Νοέμβριο τοῦ τρέχοντος ἔτους. Οἱ προτάσεις, οἱ ὁποῖες κατετέθεσαν καὶ ἀναμένεται νὰ ἐγκριθοῦν στὴ Σύνοδο Κορυφῆς σχετικὰ μὲ τὴ Νέα Στρατηγικὴ τοῦ NATO 2010-2020 ὡς πρὸς τὰ πυρηνικὰ ὅπλα, ἔχουν ὡς ἑξῆς:

– Διατήρηση ἀξιόπιστης πυρηνικῆς δυνάμεως, ἀνεπτυγμένης καὶ ἐπιχειρησιακὰ ὑποστηριζόμενης. Ἔχει ἤδη ἀναφερθεῖ ἡ ὑπαρξὴ π.δ. σὲ νατοϊκὲς χῶρες στὴν Εὐρώπη.

– Ὑποστήριξη τῆς ἀπαγόρευσης διάδοσης π.δ.

– Ἀσφαλὴς χειρισμὸς π.δ. καὶ πυρηνικῶν ὕλικῶν.

– Ὑποστήριξη τῆς ἀντιλήψεως μειώσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν π.δ. πρὸς τὴν κατεύθυνση ἑνὸς κόσμου ἐλεύθερου ἀπὸ τὸ φόβο τῶν ὅπλων αὐτῶν.

– Διαβουλεύσεις μὲ τὴ Ρωσία γιὰ μειώσεις καὶ διαφάνεια ὡς πρὸς τὰ π.δ.

Δὲν πρέπει νὰ μᾶς διαφεύγει ὅτι τὴν πυρηνικὴ πολιτικὴ τοῦ NATO καθορίζουν κυρίως οἱ ΗΠΑ, ἡ διαθέτουσα τὰ π.δ. χώρα στὸν εὐρωπαϊκὸ χῶρο, ἐνῶ ταυτόχρονα ὑπάρχουν καὶ αὐτὰ τῆς Μ. Βρετανίας καὶ τῆς Γαλλίας σὲ ἐθνικοὺς καὶ νατοϊκοὺς ρόλους. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω γίνεται φανερό ὅτι ἡ Συμμαχία δὲν ἔπαψε νὰ στηρίζει τὴν ἀσφάλειά της καὶ στὴν πυρηνικὴ ἰσχὺ της, καίτοι αὕτὴ εἶναι σχετικὰ μειωμένη σὲ σχέση μὲ αὐτὴν τῆς ἐποχῆς τοῦ Ψυχροῦ Πολέμου.

Πρέπει νὰ σημειωθεῖ ὅτι ἡ γενομένη Σύσκεψη Κορυφῆς στὴ Λισσαβόνα ἐνέκρινε τὶς παραπάνω προτάσεις καὶ τὸ moto στὸ «strategic concept» τῆς εἶναι: «As long as there are nuclear weapons in the world, NATO will remain a nuclear alliance».

Αὐτὲς ἦσαν οἱ δραστηριότητες ποὺ μὲ ἔκαναν νὰ ἀποκαλέσω τὴ φετινὴ χρο-



νά μία «πλούσια χρονιά» δράσης σέ ὅ,τι ἀφορᾷ τοὺς πυρηνικοὺς ἐξοπλισμούς. Πολλή φιλολογία, ἀτέλειωτα κείμενα ἦταν ἡ παραγωγή ὅλων τῶν Συνόδων, μέ πολλή ὑποσχεσιολογία καί καλές προθέσεις. Ἰδωμεν στή συνέχεια.

Πρὶν τελειώσω θὰ ἤθελα νὰ σᾶς πληροφωρήσω γιὰ δύο τινά. Πρῶτον ὅτι τὸ Διεθνὲς Δικαστήριον, κατόπιν αἰτήματος τῆς Γενικῆς Συνέλευσης τοῦ ΟΗΕ, ἐξέτασε τὴ νομιμότητα τῆς κατοχῆς π.ῶ., τῆς ἀπειλῆς χρήσης καὶ τῆς χρήσης τέτοιων ὅπλων καὶ ἐξέδωσε τὸν Ἰούλιο τοῦ 1996 μία ἀπόφαση τὴν ὁποία ἀποκάλεσε *advisory opinion*. Σύμφωνα μέ αὐτὴν δὲν ὑπάρχει κατηγορηματικὴ καταδίκη τῶν π.ῶ. ὡς πρὸς τὰ τρία σημεῖα πού ἐξέτασε τὸ Δικαστήριον. Στὸ συμβατικὸ καὶ ἐθιμικὸ Διεθνὲς Δίκαιο δὲν ὑπάρχει καμία ἀπαγόρευση. Ἀπλῶς καὶ γιὰ τὰ π.ῶ. πρέπει νὰ ἐφαρμόζονται οἱ περὶ πολέμου προβλέψεις τοῦ Διεθνoῦς Δικαίου, καθὼς καὶ οἱ ἀνθρωπιστικῆς φύσεως κανόνες τοῦ Δικαίου τοῦ Πολέμου. Τίποτε τὸ ἰδιαίτερο γιὰ τὰ π.ῶ. Δεύτερον ὅτι ὅλοι ἀναμένουμε τὴν ἐξάλειψη τῶν π.ῶ. μέσα ἀπὸ τίς Συνθῆκες πού συνομολογοῦνται καὶ πού ἀναφέραμε. Ὅμως κάποιον φρονοῦν ὅτι ἡ ἀπὸ τὸ 1990 περίπου δρομολόγηση ἀπὸ τίς ὑπερδυνάμεις ΗΠΑ καὶ Ρωσία τῆς κατασκευῆς πολὺ μεγάλης ἰσχύος συμβατικῶν βομβῶν θὰ δώσει τὴ λύση. Διότι αὐτὲς οἱ βόμβες, πού ἤδη ὑπάρχουν καὶ δοκιμάζονται, ἐνῶ ἔχουν τὴν ἰσχὺ π.ῶ. σέ ὠστικὸ κύμα καὶ θερμικὴ ἀκτινοβολία, δὲν ἔχουν πυρηνικὴ, ραδιενεργό, ἀκτινοβολία. Δὲν προχωρῶ σέ περισσότερη πληροφόρηση, ἀπλῶς σκέπτομαι ὅτι αὐτὲς οἱ βόμβες θὰμποροῦσαν μία ἡμέρα νὰ λειτουργήσουν ὡς ὑποκατάστατα τῶν π.ῶ. Δὲν εἶναι ἡ ἐπιθυμητὴ λύση, μᾶς ἀπαλλάσσει ὅμως ἀπὸ τὴ ραδιενέργεια καὶ περιορίζεται ἡ ἰσχὺς των σέ αὐτὴν τῶν μικρότερων π.ῶ.

Μία ἄλλη παράμετρος τῶν π.ῶ. πού τείνει σέ ὑποβάθμισή τους, θέλουμε νὰ ἐλπίζουμε, ἔχει νὰ κάνει μέ τὴν ἀλλαγὴ τῆς μορφῆς τῶν νέων ἀπειλῶν μετὰ τὸν Ψυχρὸ Πόλεμο. Οἱ νέες αὐτὲς προκλήσεις καὶ ἀπειλές, πού ἔχουν ἐπικρατήσει μέ τὴν ὀνομασία «ἀσύμμετρες ἀπειλές», δὲν ἀντιμετωπίζονται, λόγῳ τῆς φύσεώς των, ἀπὸ τὰ π.ῶ. Ἡ διεθνὴς τρομοκρατία, τὸ διεθνὲς ἐγκλημα, ἡ πειρατεία, οἱ περιβαλλοντικὲς ἀπειλές, οἱ κοινωνικὲς ἀναταραχές, οἱ μεταναστεύσεις, ἀλλὰ καὶ οἱ συγκρουσιακὲς καταστάσεις τύπου Ἀφγανιστάν, Ἰράκ, Ἰσραήλ-Παλαιστινίων, ἀδιαφοροῦν γιὰ τὰ π.ῶ. Ἡ διεθνὴς τρομοκρατία στὴν περίπτωσιν τῶν διδύμων πύργων ἀγνόησε τὴν ἰσχυρότερη πυρηνικὴ δύναμι τοῦ πλανῆτῆ μας. Τὰ π.ῶ. σχεδιάσθηκαν γιὰ κλασικοὺς πολέμους, ἀλλὰ τέτοιοι δὲν εἶναι ὁρατοὶ στὸ μέλλον. Δὲν εἶναι πλέον δεδομένη ἡ ἀσφάλεια ἐνὸς κράτους, ἔστω καὶ ἂν εἶναι πυρηνικὴ δύναμι (παράδειγμα ἡ προσβολὴ τῶν ΗΠΑ τὸ 2001). Μία ἐπαναθεώρηση τοῦ ρόλου τῶν π.ῶ. ὑπὸ τὸ πρίσμα τῶν νέων δεδομένων ἀσφαλείας ἐνδεχο-

μένως νὰ ἐπηρέαζε τὶς Πυρηνικὲς Δυνάμεις καὶ νὰ τὶς ἀποσποῦσε ἀπὸ τὴν πυρηνικὴ παθογένειά τους.

Ἡ μόνη λύση τοῦ προβλήματος μπορεῖ νὰ προέλθει ἀπὸ ἓναν ὀλοκληρωτικὸ πυρηνικὸ ἀφοπλισμὸ, κάτω ἀπὸ ἓνα γενικὰ ἀποδεκτὸ ἔλεγχο, ὥστε νὰ παύσει νὰ ἐπικρέμαται ὁ κίνδυνος τοῦ πυρηνικοῦ ὀλέθρου. Ἴδου πεδῖον λαμπρὸν γιὰ τὸν ΟΗΕ. Διερωτᾶται κανεὶς πόσο λογικὸ εἶναι, πόσο ἀπαραίτητο, ὁ ἄνθρωπος νὰ διαθέτει τὴ δυνατότητα καταστροφῆς τῶν πάντων, ἀκόμα καὶ ὀλόκληρης τῆς ἀνθρωπότητας.

Ἔως πρὶν ἀπὸ τὴν πυρηνικὴ ἐποχὴ ἦταν βέβαιον ὅτι μετὰ ἀπὸ ἓναν πόλεμον ὁ νικητὴς θὰ ἐπιζοῦσε. Ἡ βεβαιότητα αὕτη ἔπαψε νὰ ἰσχύει λόγῳ τῶν π.δ. Ἐκπλήσσουν ἀνατροπὴ, ἀλλὰ μᾶς διαφεύγει. Μᾶς διακατέχει ἓνας ἐφησυχασμὸς ὅτι τὰ π.δ. δὲν πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθοῦν. Ἀλλὰ ἀφοῦ δὲν θὰ χρησιμοποιηθοῦν, πρὸς τί νὰ τὰ ἔχουμε, ὅσοι τὰ ἔχουν. Καὶ ἀκόμα, ὅσοι τὰ ἔχουν, ἂν ἔχουν προειλημμένη ἀπόφαση νὰ μὴ τὰ χρησιμοποιήσουν, τότε γιατί τὰ κατασκεύασαν, μὲ τεράστιες δαπάνες. Τὰ λέγω αὐτὰ διότι ἔχω τὴν ἐντύπωση ὅτι ὅλοι μας ἀρεσκοῦμεθα στὸ νὰ αὐταπατώμεθα ὡς πρὸς τὴ χρῆσιν τους, ἀδρανοποιούμενοι. Ὑπάρχει κάτι τὸ μοιρολατρικὸ στὴ συμπεριφορὰ γύρω ἀπὸ τὸν πυρηνικὸ κίνδυνον, ὅτι τάχα ὑπάρχουν ὅρια καὶ δὲν θὰ φθάσουμε ποτὲ στὸ ἔσχατο, δηλαδὴ στὴν πρώτη χρῆσιν τὴν ὁποία, ὅπως ἔχει ἤδη λεχθεῖ, θὰ ἀκολουθήσουν καὶ ἄλλες ἕως τῆς συντέλειας τοῦ κόσμου μας.

Κλείνω τὴν καθόλου εὐχάριστη αὕτη ὁμιλία μου μὲ ἓνα ἀπόσπασμα ἀπὸ ἐπιστολὴ τοῦ Γκαίτε πρὸς φίλον του, γραμμένη τὸ 1828, δηλαδὴ περισσότερο ἀπὸ ἓναν αἰῶνα πρὶν ἀπὸ τὴν πυρηνικὴ ἐποχὴ: «Ἡ ἀνθρωπότης θὰ καταστεῖ σοφωτέρα καὶ εὐφρεστέρα, πλὴν δὲν θὰ ἀποβεῖ οὔτε καλλιτέρα, οὔτε δραστηριότερα, οὔτε εὐτυχεστέρα, ἐκτὸς ἂν ἀναμείνει λίαν μεμακρυσμένης ἐποχᾶς. Βλέπω ἐπερχομένους τοὺς καιροὺς, καθ' οὓς ὁ Θεὸς θὰ ἀποστρέψει ἀπ' αὐτῆς τὸ πρόσωπον καὶ θὰ καταλήξει διὰ μίαν ἀκόμη φορὰν εἰς τὴν ἀπόφασιν τῆς καταστροφῆς τῆς, ὥστε νὰ φθάσει εἰς μίαν νέαν εὐτυχεστέραν δημιουργίαν. Εἶμαι βέβαιος ὅτι πρὸς τὰ ἐκεῖ βαδίζομεν καὶ ὅτι ὁ χρόνος καὶ ἡ στιγμή καθ' ἣν θὰ ἐπέλθῃ ἡ ἀνανέωσις τοῦ κόσμου εἶναι ἀπὸ τοῦδε καθωρισμένοι. Μέχρι τότε ὅμως θὰ παρέλθῃ χρόνος μακρὸς». Δὲν τὸ σχολιάζω. Ὁ καθένας ἄς πάρει θέση μόνος του. Ἀπλὰ σημειώνω ὅτι μὲ τὰ λόγια αὐτὰ ὁ μεγαλοφυὴς ποιητὴς καὶ δραματογράφος θέλησε νὰ ἐπισημάνῃ τὴν αὐτοκαταστροφικότητα τῆς ἀνθρώπινης φύσης. Εἶναι μία δραματικὴ ἐπίκληση, ποὺ ὀδηγεῖ τὴ σκέψιν στὸν πυρηνικὸ ὀλεθρον.



Εἰκ. 1. Ἐκρηξή πυρηνικοῦ ὄπλου.



Εἰκ. 2. Ἡ ἀτομικὴ βόμβα ἣ ὁποία ἐρρίφθη στὴ Χιροσίμα μὲ τὸ κωδικὸ ὄνομα «Little boy» στὶς 6 Αὐγούστου 1945.

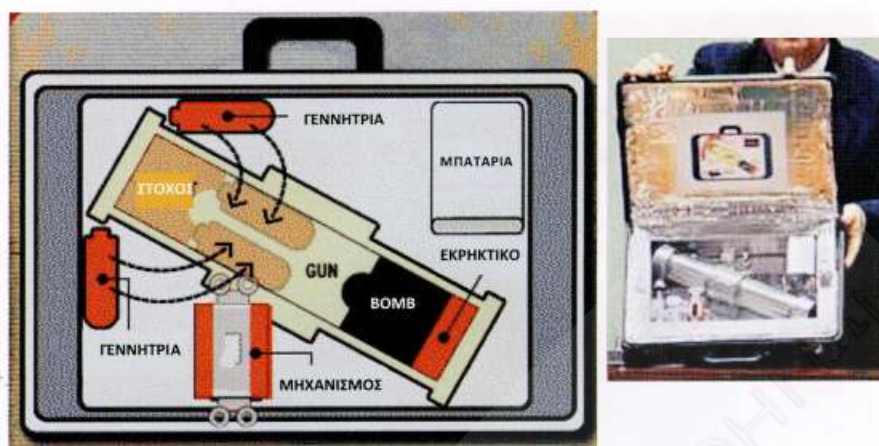




Εικ. 3. Η ατομική βόμβα ή οποία έρρίφθη στο Ναγκασάκι με το κωδικό όνομα «Fat man» στις 9 Αυγούστου 1945.



Εικ. 4. Ψυχρός Πόλεμος: Ειρήνη του τρόμου.



Εικ. 5. Σχηματική παράσταση πυρηνικής βόμβας-βαλίτσας.



Εικ. 6. Πύραυλος Trident ο οποίος βάλλεται από υποβρύχιο με βαλλιστικούς πυραύλους του Ναυτικού της Βρετανίας.



Είχ. 7. Υπογραφή της Συνθήκης NPT (1968).



Είχ. 8. Υπογραφή της Συνθήκης START I (1991).

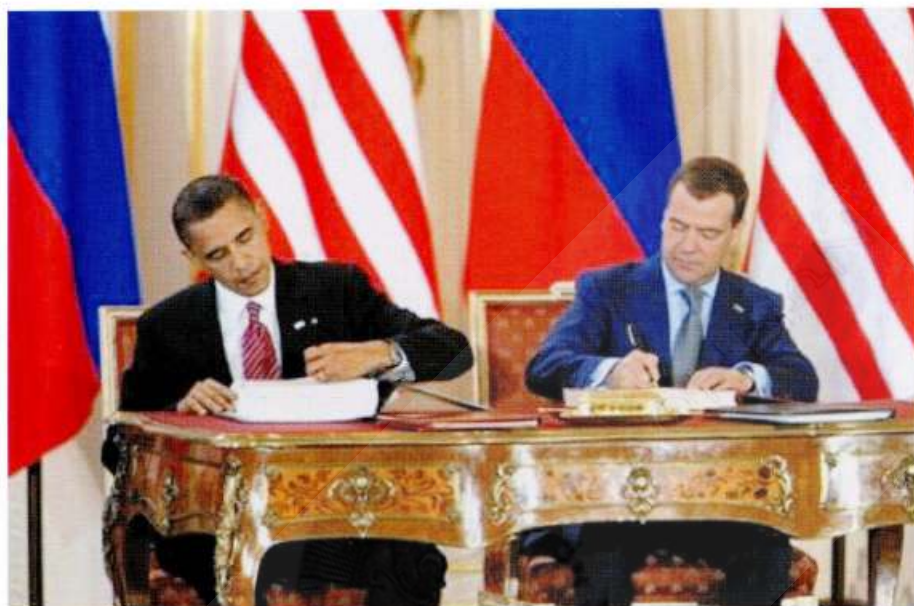




Εικ. 9. Υπογραφή της Συνθήκης START II (1993).



Εικ. 10. Υπογραφή της Συνθήκης SORT (2002).



Εἰκ. 11. Ὑπογραφή τῆς Συνθήκης START III (2010).



Εἰκ. 12. Χάρτης χωρῶν πού διαθέτουν πυρηνικά ὄπλα.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 14ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2010

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟΥ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΓΑΛΗΝΟ ΕΩΣ ΤΟΝ HARVEY

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΑΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ κ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΙΑΤΡΙΔΗ

«Ὁρθῇ μὲν ὁδῷ πρῶτος ἀπάντων Ἱπποκράτης ἐχρήσατο».

*Galenus, De methodo medendi libri (10, 117, 17-18, Kühn).*

Ἡ πρώτη ολοκληρωμένη ἱστορία τῆς φυσιολογίας τοῦ ἀνθρώπου δημοσιεύθηκε τὸ 1953 ἀπὸ τὸν Karl E. Rothschuh, καθηγητὴ τῆς Ἱστορίας τῆς Ἰατρικῆς στὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Μονάχου, τῆς τότε Δυτικῆς Γερμανίας. Ὅπως ἀναφέρει ὁ Rothschuh, γιὰ τοὺς ἱπποκρατικούς ἰατροὺς φυσιολογία ἦταν ἡ γνώση τῆς θέσης τοῦ ἀνθρώπου στὴν ἐν γένει κοσμολογικὴ «τάξη πραγμάτων», καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ θεραπευτικὴ ἱκανότητα τῆς φύσεως (1). Ὁ Γαληνὸς ἀναφέρει ἅπαξ τὸν ὅρο φυσιολογία κατὰ τὴν περιγραφὴ τῶν διαφόρων κλάδων τῆς ἱατρικῆς ἐπιστήμης, τὴ Φυσιολογία, τὴν Αἰτιολογία, τὴν Παθολογία, τὴν Ὑγιεινὴ, τὴ Σημειολογία καὶ τὴ Θεραπευτικὴ (5). Ὁ Ἀριστοτέλης ἐξάλλου ἀναφέρεται στὴ φυσιολογία ὡς τὴν ἐπιστῆμὴ τῆς «γνώσης τῆς φύσεως» (2). Οἱ προσωκρατικοὶ Ἕλληνες φιλόσοφοι, κυρίως τῆς Ἰωνίας, ἀσχολήθηκαν συστηματικὰ μὲ τὴ μελέτῃ τῶν ἀνόργανων καὶ ὀργανικῶν φαινομένων τῆς φύσεως (3). Ἐπίσης μελέτησαν τὴ νεκρὴ καὶ τὴ ζωντανὴ φύση καὶ τὴ μετεξέλιξη τοῦ «μύθου» σὲ «λόγο» (3). Παρόλο ποὺ οἱ προσωκρατικοὶ φιλόσοφοι ἦσαν γνῶστες τῶν μέχρι τότε ἐπιτευγμάτων τῶν λαῶν τῆς Μεσοποταμίας, τῆς Αἰγύπτου, τῆς Κίνας καὶ τῆς Ἰνδίας, τὸ ἐλληνικὸ πνεῦμα ἦταν ἐκεῖνο ποὺ ἀποτέλεσε τὴν ἀρχέγονη πηγὴ τῆς ὀρθολογιστικῆς σκέψης τῆς ἱατρικῆς ἐπιστήμης, καθὼς καὶ ἄλλων ἐπιστημῶν ὅπως τῶν Μαθηματικῶν, τῆς Ἀστρονομίας, τῆς Φυσικῆς, τῆς Φιλοσοφίας, τῆς Ἱστορίας καὶ ἄλλων (4). Ἐνῶ ὁ Γαληνὸς θεωρεῖται ὁ πα-



τέρας της Φυσιολογίας, εντούτοις ο μαθητής του Πυθαγόρα Ιατρός Ἀλκιμαίων (570-500 π.Χ.) από τὸν Κρότωνα τῆς Κάτω Ἰταλίας ἦταν ὁ πρῶτος ποὺ βασίσθηκε στὴν ἰσορροπία τῶν ἀντιθέτων ποὺ κατ' αὐτὸν καθορίζει τὴν ὑγεία, ἐνῶ ἡ διαταραχὴ τῆς ἐν λόγῳ ἰσορροπίας εἶναι ἡ αἰτία τῶν νόσων. Ὁ Ἀλκιμαίων περιέγραψε τὴ διαφορὰ μεταξύ τῶν ἀγγείων τοῦ ἀνθρώπινου σώματος σὲ ἐκεῖνα ποὺ περιέχουν αἷμα καὶ σὲ ἐκεῖνα ποὺ εἶναι κενὰ περιεχομένου. Πολλοὶ σύγχρονοι ἱστορικοὶ θεωροῦν τὸν Ἀλκιμαίωνα ὡς τὸν πρῶτο Ἑλληνα φυσιολόγο ἀφοῦ ἦταν καὶ ὁ πρῶτος ποὺ μὲ πειράματα σὲ ζῶα προσπάθησε νὰ λύσει βιολογικὰ ἢ καὶ ἱατρικὰ προβλήματα τῆς ἐποχῆς του (6).

Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες, ἐρευνώντας τὰ φαινόμενα τῆς φύσεως, ἔθεσαν τὰ βασικὰ ἐρευνητικὰ ἐρωτήματα «ἐστὶν τί» καὶ «ἐστὶν πῶς», ποὺ ἀποτελοῦν τὴν ἀπαρχὴ τῆς ἐπιστημονικῆς ἐρευνας. Μετέπειτα ὁ Βασίλειος ὁ Μέγας πρόσθεσε καὶ τὸ «ἐστὶν αἰτία», παρ' ὅλον ὅτι ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος ἀσχολήθηκε μὲ τὴ θεωρητικὴ ἐρευνα τῆς «αἰτίας» τῶν πραγμάτων. Ἀκόμα καὶ στίς ἡμέρες μας ἡ βιοϊατρικὴ ἐρευνα ἐρωτᾷ «τί» εἶναι τὸ φυσικὸ ἢ βιολογικὸ φαινόμενο ποὺ παρατηροῦμε, καὶ «πῶς» ἢ «ἀπὸ τί» συνίσταται αὐτό. Καὶ στὴν ἀγγλικὴ βιοϊατρικὴ ἐρευνα ρωτᾶμε «what is an existing phenomenon and how has it been produced». Τὸ «ἐστὶν αἰτία», δηλαδὴ τὸ «γιατί» ὑπάρχει τὸ ἐν λόγῳ φαινόμενο, ἢ τὸ ἀγγλικὸ «why the said phenomenon exists», εἶναι τελεολογικὸ ἢ θεολογικὸ ἐρώτημα (7). Ἔτσι, οἱ προσωκρατικοὶ φιλόσοφοι ἔθεσαν διαχρονικὰ τίς βάσεις τῆς ἐπιστημονικῆς ἐρευνας ποὺ ἰσχύουν μέχρι τῶν ἡμερῶν μας. Ἡ ἐρευνα καὶ ἡ ἐξέλιξη τῆς Φυσιολογίας διὰ μέσου τῶν αἰώνων ἦταν παράλληλη μὲ τὴν ἐρευνα καὶ τὴ γνώση τῆς ἀνατομίας τοῦ ἀνθρώπου (1).

Μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου καὶ μὲ τὴν πρόοδο τῆς γνώσης τῆς ἀνατομίας τῆς καρδιάς καὶ τῶν μεγάλων ἀγγείων, διάφορες θεωρίες ἀναπτύχθηκαν ὅσον ἀφορᾷ τὴν προέλευση τοῦ αἵματος καὶ τὴ μεταφορὰ του στὰ διάφορα ζωτικὰ ὅργανα, θεωρίες ποὺ ἔθεσαν τίς βάσεις γιὰ τὴν κατανόηση τῆς φυσιολογίας τοῦ κυκλοφορικοῦ συστήματος (1). Στὴ σημερινή μου ὁμιλία θὰ προσπαθῶ νὰ παρουσιάσω συνοπτικὰ ἀλλὰ καὶ κάπως ὀλοκληρωμένα τὴ διαχρονικὴ ἐξέλιξη καὶ τὴ μελέτη τῆς φυσιολογίας τοῦ κυκλοφορικοῦ συστήματος ἀπὸ τὴν ἐποχὴ τοῦ Γαληνοῦ ἕως τὸν Harvey ὡς ἐξῆς:

1. Ἡ φυσιολογία τοῦ κυκλοφορικοῦ κατὰ τὴν πρὸ τοῦ Γαληνοῦ περίοδο.
2. Ἡ καταγωγὴ καὶ τὸ ἔργο τοῦ Γαληνοῦ.
3. Ἡ θεωρία τοῦ Γαληνοῦ γιὰ τὴ φυσιολογία τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος.
4. Ἡ μεταξύ τοῦ Γαληνοῦ καὶ τοῦ Harvey δεκαπέντε αἰώνων περίοδος.

5. Ἡ καταγωγή, οἱ ἱατρικὲς καὶ ἀνατομικὲς σπουδὲς τοῦ Harvey.
6. Ἡ παρουσίαση τοῦ κυκλοφορικοῦ συστήματος ἀπὸ τὸν Harvey.

## 1. Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟ ΤΟΥ ΓΑΛΗΝΟΥ ΠΕΡΙΟΔΟ

Ἡ πρώτη ἀναφορὰ στὸ κυκλοφορικὸ σύστημα βρίσκεται στὸν ἀρχαῖο αἰγυπτιακὸ πάπυρο Ebers Papyrus (13) τοῦ 16ου π.Χ. αἰ., ὅπου ἀναγνωρίζεται ἡ σύνδεση τῆς καρδιάς μὲ τὶς ἀρτηρίες. Οἱ Αἰγύπτιοι πίστευαν ὅτι ὁ αέρας διὰ τοῦ στόματος φθάνει στὸν πνεύμονα καὶ στὴν καρδιά καὶ ἀπὸ ἐκεῖ μεταβιβάζεται μὲ τὶς ἀρτηρίες σὲ ὅλα τὰ μέλη τοῦ ἀνθρώπινου σώματος. Ἐπίσης οἱ Αἰγύπτιοι θεωροῦσαν τὴν καρδιά ὡς τὸ κέντρο τῶν συναισθημάτων καὶ τῆς διανόησης (8). Στὴν ἀρχαία Ἰνδία, τὸν 6ο αἰ. π.Χ., ὁ διαπρεπὴς χειρουργὸς Sushruta Samhita ἀναγνώρισε τὴν ὑπαρξὴ τῶν ἀγγείων πού τὰ ἀποκαλοῦσε διαύλους (9, 10, 11). Στὴν Κίνα πίστευαν ὅτι ἡ καρδιά ἦταν τὸ κέντρο τῆς εὐτυχίας (12). Ἐπίσης, θεωροῦσαν ὅτι ἡ φωτιὰ περιέχει τὴν καρδιά πού βρίσκεται ἐγκλωβισμένη μέσα στὸ περικάρδιο.

Ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, ὁ ἱατρὸς Ἀλκμαίων περιέγραψε τὰ ἀγγεῖα τοῦ ἀνθρώπινου σώματος καὶ τὰ διαχώρισε σὲ ἀγγεῖα πού περιέχουν αἷμα καὶ σὲ ἀγγεῖα κενὰ περιεχομένου (6). Ὁ Ἐμπεδοκλῆς (495-435 π.Χ.), ἀπὸ τὸν Ἀκράγαντα τῆς Σικελίας, ἐντόπιζε τὴν ψυχὴ στὸ αἷμα πού ὑπάρχει γύρω ἀπὸ τὴν καρδιά («αἷμα γὰρ ἀνθρώποις περικάρδιον ἐστὶ νόημα»), τὸ δὲ νοῦ καὶ τὴ σκέψη τὰ ἐντόπιζε στὴν καρδιά (4, 5). Ὁ Ἀριστοτέλης τοποθετοῦσε τὴν ψυχὴ στὴν καρδιά, πού κατ' αὐτὸν ἦταν τὸ κεντρικὸ ὄργανο τοῦ ἀνθρώπινου ὁργανισμοῦ (16). Ὁ Διογένης τῆς Ἀπολλωνίας (435 π.Χ.) περιέγραψε τὴν κατανομὴ τῶν αἱμοφόρων ἀγγείων στὸ ἀνθρώπινο σῶμα (17). Ὁ Ἱπποκράτης, ἂν καὶ δὲν γνῶριζε τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος, ἐν τούτοις ἀναφέρει ὅτι ἡ καρδιά ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κοιλίες καὶ ἀπὸ μεγάλο ἀριθμὸ ἀγγείων πού ἐκπορεύονται ἀπὸ αὐτήν (18, 19). Οἱ κοιλότητες τῆς ἀριστερῆς καρδιάς θεωροῦσε ὅτι ἦσαν κενὲς αἵματος, ἀναγνώριζε ὅμως τὴν ὑπαρξὴ καὶ τὴ λειτουργία τῶν βαλβίδων τῆς καρδιάς, καὶ πίστευε ὅτι κατὰ τὴν εἴσπνοή ἡ ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία λαμβάνει τὸ «πνεῦμα» ἀπὸ τοὺς πνεύμονες μὲ τὴ βοήθεια τῶν πνευμονικῶν φλεβῶν (19). Κατὰ τὴν ἐλληνιστικὴ περίοδο ἡ φυσιολογία καὶ ἡ ἀνατομία ἀναπτύχθηκαν σημαντικὰ στὴν Ἀλεξάνδρεια (20, 21, 22). Ὁ Πραξαγόρας (350-300 π.Χ.) ἀπὸ τὴν Κῶ, κατόπιν παρατηρήσεων σὲ νεκρά ζῶα, ἀναφέρει ὅτι οἱ ἀρτη-



ρίες περιέχουν μόνον αέρα ἢ πνεῦμα. Ἐπίσης περιγράφει διαφόρους τύπους ἀρτηριακοῦ σφυγμοῦ, καὶ θεωρεῖ τὴν καρδιά ὡς τὸ κεντρικὸ ὄργανο τοῦ σώματος (23). Ὁ Πραξαγόρας εἶναι ὁ πρῶτος πού διέστειλε τίς ἀρτηρίες ἀπὸ τίς φλέβες λόγω διαφορᾶς παλμικῆς κινήσεως (23). Μαθητὴς τοῦ Πραξαγόρα τοῦ Κώου καὶ τοῦ Χρυσίππου τοῦ Κνιδίου ἦταν ὁ πατέρας τῆς Ἀνατομίας Ἡρόφιλος (331-280 π.Χ.) ἀπὸ τῆ Χαλκηδόνα τῆς Μικρᾶς Ἀσίας, πού διέπρεψε στὴν Ἀλεξάνδρεια καὶ πού, μεταξύ ἄλλων λίαν σημαντικῶν ἀνατομικῶν εὐρημάτων, διέκρινε μὲ ἀνατομικὰ κριτήρια τὴ διαφορὰ τῶν ἀρτηριῶν ἀπὸ τίς φλέβες καὶ ἀναγνώρισε τοὺς καρδιακοὺς κόλπους ὡς ξεχωριστὲς κοιλότητες τῆς καρδιάς. Ἀκολουθώντας, ὅμως, τίς θεωρίες τοῦ δασκάλου του Πραξαγόρα ὑποστήριζε ὅτι οἱ ἀρτηρίες περιεῖχαν μόνον πνεῦμα (24). Ὁ Ἡρόφιλος, ἐπίσης, ἦταν ὁ πρῶτος πού χρονομέτησε τὸν ἀρτηριακὸ σφυγμὸ μὲ μιὰ κλεψύδρα. Ὁ περιώνυμος ἱατρός, φυσιολόγος καὶ ἀνατόμος Ἐρασίστρατος, πού γεννήθηκε τὸ 304 π.Χ. στὴν Κέα ἢ στὴ Χίο ἢ στὴ Σάμο, θεωρεῖται ἀπὸ πολλοὺς ἱστορικοὺς ὁ πρῶτος πού ἀνακάλυψε τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος, δεδομένου ὅτι περιέγραψε μὲ κάθε λεπτομέρεια τὴν ἀνατομικὴ δομὴ τῆς καρδιάς, τὴν κοίλη φλέβα, τὴν πνευμονικὴ ἀρτηρία καὶ τὴν ἀορτὴ (25). Περιέγραψε ἐπίσης τὸ μηχανισμὸ τῆς λειτουργίας τῶν καρδιακῶν βαλβίδων. Ὅπως καὶ οἱ προγενέστεροί του, θεωροῦσε ὅτι ἡ ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία περιεῖχε μόνον πνεῦμα, πού διοχετευόταν μὲ τίς ἀρτηρίες ὡς «ζωτικὸ πνεῦμα» σὲ ὅλο τὸ ἀνθρώπινο σῶμα (26). Ἕνα χαρακτηριστικὸ παράδειγμα πού ἀναφέρεται ὅσον ἀφορᾷ τὴ διαγνωστικὴ ἱκανότητα τοῦ Ἐρασίστρατου εἶναι ἡ διάγνωση τῆς αἰτίας τῆς μελαγχολίας καὶ τοῦ πόθου πού κατέτρεχε τὸν Ἀντίοχο γιὰ τὴν πανέμορφη Στρατονίκη, νεὰ σύζυγο τοῦ γηραιοῦ πατέρα του Σέλευκου, πού ὅταν τὴν ἀντίκριζε εἶχε αὐξησὴ τῶν σφυγμῶν, εἶχε δηλαδὴ ταχυκαρδία καὶ ἐρυθρίαζε λόγω τοῦ ἀνεκπλήρωτου ἐρωτικοῦ του πάθους (27).

Ὅπως γίνεται ἀντιληπτό, οἱ πρὸ τοῦ Γαληνοῦ, ἐν πολλοῖς αὐτοδίδακτοι ἀνατόμοι καὶ φυσιολόγοι, προσπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὴ λειτουργία τῆς καρδιάς καὶ τῶν ἀγγείων βασίζόμενοι στίς δοξασίες καὶ τίς ἐρευνητικὲς παρατηρήσεις τῆς ἐποχῆς των. Εἶναι λίαν ἀξιόλογο πού ἀπομακρύνθηκαν ἀπὸ τὴ μυθοποίηση τῶν φαινομένων τῆς ζωῆς καὶ ἔδωσαν μιὰ κάπως πιὸ ἐπιστημονικὴ ἐρμηνεία στὰ διάφορα φυσιολογικὰ φαινόμενα. Ἡ παρουσία τοῦ Γαληνοῦ τὸ 2ο μ.Χ. αἰ. συνέβαλε στὴν πιὸ συστηματικὴ καὶ μεθοδικὴ μελέτῃ τῆς φυσιολογίας καὶ ἀνατομίας τοῦ ἀνθρώπινου ὀργανισμοῦ, συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος.



## 2. Η ΚΑΤΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΓΑΛΗΝΟΥ

Ὁ Γαληνός (28, 29, 30, 31) γεννήθηκε στὴν Πέργαμο τὸ 2ο μ.Χ. αἰ. (129 μ.Χ.). Ὁ πατέρας του Νίκων ἦταν ἀστρονόμος, ἀρχιτέκτονας καὶ μαθηματικός. Μέχρι τὰ δεκαεπτὰ του χρόνια, ὅπως ὅλοι οἱ νέοι τῆς ἐποχῆς του ἔτσι καὶ ὁ Γαληνός, ἀπέκτησε κλασικὴ μόρφωση καὶ διδάχθηκε φιλοσοφία (Πλάτωνα, Ἀριστοτέλη, Ἐπίκουρο) (34). Στὴ συνέχεια ἄρχισε τὶς σπουδές του στὴν Ἱατρικὴ, στὸ φημισμένο Ἀσκληπιεῖο τῆς Περγάμου (31). Διδάχθηκε τὴν ἀνατομικὴ ἐπιστήμη ἀπὸ τὸν Σάτυρο καὶ τὴν ἱπποκρατικὴ ἱατρικὴ ἀπὸ τὸν Στρατόνικο (29, 30, 31). Διαγνωστικὴ ἱατρικὴ σπούδασε μὲ τὸν Φικιανὸ καὶ τὴν ἄσκηση τῆς ἐμπειρικῆς ἱατρικῆς μὲ τὸν Αἰσχρίωνα (29, 30, 31). Κατόπιν ταξίδεψε στὴ Σμύρνη ὅπου συνέχισε τὶς σπουδές του στὴν ἀνατομία μὲ τὸν Πέλοπα, μαθητὴ τοῦ Ἀλεξανδρινοῦ ἀνατόμου Κοῖντου, καὶ στὴν Κόρινθο μὲ τὸν ἐπίσης μαθητὴ τοῦ Κοῖντου Νουμισιανό (32). Οἱ ἀνατομὲς ἀνθρώπων ἦσαν ἀπαγορευμένες στὴν Ἀλεξάνδρεια, ἐνῶ στὴ σχολὴ τοῦ Νουμισιανοῦ στὴν Κόρινθο γίνονταν ἀνατομὲς σὲ πτώματα αἰχμαλώτων πολέμου καὶ ληστῶν, καθὼς καὶ σὲ νεκρὰ ἔμβρυα. Ὁ ἱατρός Κ. Λαμέρας, πού μελέτησε διεξοδικὰ τὸ ἔργο τοῦ Γαληνοῦ, ἀναφέρει ὅτι ὁ Γαληνός δὲν ἐκτελοῦσε νεκροτομὲς ἀνθρώπων δημόσια (33). Ὅπως εἶναι γνωστὸ ἡ χριστιανικὴ θρησκεία ἀπαγόρευε τὴν ἐποχὴ ἐκείνη νεκροτομὲς καὶ ἀνατομὲς τοῦ ἀνθρώπινου σώματος. Ὁ Γαληνός παραδέχεται ὅτι ἦταν χριστιανός καὶ ὅπως ἀναφέρει (32): «Δεῖ δὲ ἡμᾶς τοὺς Χριστιανούς ἐπὶ τὰ καθ' ἡμᾶς μέγιστα καὶ μυστηριώδη χωρεῖν. Τούτους γὰρ ἐγὼ πιστεύω καὶ ὁμολογῶ μὴ μόνον τὰ σωματικὰ πάθη φυγαδεύεσθαι, ἀλλὰ καὶ τὰ ψυχικὰ τελείως ἀφανίζεσθαι».

Στὴν Ἀλεξάνδρεια, ὁ Γαληνός συμπλήρωσε τὶς ἱατρικὲς καὶ ἀνατομικὲς σπουδές του μὲ τὸν Μαρίνο καὶ ἄρχισε τὸ συγγραφικὸ του ἔργο (35). Μετὰ ἀπὸ μιὰ τετραετία στὴν Πέργαμο ὅπου ἀσκήθηκε στὴ χειρουργικὴ, μεταβαίνει τὸ 162, καὶ σὲ ἡλικία 32 ἐτῶν, στὴ Ρώμη. Ἐκεῖ διακρίνεται γιὰ τὶς γνώσεις του ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἱατρικὴ, τὴν ἀνατομία καὶ τὴ φυσιολογία. Προκαλεῖ ὅμως τὴν ἀντιζηλία καὶ τὸ φθόνο τῶν συναδέλφων του, πού τὸν ὑποχρεώνουν νὰ ἐγκαταλείψει τὴ Ρώμη καὶ νὰ μεταβεῖ σὲ Κύπρο, Συρία, Παλαιστίνη καὶ στὴ συνέχεια νὰ ἐπιστρέψει στὴν Πέργαμο (29, 30, 31, 35). Πρὶν ἐγκαταλείψει τὴ Ρώμη, συγγράφει τὰ πονήματά του Ἀνατομικαὶ ἐγχειρήσεις καὶ Περί χρείας μορίων. Στὴν Πέργαμο συνεχίζει τὸ συγγραφικὸ του ἔργο, καὶ στὴ συνέχεια μετακαλεῖται στὴ Ρώμη ἀπὸ τὸν νέο αὐτοκράτορα Μάρκο Αὐρήλιο. Ἀναχωρώντας ἀπὸ τὴν Πέργαμο μεταβαίνει στὴ Λῆμνο, τὴ Θράκη, τὴ Μακεδονία καὶ τὴν Ἀκυλία.

Ἐκεῖ ἔμεινε ἄρκετὸ καιρὸ καὶ συνέχισε τὶς μελέτες του καὶ τὸ συγγραφικὸ του ἔργο (34, 35). Ὅπως ἀναφέρει ὁ ἴδιος ὁ Γαληνός, συνέγραψε ἄνω τῶν πεντακοσίων πονημάτων, ἓνα τεράστιο καὶ λίαν ἀξιόλογο ἔργο πού ἐπηρέασε τὴν ἱατρικὴ ἐπιστῆμη καὶ τὴ μελέτῃ τῆς φυσιολογίας καὶ τῆς ἀνατομίας τοῦ ἀνθρώπου γιὰ δεκαπέντε περίπου αἰῶνες. Τὰ περισσότερα πονήματά του κἀήκαν στὴν πυρκαγιὰ πού ξέσπασε στὸ ναὸ τῆς Εἰρήνης στὴ Ρώμῃ. Τὰ διασωθέντα 180 περίπου ἔργα του δὲν θεωροῦνται ὅτι εἶναι ὅλα γνήσια. Πολλὰ ἀπὸ αὐτὰ διασώθηκαν σὲ λατινικὲς, ἀραβικὲς καὶ ἐβραϊκὲς μεταφράσεις (34). Ὁ Γαληνὸς θεωρεῖται ἐπίσης ὁ πατέρας τῆς ἀνατομικῆς ἐπιστῆμης (36). Στὸ ἔργο του περὶ τῆς τοῦ ἐμβρύου ἀνατομῆς ἀναφέρει: «[...] οἱ γεγυμνασμένοι, παιδιὰ τῶν ἐκτεθειμένων νεκρὰ πολλάκις ἀνατέμνοντες, ἐπείσθησαν ὥσαύτως ἔχειν τὴν κατασκευὴν ἀνθρώπου πιθήκῃ», δηλαδὴ οἱ ἐξασκημένοι ἀνατέμνοντας νεκρὰ ἐμβρυα πείσθησαν ὅτι ἡ κατασκευὴ τους μοιάζει μὲ ἐκείνῃ τῶν πιθήκων, διαπίστωση πού τὸν κατατάσσει μεταξὺ ἄλλων καὶ στοὺς θεμελιωτὲς τῆς Συγκριτικῆς Ἀνατομίας (37).

Ὁ Γαληνός, ὅπως καὶ ὁ Ἱπποκράτης, παραδέχεται ὅτι ἡ ἱατρικὴ εἶναι καὶ τέχνη. Εἶναι, δηλαδὴ, ἓνα σύστημα γνώσεων πού προσπαθεῖ νὰ θεραπεύει καὶ νὰ σώζει τὸν ἀσθενή. Ἡ ἐπιρροή τοῦ Γαληνοῦ ἦταν τόσο μεγάλη πού ἐπὶ δεκαπέντε αἰῶνες ἡ ἱατρικὴ βασίστηκε στὰ πονήματά του. Ἡ ἐν λόγῳ ἐπιρροή του ἀναφέρονταν ὡς γαληνισμός (λατ. *galenismus*) (38). Στὸ τέλος τοῦ βίου του ἐπέστρεψε στὴν πατρίδα του τὴν Πέργαμο ὅπου συνέχισε ἕως τὸ θάνατό του τὸ συγγραφικὸ του ἔργο. Ὁ Γαληνὸς ἀπεβίωσε σὲ ἡλικία 72 ἐτῶν στὶς ἀρχὲς τοῦ 3ου μ.Χ. αἰ., τὸ 201 (38).

Ἡ ἐν λόγῳ συνοπτικὴ ἐξιστόρηση τοῦ βίου τοῦ Γαληνοῦ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ παρουσιάσει τὸ μέγεθος τῆς τεράστιας συμβολῆς του στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα καὶ στὴν προβολὴ τῆς διαύγειας τοῦ ἐλληνικοῦ πνεύματος πέρα ἀπὸ κάθε προκατάληψη καὶ κάθε μυθοποίηση τῆς ἐπιστημονικῆς σκέψης. Ἡ ἀνθρωπότητα τοῦ ὀφείλει ἓνα μεγάλο εὐχαριστῶ γιατί ὁ Γαληνὸς μαζί μὲ τόσοις ἄλλους πρωτοέλληνες ἀποτελοῦν τὸν πιὸ βασικὸ πυλῶνα στὴν ἐξέλιξη τοῦ δυτικοῦ πολιτισμοῦ ὅπως τὸν γνωρίζουμε σήμερα.

### 3. Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΗΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ὁ Γαληνὸς ἦταν ὁ πρῶτος πού παρουσίασε μὴ κάπως ὁλοκληρωμένη θεω-



ρία ὅσον ἀφορᾷ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος. Δὲν ἀναφέρεται ὅμως στὸν ὄρο κυκλοφορία τοῦ αἵματος, τὸν ὁποῖον εἰσήγαγε ὁ Harvey. Ὁ Γαληνὸς παραδέχεται ὅτι τὸ αἷμα παράγεται στὸ ἥπαρ ἀπὸ στοιχεῖα καὶ οὐσίες πού προέρχονται ἀπὸ τὸ στομάχι καὶ ἀπὸ τοὺς τέσσερις βασικοὺς χυμούς, κόκκινο αἷμα, κίτρινη χολή, μαύρη χολή καὶ φλέγμα (39, 40). Οἱ οὐσίες πού προέρχονται ἀπὸ τὸ στομάχι μεταβιβάζονται στὸ ἥπαρ μὲ τὴν πυλαία φλέβα. Ὅσες δὲ οὐσίες δὲν τίς χρησιμοποιοῖ τὸ ἥπαρ περνοῦν στὴ χοληδόχο κύστη καὶ τὸν σπλήνα ὅπου ἀνάλογα παράγουν τὴν κίτρινη καὶ τὴ μαύρη χολή. Ὅπως ὁ Ἱπποκράτης ἔτσι καὶ ὁ Γαληνὸς ἀναφέρει ὅτι οἱ τέσσερις χυμοὶ καθορίζουν καὶ τὴ φυσικὴ διάθεση τοῦ ατόμου. Δηλαδή ἡ ἐπικράτηση τοῦ κόκκινου αἵματος καθιστᾷ τὸ ἄτομο πιὸ «αἱμάτινο», ἡ ἐπικράτηση τῆς κίτρινης χολῆς «χολιασμένο», ἡ ἐπικράτηση τῆς μέλαινας (μαύρης) χολῆς «μελαγχολικό» καὶ τοῦ φλέγματος «φλεγματικό». Ἀκόμα καὶ στίς ἡμέρες μας καὶ στὴν ξένη ἐπίσης βιβλιογραφία ἀναφέρονται οἱ ἐν λόγω ἀτομικὲς διαθέσεις τῶν ἀνθρώπων.

Ὅπως ἀναφέρει ὁ Γαληνὸς, ἀπὸ τὸ αἷμα πού παρασκευάζεται στὸ ἥπαρ ἓνα μέρος διοχετεύεται στὴ δεξιὰ καρδιακὴ κοιλία μὲ τὴν κοίλη φλέβα καὶ ἓνα ἄλλο, μὲ τὸ φλεβικὸ σύστημα, σὲ ὅλα τὰ ζωτικὰ ὄργανα τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, μεταφέροντας ἔτσι διάφορες θρεπτικὲς οὐσίες πού περιέχει. Ἀπὸ τὴ δεξιὰ καρδιακὴ κοιλία ὁ Γαληνὸς θεωρεῖ ὅτι ἓνα μέρος τοῦ αἵματος διαπερνᾷ τὴν ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία διὰ μέσου τῶν πόρων (ἀνοιγμάτων) τοῦ μεσοκοιλιακοῦ διαφράγματος, καὶ ἐκεῖ ἀναμειγνύεται μὲ τὸ πνεῦμα, τὸ ὁποῖο εἰσέρχεται μὲ τὸν ἀέρα διὰ τοῦ στόματος καὶ τῶν πνευμόνων στὴν ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία ὅπου καὶ θερμαίνεται (39). Ἀπὸ τὴν ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία τὸ μείγμα τοῦ αἵματος μὲ πνεῦμα διοχετεύεται μὲ τίς ἀρτηρίες, κατὰ τὴν περίοδο τῆς καρδιακῆς συστολῆς, σὲ ὅλα τὰ ζωτικὰ ὄργανα. Συγχρόνως δὲ τὰ ἄχρηστα ἀναπνευστικὰ προϊόντα μεταφέρονται μὲ τίς πνευμονικὲς φλέβες στοὺς πνεύμονες γιὰ τὴν ἀποβολή των. Ἐνα μέρος τοῦ αἵματος, ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, τὸ προερχόμενο ἀπὸ τὸ ἥπαρ μὲ τὴν κοίλη φλέβα, εἰσέρχεται στὴ δεξιὰ καρδιακὴ κοιλία καὶ ἓνα ἄλλο μέρος τοῦ διοχετεύεται μὲ τίς πνευμονικὲς ἀρτηρίες στοὺς πνεύμονες (39, 40, 41).

Κατὰ τὸν Γαληνὸ τὸ αἷμα διοχετεύεται κυρίως στὴν περιφέρεια μὲ τίς ἀρτηρίες ἀλλὰ καὶ μὲ τίς φλέβες (41). Ὑπὸ ὁρισμένες συνθήκες πού δὲν τίς κατονομάζει, θεωροῦσε ὅτι ἦταν δυνατόν νὰ ὑπάρχει καὶ μιὰ ἀντίστροφη ροή τοῦ αἵματος. Πίστευε ὅτι ὑπῆρχε μικρὴ ἀνάμειξη τοῦ ἀρτηριακοῦ μὲ τὸ φλεβικὸ αἷμα στοὺς πνεύμονες ἢ καὶ σὲ μερικὲς ἀρτηριοφλεβικὲς ἀναστομώσεις στὴν περιφέ-



ρεια, ἀφοῦ μόνο μικρὴ ποσότητα πνεύματος βρισκόταν στὶς φλέβες (39, 40, 41). Ἔτσι δὲν ὑπῆρχε λόγος γιὰ τὸν Γαληνὸ νὰ προτείνει τὴν κυκλική ροή τοῦ αἵματος, δηλαδὴ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἀνατομικὴ δομὴ τῶν ἀγγείων, περιέγραψε λεπτομερῶς τὰ μεγάλα ἀγγεῖα, τὸν ἀρτηριακὸ σύνδεσμο (ductus arteriosus) καὶ τὴ δεξιὰ στεφανιαία φλέβα ποὺ ἐκβάλλει στὸ δεξιὸ καρδιακὸ κόλπο (41). Ὁ Γαληνὸς ἀνέφερε ὅτι ἡ ἀναπνοὴ προσφέρει τὸν ἀπαραίτητο ἀέρα ἢ πνεῦμα γιὰ τὴ διατήρηση τοῦ ἀνθρώπου στὴ ζωὴ (40). Ἐγνώριζε τὸ μηχανισμό τῆς ἀναπνοῆς καὶ τὸ ρόλο τοῦ διαφράγματος καὶ τῶν μεσοπλευρίων μυῶν σὲ αὐτήν. Ἐπίσης ἀνακάλυψε καὶ περιέγραψε μὲ κάθε λεπτομέρεια τὴν νεύρωση τῶν ἐν λόγω μυῶν (39, 40, 41).

#### 4. Η ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΓΑΛΗΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ HARVEY ΔΕΚΑΠΕΝΕ ΑΙΩΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Γιὰ δεκαπέντε περίπου αἰῶνες ἡ θεωρία τοῦ Γαληνοῦ σχετικὰ μὲ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος παρέμεινε ἀμετάβλητη, ἀπὸ τὴ βυζαντινὴ καὶ τὴν ἰσλαμικὴ ἱατρικὴ μέχρι τὴν Ἀναγέννηση καὶ τὰ πονήματα τοῦ διακεκριμένου ἀνατόμου Vesalius (42). Ὑπῆρξε ὅμως μιὰ ἐξαίρεση στὴν παραδοχὴ τῆς θεωρίας τοῦ Γαληνοῦ ὅσον ἀφορᾷ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος. Τὸ 1924 ἓνας νέος Αἰγύπτιος ἱατρός ὀνομαζόμενος Moygi el Din el Tatavi, ἀνακάλυψε ἓνα ξεχασμένο πόνημα τοῦ Ibn al-Nafis (1213-1288), ἐνὸς Ἰσλαμιστῆ ἱατροῦ, σχετικὰ μὲ τὸν Κανόνα καὶ τὴν ἀνατομία τοῦ Avicenna, ὅπου διαφωνεῖ μὲ τὶς ἰδέες καὶ τοῦ Γαληνοῦ καὶ τοῦ Avicenna σχετικὰ μὲ τὴ μικρὴ (πνευμονικὴ) κυκλοφορία τοῦ αἵματος (43, 44). Ὅπως ἀναφέρει ὁ Ibn al-Nafis: «[...] Τὸ αἷμα ἀπὸ μὲν τὴ δεξιὰ καρδιακὴ κοιλία πρέπει νὰ φθάσει στὴν ἀριστερὴ κοιλία διὰ μέσου τῶν πνευμόνων καὶ ὄχι διὰ μέσου τῶν μεσοκοιλιακῶν πόρων μεταξύ τῶν δύο κοιλιῶν σύμφωνα μὲ τὴ θεωρία τοῦ Γαληνοῦ». Ὁ Ibn al-Nafis ἀπέδειξε ὅτι τὸ μεσοκοιλιακὸ καρδιακὸ διάφραγμα εἶναι συμπαγές. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ αἷμα ἀπὸ τὴ δεξιὰ καρδιακὴ κοιλία μὲ τὴ *vena arteriosa*, τὴν πνευμονικὴ ἀρτηρία, διοχετεύεται καὶ διαχέεται στοὺς πνεύμονες ὅπου καὶ ἀναμειγνύεται μὲ τὸν ἀέρα. Τὸ μείγμα τοῦ αἵματος μὲ ἀέρα διοχετεύεται ἀπὸ τοὺς πνεύμονες μὲ τὴν *arteria venosa*, τὴν πνευμονικὴ φλέβα, στὴν ἀριστερὴ καρδιακὴ κοιλία. Ἐπίσης εἶναι ὁ πρῶτος ποὺ περιέγραψε τὰ τριχοειδῆ ἀγγεῖα καὶ τὴ στεφανιαία κυκλοφορία τοῦ μυοκαρδίου (43, 44). Γιὰ αὐτὸ μερικοὶ ἱστορικοὶ τὸν κατατάσσουν στοὺς μεγαλύτερους φυσιολόγους τοῦ Μεσαίωνα. Δυστυχῶς, οἱ ἐν λόγω ἀνακαλύψεις του δὲν ἔτυχαν τῆς δέουσας προ-

σοχής την εποχή εκείνη, και ως εκ τούτου δεν αναφέρονταν στην ιατρική βιβλιογραφία για αρκετούς αιώνες.

Ο Ibn al-Nafis γεννήθηκε στη Δαμασκό της Συρίας το 1213 και άσκησε το επάγγελμά του στο Κάιρο της Αιγύπτου. Ήταν πολυμαθέστατος ιατρός και όπως αναφέρεται ήταν και ανατόμος, φυσιολόγος, χειρουργός, οφθαλμίατρος, νομικός, ψυχολόγος, Sunni θεολόγος, αστρονόμος, γεωλόγος, ιστορικός και συγγραφέας. Πολλοί τον αποκαλούν και πατέρα της κυκλοφορίας του αίματος, δεδομένου ότι η περιγραφή και η ανακάλυψη της πνευμονικής κυκλοφορίας αποτελεί ένα βασικό πυλώνα της ολοκληρωμένης περιγραφής του κυκλοφορικού συστήματος.

Πολλοί ιστορικοί πιστεύουν ότι ο Leonardo da Vinci υπέθεσε την πιθανή ύπαρξη της μικρής, πνευμονικής, κυκλοφορίας του αίματος (45). Περιέγραψε όμως τη λειτουργία των καρδιακών βαλβίδων στα πονήματα του. Και ο διαπρεπής ανατόμος Andreas Vesalius (42) δεν βρήκε πόρους στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα αλλά δεν περιέγραψε την πνευμονική κυκλοφορία, διότι όπως πίστευε η δύναμη του Θεού ήταν εκείνη που μετέφερε το αίμα από τη δεξιά καρδιακή κοιλία στην αριστερή καρδιακή κοιλία (22). Ο Ισπανός ιατρός και θεολόγος Miguel Serveto (1511-1553), που σπούδασε ανατομία με τον Sylvius και τον Günther von Andernach στο Παρίσι, υπέθεσε και αυτός την ύπαρξη της μικρής κυκλοφορίας δια μέσου των πνευμόνων, αφού όπως αναφέρει δεν υπάρχουν πόροι στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα (46, 47, 48). Η εν λόγω μελέτη του Serveto δημοσιεύθηκε στο θεολογικό του σύγγραμμα *Christianismi Restitutio* και όχι σε ιατρικό σύγγραμμά, και ως εκ τούτου το έργο του παρέμεινε στην αφάνεια για αρκετό χρονικό διάστημα. Μερικά αντίγραφα του έργου του όμως διασώθηκαν από την πυρά, στην οποία και ο ίδιος είχε τραγικό θάνατο λόγω των θεολογικών του αντιλήψεων.

Μετά το θάνατο του Serveto, ο Ιταλός ανατόμος Realdo Matteo Colombo αναφέρει στο πονήμα του *De re anatomica* που δημοσιεύθηκε το 1559 ότι το αίμα από τη δεξιά καρδιακή κοιλία διοχετεύεται στους πνεύμονες και μετά την ανάμειξή του με τον αέρα, επανέρχεται στην αριστερή καρδιακή κοιλία (49). Ο Colombo, σε ανατομικές παρατηρήσεις σε ζώα, απέδειξε τη μη ύπαρξη πόρων στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα της καρδιάς (49). Ο Harvey, στο έργο του *On the Motion of the Heart and Blood in Animals*, αναφέρθηκε αρκετά στο έργο του Colombo. Ο Colombo έκτελούσε δημόσιες ανατομές στη Ρώμη, παρουσία καρδινάλιων, αρχιεπισκόπων, καθολικών ιερέων και πλήθους κόσμου. Θεωρείται



δὲ ὁ Colombo ὡς ἓνας ἀπὸ τοὺς πλέον διαπρεπεῖς δάσκαλους τῆς ἀνατομίας καὶ τῆς φυσιολογίας τὴν ἐποχὴ ἐκείνη. Οἱ Serveto καὶ Colombo περιέγραψαν σχεδὸν συγχρόνως, ἀλλὰ ξεχωριστὰ ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλο, τὴ μικρὴ ἢ πνευμονικὴ κυκλοφορία. Ὁ Colombo ὅμως, ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, τεκμηρίωσε τὴν ἀνατομικὴ παρατήρησή του πειραματικά. Ἡ ἐργασία τοῦ Colombo ὅσον ἀφορᾷ τὴν πνευμονικὴ κυκλοφορία τοῦ αἵματος ἔτυχε εὐρείας ἀναγνώρισης τὴν ἐποχὴ ἐκείνη (50). Τὴν ἐπιστημονικὴ καὶ φυσιολογικὴ ἐπιβεβαίωση τῆς ὑπαρξῆς τῆς πνευμονικῆς κυκλοφορίας τὴν παρουσίασε τὸ 1661 ὁ Marcello Malpighi, πού μὲ τὴ βοήθεια τοῦ μικροσκοπίου ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξὴ τῶν πνευμονικῶν τριχοειδῶν ἀγγείων καὶ τὴν ἐπικοινωνία τῶν πνευμονικῶν ἀρτηριῶν μὲ τὶς πνευμονικὲς φλέβες (51).

Ὁ διακεκριμένος ἀνατόμος καὶ καθηγητὴς στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Ferrara Giambattista Canano (1515-1579) θεωρεῖται λαμβασμένα ὁ πρῶτος πού διαπίστωσε τὴν ὑπαρξὴ τῶν φλεβικῶν βαλβίδων (52). Ὁ Amato Lusitano (1511-1568) πού γεννήθηκε τὸ 1511 στὸ Castelo Branco τῆς Πορτογαλίας εἶναι ὁ πρῶτος πού ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξὴ καὶ λειτουργία τῶν φλεβικῶν βαλβίδων. Σπούδασε Ἱατρικὴ στὸ Πανεπιστήμιο Salamanca τῆς Ἰσπανίας καὶ δίδαξε στὴ Ferrara τῆς Ἰταλίας. Οἱ γονεῖς του ἦσαν κρυπτοῖουδαῖοι καὶ διὰ τῆς βίας ἀσπασθήκαν τὸ χριστιανισμό. Ὁ Amato Lusitano, στὸ τέλος τοῦ βίου του, μετέβη στὴ Θεσσαλονίκη ὅπου ξαναασπάσθηκε τὸν ἰουδαϊσμό καὶ ὅπου ἀπεβίωσε τὸ 1568 σὲ ἡλικία 56 ἐτῶν. Στὸ *Centuria I* περιγράφει μιὰ ἐπίδειξη στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Ferrara, παρουσίᾳ σημαντικοῦ ἀκροατηρίου, ὅπως καὶ τοῦ Giambattista Canano, ὅπου ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξὴ φλεβικῶν βαλβίδων ὅταν φύσηξε ἀέρα στὴν αἷζυγο φλέβα καὶ δὲν διέστειλε τὴν κοίλῃ φλέβα λόγω τῆς ὑπαρξῆς βαλβίδας. Εἶναι συγγραφέας ἀρκετῶν σημαντικῶν ἱατρικῶν ἔργων ὅπως τὸ ἐπτάτομο πόνημα *Curationum medicinalium centuri* (52).

Ἐν συνεχείᾳ ὁ Hieronymus Fabricius (53), πού δίδαξε μαζὶ μὲ τὸν Galileo στὸ Πανεπιστήμιο τῆς Padua τῆς Ἰταλίας, ἔγραψε τὸ 1603 τὸ περίφημο πόνημα *De Venarum Ostioliis* (53), ὅπου περιγράφει ἐπίσης τὶς φλεβικὲς βαλβίδες. Ἀνέφερε δὲ ὅτι ὁ λόγος ὑπαρξῆς τῶν φλεβικῶν βαλβίδων ἦταν ἡ παρεμπόδιση τῆς παλινδρόμησης τοῦ αἵματος στὴν περιφέρεια καὶ ἡ μὴ ὑπεραιμάτωση τῶν ἄνω καὶ κάτω ἄκρων. Ὁ Andrea Cesalpino (1519-1603) εἶναι ὁ πρῶτος πού περιέγραψε τὴ διάταξη τῶν φλεβῶν στὴν περιφέρεια μετὰ τὴ διακοπὴ τῆς κυκλοφορίας μὲ αἰμοστατικὸ περίδεμα (tourniquet). Ἀπέδειξε δὲ τὴν ἐπιστροφὴ τοῦ αἵματος στὴν καρδιὰ μὲ τὶς φλέβες καὶ τὴν ἐκροή τοῦ αἵματος ἀπὸ τὴν καρ-



διά με τίς αρτηρίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Cesalpino αναφέρει τη ροή του αίματος με τὸν ὄρο *circulatio*, πού σημαίνει «κυκλοφορία» (54, 55). Ἔτσι ὁ Cesalpino θεωρεῖται ἀπὸ τοὺς ἱστορικοὺς *inogurator*, ἀφοῦ ἐγκαίνιασε τὸν ὄρο κυκλοφορία, ἀλλὰ ὄχι *discoverer*, ἀφοῦ δὲν εἶναι αὐτὸς πού μίλησε πρῶτος γιὰ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος. Ὁ τίτλος *discoverer* ἀνήκει στὸν διαπρεπῆ Ἀγγλο ἱατρὸ William Harvey.

##### 5. Η ΚΑΤΑΓΩΓΗ, ΟΙ ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΜΙΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΤΟΥ HARVEY

Ὁ William Harvey γεννήθηκε τὴν 1η Ἀπριλίου τοῦ 1578 στὴν πόλη Folkestone τῆς Κομητείας Kent τῆς Νότιας Ἀγγλίας. Ὁ πατέρας του Thomas Harvey ἦταν μικροκτηματίας καὶ τὸ 1600 ὑπηρέτησε στὸ Δῆμο τοῦ Folkestone. Ὁ Thomas Harvey καὶ ἡ Joan Harvey ἀπέκτησαν ἐννέα παιδιά, τοὺς William, Sarah, John, Thomas, Daniel, Eliab, Miachael, Matthew καὶ τὴν Amye Harvey. Σὲ ἡλικία δέκα ἐτῶν ὁ William Harvey ἔγινε δεκτὸς στὸ King's School στὸ Canterbury καὶ τὸ 1593 στὸ Gonville and Gaius College τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Cambridge ἀπὸ ὅπου ἀποφοίτησε τὸ 1597 μὲ δίπλωμα Bachelor of Art. Τὸ 1598 μετέβη, διὰ μέσου Γαλλίας καὶ Γερμανίας, στὴν Padua τῆς Ἰταλίας καὶ ἐγγράφεται στὴν ἐκεῖ ἱατρικὴ σχολή (56). Μέντοράς του ἦταν ὁ διάσημος ἀνατόμος Hieronymus Fabricius, πού διατηροῦσε τίς ἀνατομικὲς παραδόσεις τῶν προκατόχων του καὶ κυρίως τοῦ Vesalius (42). Ὁ Harvey, στὴν Padua, μελέτησε ἐπισταμένως μεταξὺ ἄλλων καὶ τὸ πόνημά του Fabricius *De Venarum Ostioliis* (52). Ὁ Harvey ἀποφοίτησε στίς 25 Ἀπριλίου τοῦ 1602 μὲ τὸν τίτλο τοῦ διδάκτορος τῆς Ἰατρικῆς ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο τῆς Padua (55). Μετὰ τὴν ἐπιτυχή ὀλοκλήρωση τῶν σπουδῶν του στὴν Padua ἐπιστρέφει στὴν Ἀγγλία καὶ τὸ ἴδιο ἔτος ἀνακηρύσσεται διδάκτωρ τῆς Ἰατρικῆς ἀπὸ τὸ Πανεπιστήμιο τοῦ Cambridge.

Τὸ 1603 νυμφεύεται τὴν Elizabeth Browne, κόρη τοῦ ἱατροῦ Lancelot Browne πού χρημάτισε καὶ θεράπων ἱατρὸς τῆς βασίλισσας Elizabeth. Τὸ 1607 ἐκλέγεται Fellow of the College of Physicians καὶ τὸ 1609 διορίζεται βοηθὸς ἱατρὸς στὸ Νοσοκομεῖο St. Bartholomew (56). Στὸ ἐν λόγω νοσοκομεῖο ἄσκησε τὴν ἱατρικὴ ἐπὶ σειρά ἐτῶν. Τὸ 1615 ἐκλέγεται Lumleian Lecturer στὸ College of Physicians, ὅπου σὲ μία διάλεξή του τὸ 1618 παρουσιάζει γιὰ πρώτη φορὰ τίς ἰδέες του σχετικὰ μὲ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος (56, 57). Ἡ ἱατρικὴ καὶ ἡ ἐρευνητικὴ του σταδιοδρομία ἦταν λίαν σημαντικὴ. Διετέλεσε θε-

ράπων ιατρός τῶν βασιλέων James I καὶ Charles I ἀλλὰ καὶ ἄλλων ἐπιφανῶν προσωπικοτήτων τῆς Ἀγγλίας. Στις 7 Δεκεμβρίου τοῦ 1642 τὸ Πανεπιστήμιο τῆς Oxford τοῦ ἀπένειμε ἐπίσης τὸν τίτλο τοῦ διδάκτορος τῆς Ἰατρικῆς. Σὲ προχωρημένη ἡλικία συνέχισε τὶς ἀνατομικὲς του μελέτες στὸ Morton College. Τὸ 1654 καὶ σὲ ἡλικία 76 ἐτῶν δώρισε τὴ βιβλιοθήκη του στὸ College of Physicians καὶ στις 3 Ἰουνίου τοῦ 1657 καὶ σὲ ἡλικία 79 ἐτῶν ἀπεβίωσε στὸ Roehampton, στὸ σπίτι τοῦ ἀδελφοῦ του Eliab καὶ ἐνταφιάσθηκε στὸ κοιμητήριον τοῦ Hampstead. Ὡς αἰτία θανάτου ἀναφέρεται ἡ ἐγκεφαλικὴ αἱμορραγία (56, 57, 58).

Ὁ Harvey συγκαταλέγεται μεταξὺ τῶν πολὺ μεγάλων ἐπιστημόνων ἱατρῶν. Τὸ ἔργο του ἀποτελεῖ σημαντικὸ ὁρόσημο στὴ διαχρονικὴ ἐξέλιξη τῆς καρδιολογίας καὶ στὴν ταχεία ἀνάπτυξη τῆς ἱατρικῆς ἐπιστήμης. Συνεχιστὴς τῆς ἐπαγωγικῆς σκέψης τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων, ἔθεσε ἐρωτήματα καὶ προσπάθησε νὰ τὰ ἀπαντήσει πειραματικά, μὲ ἔρευνα, ἀποφεύγοντας ἔτσι τὶς δοξασίες τοῦ Μεσαίωνα.

## 6. Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ HARVEY

Οἱ πρὸ τοῦ Harvey ἀνατόμοι καὶ φυσιολόγοι, παρ' ὅτι περιέγραφαν τὴ μικρὴ ἢ πνευμονικὴ κυκλοφορία τοῦ αἵματος, δὲν μπόρεσαν νὰ ἀναγνωρίσουν τὴ μεγάλη ἢ συστηματικὴ κυκλοφορία τοῦ αἵματος. Ὁ Harvey, μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς ἀπλοῦ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, μπόρεσε νὰ περιγράψει τὴ μεγάλη ἢ συστηματικὴ κυκλοφορία, παρόλο πὺ τοῦ διέφυγε ἡ ὑπαρξὴ τῶν τριχοειδῶν ἀγγείων.

Τὸ μνημειῶδες ἔργο του *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (1628), ἑκτασῆς 72 σελίδων, τὸ ἀφιέρωσε μὲ μία λιτὴ ἀφιέρωση στὸν βασιλιά Charles I, ἀπαρτίζεται δὲ ἀπὸ 17 κεφάλαια (59, 60). Στὸ πρῶτο κεφάλαιο περιγράφει παλιές δοξασίες καὶ θεωρίες σχετικὰ μὲ τὴ φυσιολογία τῆς καρδιᾶς καὶ τῶν πνευμόνων. Στὴ συνέχεια ἀναφέρει ὅτι ἦταν σημαντικὸ νὰ μελετηθεῖ καὶ νὰ ἐρευνηθεῖ τὴν καρδιὰ κατὰ τὸ στάδιο τῆς ἐν ζωῇ λειτουργίας της. Ὅπως ἀναφέρει ὅμως, αὕτὴ ἡ μελέτη ἦταν ἓνα πολὺ δύσκολο ἐγχείρημα. Καὶ παραθέτω πῶς περιγράφει ὁ Harvey τὶς δυσκολίες πὺ ἀντιμετώπισε: «I found the task so truly arduous [...] that I was almost tempted to think [...] that the movement of the heart was only to be comprehended by GOD. For I could neither rightly perceive at first when the systole and when the diastole took



place by reason of the rapidity of the movement», καὶ σὲ ἐλεύθερη μετάφραση: «Ἀνακάλυψα ὅτι τὸ ἐν λόγῳ ἐγχείρημα ἦταν τόσο δυσχερὲς ὥστε σχεδὸν ὑπέπεσα στὸν πειρασμὸ νὰ σκεφθῶ ὅτι ἡ κίνησις τῆς καρδιάς ἦταν δυνατόν νὰ γίνῃ ἀντιληπτὴ μόνον ἀπὸ τὸν ΘΕΟ. Ἀφοῦ δικαιολογημένα δὲν μπορούσα νὰ ἀντιληφθῶ κατ' ἀρχὰς πότε ἡ συστολὴ καὶ πότε ἡ διαστολὴ λάμβαναν χώρα λόγω τῆς ταχύτητος τῆς κίνησης τῆς καρδιάς». Ὁ Harvey ἀπέδειξε ὅτι ἡ συστολὴ τῶν καρδιακῶν κοιλιῶν γίνεται συγχρόνως καὶ στὶς δύο κοιλίες καὶ ὀφείλεται σὲ ἐνεργὴ σύσπασιν τοῦ μυοκαρδίου, ἐνῶ ἡ διαστολὴ τῶν ἐν λόγῳ κοιλιῶν ὀφείλεται σὲ παθητικὴ διάτασιν τοῦ μυοκαρδίου (60, 61, 62). Ἐπανελάβε ἐπίσης ὅτι ἡ κυκλοφορία τοῦ αἵματος ἀπὸ τὴ δεξιὰ πρὸς τὴν ἀριστερὴν καρδιακὴν κοιλίαν ἐπιτυγχάνεται διὰ μέσου τῶν πνευμόνων. Ἡ μεταφορὰ τοῦ αἵματος ἀπὸ τὴ δεξιὰ καρδιακὴν κοιλίαν πρὸς τοὺς πνεύμονες ἐπιτελεῖται μὲ τὴν πνευμονικὴ ἀρτηρίαν, καὶ ἀπὸ τοὺς πνεύμονες μὲ τὴν πνευμονικὴ φλέβαν μεταφέρεται στὴν ἀριστερὴν καρδιακὴν κοιλίαν (61, 62, 63). Ἐπίσης περιέγραψε τὴ συστηματικὴν κυκλοφορίαν ὅπου τὸ αἷμα ἀπὸ τὴν ἀριστερὴν καρδιακὴν κοιλίαν μεταφέρεται μὲ τὴν ἀορτὴν καὶ στὴ συνέχεια διὰ μέσου τοῦ ἀρτηριακοῦ δικτύου σὲ ὅλο τὸ σῶμα, καὶ μὲ τὸ φλεβικὸ δίκτυο τὸ αἷμα ἐπιστρέφει στὸ δεξιὸν καρδιακὸν κόλπον μὲ τὴν ἄνω καὶ κάτω κοιλὴν φλέβαν. Ἀντιλήφθηκε τὸ ρόλο τῶν φλεβικῶν βαλβίδων ποὺ παρεμποδίζουν τὴν παλινδρόμησιν τοῦ αἵματος στὶς ἀρτηρίες. Διαπίστωσε ὅτι σὲ κάθε καρδιακὴ συστολὴ τὸ αἷμα προωθεῖται στὶς ἀρτηρίες. Στὸ ὄγδοον κεφάλαιον τοῦ ἔργου του ὑπολόγισε τὸ ποσὸ τοῦ κυκλοφοροῦντος αἵματος, τὸν κατὰ λεπτὸ ὄγκον αἵματος καθὼς καὶ τὸν ἀριθμὸ τῶν κατὰ λεπτὸ συστολῶν τῆς καρδιάς, καὶ ὡς ἐκ τούτου παραδέχεται ὅτι ἦταν ἀδύνατον ὅλο αὐτὸ τὸ αἷμα νὰ παράγεται ἀπὸ τὸ ἥπαρ, ὅπως ἰσχυρίζονταν ὁ Γαληνός (60). Παρόλο ποὺ ὁ Harvey παρουσίασε μιὰ πρὸ ὀλοκληρωμένη θεωρίαν τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος, τοῦ διέφυγε ὅμως ἡ ὑπαρξὴ τῶν τριχοειδῶν ἀγγείων καὶ ὁ τρόπος μεταφορᾶς τοῦ αἵματος ἀπὸ τὶς ἀρτηρίες στὶς φλέβες, παρόλο ποὺ ὁ Ibn al-Nafis περιέγραψε τὰ τριχοειδῆ ἀγγεῖα τὸ 13ο αἶ. Ὁ Harvey ἐπίσης, μεταξύ ἄλλων σημαντικῶν, περιγράφει τὴν ὑπαρξὴ καὶ λειτουργίαν τοῦ ἀρτηριακοῦ συνδέσμου (*ductus arteriosus*), τὴν ἐπικοινωνίαν δηλαδή τῆς πνευμονικῆς ἀρτηρίας μὲ τὴν ἀορτὴν στὰ ἔμβρυα καὶ ἀναφέρει: «[...] In embryos, whilst the lungs are in a stage of inaction, performing no function, subject to no movement any more than if they had not been present, Nature uses the two ventricles of the heart as if they but one for the transmission of the blood [...]», καὶ σὲ ἐλεύθερη μετάφρασιν, «[...] στὸ ἔμβρυον, ἀφοῦ οἱ πνεύμονες εἶναι σὲ ἀνενεργὴ κατάστασιν δὲν ἐκτελοῦν καμιά λειτουργίαν,



δὲν ὑπόκεινται σὲ καμιά κίνηση, ὡς νὰ μὴν εἶναι παρόντες, ἡ Φύση μεταχειρίζεται τὶς δύο καρδιακὲς κοιλίες ὡς νὰ ἀποτελοῦν μία, γιὰ τὴ διοχέτευση τοῦ αἵματος».

Ὁ Robert Fludd (1574-1637), ἦταν ὁ πρῶτος ποὺ παραδέχθηκε τὸ μοντέλο τοῦ Harvey ὅσον ἀφορᾷ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος (63, 64). Ὁ διάσημος René Descartes (1595-1650), ἐνῶ συμφωνοῦσε μὲ τὸν Harvey γιὰ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος, διαφωνοῦσε μὲ τὴν ἐρμηνεία τοῦ μηχανισμοῦ τῆς συστολῆς τοῦ μυοκαρδίου, ποὺ κατὰ τὸν Harvey ὀφείλεται σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια ἐνῶ ὁ Descartes τὴν ἀπέδωσε σὲ ζωικὴ ἐνέργεια τοῦ μυοκαρδίου (65). Οἱ Thomas Willis (1621-1675) (66) καὶ ὁ Richard Lower (1631-1691) (67) συμπλήρωσαν τὴ νέα θεωρία τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος, καὶ οἱ Marcello Malpigi (1628-1694) καὶ Franciscus de la Boe, ὁ ἐπονομαζόμενος Sylvius (1614-1694) (68), περιέλαβαν τὴν προτεινόμενη θεωρία τοῦ Harvey στὸ πρωτοποριακὸ καὶ ὀλοκληρωμένο σχῆμα τῆς φυσιολογίας ποὺ παρουσίασαν τὴν ἐποχὴ ἐκείνη.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ὁ Harvey ἔδωσε νέα ὥθηση στὴν ἐπιστημονικὴ καὶ ἐρευνητικὴ μελέτη τῆς βιοϊατρικῆς, καὶ ὅπως ἀναφέρει ὁ Durant: «The steps to his discovery illustrate the internationalism of Science», δηλαδὴ «Τὰ βήματα τῆς ἀνακάλυψής του ἀποδεικνύουν τὴν παγκοσμιότητα τῆς Ἐπιστήμης» (69). Σήμερα θὰ μπορούσαμε νὰ ἀναφερθοῦμε στὴν «οἰκουμενικότητα τῆς Ἐπιστήμης».

## 7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ἡ ραγδαία ἀνάπτυξη τῆς Καρδιολογίας στὶς ἡμέρες μας ὀφείλεται σὲ ὅλους ἐκείνους τοὺς πρωτοπόρους ἐρευνητὲς ποὺ διαχρονικὰ καὶ ἐπὶ πολλοὺς αἰῶνες μελέτησαν τὸ ρόλο τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος καί, προπάντων, τὸ ρόλο τῆς καρδιᾶς στὴ διατήρηση τοῦ ἀνθρώπου στὴ ζωὴ. Πολὺ σημαντικὴ εἶναι ἡ συμβολὴ τῶν φυσιολόγων καὶ ἀνατόμων ἱατρῶν πού, χωρὶς τεχνικὰ μέσα, μπόρεσαν νὰ περιγράψουν καὶ νὰ θέσουν τὶς βάσεις τῆς μετέπειτα μελέτης τῆς φυσιολογίας καὶ ἀνατομίας τοῦ καρδιαγγειακοῦ συστήματος. Ὁρόσημα τῶν ἐν λόγω μελετῶν ἀποτελοῦν: (α) ἡ πρώτη σχηματικὴ θεωρία τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος ἀπὸ τὸν μεγάλο Γαλλνό, (β) ἡ περιγραφὴ τῆς πνευμονικῆς κυκλοφορίας ἀπὸ τὸν διορατικὸ Ibn al-Nafis, καὶ (γ) ἡ συμπλήρωση καὶ ὀλοκλήρωσή της ἀπὸ τὸν ἐπίσης μεγάλο ἀνατόμο Harvey. Στὴν ἐποχὴ μας, ἡ ὀλοκλήρωση τῆς γνώσης τῆς λειτουργίας καὶ ἀνατομίας τῶν διαφόρων τμημάτων τοῦ καρδιαγγειακοῦ συστήματος ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν Ἡλεκτροφυσιολογία καὶ μὲ τὶς διάφορες μορφές

υπερτεχνολογικής εικονογράφησης του καρδιαγγειακού συστήματος. Θά ἦταν μεγάλη παράλειψη ἂν δὲν ἀνέφερα τὸν διακεκριμένο φυσιολόγο Carl Ludwig (1816-1895), ποὺ τὸ 1846 ἐπενόησε τὸν κυμογράφο, ἓνα ὄργανο ποὺ βοήθησε σημαντικά στὴ μελέτη πολλῶν φυσιολογικῶν φαινομένων καὶ τὴ μελέτη τῆς λειτουργίας τῆς καρδιάς (70, 71).

Προτοῦ ὁλοκληρώσω τὴ σημερινή μου ὁμιλία θά ἤθελα νὰ παρουσιάσω μιὰ πρόσφατη ἐργασία ποὺ δημοσιεύθηκε τὸν Αὐγουστο τοῦ 2010 στὸ ἐπιστημονικὸ περιοδικὸ *Chest* ἀπὸ τὸν Timothy D. Woods καὶ συνεργάτες μὲ τίτλο *Small and moderate size right-to-left shunts identified by saline contrast echocardiography are normal and unrelated to migraine headache*, καὶ παραφράζω: «Μικροῦ καὶ μετρίου μεγέθους δεξιὰ πρὸς ἀριστερὴ καρδιακὴ παρέκκλιση αἵματος, ποὺ ἀναγνωρίστηκε μὲ τὴ νέα μέθοδο τῆς ἀλατούχου ἀντιθέτου φάσεως ἡχοκαρδιογραφίας, εἶναι φυσιολογικὴ καὶ δὲν σχετίζεται μὲ τὴν ἡμικρανία» (73). Στὴν ἐν λόγω μελέτη οἱ συγγραφεῖς ἀναφέρουν ὅτι ἀπὸ τὰ 104 ὑγιᾶ ἄτομα ποὺ ἐξετάστηκαν μὲ αὐτὴν τὴν μέθοδο, 71% παρουσιάζουν δεξιὰ πρὸς ἀριστερὴ καρδιακὴ παρέκκλιση αἵματος, ποὺ μερικῶς επιβεβαιώνει τὴν πρόταση τοῦ Γαληνοῦ ὅσον ἀφορᾷ τὸ κυκλοφορικὸ σύστημα. Πάντως ὁ Γαληνὸς δὲν μπόρεσε νὰ περιγράψει τὴν πνευμονικὴ ἢ μικρὴ κυκλοφορία τοῦ αἵματος.

Στὴν ἐποχὴ μας, ἡ μελέτη τῆς Φυσιολογίας ἐστιάζεται κυρίως στὴ Μοριακὴ Βιολογία, καὶ θά τολμήσω νὰ ἀναφέρω ὅτι ἀσχολεῖται καὶ μὲ τὴ μικροφυσιολογία καὶ τὴ λειτουργία τῶν ἐπιμέρους κυττάρων. Καὶ ἐπιτρέψτε μου νὰ ὁλοκληρώσω τὴ σημερινή μου ὁμιλία μὲ τὴν ἀκόλουθη ἀναφορά τοῦ δασκάλου, Ἀκαδημαϊκοῦ καὶ ὄχι μόνον, Σπύρου Δοντᾶ ποὺ ἀναφέρει τὸ 1936 στὴν εἰσαγωγή τοῦ δίτομου συγγράμματός του *Φυσιολογία* τὰ ἀκόλουθα σημαντικά: «[...] Διότι ζωὴν ὑπὸ τὴν μορφήν κυττάρων γνωρίζομεν, τὰ δὲ ποικίλα φαινόμενα τῆς ζωῆς τοῦ ἀνθρωπίνου ὀργανισμοῦ οὐδὲν ἄλλο εἶναι ἢ τὸ σύνολον τῶν ἐκδηλώσεων τῆς ζωῆς τῶν ἀπειραρίθμων κυττάρων, ἐξ ὧν ἀποτελεῖται τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου» (72).

ΤΕΛΟΣ ΚΑΙ ΤΩ ΘΕΩ ΔΟΞΑ

Σᾶς εὐχαριστῶ πάρα πολὺ γιὰ τὴν προσοχή σας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. K. E. Rothschuh: *History of Physiology*. Translated and edited by G. B. Risse. Krieger Pub. Co., NY 1973.
2. B. Farrington: *Greek Science*. Baltimore 1963.
3. W. Nestle: *Vom Mythos zum Logos. Die Selbstentfaltung des griechischen Denkens von Homer bis auf die Sophistik und Sokrates*. Stuttgart 1940.
4. J.B. de C.M. Saunders: *The Transitions from Ancient Egyptian to Greek Medicine*. Lawrence, University of Kansas Press 1963.
5. *Der Physiologus*. Aus dem griechischen Original übertragen von E. Peters und mit einem Nachwort von F. Würzbach. Mit 174 kolor. Federzeichnungen von F. Pályi. München, Musarionverlag 1921.
6. C.D. O' Malley's: Biography in *Dictionary of Scientific Biography* (1970) 1, pp. 617-621.
7. Prof. I. Zizioulas (Metropolitan of Pergamus, Member of the Athens Academy): Lessons on Christian Dogmatics during the Academic Year 1984-1985 at the School of Theology, Thessaloniki University.
8. R. K. Ritner: The Cardiovascular System in Ancient Egyptian Thought. *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 65 no 2, pp. 99-109, University of Chicago, April 2006.
9. R. Hoernle: *Medicine of India*.
10. D.P. Agrawal: Sushruta, The Great Surgeon of Yore.
11. P. S. Chari: Sushruta and our heritage. *Indian Journal of Plastic Surgery*, vol. 36, issue 1 pp. 4-13, India 2003.
12. D. E. Kendall: *DAO of Chinese Medicine. Understanding an Ancient Healing Art*. OUP 2002.
13. J.H. Breasted: *The Edwin Smith Surgical Papyrus*. University of Chicago Press, 1930.
14. Έ. Ρούσσος: *Προσωκρατικοί. Τόμ. Δ' Έμπεδοκλής. Έκδόσεις Στίγμα, Αθήνα* 2007.
15. G. S. Kirk, J. E. Raven and M. Schofield: *The Presocratic Philosophers. A Critical History with a Selection of Texts* (2nd edition). CUP 1983.
16. C. W. Sievert: *Die Physiologie bei Aristoteles*. Diss. Münster 1948.
17. A. Laks: *Diogène d' Apollonie. La Dernière Cosmologie Présocratique*. Presses Universitaires de Lille, 1983.
18. L. Aschoff: *Über die Entdeckung des Blutkreislaufes. Eine Stellungnahme zum Streit um William Harvey und ein Ausblick auf die spätere Entwicklung der Geschichte der Medizin*. Spreyer, Freiburg 1938.
19. F. R. Hurlbultt: Peri Kardies. A Treatise on the Heart from the Hippocratic Corpus. Introduction and Translation. *Bulletin of the History of Medicine* 7 (1939), pp. 1104-1113.
20. L. Glesinger: Zur Frage der angeblichen Vivisektionen am Menschen in



Alexandria. *Communications to the 17th International Congress of the History of Medicine I*, pp. 287-293, 1960.

21. G. C. Pournaropoulos: The Greek Medical School of Alexandria. *Communications to the 17th International Congress of the History of Medicine I*, pp. 308-316, 1960.
22. E. A. Parsons: *The Alexandrian Library, Glory of the Hellenic World. Its Rise, Antiquities and Destruction*. NY, Elsevier 1952.
23. F. Steckerl: *The fragments of Praxagoras of Cos and his school*. Leiden 1958.
24. J. F. Dobson: Herophilus of Alexandria. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* vol. 18, pp. 19-32, 1925.
25. J. F. Dobson: Erasistratus. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* vol. 20, pp. 825-832, 1927.
26. L. G. Wilson: Erasistratus, Galen and the Pneuma. *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 33, pp. 293-314, 1959.
27. Sir W. Smith: *Dictionary of Greek and Roman Biography and Mythology*. Boston, Little, Brown and co., 1849.
28. L. S. King: *The growth of medical thought*. University of Chicago Press 1963, pp. 43-85.
29. Κ. Γεωργόπουλος: *Ἀρχαῖοι Ἕλληνες Ἱατροί*. Ἀθήνα 1998.
30. O. Temkin and C. L. Temkin (eds) *Ancient Medicine: Selected Papers of Ludwig Edelstein*. The John Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 1967.
31. Galeni: *Opera Omnia*. Kühn, libri I, V, X, XIII, XIV, XVIII, XIX, 1828-1851.
32. Σεβαστή Χαδιάρα-Καραχάλιου: Ὁ Γαληνὸς στὴν Κόρινθο. *Δελτίο Ἰδρύματος Κορινθιακῶν Μελετῶν*, τεύχος 24, σ. 55.
33. Κ. Λαμέρας: *Γαληνοῦ περὶ κράσεων*. Ἐκδόσεις Πάπυρος, Ἐν Ἀθήναις 1969.
34. E. Hauke: *Galen. Daß die Vermögen der Seele eine Folge der Mischung des Körpers sind*. Berlin 1937.
35. J. Bylebyl and W. Pagel: The chequered career of Galen's doctrine on the pulmonary veins, *Medical History* vol. 15, pp. 211-229, 1971.
36. E. Hintzsche: Über das anatomische Wissen. Galens und seiner Vorläufer. In: *Ciba Zeit- schrift*, Jhg. 8, p. 3411, 1944.
37. Ἀ. Κούζης: Συμβουλίδειος ἀγών. *Ἀρχεῖα Ἱατρικῆς* 1907.
38. Σεβαστή Χαδιάρα-Καραχάλιου: Γαληνός, ὁ χριστιανὸς διάδοχος τοῦ Ἱπποκράτη. *Ἱστορικά τῆς Ἐλευθεροτυπίας*, 11 Μαρτίου 2004, ἄρθρ. 227, σσ. 30-37.
39. D. Fleming: Galen on the motions of the blood in the heart and lungs. *Isis* vol. 46, pp. 14-21, 1955.
40. Σεβαστή Χαδιάρα-Καραχάλιου: Οἱ γνώσεις τοῦ Γαληνοῦ γιὰ τὴν κυκλοφορία τοῦ αἵματος. *Ἱατρικὴ Ἐφημερίς*, 30 Νοεμβρίου 2002.
41. M. Drabkin: A select bibliography of Greek and Roman medicine. *Bull. Hist. Med.* vol. 11, pp. 399-408, 1942.
42. W. Pagel: Vesalius and the pulmonary transit of venous blood. *J. Hist. Med.* vol. 19, pp. 327-341, 1964.

43. E. E. Bittar: A Study of Ibn an-Nafis. *Bull. Hist. Med.* vol. 29, pp. 289-316, 429-447, 1955.
44. M. Meyerhof: Ibn an-Nafis and his theory of the lesser circulation. *Isis* vol. 22, pp. 100-120, 1935.
45. H. Boruttau: Leonardo da Vincis Verhältnis zur Anatomie und Physiologie der Kreislauforgane, in *Arch. Gesch. Med.* vol. 6, p. 217, 1913.
46. Ch. D. O' Malley: *Michael Servetus. A translation of his geographical, medical and astrological writings with introductions and notes.* Philadelphia 1953.
47. J. F. Fulton: *Michael Servetus, Humanist and Martyr.* Herbert Reichner 1953.
48. O. Temkin: Was Servetus Influenced by Ibn an-Nafis. *Bull Hist. Med.* vol. 8, pp. 731-734, 1940.
49. J. J. Bylebyl: Biography in *Dictionary of Scientific Biography* vol. 3, pp. 354-357, 1971.
50. R.H. Bainton: The Smaller Circulation: Servetus and Colombo. *Arch. Gesch. Med.* vol. 24, p. 371, 1931.
51. M. Malpighi: Biography in *Catholic Encyclopedia*, NY, Robert Appleton Co.1913.
52. H. Friedenwald: The Jews and Medicine (Essay XXV) in *Amatus Lusitanus*, Baltimore, The Johns Hopkins press1944.
53. K. J. Franklin: Hieronymus Fabricius, De Venarum Ostiolis. Springfield Ill1933.
54. W. Pagel: The Philology of Circles-Cesalpino-Harvey. *J. Hist. Med.*, vol. 12, pp. 140-157, 1957.
55. W. Pagel: Die Stellung Cesalpins und Harveys in der Entdeckung und Ideologie des Blutkreislaufes. *Sudhoffs. Arch.*, vol. 37, pp. 319-328, 1953.
56. G. L. Keynes: *The life of William Harvey.* Oxford 1966.
57. K. D. Keele: *William Harvey. The man, the physician and the scientist.* London 1965.
58. W. Pagel: *New Light on William Harvey.* Basel 1976.
59. R. Willis: Harvey's, De Motu Cordis. English translation in *Great Books of the Western World*, vol. 28, Chicago 1952.
60. W. Harvey: Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus (1628).
61. Sir D'Arcy Power: William Harvey, in *Masters of Medicine*, 1898.
62. A. P. Fishman, R. W. Dickinson (eds): *Circulation of the Blood. Men and Ideas.* NY 1964.
63. A. G. Debus: Robert Fludd on the Circulation of Blood. *J. Hist. Med* vol. 16, pp. 374-394, 1961.
64. A. G. Debus: Harvey and Fludd: The irrational factor in the rational science of the 17th century. *J. Hist. Biol.*, vol. 3, pp. 81-105, 1970.
65. W. Pagel, Giordano Bruno: The philosophy of circles and the circular movement of the blood. *J. Hist. Med.*, vol., 6, pp. 116 -124, 1951.
66. J. T. Hughes: *Thomas Willis (1621-1675); His Life and work.* Royal Society of Medicine, London 1991.

67. K. J. Franklin: The work of Richard Lower (1631-1691). *Proc. R. Soc. Med.*, vol. 25, pp. 113-118, 1931.
  68. K. E. Rothschild: Die Entwicklung der Kreislauflehre im Anschluß an William Harvey. *Klinische Wochenschrift*, vol. 35, pp. 605-612, 1957.
  69. W. and A. Durant: *The Story of Civilization*, vol. 7: The Age of Reason Begins, pp. 167-169. Simon and Schuster, NY 1961.
  70. H. Rein: Dem Deutschen Physiologen Carl Ludwig zum Gedächtnis. *Klinische Wochenschrift*, p. 1887, 1936.
  71. H. E. Hoff and L. A. Geddes: Graphic registration before Carl Ludwig. The Antecedents of the Kymograph. *Isis*, vol. 50, pp. 1-21, 1959.
  72. Σ. Δοντάς: *Φυσιολογία*. Πυρρός, Έν' Αθήναις 1936.
  73. T. D. Woods et al.: Small-and moderate- size right-to-left shunts identified by saline contrast echocardiography are normal and unrelated to migraine headache. *Chest* vol. 138 (2), pp. 264-9, 2010.
-



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΕΠΡΑΓΜΕΝΩΝ  
ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΕΡΕΥΝΗΣ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ

ΑΘΗΝΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΩΝ



## ΕΚΘΕΣΕΙΣ

### ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Τὸ ΚΕΑΕΜ κατὰ τὸ ἔτος 2010 συνέχισε τίς πολλαπλές δραστηριότητές του μὲ ἀξιόλογα ἐπιστημονικὰ ἀποτελέσματα ποὺ δημοσιεύθηκαν σὲ περιοδικὰ διεθνoὺς κύρους, διεθνεῖς συνεργασίες, ἀποστολές σὲ ἱδρύματα τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ ἐβδομαδιαῖα σεμινάρια μὲ ὁμιλητὲς ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα καὶ τὸ ἐξωτερικό.

Κατὰ τὸ 2010 προήχθησαν στὴ Β' βαθμίδα οἱ κ.κ. Σ. Βασιλάκος καὶ Κ. Γοντικᾶκης.

Ἐπόπτης τοῦ Κέντρου εἶναι ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Γεώργιος Κοντόπουλος, ἡ δὲ σύνθεση τοῦ προσωπικοῦ κατὰ τὸ 2010 ἦταν:

- Πάτσης Πάνος: Διευθύνων, Ἐρευνητὴς Α'.
- Εὐθυμίουπουλος Χρῆστος: Ἐρευνητὴς Β'.
- Κοντόπουλος Ἰωάννης: Ἐρευνητὴς Β'.
- Βασιλάκος Σπύρος: Ἐρευνητὴς Β'.
- Γοντικᾶκης Κωνσταντῖνος: Ἐρευνητὴς Β'.
- Βαγενᾶς Ἡλίας: Ἐρευνητὴς Γ'.
- Γεωργούλης Μανώλης: Ἐρευνητὴς Γ'.
- Δάρα Ἐλένη, Ζαχαριάδης Θεοδόσης, Τριτάκης Βασίλειος: Ἐπιστημονικοὶ Συνεργάτες.
- Χαρσούλα Μιρέλλα: Ἐπιστημονικὸ Προσωπικό.
- Καλαποθαράκος Κωνσταντῖνος: Μεταδιδακτορικὸς Ἐρευνητής.
- Ζούλιας Μανώλης: Τεχνικὸς Ὑπεύθυνος.
- Ἀγγελοπούλου Γεωργία: Γραμματέας.
- Σταυρόπουλος Ἰωάννης, Λοῦκες-Γερακόπουλος Γεώργιος, Τσούτσης Πάνος, Δελῆς Νίκος, Κατσανίκας Ματθαῖος, Τσιγαρίδη Λιάνα: Ὑποψήφιοι Διδάκτορες.
- Ζαμπέλη Ἀδαμαντία, Πατσοῦ Ἰωάννα, Πούρη Ἀθηνᾶ, Χατζόπουλος Σωτήρης: Μεταπτυχιακοὶ φοιτητὲς πρὸς ἀπόκτηση μεταπτυχιακοῦ διπλώματος εἰδίκευσης.

Ἡ ἔρευνα τοῦ ΚΕΑΕΜ ἐστιάσθηκε στὰ ἀκόλουθα πέντε ἐπιστημονικὰ πεδία:

- Θεωρητικὴ καὶ Παρατηρησιακὴ Γαλαξιακὴ Δυναμικὴ.

- Μή Γραμμική Δυναμική καὶ Χάος.
- Ἡλιακὴ Φυσική.
- Μαγνητοϋδροδυναμική.
- Κοσμολογία-Βαρύτητα.

Οἱ δραστηριότητες τοῦ ΚΕΑΕΜ κατὰ τὸ ἔτος 2010 ἦταν οἱ ἑξῆς:

#### 1. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

- «Χάος στὴ Σχετικότητα καὶ τὴν Κοσμολογία» (Γ. Κοντόπουλος, Σ. Βασιλάκος, Γ. Λοῦκες-Γερακόπουλος). Πρόγραμμα τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (200/735).
- «Μή-γραμμικά φαινόμενα σὲ γαλαξιακοὺς δίσκους» (Γ. Κοντόπουλος, Π. Α. Πάτσης, Μ. Χαρσούλα, Μ. Κατσανίκας, Ε. Τσιγαρίδη). Πρόγραμμα τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (200/739).
- «Ἐκρηκτικὴ δραστηριότητα καὶ θέρμανση τῶν κέντρων δράσης στὸν ἥλιο» (Γ. Κοντόπουλος, Ε. Γεωργούλης, Κ. Γοντικᾶκης, Ε. Δάρα, Ι. Κοντόπουλος, Ι. Πατσού). Πρόγραμμα τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (200/740).
- «Γαλαξιακὴ δυναμική» (Γ. Κοντόπουλος, Γ. Λοῦκες-Γερακόπουλος). Πρόγραμμα τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (200/716).
- «Διάχυση ἐρευνητικῶν ἀποτελεσμάτων» (Γ. Κοντόπουλος, Κ. Καλαποθαράκος). Πρόγραμμα τῆς Ἐπιτροπῆς Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (200/758).
- «Τὸ φαινόμενο τῆς κολλητικότητας τῶν χαοτικῶν τροχιῶν» (Γ. Κοντόπουλος, Μ. Χαρσούλα). Μὴ χρηματοδοτούμενο.
- «Δυναμικὴ μελέτη μελανῶν ὀπῶν» [Γ. Κοντόπουλος, Γ. Λοῦκες-Γερακόπουλος καὶ Θ. Ἀποστολάτος (Ἐπικ. Καθ. ΕΚΠΑ)]. Ἐνισχύθηκε οἰκονομικὰ ἀπὸ τὴν «Ἑλληνικὸ Κέντρο Ἐρευνας Μετάλλων Α.Ε.».
- «Στρεφόμενα αὐτοσυνεπῆ μοντέλα γαλαξιῶν» (Γ. Κοντόπουλος, Ι. Σταυρόπουλος, Κ. Καλαποθαράκος). Μὴ χρηματοδοτούμενο.
- «Ἡ δομὴ τοῦ φασικοῦ χώρου σὲ χαμιλτονιανὰ συστήματα 3 βαθμῶν ἐλευθερίας» (Π. Πάτσης, Μ. Κατσανίκας). Ἐνισχύθηκε οἰκονομικὰ ἀπὸ τὴν «Ἑλληνικὸ Κέντρο Ἐρευνας Μετάλλων Α.Ε.».
- «The stellar and gaseous flows on galactic disks» [Π. Πάτσης, P. Grosbol (European Southern Observatory-ESO, Μόναχο-Γερμανία), Κ. Καλαποθαράκος, Α. Τσιγαρίδη]. Τὸ πρόγραμμα αὐτὸ ὑποστηρίχθηκε

οικονομικά από το ESO και έν μέρει από την «Έλληνικό Κέντρο Έρευνας Μετάλλων Α.Ε.».

- «Orbital classification in models of barred galaxies» [Π. Πάτσης, Σ. Χατζόπουλος, Ch. Boily (Πανεπιστημιακό Άστεροσκοπείο του Στρασβούργου, Γαλλία)]. Το πρόγραμμα αυτό ύποστηρίχθηκε από το Πανεπιστήμιο του Στρασβούργου.
- «Theoretical and observational studies of two pattern speeds on the disks of barred-spiral galaxies» [Π. Πάτσης, D. Kaufmann (SouthWest Research Institute, Boulder, Colorado-ΗΠΑ), P. Grosbol (European Southern Observatory-ESO, Μόναχο-Γερμανία)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Applications of Nekhoroshev Theory in the solar system and in extrasolar planetary systems» [X. Εύθυμίουπουλος, C. Lhotka (Μεταδιδακτορικός Έρευνήτης του Πανεπιστημίου Ρώμης ΙΙ)]. Ένισχύθηκε οικονομικά από το Πανεπιστήμιο της Ρώμης ΙΙ.
- «Μελέτη αὐτοσυνεπών βαρυτικών συστημάτων Ν-σωμάτων» (X. Εύθυμίουπουλος, K. Καλαποθαράκος, Π. Τσούτσης, Γ. Λούκες-Γερακόπουλος). Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Συντονισμοί και διάχυση στο Δίκτυο Arnold» (X. Εύθυμίουπουλος, Μ. Χαρσούλα). Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Κβαντικές εξισώσεις κίνησης και χρόνοι άφίξης» (Γ. Κοντόπουλος, X. Εύθυμίουπουλος, Ν. Δελής). Ένισχύθηκε οικονομικά από την «Έλληνικό Κέντρο Έρευνας Μετάλλων Α.Ε.».
- «Χαμηλοδιάστατοι τόροι και ενεργειακός έντοπισμός σέ άλυσιδες Fermi-Pasta-Ulam» [X. Εύθυμίουπουλος, Α. Μπούντης (Καθ. Παν/μίου Πατρών), Ε. Χριστοδουλίδη (Μεταδιδακτορική Έρευνήτρια Παν/μίου Padova)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «NASA High-End Computing Program: Simulations of 3D Pulsar Magnetospheres» [Ι. Κοντόπουλος, D. Kazanas (NASA, Άντεπιστέλλον Μέλος της Άκαδημίας Άθηνών), K. Καλαποθαράκος]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «NASA Astrophysics Theory Program: Particle Acceleration and High Energy Radiation from Pulsar Magnetospheres» [Ι. Κοντόπουλος, Α. Harding (NASA/Goddard), Μ. DeCesar (NASA/Goddard και University of Maryland), K. Καλαποθαράκος (KEAEM και NASA/Goddard)]. Μή χρηματοδοτούμενο.



- «Μελέτη φωτοϊονισμένων ανέμων ύψηλης ταχύτητας από δίσκους προσαύξησης ως πηγή της απορρόφησης UV/ακτίνων X σε γαλαξίες Seyfert και quasars» [Ι. Κοντόπουλος, Κ. Fukumura (NASA/Goddard και University of Maryland), Δ. Καζάνας (NASA/Goddard, 'Αντεπιστέλλον Μέλος της 'Ακαδημίας 'Αθηνών), Ε. Behar (Technion University)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Μελέτη της κοσμικής μπαταρίας Poynting-Robertson» [Ι. Κοντόπουλος, Δ. Καζάνας (NASA/Goddard, 'Αντεπιστέλλον Μέλος της 'Ακαδημίας 'Αθηνών), Δ. Χριστοδούλου (University of Massachusetts), D. Gabuzda (University College Cork, 'Ιρλανδία)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «'Αριθμητική προσομοίωση της δομής του μαγνητικού πεδίου στο έσωτε- ρικό ήλιακό στέμμα» [Ι. Κοντόπουλος, Κ. Καλαποθαράκος (KEAEM και NASA/Goddard), Ε. Γεωργούλης]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Using starburst galaxies to trace the cosmic acceleration» [Σ. Βασι- λάκος, Μ. Πλειώνης (Διευθυντής 'Ερευνών, 'Αστεροσκοπείο 'Αθηνών), R. Terlevich (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica- INAOE, Μεξικό και Πανεπιστήμιο Cambridge)]. Πρόκειται για συνε- ργασία του KEAEM με το 'Εθνικό 'Αστεροσκοπείο 'Αθηνών, το 'Ινστι- τούτο INAOE του Μεξικού και του Παν/μίου του Cambridge. 'Ενισχύε- ται οικονομικά από το 'Ινστιτούτο INOAE.
- «Μελέτη της δυναμικής των Spicules στο υπεριώδες από παρατηρήσεις με το τηλεσκόπιο των 30 cm του TRACE σε συνδυασμό με άλλα όργα- να» [Κ. Γοντικάκης, Θ. Ζαχαριάδης, Κ. 'Αλυσσανδράκης (Καθ. Πανε- πιστημίου 'Ιωαννίνων)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «'Υλοποίηση του διαστημικού στεμματογράφου ASPIICS», το οποίο θα παρατηρεί τόν 'Ηλιο από τόν ευρωπαϊκό δορυφόρο PROBA 3. Συντονιστής της ελληνικής ομάδας του προγράμματος είναι ο Καθηγητής του Πανεπι- στημίου 'Αθηνών κ. Κ. Τσίγκανος. 'Από πλευράς του KEAEM συμμετέ- χουν οι Ε. Γεωργούλης και Κ. Γοντικάκης. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Τò παράδοξο της απώλειας πληροφορίας στις μελανές όπες» [Η. Βα- γεναΐς, D. Singleton (California State University, Fresno-ΗΠΑ)].
- «Κβαντικές διορθώσεις λόγω της Γενικευμένης 'Αρχής της 'Αβεβαιότη- τας από την εποχή Planck έως σήμερα» [Η. Βαγεναΐς, S. Das, A. Farag Ali (Πανεπιστήμιο του Lethbridge, Canada)].
- «Solar Dynamics Observatory (SDO) Feature Finder Team (FFT)». Διε-

θνές consortium έρευνητών υποστηριζόμενο από τη NASA με σκοπό την αυτόματη επεξεργασία των δεδομένων της αποστολής SDO (διάρκεια 2008-2012). Από πλευράς του KEAEM συμμετέχει ο κ. Ε. Γεωργούλης.

- «The Fundamental Instability of Coronal Magnetic Fields». Πρόγραμμα του Living With a Star (Guest Investigators) της NASA [Ε. Γεωργούλης, N.E. Raouafi, D.M. Rust, P. Bernasconi (Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)]. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Space Weather at APL (SpW@APL)». Έσωτερικό πρόγραμμα του Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory στο οποίο συμμετέχει ο Ε. Γεωργούλης σε συνεργασία με τους Δρ. Larry Zanetti, Δρ. Simon Wing και Δρ. Nour-Eddine Raouafi. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Working group on inferring magnetohydrodynamic velocities from solar magnetograms». Συμμετοχή του Ε. Γεωργούλη σε διεθνή ομάδα εργασίας με έρευνητές από πανεπιστήμια και ιδρυτήματα των ΗΠΑ, της Ιαπωνίας και της Κίνας με σκοπό τον κατά το δυνατό ακριβή υπολογισμό του πεδίου ταχυτήτων του πλάσματος στην ηλιακή φωτόσφαιρα. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Working group on forecasting the operational all clear». Συμμετοχή του Ε. Γεωργούλη σε διεθνή ομάδα εργασίας με έρευνητές από πανεπιστήμια και ιδρυτήματα των ΗΠΑ, της NASA, και της Αμερικανικής Αεροπορίας με σκοπό την πρόγνωση του διαστημικού καιρού και των κινδύνων που αυτός έγκυμονεί για τη γειτονική περιοχή της Γης. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Working group on comparing vector magnetograms from different instruments». Συμμετοχή του Ε. Γεωργούλη σε διεθνή ομάδα εργασίας με έρευνητές από πανεπιστήμια και ιδρυτήματα των ΗΠΑ, με σκοπό τη σύγκριση και τη βελτιστοποίηση των τηλεπισκοπικών μετρήσεων του ηλιακού μαγνητικού πεδίου. Μή χρηματοδοτούμενο.
- «Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον ελληνικό και ευρύτερο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου». Συντονιστής Β. Τριτάκης. Χρηματοδότηση από το Μαριολοπούλειο Ίδρυμα, εκτέλεση από την Επιτροπή International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP).
- «Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα ERANET/CIRCLE». Συντονιστής Β. Τριτάκης, Μαριολοπούλειο Ίδρυμα.

## 2. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Κατά τὸ ἔτος 2010 ἔγιναν 51 δημοσιεύσεις, ἐκ τῶν ὁποίων 27 σὲ περιοδικὰ μὲ σύστημα κριτῶν. Συγκεκριμένα οἱ δημοσιεύσεις εἶναι:

## 2.1. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

1. G. Contopoulos and M. Harsoula (2010), «Stickiness effects in conservative systems». *International Journal of Bifurcation and Chaos* 20, 2005.
2. G. Contopoulos and M. Harsoula (2010), «Stickiness effects in Chaos». *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 107, 77.
3. Contopoulos, G. and Efthymiopoulos, C. (2010), «Galactic dynamics». *Scholarpedia*, <http://www.scholarpedia.org/article/Galactic-dynamics>
4. Lukes-Gerakopoulos, G., Apostolatos, T. and Contopoulos, G. (2010), «Observable signature of a background deviating from the Kerr metric». *Physical Review D* 81, 124005.
5. Patsis, P. A., Kalapotharakos, C., Grosbol, P. (2010), «Gas response in Chaotic Bars». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 409, L49.
6. Patsis, P. A., Kalapotharakos, C., Grosbol, P. (2010), «NGC1300 dynamics-III. Orbital analysis». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 408, 22.
7. Kalapotharakos, C., Patsis, P. A., Grosbol, P. (2010), «NGC 1300 dynamics-I. The gravitational potential as a tool for detailed stellar dynamics». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 403, issue 1, 83-95.
8. Kalapotharakos, C., Patsis, P. A., Grosbol, P. (2010), «NGC 1300 dynamics-II. The response models». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 408, 9.
9. Efthymiopoulos, C. (2010), «Special features of Galactic Dynamics II: Disc dynamics». *European Phys. J. Special Topics* 186, 91-122.
10. Christodoulidi, H., Efthymiopoulos, C. and Bountis, T. (2010), «Energy localization on q-tori, long term stability and the interpretation of FPU recurrences». *Physical Review E* 81, 016210, 1-16.
11. Contopoulos, I., Kalapotharakos, C. (2010), «The pulsar synchrotron



- in 3D: Curvature radiation». *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 404, 767.
12. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «Modeling High-Velocity QSO Absorbers with Photoionized MHD Disk-Winds». *The Astrophysical Journal Letters* 723L, 228.
  13. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «Magnetohydrodynamic Accretion Disk Winds as X-ray Absorbers in Active Galactic Nuclei». *The Astrophysical Journal* 715, 636.
  14. Basilakos, S., Plionis, M. and Lima, J. A. S. (2010), «Confronting dark energy models using galaxy cluster number counts». *Phys. Rev. D.* 82, 083517.
  15. Basilakos, S., Plionis, M. and Sola, J. (2010), «Spherical collapse model in time varying vacuum cosmologies». *Phys. Rev. D.* 82, 083512.
  16. Basilakos, S. and Plionis, M. (2010), «Breaking the  $\sigma_8$ - $\Omega_m$  Degeneracy Using the Clustering of High- $z$  X-ray Active Galactic Nuclei». *Astrophys. J.* 714, L185.
  17. Basilakos, S., and Lima, J. A. S. (2010), «Constraints on cold dark matter accelerating cosmologies and cluster formation». *Phys. Rev. D.* 82, 3504.
  18. Basilakos, S., Das, S., Vagenas, E. C. (2010), «Quantum Gravity Corrections and Entropy at the Planck time». *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 9, 27.
  19. Banerjee, R., Majhi, B. R., Vagenas, E. C. (2010), «A note on the lower bound of black-hole area change in the tunneling formalism». *Europhysics Letters* 92, 2000.
  20. Das, S., Vagenas, E. C., Farag Ali, A. (2010), «Erratum to Discreteness of space from GUP II: Relativistic wave equations». *Physics Letters B* 692, 342.
  21. Singleton, D., Vagenas, E. C., Zhu, T., Ren, Ji-Rong (2010), «Insights and possible resolution to the information loss paradox via the tunneling picture». *JHEP* 08, 089.
  22. Das, S., Vagenas, E. C. (2010), «Das and Vagenas Reply». *Physical Review Letters* 104, id. 119002.
  23. Banerjee, R., Majhi, B. R., Vagenas, E. C. (2010), «Quantum tunneling and black hole spectroscopy». *Physics Letters B* 686, 279.

24. Das, S., Vagenas, E. C., Farag Ali, A. (2010), «Discreteness of space from GUP II: Relativistic wave equations». *Physics Letters B*, vol. 690, 407.
25. Setare, M. R., Vagenas, E. C. (2010), «Non-minimal coupling of the phantom field and cosmic acceleration». *Astrophysics and Space Science* 330, 145.
26. Raouafi, N. E., Georgoulis, M. K., Rust, D. M., Bernasconi, P. N. (2010), «Micro-Sigmoids as Progenitors of Coronal Jets: Is Eruptive Activity Self-Similarly Multi-Scaled?». *Astrophys. J.* 718, 981.
27. Kontogiannis, I., Tsiropoula, G., Tziotziou, K., Georgoulis, M. K. (2010), «Oscillations in a Network Region Observed in the Halpha Line and their Relation to the Magnetic Field Topology». *Astron. Astrophys.* 524, A12.

## 2.2. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

1. G. Contopoulos and M. Harsoula (2010), «Stickiness». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 355· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
2. M. Harsoula, C. Kalapotharakos, G. Contopoulos (2010), «Orbital Structure and Asymptotic Orbits in Barred-Spiral Galaxies». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 377· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
3. Katsanikas M., Patsis P. A. (2010), «The orbital behavior at the neighborhood of stable periodic orbits in a 3D galactic potential». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 380· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
4. Tsigaridi L., Patsis P. A. (2010), «Response Models of Barred-Spiral Galaxies». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 382· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
5. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «Warm Absorbers as MHD Accretion-Disk Winds for AGNs/ Quasars». *Proceedings of conference on Accretion and Ejection in AGN: A Global View, Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 427, 106.

6. Contopoulos, I., Kalapotharakos, C. (2010), «The 3D structure of the pulsar magnetosphere». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 128· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
7. Gontikakis, C., Georgoulis, M., Contopoulos, I., Dara H. (2010), «Heating Distribution Along Coronal Loops in two Active Regions Using a Simple Electrodynamic Calculation». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 25· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
8. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «Toward Understanding Of UV/X-ray Absorbers With MHD Accretion-Disk Winds: From Seyfert AGNs To Quasars». *AAS Meeting* 216, 420.02.
9. Kazanas, D., Contopoulos, I., Christodoulou, D., Gabuzda, D. (2010), «Poynting Robertson Battery and the Chiral Magnetic Fields of AGN Jets». *Bulletin of the AAS* 41, 707.
10. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «Probing X-ray Absorbers With MHD Accretion-Disk Winds In AGNs/Quasars». *Bulletin of the AAS* 41, 662.
11. Kazanas, D., Contopoulos, I., Christodoulou, D., Gabuzda, D. (2010), «Poynting Robertson Battery and the Chiral Magnetic Fields of AGN Jets». *APS April Meeting* 2010, X13.004.
12. Fukumura, K., Kazanas, D., Contopoulos, I., Behar, E. (2010), «MHD Accretion-Disk Winds As X-ray Absorbers In AGNs». *AAS Meeting* 215, 359.06, *Bulletin of the AAS* 42, 546.
13. Basilakos, S. (2010), «The Physical Properties of the Cosmic Acceleration». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 334· K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
14. Basilakos, S. and Plionis, M. (2010), «Interacting Dark Matter as an Alternative to Dark Energy». *INVISIBLE UNIVERSE: Proceedings of the Conference. AIP Conference Proceedings* 1241, 721.
15. Plionis, M., Terlevich, R., Basilakos, S., Bresolin, F., Terlevich, E., Melnick, J. and Chavez, R. (2010), «Constraining the Dark Energy Equation of State using Alternative High-z Cosmic Tracers». *Journal of Physics: Conference Series* 222, 012025.



16. Pouri, A. and Basilakos, S. (2010), «Cosmology from gamma ray bursts». *Journal of Physics: Conference Series* 222, 012026.
17. Basilakos, S., Cadoni, M., Cavaglia, M., Christodoulakis, T., Vagenas, E. C. (2010), «PREFACE: First Mediterranean Conference on Classical and Quantum Gravity (MCCQG 2009)». *Journal of Physics: Conference Series* 222, 011001.
18. Dimitropoulou, M., Vlahos, L., Isliker, H., Georgoulis M. (2010), «Simulating Flaring Events Via an Intelligent Cellular Automata Mechanism». *Astronomical Society of the Pacific, Conference Series (ASP)* 424, 28. K. Tsinganos, D. Hatzidimitriou and T. Matsakos (eds).
19. Christia E., Tritakis V. (2010), «Brief History of GEO and the Greek GEO activities». *Earth Observation Services for Monitoring the Environment and Protecting the General Public*. V. Tritakis (ed.), 17, Greek GEO Office, Mariolopoulos-Kanaginis Foundation.
20. Tritakis V. (2010), Welcome Address in *Earth Observation Services for Monitoring the Environment and Protecting the General Public*. V. Tritakis (ed.), 29, Greek GEO Office, Mariolopoulos-Kanaginis Foundation.

### 2.3. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γ. Κοντόπουλος (2010), «Τὰ ὅρια τοῦ ντετερμινισμοῦ», «Χριστόδουλος». Ἱερὰ Σύνοδος τῆς Ἐκκλησίας τῆς Ἑλλάδος.
2. Γ. Κοντόπουλος (2010), «Μετάβαση ἀπὸ τὴν Τάξιν στὸ Χάος στὴν Κβαντομηχανικὴ». *Πρακτικὰ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν* (μὲ Χ. Εὐθυμίου).
3. Γ. Κοντόπουλος (2010), «Ἡ μελλοντικὴ ἐξέλιξις τοῦ σύμπαντος». Ἱερὰ Σύνοδος τῆς Ἐκκλησίας τῆς Ἑλλάδος.
4. Γ. Κοντόπουλος (2010), «Τὸ τελευταῖο βιβλίον τοῦ S. Hawking». *Τὸ Σύμπαν καὶ ὁ Ἄνθρωπος*, τρίμηνη ἔκδοσις τῆς ΕΕΦ, τχ. 41, σελ. 34.

### 3. ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ

Ὁ κ. Ἡλίας Βαγενᾶς καὶ ὁ κ. Σπύρος Βασιλάκος ἦταν μέλη τῆς Ὁργανωτικῆς Ἐπιτροπῆς τοῦ Διεθνoῦς Συνεδρίου *NEB14: Recent Developments in Gravity* (Ἰωάννινα, 8-11 Ἰουνίου 2010).

## 4. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΩΝ

Οί κ.κ. Ήλίας Βαγενάς και Σπύρος Βασιλάκος έπιμελήθηκαν τήν έκδοση τών Πρακτικών του Συνεδρίου *First Mediterranean Conference on Classical and Quantum Gravity* (14-18 Σεπτεμβρίου 2009), που δημοσιεύθηκε τὸ 2010 (vol. 222) από τὸ *Journal of Physics: Conference Series*.

Ὁ κ. Τριτάκης έπιμελήθηκε τήν έκδοση τών Πρακτικών του Συνεδρίου *Earth Observation Services for Monitoring the Environment and Protecting the General Public* (8-10 Ἰουνίου 2009), που δημοσιεύθηκε τὸ 2010 από τὸ Greek GEO Office καὶ τὸ Ἰδρυμα Mariolopoulos-Kanaginis.

5. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΚΑΙ ΟΜΙΛΙΕΣ<sup>1</sup>

## Γ. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

1. «Orbits in a non Kerr dynamical system». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Συνέδριο *Nonlinear Dynamics and Complexity: Theory, Methods and Applications* (Θεσσαλονίκη, 12-16 Ἰουλίου 2010).

## Η. ΠΑΤΣΗΣ

1. «Dynamical mechanisms behind normal-spiral and barred-spiral structures». Ἐθνικὸ Ἀστεροσκοπεῖο Ἀθηνῶν, Ἰνστιτούτο Ἀστρονομίας καὶ Ἀστροφυσικῆς (19.05.2010).
2. «Dynamical mechanisms supporting barred-spiral structures». Διεθνὲς Συνέδριο *Dynamics and Evolution of Disc Galaxies* (31 Μαΐου-4 Ἰουνίου 2010, Μόσχα-Ρωσία).
3. «Barred-spiral galaxies as complex systems». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Συνέδριο *Nonlinear Dynamics and Complexity: Theory, Methods and Applications* (Θεσσαλονίκη, 12-16 Ἰουλίου 2010).

## Χ. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ

1. «Aubry-Mather Sets: Numerical Computations». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Συνέδριο *Classical and Weak KAM Theory*, Dept. of Mathematics of the University of Padova, Φεβρουάριος 2010.

<sup>1</sup> Οἱ ὁμιλίες τῶν μελῶν τοῦ ΚΕΑΕΜ στὰ σεμινάρια τοῦ Κέντρου ἀναφέρονται παρακάτω στὸ σχετικὸ πῖνακα.

2. «Arnold diffusion and Nekhoroshev theory in Resonance junctions». Προσκεκλημένο σεμινάριο Seminar on Dynamical Systems Theory, Department of Mathematics, University of Roma II, Tor Vergata (Μάιος 2010).
3. «Τὸ πρόβλημα τῆς σκοτεινῆς ὕλης στοὺς γαλαξίες». Προσκεκλημένο σεμινάριο, Θερινὸ Σχολεῖο Προηγμένων Ἑννοιῶν Φυσικῆς τῆς Ἑνώσεως Ἑλλήνων Φυσικῶν (Ἐρέτρια, Ἰούνιος 2010).
4. «The role of chaos in the de Broglie-Bohm theory». Διεθνὲς Συνέδριο *21st century perspectives for the de Broglie-Bohm theory*, The Towler Institute, Vallico Sotto (Tuscany-Italy, Σεπτέμβριος 2010).
5. «Γενικὴ Εἰσαγωγή στὰ Δυναμικὰ Συστήματα». Διάλεξη στὸ μεταπτυχιακὸ μάθημα «Εἰδικὰ θέματα Χάους καὶ Πολυπλοκότητος». Διατμηματικὸ Μεταπτυχιακὸ Πρόγραμμα στὴ Μαθηματικὴ Προτυποποίηση, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος (Ὀκτώβριος 2010).
6. «Θεωρία Διαταραχῶν καὶ Θεώρημα Kolmogorov-Arnold-Moser». Διάλεξη στὸ μεταπτυχιακὸ μάθημα «Εἰδικὰ θέματα Χάους καὶ Πολυπλοκότητος». Διατμηματικὸ Μεταπτυχιακὸ Πρόγραμμα στὴ Μαθηματικὴ Προτυποποίηση, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος (Ὀκτώβριος 2010).
7. «Ἡ σκοτεινὴ ὕλη καὶ ἡ σκοτεινὴ ἐνέργεια στοὺς γαλαξίες». Σχολεῖο Προηγμένων Ἑννοιῶν Φυσικῆς τῆς Ἑνώσεως Ἑλλήνων Φυσικῶν (Νέα Φιλαδέλφεια, Δεκεμβριος 2010).

#### I. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

1. «Observational evidence for an AGN cosmic battery». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Max-Planck-Institut für Kernphysik στὴ Χαϊδελβέργη (13 Ἰανουαρίου 2010).
2. «The 3D structure of the pulsar magnetosphere». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Διεθνὲς Συνέδριο *Computational Relativistic Astrophysics, Frontiers of MHD* (Πανεπιστήμιο Princeton-ΗΠΑ, 14-16 Ἰανουαρίου 2010).
3. «Τὸ Σύμπαν στὸν ὑπολογιστὴ μας». Ὁμιλία στὸ Θερινὸ Σχολεῖο τῆς Ἑνώσεως Ἑλλήνων Φυσικῶν στὴν Ἐρέτρια (26 Ἰουνίου 2010).
4. «The invariant twist of magnetic fields in the relativistic jets of active galactic nuclei». Ὁμιλία στὸ Διεθνὲς Συνέδριο *High energy view of accreting objects: AGN and X-ray binaries*, στὸν Ἅγιον Νικόλαο Κρήτης (5-



7 Ὀκτωβρίου 2010). Ἐπίσης παρουσιάστηκε poster μὲ θέμα «Modeling UV/X-ray absorbers with MHD accretion-disk winds».

5. «Ἡ Φυσικὴ στὴν καθημερινή μας ζωή». Ὁμιλία στὸ Σχολεῖο Προηγμένων Ἑννοιῶν Φυσικῆς τῆς Ἑνώσεως Ἑλλήνων Φυσικῶν (Νέα Φιλαδέλφεια, 18 Δεκεμβρίου 2010).

#### Κ. ΓΟΝΤΙΚΑΚΗΣ

1. «Resonant Scattering in a microflare». Ὁμιλία στὸ Συνέδριο *Solar Plasma Spectroscopy: Achievements and Future Challenges* (Cambridge-UK, 14.9.2010).

#### Σ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ

1. «Hubble expansion and formation of structures in time varying vacuum models». Συνέδριο *NEB14* (Ἰωάννινα, Ἰούνιος 2010).
2. «The Physics of Cosmic Acceleration». Ὁμιλία στὸ 3rd Advanced Astronomy School (Ἀθήνα, Σεπτέμβριος 2010).
3. «The Physics of Cosmic Acceleration». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ Ἰνστιτούτο Ἀστροφυσικῆς τοῦ Μεξικοῦ (INAOE, 07.05.2010).
4. «Recent developments in Cosmology». Ὁμιλία στὸ 1ο Χειμερινὸ Σχολεῖο Ἀστροφυσικῆς (Καστοριά, 6.12.10-10.12.10).

#### Η. ΒΑΓΕΝΑΣ

1. «Quantum Gravity corrections at the Planck Time». Conference *NEB14* (Ἰωάννινα, Ἰούνιος 2010).

#### Ε. ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ

1. «Pre-eruption magnetic configurations in the low solar atmosphere». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ πλαίσιο τοῦ 2010 *CESRA Workshop* (La Roche-en-Ardenne, Βέλγιο, 15.06.2010).
2. «Pre-eruption configurations in the active-region solar photosphere». Ὁμιλία στὸ *IAU Symposium 273, The Physics on Sun-and Star-Spots* (Ventura, California-ΗΠΑ, Αὐγουστος 2010).
3. «On the Initiation of Solar Eruptions». Προσκεκλημένο σεμινάριο στὸ Naval Research Laboratory (Washington DC-ΗΠΑ, 09.09.2010).
4. «Διαστημικὸς καιρὸς: Ἀπὸ τὴν κατανόηση στὴν πρόγνωση». Προσκεκλημένη ὁμιλία στὸ πλαίσιο τῆς Διεθνoῦς Ἑβδομάδας Διαστήματος

«'Από τὴ Γῆ στὸ Διάστημα: Ἕνα Πάθος», τὴν ὁποία διοργάνωσε ἡ Spot Infoterra Ἑλλάς σὲ συνεργασία μὲ τὸ Γαλλικὸ Ἰνστιτούτο Ἀθηνῶν (Ἀθήνα, 7.10.2010).

#### Μ. ΧΑΡΣΟΥΛΑ

1. «The role of asymptotic orbits in supporting the spiral structure of barred spiral galaxies». Διεθνὲς Συνέδριο *Nonlinear Dynamics and Complexity: Theory, Methods and Applications* (Θεσσαλονίκη, 12-16 Ἰουλίου 2010).

#### Μ. ΚΑΤΣΑΝΙΚΑΣ

1. «The structure and evolution of confined tori near a Hamiltonian Hopf Bifurcation». Διεθνὲς Συνέδριο *Nonlinear Dynamics and Complexity: Theory, Methods and Applications* (Θεσσαλονίκη, 12-16 Ἰουλίου 2010).

#### Β. ΤΡΙΤΑΚΗΣ

1. Παρουσίαση δραστηριοτήτων τοῦ Ἑλληνικοῦ Γραφείου GEO στὴν Εὐρωπαϊκὴ Ἑνωσὴ στὸ πλαίσιο τοῦ High Level Working Group (HLWG).
2. Παρουσίαση δραστηριοτήτων τοῦ Μαριολοπούλειου-Καναγκίνειου Ἰδρύματος Ἐπιστημῶν Περιβάλλοντος στὸ Board of Directors τοῦ Climatic Impact Research Change for a Larger Europe (CIRCLE) στὸ Δουβλίνο, καὶ στὸ Διεθνὲς Συνέδριο τῆς Ἑλληνικῆς Μετεωρολογικῆς Ἑταιρείας ποὺ ἔγινε τὸν Ἰούνιο τοῦ 2010 στὸ Πανεπιστήμιο Πατρῶν.
3. Ἐλαβε μέρος στὸ *VIII Plenary Meeting* τοῦ Group on Earth Observations (GEO) ποὺ ἔγινε στὸ Πεκίνο, ὡς ἐθνικὸς εκπρόσωπος τῆς Ἑλλάδος (2-3 Νοεμβρίου 2010).

#### 6. ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ

Τὸ ΚΕΑΕΜ, ἀποσκοπώντας στὴ συνεχὴ ἐνημέρωση τόσο τῶν ἐρευνητῶν ὅσο καὶ τῶν μεταπτυχιακῶν φοιτητῶν σὲ σύγχρονα θέματα ἔρευνας, ὁργανώνει ἐβδομαδιαῖα σεμινάρια ποὺ χρηματοδοτοῦνται ἐν μέρει ἀπὸ τὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν κατόπιν σχετικῆς ἀποφάσεως τῆς Συγκλήτου. Κατὰ τὸ 2010 πραγματοποιήθηκαν στὸ Κέντρο σεμινάρια ἀναφερόμενα σὲ θέματα Ἀστρονομίας, Ἀστροφυσικῆς καὶ Μηχανικῆς. Στὰ σεμινάρια συμμετεῖχαν ὡς ὁμιλητές, ἐκτὸς τῶν ἐρευνητῶν καὶ τῶν φοιτητῶν τοῦ Κέντρου, ἀκαδημαϊκοί, καθηγητὲς καὶ διακεκριμένοι ἐπιστήμονες ἀπὸ διάφορα πανεπιστήμια καὶ ἐρευνητικὰ κέντρα τῆς

Ἑλλάδας καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ. Ἀκολουθεῖ ὁ πλήρης κατάλογος τῶν σεμιναρίων ποὺ πραγματοποιήθηκαν.

ΗΜ/ΝΙΑ	ΟΜΙΑΗΤΗΣ	ΤΙΤΛΟΣ
7.1.2010	Dr. P. Papadopoulos (Argelander-Institut für Astronomie)	«The demise of the Schmidt-Kennicutt relation for the Early Universe».
12.1.2010	Dr. Th. Sotiriou (Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge)	«Might black holes reveal their inner secrets?».
19.1.2010	Dr. S. Basilakos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, Academy of Athens)	«The Physical Properties of the Cosmic Acceleration».
26.1.2010	Dr. I. Contopoulos (Research Center for Astronomy Applied Mathematics, Academy of Athens)	«MHD Accretion-Disk Winds as X-ray Absorbers in Active Galactic Nuclei».
1.2.2010	Prof. A. Zezas (University of Crete)	«X-ray source populations and stellar populations in nearby galaxies».
9.2.2010	Prof. I. S. Nicolis (University of Patras)	«Πολυπλοκότης καὶ δυναμικὴ λήψευς ἀποφάσεων ὑπὸ συνθήκες ἀβεβαιότητος καὶ ἀνταγωνισμοῦ (Θεωρία Παραδόξων Παιγνίων).
16.2.2010	Dr. E. Christodoulidi (Center for Research and Applications of Nonlinear Systems, University of Patras)	«Δυναμικὴ χαμηλοδιάστατων τῶρων καὶ Χάος σὲ χαμηλὸντα συστήματα πολλῶν βαθμῶν ἐλευθερίας».
23.2.2010	Dr. G. Kastis (Κέντρον Ἑρεῦνης Θεωρητικῶν καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν, Ἀκαδημία Ἀθηνῶν)	«Μέθοδοι Ἀνακατασκευῆς Ἰατρικῆς Εἰκόνας».
2.3.2010	Dr. M.K. Georgoulis (Research Center for Astronomy Applied Mathematics, Academy of Athens)	«Ἡλιακὲς ἐκρήξεις: Ἡ Φυσικὴ τῆς χαμένης ἰσορροπίας».



ΗΜ/ΝΙΑ	ΟΜΙΛΗΤΗΣ	ΤΙΤΛΟΣ
9.3.2010	Dr. M. Guzzo (Department of Pure and Applied Mathematics, University of Padova)	«Quasi-periodic motions, resonances and diffusion in Hamiltonian Systems».
16.3.2010	Dr. A. Bonanos (National Observatory of Athens, Institute of Astronomy and Astrophysics)	«A Survey of the Most Massive Stars in the Local Universe».
23.3.2010	Prof. T. Kalvouridis (National Technical University of Athens)	«Ένα απλό γεωμετρικό μοντέλο πολλών σωμάτων: Το δακτυλιοειδές πρόβλημα των $N+1$ σωμάτων».
13.4.2010	Dr. N. Bakas (University of Athens)	«Άλληλεπίδραση κυμάτων άνωσης-κυμάτων στροβιλικότητας και ανάμειξη».
20.4.2010	Dr. O. Malandraki (National Observatory of Athens)	«Ανάλυση και έρμηνεία μετρήσεων πλάσματος, σωματιδίων και μαγνητικού πεδίου από διαστημόπλοια των ESA και NASA».
27.4.2010	Prof. M. Tsampanlis (University of Athens)	«Οι συμμετρίες Lie και Noether των δυναμικών συστημάτων και οι γεωμετρικές συμμετρίες του χώρου εξέλιξης».
4.5.2010	Dr. A. Anastasiadis (National Observatory of Athens, Institute for Space Applications & Remote Sensing)	«Particle Acceleration Processes in Solar Flares».
11.5.2010	Mr. C. Dialynas (University of Athens)	«Η μαγνητόσφαιρα του Κρόνου όπως αποκαλύπτεται από τις μετρήσεις του πειράματος Cassini/MIMI: Ανάλυση φασμάτων ενεργητικών ιόντων και απεικόνιση ENA σε πλανητική κλίμακα».
26.5.2010	Prof. A. Burkert (University of Munich)	«The Dynamics of High-Redshift galaxies».
1.6.2010	Dr. C. Efthymiopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, Academy of Athens)	«Διάχυση Arnold και Θεωρία Nekhoroshev σε περιοχές διπλού συντονισμού».

HM/NIA	ΟΜΙΑΗΤΗΣ	ΤΙΤΛΟΣ
8.6.2010	Mr. I. Stavropoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, Academy of Athens)	«Στατιστική κατανομή τροχιών σε αυτοσυνεπή βαρυτικά συστήματα».
11.6.2010	Dr. A. Vourlidis (Naval Research Laboratory, DC, USA)	«The sub-arc second Upper Chromo- sphere Throught Lya Eyes».
15.6.2010	Mr. G. Lukes-Gerakopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, Academy of Athens)	«Χάος στην Κλασική Μηχανική και τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας».
29.6.2010	Dr. A. Veronig (University of Graz, Austria)	«On the dynamics and energetics of solar coronal mass ejections and flares».
6.7.2010	Mr. P. Tsoutsis (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, Academy of Athens)	«Τροχιακή και δυναμική μελέτη γαλαξιακών δυναμικών συστημάτων».
20.7.2010	Prof. Yu-Qing Lou (Tsinghua University, Physics Department and Tsinghua Center for Astrophysics, THCA Beijing, 100084 China)	«Galactic Magnetohydrodynamic Density Waves and Supermassive Black Holes in Galactic Bulges».
8.10.2010	Prof. Serge Koutchmy (Directeur de Recherche Emeritus, CNRS & UPMC, France)	«Observations of the Solar Total Eclipse of July 11, 2010 to measure the solar diameter».
19.10.2010	Dr. Christos Efthymiopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Density matrix approach and characte- rization of the quantum 'times of flight' in charged particle diffraction».
26.10.2010	Dr. Christos Efthymiopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Wavepacket approach to electron dif- fraction through material targets. The Bohmian description and the problem of arrival times».
2.11.2010	Prof. M. Tsamparlis (University of Athens)	«Potentials admitting Lie and Noether symmetries».

ΗΜ/ΝΙΑ	ΟΜΙΑΘΗΣ	ΤΙΤΛΟΣ
9.11.2010	Prof. Houshang Ardavan (University of Cambridge)	«Superluminal Emission Processes in Laboratory and in Nature».
16.11.2010	Dr. Ioannis Contopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Non-linear force-free reconstruction of the global solar magnetic field».
23.11.2010	Adamantia Zampeli (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Hawking radiation via the Anomaly Cancellation Method».
30.11.2010	Dr. E. Vagenas (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Information Loss Paradox: Is there a possible resolution?».
7.12.2010	Dr. Panos A. Patsis & Dr. Ch. Efthymiopoulos (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Dark Matter in Galaxies» (A special seminar for Dark Matter Awareness Week, <i>DMAW2010</i> ).
14.12.2010	Sofia Carvalho (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Gravitational lensing of the cosmic microwave background».
21.12.2010	Mr. N. Delis (Research Center for Astronomy and Applied Mathematics of the Academy of Athens)	«Quantum Perturbation Theory via Lie Series».

## 7. ΑΠΟΣΤΟΛΕΣ-ΕΠΙΣΚΕΨΕΙΣ ΣΕ ΙΔΡΥΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

### Χ. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ

Προσκεκλημένη επίσκεψη στο Μαθηματικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Ρώμης Tor Vergata. Συνεργασία με τον Μεταδιδασκτορικό Έρευντη Christoph Lhotka στο πρόβλημα της διάχυσης των αστεροειδών στις περιοχές συντονισμών μέσης κίνησης στο Ήλιακό Σύστημα. Επίσης, συνεργασία με την Καθηγήτρια Alessandra Celletti για τη διατύπωση ενός μοντέλου τροχιών



σέ περιστρεφόμενο γαλαξιακό δυναμικό με την προσθήκη απωλειών ενέργειας (dissipation).

#### Ι. ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

Ο κ. Ι. Κοντόπουλος επισκέφτηκε κατόπιν προσκλήσεως τὸ Max-Planck-Institut für Kernphysik στὴ Χαϊδελβέργη τῆς Γερμανίας στὶς 12-13 Ἰανουαρίου 2010 γιὰ συνεργασία με τοὺς Felix Aharonian καὶ Sergei Bogovalov. Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐπίσκεψής του ἔδωσε ὁμιλία με θέμα τὸ μηχανισμό τῆς κοσμικῆς μπαταρίας γιὰ τὴν παραγωγή μαγνητικῶν πεδίων στὸ Σύμπαν.

#### Σ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ

Δύο ἐπισκέψεις στὸ Ἰνστιτούτο Ἀστροφυσικῆς τοῦ Μεξικοῦ (INAOE) στὸ πλαίσιο τοῦ Ἑρευνητικοῦ Προγράμματος «Using starburst galaxies to trace the cosmic acceleration» (29.04-12.05.2010 καὶ 04.11-20.11.2010).

#### Μ. ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ

Ο κ. Γεωργούλης ἐπισκέφτηκε κατόπιν προσκλήσεως:

1. Τὸ Πανεπιστήμιο Johns Hopkins, Applied Physics Laboratory-JHU/APL (Laurel, Maryland-ΗΠΑ) ἀπὸ 16 Αὐγούστου ἕως 10 Σεπτεμβρίου 2010. Σκοπὸς τῆς ἐπίσκεψης ἦταν ἡ συνεργασία με τοὺς Δρ. Raouafi, Δρ. Bernasconi καὶ Δρ. Rust στὸ πλαίσιο ἐρευνητικοῦ προγράμματος τῆς NASA καθὼς καὶ στὸ πλαίσιο τῆς Ὁμάδας Ἑργασίας Solar Dynamics Observatory Feature Finding Team.

2. Τὸ Ἰνστιτούτο Naval Research Laboratory-NRL (Washington DC-ΗΠΑ) στὶς 9 Σεπτεμβρίου 2010 γιὰ συνεργασία με τὸν Δρ. Α. Βουρλίδα. Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐπίσκεψής του ἔδωσε ὁμιλία με θέμα τὴν ἐκρηκτικὴ ἡλιακὴ δραστηριότητα.

#### Α. ΤΣΙΓΑΡΙΔΗ

1. Ἡ κ. Τσιγαρίδη, ἡ ὁποία ἐκπονεῖ τὴ διδακτορικὴ τῆς διατριβῇ ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη τοῦ κ. Πάτση, μετέβη γιὰ ἓνα μῆνα (Αὐγούστος) στὸ European Southern Observatory (ESO) στὸ Μόναχο καὶ ἐργάσθηκε πάνω στὰ θέματα τῆς διατριβῆς τῆς συνεργαζόμενη με τὸν Δρ. P. Grosbol.

## Σ. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

1. Ο κ. Χατζόπουλος, ό όποϊος περάτωσε έπιτυχώς έντός του 2010 τή διατριβή του για άπόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης υπό τήν επίβλεψη του κ. Πάτση, μετέβη για 4 μήνες (Μάρτιος-Ιούνιος) στο Άστεροσκοπείο του Πανεπιστημίου του Στρασβούργου, στη Γαλλία, συνεργαζόμενος με τόν Δρ. Ch. Boily.

Συνολικά, κατά τό 2010, οί δραστηριότητες του ΚΕΑΕΜ (συμμετοχή σέ συνέδρια, άποστολές στο έξωτερικό κλπ.) ένισχύθηκαν με ένα ποσό περίπου 33.700 ευρώ, κυρίως από ιδρύματα του έξωτερικού αλλά και από δωρεές και ύποτροφίες ιδρυμάτων του έσωτερικού εκτός τής Άκαδημίας Άθηνών.

## 8. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κατά τή διάρκεια του 2010 άφιέρώθηκε σημαντικός χρόνος στη συγγραφή και ύποβολή έπιστημονικών προτάσεων προς χρηματοδότηση έρευνητικών δραστηριοτήτων. Άπό αυτές έγκρίθηκαν ή βρίσκονται ακόμα υπό κρίση οί ακόλουθες:

1. Marie Curie International Reintegration Grant: Τετραετές πρόγραμμα τής Εύρωπαϊκής Έπιτροπής που άνατέθηκε κατόπιν έπιτυχούς προτάσεως. Έπιστημονικός Έπεύθυνος: Γ. Κοντόπουλος. Κύριος Έρευνητής: Ε. Γεωργούλης. Συνολικός προϋπολογισμός: 100.000 ευρώ για 4 έτη με άρχή τήν 1η Νοεμβρίου 2010.
2. Έθνικό Άστεροσκοπείο Άθηνών: Συμμετοχή του κ. Γεωργούλη στο Εύρωπαϊκό Έρευνητικό Πρόγραμμα με τίτλο «Extension of SREM SPE Scientific Analysis». Χρηματοδότηση για ένα έτος με συνολικό ποσό 15.000 ευρώ (1.250 ευρώ μηνιαίως, με άρχή τόν Νοέμβριο του 2010).
3. Έγκρίθηκε αίτηση τής κ. Ε. Τσιγαρίδη για ένίσχυση τής έρευνας που διεξάγει υπό τήν επίβλεψη του κ. Πάτση με θέμα «Μοντέλα άπόκρισης σπειροειδών γαλαξιών» από τό Ίδρυμα Λεβέντη (3.000 ευρώ).
4. Έγκρίθηκε ή ένίσχυση του προγράμματος «The stellar and gaseous flows on galactic disks» από τό European Southern Observatory (Πάτσης, Grosbol, Τσιγαρίδη, Καλαποθαράκος). Η κ. Τσιγαρίδη ένισχύθηκε για νά παραμείνει στο ESO για ένα μήνα με τό ποσό τών 1.700 ευρώ.
5. Έγκρίθηκε, κατόπιν αίτήσεως, χρηματοδότηση του κ. Χατζόπουλου με 5.500 ευρώ από τό Πανεπιστήμιο του Στρασβούργου για νά μεταβεί στο

Πανεπιστημιακό Ἀστεροσκοπεῖο τοῦ Στρασβούργου γιὰ 4 μῆνες καὶ νὰ ἐργαστεῖ στὸ πλαίσιο τοῦ Προγράμματος «Orbital classification in models of barred galaxies» (Π. Πάτσης, Σ. Χατζόπουλος, Ch. Boily).

6. NASA Solar and Heliospheric Program (SHP): «Characterizing the Solar Polar Regions: Magnetic Fields, Bright Points, Jets, and Plumes». Πρόταση ποὺ κατατέθηκε ἀπὸ τὸν Dr. Nour-Eddine Raouafi στὴ NASA, στὴν ὁποία ὁ κ. Γεωργούλης συμμετέχει ὡς Συνεργάτης Ἑρευνητής.
7. European Space Agency (ESA) PRODEX Office: «Greek Participation to Solar Orbiter Development». Πρόταση μὲ Κύριο Ἑρευνητὴ τὸν κ. Μ. Γεωργούλη καὶ Συνεργάτη τὸν κ. Κ. Γοντικᾶκη.
8. Γενικὴ Γραμματεία Ἑρευνας καὶ Τεχνολογίας τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας, «Hellenic National Network for Space Weather Research». Πρόταση μὲ Συνεργάτες Ἑρευνητὲς τοὺς κ.κ. Μ. Γεωργούλη καὶ Κ. Γοντικᾶκη.
9. Ὁ Δρ. Bibhas Ranjan Majhi (IUCAA, Ἰνδία) κατέθεσε πρόταση μὲ τίτλο «Black Holes, Hawking Effect and Thermodynamics» γιὰ μεταδιδακτορικὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα Marie Curie Fellowship, ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη τοῦ κ. Βαγενᾶ.
10. Ἐπίσης ὑπεβλήθησαν 6 προτάσεις γιὰ μεταδιδακτορικά ἐρευνητικὰ προγράμματα στὴ Γενικὴ Γραμματεία Ἑρευνας καὶ Τεχνολογίας.

#### 9. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Στὸ ΚΕΑΕΜ ἐργάζονται ἐκπονώντας τὶς διατριβὲς τοὺς ὑποψήφιοι διδάκτορες καὶ μεταπτυχιακοὶ φοιτητὲς γιὰ τὴν ἀπόκτηση διπλώματος εἰδίκευσης. Ἐπίσης, οἱ ἐρευνητὲς τοῦ ΚΕΑΕΜ συμμετέχουν σὲ ἐξεταστικὲς ἐπιτροπές.

Ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη μελῶν τοῦ ΚΕΑΕΜ περάτωσαν μὲ ἐπιτυχία τὶς διδακτορικὲς τοὺς διατριβὲς στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν οἱ:

1. Γ. Λοῦκες-Γερακόπουλος, «Χᾶος στὴν Κλασικὴ Μηχανικὴ καὶ τὴ Γενικὴ Θεωρία τῆς Σχετικότητας» (ἐπιβλέπων Γ. Κοντόπουλος),
2. Π. Τσούτσης, «Δυναμικὴ καὶ Κυματικὴ Μελέτη Βαρυτικῶν Συστημάτων» (ἐπιβλέπων Χ. Εὐθυμίουπουλος), καὶ
3. Ι. Σταυρόπουλος, «Στατιστικὴ κατανομὴ τῶν τροχιῶν σὲ αὐτοσυνεπῆ βαρυτικὰ συστήματα» (ἐπιβλέπων Γ. Κοντόπουλος).

Συνεχίζουν νὰ ἐκπονοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη μελῶν τοῦ ΚΕΑΕΜ οἱ διδα-



κτορικές διατριβές τῶν Μ. Κατσανίκα, «Ἡ δομὴ τοῦ φασικοῦ χώρου σὲ χαμιλτονιανὰ συστήματα τριῶν βαθμῶν ἐλευθερίας» (ἐπιβλέπων Π. Πάτσης), Ε. Τσιγαρίδη, «Μή-γραμμικὰ φαινόμενα σὲ μοντέλα ἀπόκρισης δυσκοειδῶν γαλαξιῶν» (ἐπιβλέπων Π. Πάτσης), Ν. Δελή, «Μελέτη στοχαστικῶν τροχιῶν σε μή-γραμμικὰ δυναμικὰ συστήματα» (ἐπιβλέπων Χ. Εὐθυμόπουλος), Α. Πούρη, «Ἡ μελέτη τῆς φύσης τῆς σκοτεινῆς ἐνέργειας χρησιμοποιώντας ἐξωγαλαξιακὲς πηγὲς ὑψηλῶν ἐνεργειῶν» (ἐπιβλέπων Σ. Βασιλάκος).

Ὁ κ. Η. Βαγενᾶς συμμετέχει στὴ συμβουλευτικὴ ἐπιτροπὴ τοῦ ὑποψήφιου διδάκτορα κ. Μιλτιάδη Στάμου στὸ Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, καὶ ὁ κ. Σ. Βασιλάκος στὴ συμβουλευτικὴ ἐπιτροπὴ τοῦ ὑποψήφιου διδάκτορα κ. Κωνσταντίνου Παρούση-Ὁρθόδοξου, ἐπίσης στὸ Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.

ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη μελῶν τοῦ ΚΕΑΕΜ περάτῳσαν μὲ ἐπιτυχίᾳ τίς διατριβές τους γιὰ ἀπόκτηση Μεταπτυχιακοῦ Διπλώματος Εἰδίκευσης στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν οἱ Α. Πούρη, «Μέτρηση τοῦ ρυθμοῦ διαστολῆς τοῦ Σύμπαντος ἀπὸ ἐξωγαλαξιακὲς πηγὲς ὑψηλῆς ἐνέργειας» (ἐπιβλέπων Σ. Βασιλάκος), καὶ Σ. Χατζόπουλος, «Αὐτόματη κατηγοριοποίηση τροχιῶν στὸ γαλαξία NGC 4314» (ἐπιβλέπων Π. Πάτσης). Ἐπίσης, καὶ ἡ Α. Ζαμπέλη στὸ Ἐθνικὸ Μετσόβιο Πολυτεχνεῖο μὲ θέμα «Ἀκτινοβολία Hawking μὲ τὴ μέθοδο τῶν βαρυτικῶν ἀνωμαλιῶν» (ἐπιβλέπων Η. Βαγενᾶς).

Συνεχίζει νὰ ἐκπονεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίβλεψη τοῦ κ. Βαγενᾶ τὴ διατριβὴ τῆς γιὰ ἀπόκτηση Μεταπτυχιακοῦ Διπλώματος Εἰδίκευσης στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν ἡ Μ. Γιαννοπούλου, μὲ θέμα «Θερμοδυναμικὴ Μελανῶν Ὁπῶν». Ὁ κ. Σ. Βασιλάκος συμμετέχει στὴ συμβουλευτικὴ ἐπιτροπὴ τοῦ κ. Ἀλέξανδρου Παπαγεωργίου γιὰ τὴν ἐκπόνηση διατριβῆς γιὰ ἀπόκτηση Μεταπτυχιακοῦ Διπλώματος Εἰδίκευσης στὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν. Ἐπίσης ὁ κ. Γεωργούλης συμμετέχει στὴ συμβουλευτικὴ ἐπιτροπὴ τῆς διπλωματικῆς ἐργασίας τοῦ Α. Σουλκιᾶ στὸ Πανεπιστήμιο Πειραιᾶ, μὲ θέμα «Τρισδιάστατη ἀναπαράσταση μαγνητικῶν πεδίων σὲ σφαιρικὲς συντεταγμένες».

## 10. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

Ἡ διδασκαλία τοῦ μεταπτυχιακοῦ μαθήματος «Μή-Γραμμικὴ Δυναμικὴ» τοῦ Τομέα Ἀστρονομίας, Ἀστροφυσικῆς καὶ Μηχανικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, κατὰ τὸ 2010, ἔγινε ἀπὸ τὸν διευθύνοντα τοῦ ΚΕΑΕΜ κ. Π. Πάτση.

Ὁ κ. Βασιλάκος δίδαξε τὸ μάθημα τῆς Κοσμολογίας στὸ 1ο Χειμερινὸ Σχο-

λείο Ἀστροφυσικῆς, τὸ ὁποῖο παρακολούθησαν φοιτητὲς τῶν Τμημάτων Φυσικῆς τῶν Πανεπιστημίων Θεσσαλονίκης, Ἀθηνῶν καὶ Ἰωαννίνων. Τὸ σχολεῖο ἔλαβε χώρα στὴν πόλη τῆς Καστοριάς (6.12.10-10.12.10).

#### 11. ΠΡΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΚΛΑΪΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Τὸ ΚΕΑΕΜ ἐνδιαφέρεται νὰ προωθήσει τὴν ἐπιστήμη τῆς Ἀστρονομίας στὸ εὐρὺ κοινό. Κατὰ τὸ 2010 δόθηκαν οἱ ἐξῆς ὁμιλίες:

1. Ὁ κ. Βαγενᾶς ἔδωσε μιὰ ὁμιλία στὸ Πειραματικὸ Σχολεῖο Ἀγίων Ἀναργύρων στίς 3.5.2010 μὲ τίτλο «Μελανὲς ὀπές: Ἀπὸ τὸ Σύμπαν στὸ βυθὸ τῆς θάλασσας».
2. Ὁ κ. Ι. Κοντόπουλος ἔδωσε ὁμιλία στὴν Ἑταιρεία Φίλων τοῦ Λαοῦ μὲ θέμα «Μιὰ σύντομη ἀναφορὰ στὴν ἱστορία τοῦ Σύμπαντος ἀπὸ τὴ Μεγάλη Ἐκρηξὴ ἕως τίς μέρες μας», στίς 2 Δεκεμβρίου 2010.
3. Ὁ κ. Τριτάκης ἔδωσε σειρὰ ὁμιλιῶν στὴν Ἑταιρεία Φίλων τοῦ Λαοῦ, στὴν Ἑλληνικὴ Ὀνοματολογικὴ Ἑταιρεία καὶ στὰ Πνευματικὰ Κέντρα Πεύκης καὶ Σπάρτης.

#### 12. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΠΙΤΡΟΠΕΣ

Οἱ ἐρευνητὲς καὶ ἐπιστημονικοὶ συνεργάτες τοῦ ΚΕΑΕΜ συμμετέχουν σὲ ἐθνικὲς καὶ εὐρωπαϊκὲς ἐπιτροπές. Ὅλοι εἶναι μέλη τῆς Ἑλληνικῆς Ἀστρονομικῆς Ἑταιρείας-Hel.A.S. καὶ τῆς Διεθνoῦς Ἀστρονομικῆς Ἐνώσεως (IAU). Ἐπιπλέον συμμετέχουν στίς ἐξῆς Ἐπιτροπές:

- Ἐπιτροπὴ Ἐπιστημονικοῦ Προγραμματισμοῦ (SPC) τοῦ European Space Agency-ESA (Β. Τριτάκης, ἀπὸ τὸν Δεκέμβριο τοῦ 2010, Ε. Γεωργούλης).
- Ἐπιτροπὴ HLWG (High Level Working Group) GEO (Β. Τριτάκης).
- Ἐπιτροπὴ Μελέτης τῆς Παγκόσμιας Μεταβολῆς-IGBP (Β. Τριτάκης).
- Ἐπιτροπὴ Ἐρευνῶν τοῦ Διαστήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (Γ. Κοντόπουλος, Β. Τριτάκης).
- Ἐπιτροπὴ Παγκόσμιας Μεταβολῆς τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (Γ. Κοντόπουλος-Πρόεδρος Β. Τριτάκης).
- International Coordinating Committee τοῦ Διεθνoῦς Συνεδρίου 12th Marcel Grossmann Meeting (Η. Βαγενᾶς).
- Ἐπιτροπὴ τῆς Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας Σχετικότητας, Βαρύτητας καὶ Κοσμολογίας (Η. Βαγενᾶς).

- Εὐρωπαϊκὴ Ἐπιτροπὴ γιὰ τὴν Ἡλιακὴ Φυσικὴ (European Solar Physics Division-ESPD) τῆς Εὐρωπαϊκῆς Φυσικῆς Ἑταιρείας (European Physical Society-EPS) (Ε. Γεωργούλης, Ἐκλεγμένο Μέλος τοῦ Διοικητικοῦ Συμβουλίου).
- Διοικητικὸ Συμβούλιο τῆς Ἑλληνικῆς Ἀστρονομικῆς Ἑταιρείας-ΕΛ.ΑΣ.ΕΤ. (Χ. Εὐθυμίουπουλος γιὰ τὴν περίοδο 2010-12).
- Διοικητικὸ Συμβούλιο τῆς Ἑνώσεως Ἑλλήνων Φυσικῶν (Χ. Εὐθυμίουπουλος γιὰ τὴν περίοδο 2010-2012).
- Ὁ κ. Τριτάκης ἔλαβε μέρος ὡς πολιτικὸς εκπρόσωπος τῆς Ἑλλάδος, μὲ ἐξουσιοδότηση τοῦ Ὑπουργείου Ἐξωτερικῶν, στὸ Ministerial Summit ποὺ ἔγινε ἐπίσης στὸ Πεκίνο, στὴν Κίνα, στὸ πλαίσιο τοῦ «VIII Plenary Meeting» τοῦ Group on Earth Observations-GEO (4.11.2010).

Τέλος, ὅλοι οἱ ἐρευνητὲς τοῦ ΚΕΑΕΜ εἶναι κριτὲς σὲ διεθνῇ ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ κύρους, ἐνῶ μερικοὶ εἶναι ἀξιολογητὲς διεθνῶν ἐπιστημονικῶν προτάσεων καὶ συμμετέχουν στὰ ἐκδοτικὰ συμβούλια διεθνῶν περιοδικῶν. Ὁ κ. Χ. Εὐθυμίουπουλος εἶναι associate editor τοῦ περιοδικοῦ *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* (Springer) καὶ ὁ κ. Η. Βαγενᾶς εἶναι editor τοῦ περιοδικοῦ *Central European Journal of Physics* (Springer) καὶ μέλος τοῦ Editorial Advisory Board τοῦ περιοδικοῦ *The Open Nuclear & Particle Physics Journal* (Bentham Open).

[Πάνος Πάτσης - Διευθύνων τοῦ ΚΕΑΕΜ]



## ΚΕΝΤΡΟΝ ΕΡΕΥΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Ἐπόπτης: Χρῆστος Σ. Ζερεφός.

Ἐφορευτικὴ Ἐπιτροπὴ:

Πρόεδρος: Πάνος Λιγομενίδης.

Μέλη: Γεώργιος Κοντόπουλος, Νικόλαος Ἀμβράζης, Σταμάτιος Κρμιζῆς, Χρῆστος Ζερεφός.

Ἀναπληρωματικὰ Μέλη: Ἀντώνιος Κουνάδης, Λουκάς Χριστοφόρου.

Διευθυντής: Γεώργιος Β. Τσελιούδης.

Ἐρευνητές: Παῦλος Δ. Καλαμπόκας (Α' βαθμίδα), Κωνσταντῖνος Μ. Φιλάνδρας (Β' βαθμίδα).

Ἐπιστημονικοὶ Συνεργάτες: Κωνσταντῖνος Δουβῆς, Ἰωάννης Καψωμενάκης, Ἰωάννης Λιάκος, Μιχάλης Βρεκούσης, Νίκος Βιδιαδάκης.

Ἐπίτιμοι Ἐπιστημονικοὶ Συνεργάτες: Χρῆστος Ρεπαπῆς (τ. Διευθυντὴς τοῦ ΚΕΦΑΚ), Ὅμηρος Μάντης (Καθηγητὴς, Ἀντεπιστέλλον Μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν), Διονύσιος Μεταξᾶς (Ὁμότιμος Καθηγητὴς Μετεωρολογίας).

Ἐξωτερικοὶ Συνεργάτες: J. Luterbacher (University of Giessen), I. Isaksen (University of Oslo), E. Xoplaki (University of Bern), J. P. Cammas (CNRS-Toulouse), A. Volz-Thomas (FZ-Juelich), Δ. Σαρηγιάννης (EU-JRC Ispra), Π. Χατζηνικολάου (Cyprus Institute), Α. Παπαγιάννης (ΕΜΠ), Χ. Γιαννακόπουλος (ΕΑΑ), Κ. Ἐλευθεράτος (ΕΚΠΑ), Π. Ζάνης (ΑΠΘ), Ε. Κανελλοπούλου (ΕΚΠΑ), Ν. Μιχαλόπουλος (Πανεπιστήμιο Κρήτης), Π. Νάστος (ΕΚΠΑ), Α. Παλιατσός (ΤΕΙ Πειραιᾶ).

Διοικητικὸ Προσωπικόν: Σρπουή Γαζεριάν, Μαρίνα Σοίλεμεζίδου.

### 1. ΒΡΑΒΕΙΑ – ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ

#### ΧΡΗΣΤΟΣ ΖΕΡΕΦΟΣ

1. Συμμετοχὴ στὴν Ἐπιτροπὴ Ἐμπειρογνομόνων τῆς Διακυβερνητικῆς Ἐπι-

τροπής για την Κλιματική Άλλαγή στη Honolulu, στο Oslo και στην Ουάσιγκτον, με καθήκοντα Γενικού Κριτού της Έκθέσεως του Παγκοσμίου Μετεωρολογικού Όργανισμού και του Προγράμματος Περιβάλλοντος του ΟΗΕ για την Αναθεώρηση του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, και Κριτού στην υπό έκδοση Έκθεση της IPCC με τίτλο *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*.

2. Η εργασία των Kuglitsch et al. «Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960» που δημοσιεύθηκε στο διεθνές επιστημονικό περιοδικό *GRL* επελέγει ως «Research Spotlight» της American Geophysical Union (AGU).
3. Τον Μάιο του 2010 ο Δήμος Μεγαράων τον ανακήρυξε Επίτιμο Δημότη.
4. Τον Μάιο του 2010 το Παγκόσμιο Συνέδριο της Διεθνούς Γεωλογικής Έταιρείας του απένειμε διάκριση για τη συνεισφορά του στην Επιστήμη της Έρευνας του Περιβάλλοντος.
5. Τον Ιούνιο του 2010 παρέλαβε το βραβείο «European Union Prize for Cultural Heritage/Europa Nostra Award» που απενεμήθη στο Έθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για τη δημιουργία Μουσείου Γεωαστροφυσικής και την προστασία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς στο Λόφο των Νυμφών.
6. Τον Σεπτέμβριο του 2010 έλαβε τιμητική διάκριση από το Δήμο Πανοράματος Θεσσαλονίκης.
7. Τον Σεπτέμβριο του 2010 τιμήθηκε με το Μετάλλιο της Πόλεως των Αθηνών.
8. Τον Οκτώβριο του 2010 έλαβε τιμητική διάκριση από το Υπουργείο Παιδείας της Αραβικής Δημοκρατίας της Αιγύπτου και από το Μορφωτικό Κέντρο της Πρεσβείας στην Αθήνα.
9. Τον Νοέμβριο του 2010 αναγορεύθηκε Έταίρος της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Επιστημών του Βελγίου.

## 2. ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

### 2.1. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

- 2.1.1. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «Quantifying the Climate Impact of Global and European Transport Systems-QUANTIFY». Υπεύθυνος Προγράμματος: R. Sausen. Έρευνητής: X. Ζερεφός.

- 2.2.2. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «Environmentally Compatible Air Transport System-ECATS». Υπεύθυνος Προγράμματος: R. Grumann. Έρευνητής: Χ. Ζερεφός.
- 2.2.3. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «Climate Change and Impact Research: The Mediterranean Environment-CIRCE». Υπεύθυνος Προγράμματος: A. Navara. Έρευνητής: Χ. Ζερεφός.
- 2.2.4. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «Global Earth Observation and Monitoring-GEOMON». Υπεύθυνος Προγράμματος: S. Godin-Beekman. Έρευνητής: Χ. Ζερεφός.
- 2.2.5. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «Monitoring Atmospheric Composition and Climate-MACC». Υπεύθυνος Προγράμματος: Andreas Simon. Έρευνητής: Χ. Ζερεφός.
- 2.2.6. Συνεργασία στο Πρόγραμμα του European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI) «Δημιουργία Έθνικού Έρευνητικού Δικτύου για την Ευρωπαϊκή Έρευνητική Υποδομή COPAL». Υπεύθυνος Προγράμματος: Άλκιβιάδης Μπάης. Έρευνητές: Χ. Ζερεφός, Γ. Τσελιούδης.
- 2.2.7. Συνεργασία στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Health Risk from Environmental Pollution Levels in Urban Systems-HEREPLUS» (συντονισμός: Πανεπιστήμιο Sapienza, Ρώμη). Υπεύθυνος Προγράμματος: F. Manes. Έρευνητής: Π. Καλαμπόκας.
- 2.2.8. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «IS-ENES: Infrastructure for the European Network for Earth System Modeling Project. FP7 EU Infrastructure». Υπεύθυνος Προγράμματος: S. Joussame. Έρευνητής: Γ. Τσελιούδης.
- 2.2.9. Συνεργασία στο Πρόγραμμα της ΕΕ «EUCLIPSE: EU Cloud Inter-comparison, Process Study & Evaluation Project». Υπεύθυνος Προγράμματος: P. Siebesma. Έρευνητής: Γ. Τσελιούδης.
- 2.2.10. Συνεργασία στο Πρόγραμμα του European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI) «ΑΡΓΩ: Έλληνική Υποδομή Αυτόνομων Συστημάτων ARGO για την Παρατήρηση των Ωκεανών». Υπεύθυνος Προγράμματος: Γ. Κορρές. Έρευνητής: Γ. Τσελιούδης.
- 2.2.11. Συνεργασία στο Πρόγραμμα του European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI) «HellasHPC: National Network of Excellence in High-Performance Computing». Υπεύθυνος Προγράμματος: Ε. Φλώρος. Έρευνητής: Γ. Τσελιούδης.



## 3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ

1. Συνεργασία στο πλαίσιο του Έρευνητικού Προγράμματος της Έπιτροπής Έρευνών της Ακαδημίας Αθηνών «Μελέτη της κατακόρυφης κατανομής τροποσφαιρικού όζοντος στην Ανατολική Μεσόγειο και σύγκριση με την Κεντρική Ευρώπη με βάση τις αεροπορικές μετρήσεις του Ευρωπαϊκού Προγράμματος MOZAIC». Υπεύθυνος Προγράμματος: Π. Λιγομενίδης. Έρευνήτης: Π. Καλαμπόκας.

## 4. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΜΕ ΚΡΙΤΕΣ

1. Kuglitsch, F.G., A. Toreti, E. Xoplaki, P.M. Della-Marta, C.S. Zerefos, M. Turkes, J. Luterbacher (2010), «Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960». *Geophys. Res. Lett.* 37, L04802, doi: 10.1029/2009GL041841. Selected as «Research Spotlight» from the American Geophysical Union (AGU).
2. Nastos, P.T., C. S. Zerefos (2010), «Cyclic modes of the intra-annual variability of precipitation in Greece». *Adv. Geosci.* 25, 45-50.
3. Giannakopoulos, C., P. Hadjinicolaou, E. Kostopoulou, K. V. Vrotsos, C. Zerefos (2010), «Precipitation and temperature regime over Cyprus as a result of global climate change». *Adv. Geosci.* 23, 17-24.
4. Hadjinicolaou, P., C. Zerefos, M. A. Lange, S. Pashiardis, J. Lelieveld (2010), «Mid-21st century climate and weather extremes in Cyprus as projected by six regional climate models». *Reg. Environ. Change*, doi: 10.1007/s10113-010-0153-1.
5. Huijnen, V., H. J. Eskes, A. Poupkou, H. Elbern, K. F. Boersma, G. Foret, M. Sofiev, A. Valdebenito, J. Flemming, O. Stein, A. Gross, L. Robertson, M. DiSodoro, I. Kioutsioukis, E. Friese, B. Amstrup, R. Bergstrom, A. Strunk, J. Vira, D. Zyryanov, A. Maurizi, D. Melas, V. H. Peuch, C. Zerefos (2010), «Comparison of OMI NO<sub>2</sub> tropospheric columns with an ensemble of global and European regional air quality models». *Atmos. Chem. Phys.* 10, 3273-3296.
6. Luterbacher J., S. J. Koenig, J. Franke, G. van der Schrier, E. Zorita, A. Moberg, J. Jacobeit, P. M. Della-Marta, M. Kuttel, E. Xoplaki, D. Wheeler, T. Rutishauer, M. Stossel, H. Wanner, R. Brazdil, P. Dobrovolny, D. Camuffo, C. Bertolin, A. van Engelen, F. J. Gon-

- zalez-Rouco, R. Wilson, C. Pfister, D. Limanowka, O. Nordli, L. Leijonhufvud, J. Soderberg, R. Allan, M. Barriendos, R. Glaser, D. Riemann, Z. Hao, C. S. Zerefos (2010), «Circulation dynamics and its influence on European and Mediterranean January-April climate over the past half millennium: Results and insights from instrumental data, documentary evidence and coupled climate models». *Clim. Change* 101, 201-234, doi: 10.1007/s10584-009-9782-0.
7. Oikonomou, C., H. A. Flocas, G. Katavoutas, M. Hatzaki, D. N. Asimakopoulos, C. Zerefos (2010), «On the relationship of orography with extreme dry spells in Greece». *Adv. Geosci.* 25, 161-166. Doi: 10.5194/adgeo-25-161-2010.
8. Kioutsioukis, I., D. Melas, C. Zerefos (2010), «Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece». *Int. J. Climat.* 30, 1723-1737, doi:10.1002/joc.2030.
9. Giannakaki, E., D. Balis, V. Amiridis, C. Zerefos (2010), «Optical properties of different aerosol types: Seven years of combined Raman-elastic backscatter lidar measurements in Thessaloniki, Greece». *Atmos. Meas. Tech.* 3, 569-578.
10. Ordóñez, C., N. Elguindi, O. Stein, V. Huijnen, J. Flemming, A. Inness, H. Flentje, E. Katragkou, P. Moinat, V. H. Peuch, A. Segers, V. Thouret, G. Athier, M. van Weele, C. S. Zerefos, J. P. Cammas, M. G. Schultz (2010), «Global model simulations of air pollution during the 2003 European heat wave». *Atmos. Chem. Phys.* 10, 789-815.
11. Tselioudis, G., E. Tromeur, W. Rossow, C. Zerefos (2010), «Decadal changes in tropical convection suggest effects on stratospheric water vapor». *Geophys. Res. Lett.* 37, L14806, doi:10.1029/2010GL044092.
12. Poupkou, A., T. Giannaros, K. Markakis, I. Kioutsioukis, G. Curci, D. Melas, C. Zerefos (2010), «A model for European Biogenic Volatile Organic Compound emissions: Software development and first validation». *Environmental Modelling & Software* 25, 1845-1856.
13. Romanou, A., G. Tselioudis, C. S. Zerefos, C. A. Clayson, J. A. Curry, A. Andersson (2010), «Evaporation-Precipitation Variability over the Mediterranean and the Black Seas from Satellite and Reanalysis Estimates». *J. of Climate* 23, 5268-5287.
14. Gerasopoulos, E., V. Amiridis, S. Kazadzis, P. Kokkalis, K. Eleftheratos, M. O. Andreae, T. W. Andreae, H. El-Askary, C. S. Zerefos

- (2010), «Three-year ground based measurements of Aerosol Optical Depth over the Eastern Mediterranean: the urban environment of Athens». *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 10, 28273-28309.
15. Markakis, K., A. Poupkou, D. Melas, C. Zerefos (2010), «A GIS based anthropogenic PM<sub>10</sub> emission inventory for Greece». *Atmos. Pollution Res.* 1, 71-81.
16. Amiridis, V., E. Giannakaki, D. S. Balis, I. Pytharoulis, P. Zanis, E. Gerasopoulos, S. Kazadzis, D. Melas, C. Zerefos (2010), «Smoke injection heights from agricultural burning in Eastern Europe as seen by CALIPSO». *Atm. Chem. & Phys.* 10, 11567-11576.
17. P. D. Kalabokas, A. D. Adamopoulos, L. G. Viras (2010), «Atmospheric PM<sub>10</sub> particle concentration measurements at central and peripheral urban sites in Athens and Thessaloniki, Greece». *Global NEST J.* 12, 71-83.
18. Philandras, C. M., P. T. Nastos, A. G. Paliatsos, C. C. Repapis (2010), «Study of the rain intensity in Athens and Thessaloniki Greece». *Adv. In Geosc.* 23, 37-40.
19. Eleftheratos, K., C. S. Zerefos, and C. Varotsos (2010), «Interannual variability of cirrus clouds in the tropics at ENSO regions based on ISCCP satellite data». *Int. J. of Rem. Sens.* (in press).
20. Eleftheratos, K., C. Zerefos, E. Gerasopoulos, I. Isaksen, B. Rognrud, S. Dalsoren, C. Varotsos (2010), «A note on the comparison between total ozone from Oslo CTM2 model and SBUV satellite data». *Int. J. of Rem. Sens.* (in press).
21. Eleftheratos, K., G. Tselioudis, C. S. Zerefos, P. Nastos, C. Douvis, I. Kapsomenakis (2010), «Observed and predicted climates changes in Uruguay and adjacent areas». *Hellenic J. of Geosc.* (in press).
22. Nastos, P. T., C. M. Philandras, D. Founda, C. S. Zerefos (2010), «Air temperature trends related to changes in atmospheric circulation in the wider area of Greece». *Int. J. of Rem. Sens.*, Special Issue: The Role of Remote Sensing in Monitoring the Climate Change (in press).
23. Nastos, P. T., C. M. Philandras J. Kapsomenakis and K. Eleftheratos (2010), «Variability and trends of mean maximum and mean minimum air temperature in Greece from Ground based observations and NCEP-NCAR Reanalysis Gridded Data». *Int. J. of Rem. Sens.* (in press).



24. Haynes, J. M., C. Jakob, W. B. Rossow, G. Tselioudis and J. Brown (2010), «Major characteristics of Southern Ocean cloud regimes and their effects on the energy budget». *Journal of Climate* (in press).
25. Tselioudis, G., C. Douvis and C. S. Zerefos (2010), «Does dynamical downscaling introduce novel information in climate model simulations of precipitation change over a complex topography region?». *International Journal of Climatology* (in press).
26. Tselioudis, G. and W. B. Rossow (2010), «Time scales of variability of the tropical atmosphere derived from cloud-defined weather states». *Journal of Climate* (in press).

##### 5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

1. Zerefos, C., «Solar Dimming and Brightening: The case of UV». Conference *Energy, Water and Climate Change in the Mediterranean & the Middle East* (Cyprus, January 2010).
2. Zerefos, C., «Sustainable development and climate change in euro-mediterranean region». Conference *Energy Security and Sustainable Development Problems of the Euro Mediterranean Region* of the Intercultural Euro-Mediterranean Center for UNESCO (Mystras, March 2010).
3. 4th GEO European Projects Workshop (Athens, April 2010).
4. Symposium on the 25th anniversary of the publication of paper which announced the discovery of the Antarctic Ozone Hole (Cambridge - UK, May 2010).
5. Zerefos, C., «The Anthropocene in the Mediterranean». *International Congress of the Geological Society of Greece* (Patras, May 2010).
6. Kalabokas, P. D., A. D. Adamopoulos, L. G. Viras, «Seasonal and diurnal variations of PM10 particle concentrations compared to ozone and nitrogen oxides in the urban area of Athens, Greece». *10th Hellenic Scientific Conference on Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere (COMECAP 2010)*, pp. 909-916 (May 2010, Patras-Greece).
7. Kalabokas, P. D., A. Volz-Thomas, V. Thouret, J. P. Cammas, D. Boulanger and C. C. Repapis, «Vertical ozone measurements in

- the troposphere over the Eastern Mediterranean basin». *Joint CACGP/IGAC Symposium: Atmospheric Chemistry, Challenging the future* (July 2010, Halifax-Canada).
8. Zerefos, C., «25 years of Ozone Decline». *10th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics* (Patras, 25-28.5.2010).
  9. Zerefos, C., «Physics of climate change and its manifestation in art». Conference of Academia Europaea entitled *Advances in Informatics and Earth and Cosmic Sciences* (August 2010).
  10. Zerefos, C., «Hyetal data recovery in Greece and their spatial and temporal distribution». *MedCLIVAR-HyMeX' Workshop* (Corfu, September 2010).
  11. Kalabokas, P. D., «Variation characteristics of primary air pollution, photochemical air pollution and particulate pollution in the urban area of Athens, Greece». *XX Congress of the Italian Society of Ecology* (September 2010, Rome-Italy).
  12. Philandras, C. M., P. T. Nastos, K. C. Douvis, G. B. Tselioudis and C. S. Zerefos, «Precipitation Trends in the Mediterranean Region». *Plinius Conference Abstracts*, vol. 12 (Corfu-Greece, September 2010).
  13. Zerefos, C., «Climate change: Where do we stand now?». Symposium entitled *Man and Environment: Interdependence for the Future*, organized by 4 postgraduate master courses currently running in the Medical School of the University of Athens (Athens, December 2010).

#### 6. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΘΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

1. Χ. Ζερεφός, «Ειδικά θέματα μεταβολών στο κλίμα και στο προστατευτικό στρώμα του όζοντος». Όμιλία στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Αθήνα, 13 Ιουλίου 2010).
2. Χ. Ζερεφός, «Η κλιματική αλλαγή με έμφαση στη Δυτική Ελλάδα» (Κέρκυρα, 4 Σεπτεμβρίου 2010).
3. Ι. Καψωμενάκης, Χ. Ζερεφός, «Βροχόπτωση στο μεσογειακό κλίμα». Ημερίδα του Σοροπτιμιστικού Όμιλου Ιωαννίνων (Ιωάννινα, 18 Σεπτεμβρίου 2010).

4. Χ. Ζερεφός, «Κλιματική αλλαγή στην Ανατολική Μεσόγειο». Ημερίδα του British Council με τίτλο *Green Talks: Κλιματική αλλαγή και φιλικές προς το περιβάλλον μεταφορές* (Θεσσαλονίκη, 22 Σεπτεμβρίου 2010).
5. Παρουσίαση της Μεγάλης Μαθηματικής Έγκυκλοπαίδειας της National Geographic (Ζάππειο, 1 Οκτωβρίου 2010).
6. Χ. Ζερεφός, «Οι επιδράσεις των περιβαλλοντικών αλλαγών στην υγεία». 16ο Πανελλήνιο Συνέδριο Έσωτερικής Παθολογίας (Αθήνα, 13-16 Οκτωβρίου 2010).
7. Χ. Ζερεφός, Έναρξη του Φεστιβάλ «Γεωσυναντήσεις» με τίτλο *Homo Naturalis* (Αθήνα, 1 Δεκεμβρίου 2010).
8. Χ. Ζερεφός, «Τα αδιέξοδα της υπερπληροφόρησης στην προστασία του περιβάλλοντος». Σωματείο Φίλων Μουσείου Βυζαντινού Πολιτισμού (Θεσσαλονίκη, 3 Δεκεμβρίου 2010).
9. Χ. Ζερεφός, «Κλιματική μεταβολή, σύγχρονα δεδομένα, συλλογική και ατομική ευθύνη και δράση». Ημερίδα του Γραφείου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης της Διευθύνσεως Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Δυτικής Θεσσαλονίκης (Θεσσαλονίκη, 4 Δεκεμβρίου 2010).
10. Χ. Ζερεφός, «Το μέλλον του πλανήτη Γη μετά τη Σύνοδο της Κοπεγχάγης». Διεθνές Περιβαλλοντικό Συμπόσιο *Η Προστασία του Περιβάλλοντος ως πηγή αληθούς ζωής και ως προϋπόθεση της αειφόρου ανάπτυξης*, του ΑΤΕΙ Καλαμάτας (Καλαμάτα, 1 Φεβρουαρίου 2010).
11. Χ. Ζερεφός, «Διεθνής συνεργασία για την κλιματική αλλαγή και την ποιότητα της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Μεσογείου. Ίδρυση περιβαλλοντικού παρατηρητηρίου στο Ναβαρίνο της Μεσσηνίας». Ημερίδα *Κλίμα και παράκτιο αστικό περιβάλλον: Η περίπτωση της Καλαμάτας*, του Όμιλου UNESCO Καλαμάτας (Καλαμάτα, 10 Απριλίου 2010).
12. Συμμετοχή σε στοργυλό τραπέζι στην Ημερίδα *Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έργαλειο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού για την κλιματική αλλαγή*, του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας και της Διεθνούς Ένωσης Αρχιτεκτόνων (Αθήνα, 8 Μαΐου 2010).
13. Χ. Ζερεφός, «Η σημασία της παγκόσμιας παρακολούθησης της Γης». Ημερίδα για την παρουσίαση της μελέτης «Mapping of the greek requirements and capabilities in Earth Observation», στο πλαίσιο της Ομάδας Κρούσης Ελλάδας-ΕΟΔ (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος) (Αθήνα, 18 Μαΐου 2010).



14. V. Papazoi, P. Nastos and C. Philandras, «Study of Flood Events in Attica (Urban and Rural Environment)». 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, σσ. 271-279 (Αθήνα 2010).

## 7. ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΤΡΟΠΕΣ

### ΧΡΗΣΤΟΣ ΖΕΡΕΦΟΣ

- Συντονιστής της Έπιτροπής της Τραπέζης της Ελλάδος για τη σύνταξη μελέτης σχετικά με τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα.
- Μέλος της Έπιτροπής της Ακαδημίας Αθηνών για το Διεθνές Συμβούλιο Επιστημονικών Ενώσεων (ICSU).
- Μέλος της Εταιρείας Διαχείρισεως και Αξιοποίησεως της Περιουσίας της Ακαδημίας Αθηνών (ΕΔΑΠΑ).
- Μέλος της Έπιτροπής Ενέργειας της Ακαδημίας Αθηνών.
- Μέλος της Έπιτροπής για την Προστασία του Περιβάλλοντος της Ακαδημίας Αθηνών.
- Μέλος της Έπιτροπής Μελέτης της Παγκόσμιας Μεταβολής (IGBP-Global Change) της Ακαδημίας Αθηνών.

### ΠΑΥΛΟΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΑΣ

- Μέλος της Έπιτροπής «Ποιότητα αέρα» του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛ.Ο.Τ.).
- Μέλος της Επιστημονικής Έπιτροπής του Διεθνούς Επιστημονικού Συνεδρίου *10th Conference on Meteorology-Climatology-Atmospheric Physics-COMECAP 2010* (Πάτρα, 25-28 Μαΐου 2010).
- Τακτικό μέλος της Έπιτροπής Κρίσης Έρευνητών του Ινστιτούτου Έρευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για το 2010.
- Γραμματέας του Τεχνικού Συμβουλίου της Ακαδημίας Αθηνών.

[Χρήστος Σ. Ζερεφός - Έπόπτης του ΚΕΦΑΚ]

## KENTRON EPEYNON THEΩPHHTIKΩN KAI EFHPMOΣMENΩN MATHMATIKΩN

Ἡ ἔρευνα τοῦ ΚΕΘΕΜ σήμερα ἐστιάζεται στὴ δημιουργία ἀλγόριθμων ἀνακατασκευῆς ἱατρικῆς εἰκόνας (image reconstruction), μιᾶς διαδικασίας ἀπαραίτητης γιὰ τὴ δημιουργία τομογραφικῆς εἰκόνας στὰ σύγχρονα ἀπεικονιστικὰ συστήματα PET, CT καὶ SPECT. Ἐπόπτης τοῦ Κέντρου εἶναι ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἀθανάσιος Φωκάς, τὸ δὲ προσωπικὸ, στὴν παρούσα φάση, ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν Γεώργιο Α. Καστῆ, Ἐρευνητὴ Γ' βαθμίδας, στὸν ὁποῖο ἔχει ἀνατεθεῖ ἡ προσωρινή διεύθυνση τοῦ Κέντρου.

Κατὰ τὴ διάρκεια αὐτοῦ τοῦ ἔτους τὸ ΚΕΘΕΜ εἶχε τὶς ἀκόλουθες δραστηριότητες:

- Ἀναπτύχθηκαν δύο ἀναλυτικοὶ ἀλγόριθμοι γιὰ τὴν ἀνακατασκευὴ τῆς εἰκόνας τοῦ Τομογράφου Ἐκπομπῆς Ποζιτρονίων PET, ὁ Spline Reconstruction Technique (SRT) καὶ ὁ Chebyshev Reconstruction Technique (CRT). Ὁ πρῶτος εἶναι βασισμένος σὲ splines 3ου βαθμοῦ ἐνῶ ὁ δεύτερος σὲ Chebyshev πολυώνυμα.

- Ἐγινε ἐκτίμηση τῶν SRT καὶ CRT σὲ σύγκριση μὲ τοὺς ἤδη ὑπάρχοντες καὶ κλινικὰ ἐφαρμόσιμους ἀλγόριθμους FBP, MLEM καὶ OSEM.

Τὸ ΚΕΘΕΜ ἔχει συνάψει συνεργασία μὲ τὰ κάτωθι Ἰδρύματα:

- Ἐργαστῆριο Ἱατρικῆς Φυσικῆς τοῦ Γενικοῦ Νοσοκομείου Ἀθηνῶν «Ὁ Εὐαγγελισμός» (συλλογὴ κλινικῶν δεδομένων ἀπὸ τὸ σύστημα ἐκπομπῆς ποζιτρονίων PET/CT ποὺ διαθέτει τὸ νοσοκομεῖο).
- Centre d'Image Molecular Experimental (CIME), CETIR Centre Medic, Βαρκελώνη-Ἰσπανία (συλλογὴ δεδομένων ἀπὸ ἓνα PET/CT ὑψηλῆς διακριτικῆς ἰκανότητος, ἐξειδικευμένο σὲ ἀπεικονίσεις μικρῶν ζώων).
- Γραφεῖο Βιοϊατρικῆς Τεχνολογίας, Ἰδρυμα Ἱατροβιολογικῶν Ἐρευνῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (Monte-Carlo Simulations, Ἀνακατασκευὴ Ἱατρικῆς Εἰκόνας).
- Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Telecomunicación, Dpto. Ingeniería Electronica (Ἀνακατασκευὴ Ἱατρικῆς Εἰκόνας).
- Center for Gamma-Ray Imaging (CGRI), The University of Arizona, Tucson, AZ, USA (ἀνιχνευτὲς ἀκτίνων γ).
- Τμῆμα Τεχνολογίας Ἱατρικῶν Ὁργάνων, Σχολὴ Τεχνολογικῶν Ἐφαρ-

μογών του Τεχνολογικού Έκπαιδευτικού Ίδρύματος Ἀθήνας (ἀπεικόνιση μικρῶν ζώων).

- Α' Κλινική Ἑντατικῆς Θεραπείας, Ἐθνικὸ καὶ Καποδιστριακὸ Πανεπιστήμιο Ἀθηνῶν, Γενικὸ Νοσοκομεῖο Ἀθηνῶν «Ὁ Εὐαγγελισμός» (ἀπεικόνιση μικρῶν ζώων).

#### ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ (ABSTRACTS)

- G. A. Kastis, A. Samartzis, A. S. Fokas, «Comparison between Filtered Back-Projection and Spline and Chebyshev Reconstruction Techniques». *Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine EANM 2010* (Vienna - Austria, Oct. 9-13, 2010).

#### ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ (PROCEEDINGS)

- G. A. Kastis, A. Gaitanis, Y. Fernandez, G. Kontaxakis, A. S. Fokas, «Evaluation of a Spline Reconstruction Technique: Comparison with FBP, MLEM and OSEM». *Conference Record of the 2010 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference* (Nov. 2010, Institute of Electrical and Electronics Engineers-IEEE, New York-USA).

#### ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΚΑΙ ΟΜΙΛΙΕΣ

Ὁ κ. Γ. Α. Καστῆς ἔχει δώσει τίς ἀκόλουθες ὁμιλίες:

1. «Μέθοδοι Ἀνακατασκευῆς Ἱατρικῆς Εἰκόνας». Σεμινάριο τοῦ Κέντρου Ἑρευνῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν (ΚΕΑΕΜ) τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν (23 Φεβρουαρίου 2010).
2. «Comparison between Filtered Back-Projection and Spline and Chebyshev Reconstruction Techniques». *Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine EANM 2010* (Vienna-Austria, Oct. 9-13, 2010).

[Γεώργιος Α. Καστῆς - Διευθύνων τοῦ ΚΕΘΕΜ]



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ ΚΑΤΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

	Σελ.
ΑΜΒΡΑΖΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. — On the long-term seismicity of the city of Athens [Περὶ τῆς σεισμικότητος τῆς πόλεως τῶν Ἀθηνῶν] . . . . .	81
ΑΜΒΡΑΖΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. — Ἀδιαφάνεια καὶ ἀπώλειες ἀπὸ σεισμούς [The effect of corruption on life losses caused by earthquakes]. . . . .	233
ΑΡΤΕΜΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. — Ἡ ἐξερεύνηση τοῦ Σύμπαντος διὰ τῆς Ἐπιστή- μης τῶν Μαθηματικῶν . . . . .	23
ΓΔΟΥΤΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ. — Μηχανισμοὶ ἀστοχίας κατασκευῶν σάντουιτς . . .	47
ΖΑΜΠΟΓΛΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. — Νεότερες ἐξελίξεις στὴν Ἐπεμβατικὴ Ἀκτινοθε- ραπευτικὴ Ὀγκολογία. Εἰσιτήριος Λόγος τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ στὴν Ἀκαδημία . . . . .	76
ΖΕΡΕΦΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ. — Παρουσίαση τοῦ βιβλίου Διεπιστημονικὴ μελέτη τῶν σεισμῶν στὴν ἀνατολικὴ Μεσόγειο καὶ τῇ Μέσῃ Ἀνατολῇ πρὸ τοῦ 1900 τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Νικολάου Ἀμβράζη . . . . .	43
ΖΕΡΕΦΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ. — Ἐκθεσὴ τῶν πεπραγμένων τοῦ Κέντρου Ἐρεῖνης Φυ- σικῆς τῆς Ἀτμοσφαιράς καὶ Κλιματολογίας . . . . .	369
ΙΑΤΡΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ. — Ἡ ἱστορία τῆς φυσιολογίας τοῦ κυκλοφορικοῦ συ- στήματος ἀπὸ τὸν Γαλιλῆο ἕως τὸν Harvey . . . . .	323
ΚΑΣΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. — Ἐκθεσὴ τῶν πεπραγμένων τοῦ Κέντρου Ἐρευνῶν Θεω- ρητικῶν καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν . . . . .	379
ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ — ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ. — Μετά- βασις ἀπὸ τὴν Τάξιν στὸ Χάος στὴν Κβαντομηχανικὴ . . . . .	177
ΚΟΥΝΑΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ. — Παρουσίαση τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Δη- μητρίου Μπέσκου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ στὴν Ἀκαδημία . . . . .	153
ΚΡΙΜΠΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. — Παρουσίαση τῆς Ξένης Ἑταίρου κ. Nicole Le Douarin κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τῆς στὴν Ἀκαδημία . . . . .	138
LANDER ERIC. — The human genome. . . . .	175

LE DOUARIN NICOLE. – Tracing the cells in embryos. The neural crest: A unique structure of the vertebrate embryo. Είσιτήριο λόγος τῆς Ξένης Ἑταίρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τῆς στῆν Ἀκαδημία . . . . .	142
ΛΙΓΟΜΕΝΙΔΗΣ ΠΑΝΟΣ. – Διαδοχὴ τῆς Προεδρίας. Λόγος τοῦ ἀποχωροῦντος προέδρου . . . . .	9
ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. – Παρουσίαση τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Νικολάου Ζαμπόγλου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στῆν Ἀκαδημία . . . . .	72
ΜΑΤΣΑΝΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ. – Ἀπονομὴ τοῦ Βραβείου τοῦ Πανελληνίου Ἱεροῦ Ἰδρύματος Εὐαγγελιστρίας τῆς Τήνου, καὶ Προκήρυξη τοῦ Ἀριστείου τῶν Κα- λῶν Τεχνῶν καὶ Βραβείων κατὰ τὴν Πανηγυρικὴ Συνεδρία τῆς 23ης Μαρτίου 2010 . . . . .	199
ΜΠΕΣΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ. – Σύγχρονες μέθοδοι ὑπολογισμοῦ στὴ Μηχανικὴ τῶν Κατασκευῶν. Εἰσιτήριο λόγος τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κατὰ τὴν ὑποδοχὴ του στῆν Ἀκαδημία . . . . .	160
ΠΑΤΣΗΣ ΠΑΝΟΣ. – Ἐκθεσὶ τῶν πεπραγμένων τοῦ Κέντρου Ἑρευνῶν Ἀστρο- νομίας καὶ Ἐφηρμοσμένων Μαθηματικῶν . . . . .	345
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Νικολάου Ζαμπόγλου στῆν Ἀκαδημία . . . . .	71
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τῆς Ξένης Ἑταίρου κ. Nicole Le Douarin στῆν Ἀκαδημία . . . . .	137
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Προσφώνηση τοῦ Προέδρου κατὰ τὴν ὑποδοχὴ τοῦ Ἀντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Δημητρίου Μπέσκου . . . . .	153
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Ἀναγγελία τοῦ θανάτου τοῦ τακτικοῦ μέλους τῆς Ἀκαδημίας Νικολάου Ἀρτεμιάδη . . . . .	247
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Ἀναγγελία τοῦ θανάτου τοῦ τακτικοῦ μέλους τῆς Ἀκαδημίας Καίσαρα Ἀλεξόπουλου . . . . .	203
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Ἀναγγελία τοῦ θανάτου τοῦ Γενικοῦ Γραμματέως τῆς Ἀκαδημίας Νικολάου Ματσανιώτη . . . . .	229
ΣΒΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ. – Ἀναγγελίες θανάτου τῶν ἀντεπιστελλό- ντων μελῶν τῆς Ἀκαδημίας Παναγιώτη Συμεωνίδη καὶ Σπυρίδωνος Κυριάκη . . . . .	231

ΣΚΑΛΚΕΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ. — Ἐπικήδειος λόγος γιὰ τὸν Γενικὸ Γραμματέα τῆς Ἀκαδημίας Νικόλαο Ματσανιώτη . . . . .	229
ΣΚΑΡΒΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ. — Παρουσίαση τῆς ἐκδόσεως <i>Δημογραφία καὶ Ἀμυνα τοῦ Γραφείου Στρατιωτικῶν καὶ Ἀμυντικῶν Θεμάτων</i> . . . . .	41
ΣΚΑΡΒΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ. — Μαραθῶνος μάχη, 490 π.Χ. Ὀμιλίες γιὰ τὰ 2.500 χρόνια ἀπὸ τὴ μάχη τοῦ Μαραθῶνος . . . . .	249
ΣΚΑΡΒΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ. — Πυρηνικοὶ ἐξοπλισμοὶ (Ὁ κίνδυνος γιὰ τὴν ἀνθρωπότητα). . . . .	301
ΣΤΑΜΑΤΟΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ. — Ἡ καταγωγή τῶν Μακεδόνων. Ἱστορία, Γενετικὴ καὶ τὸ Διαδίκτυο. . . . .	267
ΦΩΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ — ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΣΤΗΣ. — Ἀναλυτικὸς ἀλγόριθμος γιὰ τὸν Τομογράφο Ἐκπομπῆς Ποζιτρονίων. . . . .	291
ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ ΛΟΥΚΑΣ. — Ἐνέργεια καὶ πολιτισμὸς . . . . .	205





ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΕΡΙΠΝΙΑ  
ΑΝΤΩΝΗΣ ΕΥΑΓ. ΜΠΟΥΛΟΥΚΟΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.  
ΛΕΟΝΤΙΟΥ 9 - ΑΘΗΝΑ  
ΤΗΛ. 210 9210297 - FAX: 210 9210298





ISSN 0369-8106